

Büyük Ölçekli Verilerde Yol Eksenlerinin Üçgenleme Yöntemiyle Otomatik Olarak Oluşturulması

Hüseyin Zahit SELVİ¹, Öztuğ BİLDİRİCİ², Mehmet YERCİ³

Özet

Model genelleştirilmesi ve coğrafi bilgi sistemlerinde ağ analizleri kartografik objelerde geometrik dönüşümleri zorunlu hale getirmiştir. Küçültücü geometrik dönüşümler alan-çizgi, alan-nokta ve çizgi-nokta dönüşümleridir. Bu çalışmada alan-çizgi dönüşümü ele alınacaktır. Alan objeler birbirlerinden çok farklı geometrik özelliklere sahip olduklarından, her tür alan obje için geçerli olan bir yöntem henüz üretilmemiştir. Üçgenleme yöntemi, su çizgileri yöntemi, basit iskeletleştirme ve çatı yöntemi, inceltme yöntemi gibi yöntemler günümüzde alan çizgi dönüşümünde kullanılan başlıca yöntemler olarak sıralanabilir. Bu çalışma kapsamında özellikle yol eksenlerinin belirlenmesinde oldukça iyi sonuçlar veren üçgenleme yönteminin, Türkiye’de büyük ölçekli haritalardaki veri yapısı dikkate alınarak geliştirilen yeni bir yazılımla yapılan uygulaması ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Temelde bu yöntem, ada köşe noktaları arasında nokta sıklaştırılması ile elde edilen nokta kümelerinin Delaunay Üçgenleme yöntemiyle üçgenlenmesi ve üçgen kenarlarının orta noktalarından yararlanarak yol eksenlerinin belirlenmesi esasına dayanmaktadır. Uygulama olarak Türkiye’de yaygın kullanım alanına sahip bir CAD (Computer Aided Design) ve CBS yazılımı olan NETCAD’in VBscript temelli makro dili Ncmacro kullanılarak bir yazılım geliştirilmiştir. Geliştirilen yazılım ve elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

Anahtar Sözcükler

Kartografik genelleştirme, geometrik dönüşüm, coğrafi bilgi sistemi, Delaunay üçgenlemesi.

Abstract

Triangulation Method for Area-Line Changes in Generalization

Changes in object geometry are necessary because of the requirements of cartographic generalization, and also for the topologic queries in geographical information systems. Geometry changes with reducing effects include area-line, area-point, line-point changes. This paper focuses on the area-line changes. Since the area objects have different shapes, there is no unique solution that works in every case. Well-known methods for area-line changes are triangulation, water lining, simple skeletonizing, and roof methods. In this paper the methods mentioned above are first explained, then, an approach based on the triangulation is introduced for creating road centerlines from polygons. Commonly available large-scale map data structure in Turkey is taken into consideration in this approach in which blocks of parcels are captured as polygons and streets are represented by the space between these. To test this approach, a subprogram (script) is developed in the NETCAD software with the Visual Basic Script

programming language. This subprogram whose results are given in detail in this paper also includes post-processing routines for the relevant node creation at street crossings, and produces acceptable results for centerlines, but the post-processing at street crossings needs to be improved.

Key Words

Cartographic generalization, geometric change, geographic information system, Delaunay triangulation.

1. Giriş

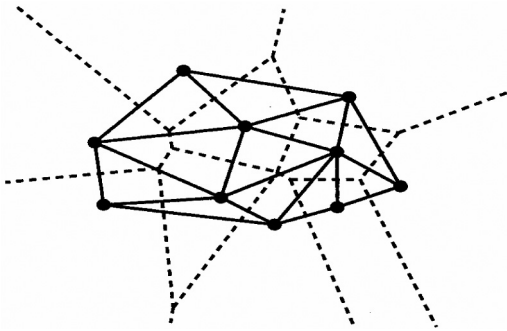
Gerçek dünyanın birebir modellenmesi mümkün olmadığından, ilk olarak mekansal verilerin yapılandırılması ve genelleştirilmesiyle, birincil model olarak nitelendirilebilecek sayısal mekansal model (SMM) elde edilir. Model genelleştirmesinde görselleştirilerek kullanıcıya sunulacak, kartografik model olarak tanımlanan ikincil modellere uygun yoğunlukta ve yapıda verilerin hazırlanması temel hedeftir (UÇAR vd. 2003). Model genelleştirmesinde amaç, yüksek çözünürlüklü SMM verilerinin düşük çözünürlüklü SMM verilerine dönüştürülmesi için gerekli işlev ve araçları sunmaktır. Model genelleştirmesinde ayrıntı açısından zengin olan gerçek dünya tanımlamalarının azaltılması, objelerin özniteliklerini etkilediği gibi geometrik tanımlamalarını da etkiler (UÇAR vd. 2003). Bu bağlamda genelleştirmenin amacı, model çözünürlüğüne uygun olarak nokta yoğunluğunun ve geometrik doğruluğun azaltılması ve obje yapısının basitleştirilmesidir. Her obje için değişik çözünürlük düzeylerinde değişik geometrik modeller (alansal, noktasal ve çizgisel) öngörülmektedir. Çözünürlük sınırlamaları bu geometrik modellerde değişimleri de zorunlu kılar. Yüksek çözünürlüklü SMM’de geometri boyutu, düşük çözünürlükteki SMM’deki geometri boyutundan fazladır. Düşük çözünürlükte geometri boyutunun azalması, geometrinin basitleşmesine yol açar ki bu da model genelleştirmesinde istenen bir durumdur.

Model genelleştirmesinde yaygın olarak kullanılan geometrik değişimler, alandan – çizgiye geometrik dönüşüm (yol eksenlerinin belirlenmesi), alandan noktaya geometrik dönüşüm (şehir vb. alan objelerin nokta ile gösterilmesi), çizgiden noktaya geometrik dönüşüm (yol üzerindeki bir köprünün nokta ile gösterilmesi) olarak sınıflandırılabilir. Bu çalışma kapsamında bu geometrik değişimlerden alandan – çizgiye geometrik dönüşüm ele alınacaktır.

¹Arş. Gör. , ²Doç. Dr. , ³Prof. Dr. Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Bölümü 42075 Kampüs / KONYA

Alandan – çizgiye geometrik dönüşümün gerekli olmasında iki önemli neden vardır. Bunların ilki yol, akarsu vb. objelerin en çok 1:5000 ölçeğine kadar orijinal kenar çizgileriyle çift çizgi şeklinde gösterilebilmesi, daha küçük ölçeklerde bunun mümkün olmamasıdır. İkinci gerekçe ise, CBS açısından çok önemli olan topolojik ağ analizlerinin yapılabilmesi için verilerin tek çizgi tabanlı vektörel yapıda olma zorunluluğudur.

Alan çizgi dönüşümü konusunda değişik uzmanlarca farklı yaklaşımlar önerilmiştir. Su çizgileri yöntemi (CHRISTENSEN 1996), basit iskeletleştirme yöntemi (AICHHOLZER vd. 1995), çatı yöntemi (EPPSTEIN ve ERICKSON 1999), büyük daire yöntemi (SONKA vd. 1999: 577), inceltme yöntemi (THOMAS 1998), üçgenleme yöntemi (MCALLISTER ve SNOEYINK 2000) başlıca yöntemlerdir. Türkiye’de büyük ölçekli haritalardaki veri yapısı dikkate alındığında, en uygulanabilir olarak görülen üçgenleme yöntemi, uygulamada tercih edilmiştir. Çünkü ülkemizde adalar, alan obje olarak tanımlanmış fakat yol alanları için herhangi bir tanımlama yapılmamıştır. Yollar, adalar arasında kalan boşluklar olarak tanımlanmaktadır. Yol alanlarının alan obje olarak tanımlanmaması, diğer yöntemlerin uygulanması için önemli bir eksikliklerdir. Bu nedenle üçgenleme yöntemi ülkemizdeki veri yapısına göre değiştirilerek uygulanmıştır.



Şekil 1: Voronoi diyagramı ve Delaunay üçgenlemesi (MCALLISTER VE SNOEYINK 2000)

Üçgenleme yöntemi, Delaunay Üçgenlemesi ve Voronoi Diyagramı üzerine kurulmuştur. Yöntemin daha iyi anlaşılabilmesi için öncelikle bu iki kavramın tanımlanması gerekir.

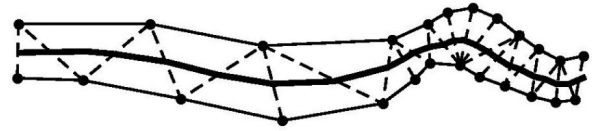
Düzlemde yer alan sonlu nokta kümesinde her noktanın kendisine en yakın komşu iki nokta ile birleştirilmesiyle oluşturulan üçgene “Delaunay Üçgeni” adı verilmektedir. Oluşturulan Delaunay üçgenlerinin kenar orta dikmelerinin birleştirilmesiyle “Voronoi Çokgeni” elde edilmektedir. Voronoi çokgeni herhangi bir noktaya, kümedeki diğer noktalardan daha yakın konumda bulunan düzlem noktalarının geometrik yeridir. Kümedeki tüm noktaların Voronoi çokgenlerinin bileşimi, o kümenin Voronoi diyagramını oluşturur (YANALAK 1997).

Şekil 1’de Voronoi diyagramı verilmiş olan kümenin Delaunay üçgenleri görülmektedir. Geometrik olarak Voronoi diyagramı ve Delaunay üçgenlemesi bir çift oluşturur. T Delaunay üçgenini tanımlayan 3 Voronoi bölgesi, aynı zamanda

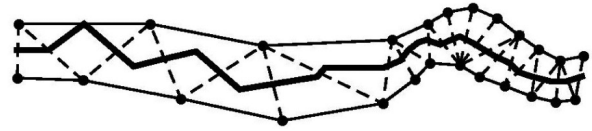
T’nin çevrel çemberinin merkezindeki Voronoi köşesini de tanımlarlar (Şekil 1).

Alan çizgi dönüşümünde ve özellikle poligonların orta eksenlerinin belirlenmesinde Voronoi diyagramı ve Delaunay üçgenlemesi önemlidir. Bir poligonun orta eksenini, köşeleri poligon köşesi olan ve kenarları açık olan bölgelerden oluşan Voronoi diyagramının bir alt kümesidir. Diğer bir deyişle, Voronoi diyagramının poligonun içine uzanan parçası, poligonun orta eksenine yakınsar. Bu nedenle orta eksen Voronoi diyagramından türetilir. Poligon sınırlarındaki Voronoi diyagramından, poligonun iç bölgeleri için bir eşleşmeli Delaunay üçgenler grubu üretilir ve bu üçgenleme orta eksene ulaşmada yol gösterir.

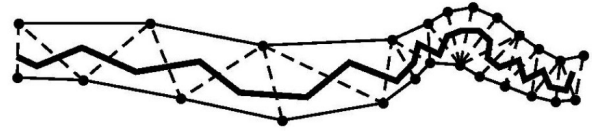
Voronoi kenarlarının eksen olarak kullanılmasında MCALLISTER ve SNOEYINK (2000) 3 farklı yaklaşımdan bahsetmişlerdir (Şekil 2)



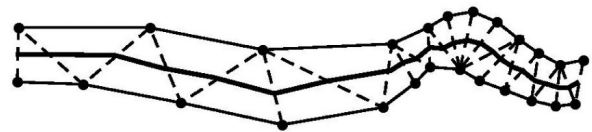
Orta Eksen



Orta Eksene Voronoi Yaklaşımı



Ağırlık Merkezi Çizgi Yaklaşımı



Orta Nokta Çizgi Yaklaşımı

Şekil 2: Üçgenleme yönteminde orta eksen yaklaşımları (MCALLISTER VE SNOEYINK 2000)

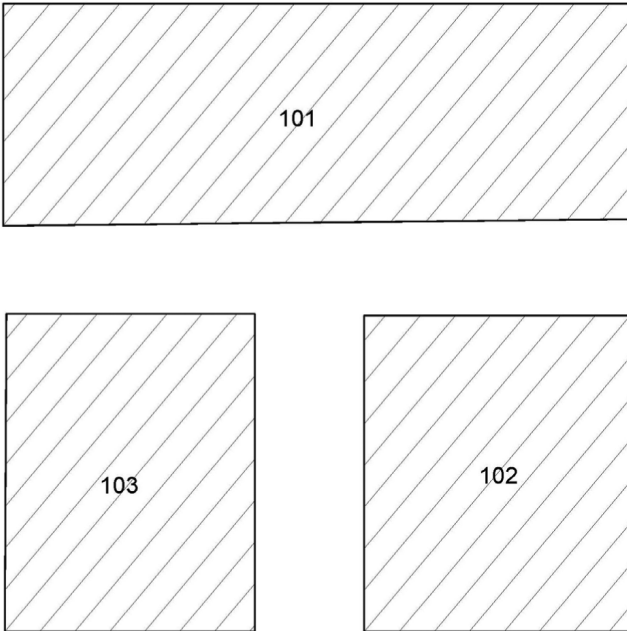
İlk yaklaşımda, belirlenen Delaunay üçgenlerine uygun Voronoi köşeleri birleştirilerek eksen oluşturulur. Yani üçgenlerin çevrel çemberlerinin merkezleri birleştirilerek eksen oluşturulur (Şekil 2). Buna “orta eksene Voronoi yaklaşımı” adı verilir. Fakat bu yöntemde sınır kenarlarındaki kırık noktalar arası mesafeler orantısızsa, yani iki nokta arası mesafe kısa iken ardından gelen iki nokta arası uzun ise, oluşan orta eksen umulan yumuşak orta eksen yerine oldukça sert köşelere sahip olur.

İkinci yaklaşım ise “ağırlık merkezi çizgi yaklaşımı”dır. Bu yaklaşımda Voronoi kenarları, Delaunay üçgenlerinin ağırlık merkezlerinde birleştirilirler (Şekil 2). Bir üçgende ağırlık merkezi, daima üçgenin içine düşer. Ağırlık merkezi üçgeni temsil eden bir nokta olmasına rağmen, ağırlık merkezlerinden geçen eksen de yumuşak değildir. Üçgenin bir kenarı diğer iki kenarından çok küçükse yine eksen zikzaklar oluşturur (Şekil 2).

Üçüncü yaklaşım ise “orta nokta çizgi yaklaşımı”dır. Oluşturulan Delaunay üçgenlerinden bir kenarı sınır çizgisine ait olanlar izlenerek eksenler üretilir (Şekil 2). Bu izleme sırasında sınır çizgisine ait olmayan üçgen kenarlarının orta noktaları eksen oluşturur (BİLDİRİCİ, 2000:40).

Eğer sınırdaki nokta dağılımı uygunsa, özellikle üçüncü yaklaşımla eksene çok iyi bir yakınsama sağlanır. Bu yöntemin dezavantajları ise, poligonun karşılıklı kenarlarında uygun noktalar belirlemenin zorluğu ve çok girintili çıkıntılı poligonlarda iyi sonuç vermemesidir. Ayrıca yöntemin bir eksiği de ada vb. poligon içerisindeki iç alanların otomatik olarak belirlenememesi ve bu gibi yerlerde elle müdahale gerektirmesidir. Bu da pratik bir çözüm değildir.

Bu çalışmada üçüncü yaklaşım, ada kenarlarında nokta sıklaştırması yapılarak yol eksenlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Nokta sıklaştırmasıyla nokta dağılımının dengeli oluşturulmuş olması uygun Delaunay üçgenlemesini sağlamakta, bu da oluşturulan yol eksenlerinin orta eksene uyumunu kolaylaştırmaktadır. Yapılan uygulama sonucunda yol eksenlerinin belirlenmesinde önemli sonuçlar elde edilmiş ve farklı kavşak tiplerinde uygun eksenler üretilmiştir.



Şekil 3: Türkiye’de büyük ölçekli haritalarda veri yapısı

2. Materyal Ve Metod

2.1. Türkiye’deki Mevcut Veri Yapısı

Bazı ülkelerde yol alanları kapalı alan olarak tanımlanmış ve yol eksenlerinin belirlenmesi için geliştirilen alan – çizgi dönüşüm yazılımları bu kapalı alanları kullanacak şekilde tasarlanmıştır. Ülkemizde mevcut büyük ölçekli sayısal harita verilerinde özellikle yol alanları için herhangi bir tanımlama yapılmamıştır. Fakat kapalı alan olarak tanımlanan adaların arka planları, yol alanları olarak düşünülebilir (Şekil 3). Ülkemizdeki bu durum geliştirilen alan-çizgi dönüşüm yazılımının temel düşüncesini etkilemiştir. Bu nedenle ada alanlarını ve ada köşelerini kullanarak yol alanlarının eksenlerinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

2.2. Yazılım Ortamı

Netcad, 1987 yılından beri geliştirilen, ulusal CAD ve CBS yazılımıdır. Netcad üzerinde 30’a yakın temel uygulama geliştirilmiştir.

Netcad ortamında sunulan çözümler farklı araçlar kullanılarak genişletilebilir, programlanabilir. Script dilleri (VB ve Java), C/C++/Delphi/VB/Power Builder gibi COM/COM+ mimarisini destekleyen diller bu amaçla kullanılabilir. Bu uygulama kapsamında VB Script tabanlı makro dili Ncmacro kullanılmıştır.

Ncmacro, VBScript ve JAVAScript ile Netcad’e ve Netcad objelerine erişim ve kullanma imkanı sağlayan yöntemler bütünüdür. Bu yöntemler ile Netcad üzerinde geliştirilecek bir takım özel uygulamalar ile yapılması zaman alan bir takım işlemler kısa sürede sonuçlandırılabilir, Netcad üzerine yeni modüller eklenebilir (URL 1).

2.3. Yöntem

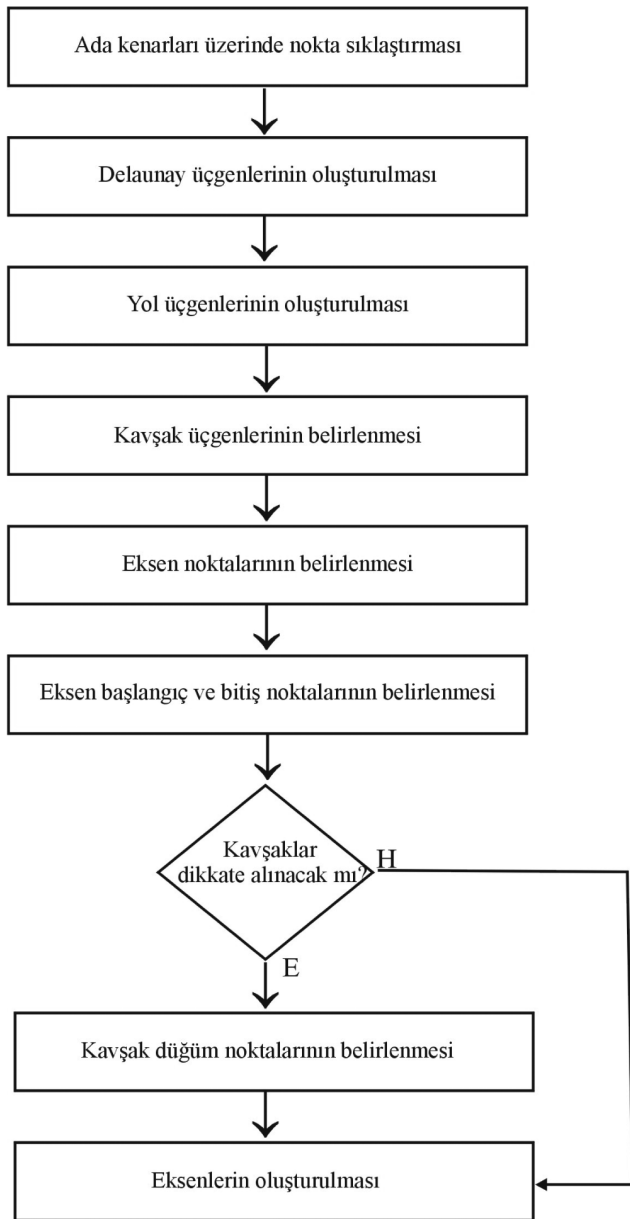
Üçgenleme yöntemiyle yol eksenlerini üretme algoritması sırasıyla, nokta sıklaştırması, Delaunay üçgenlerinin oluşturulması, oluşturulan üçgenlerden yol alanlarını oluşturan yol üçgenlerinin ayrılması, ekseni oluşturan eksen noktalarının belirlenmesi, eksen başlangıç ve bitiş noktalarının belirlenmesi, kullanıcının isteğine göre kavşak noktalarının belirlenmesi ve son olarak eksenlerin oluşturulması aşamalarından oluşmaktadır (Şekil 4). Aşağıda bu aşamalar ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

2.3.1. Nokta sıklaştırılması

Ada köşe noktaları arasındaki mesafeler Delaunay üçgenlerinin oluşturulması için uygun olmadığından, üçgenleme ve eksen oluşturma işlemlerine başlamadan önce ilk olarak ada kenarları üzerinde nokta sıklaştırması yapılarak, arzu edilen Delaunay üçgenlerini oluşturmak için yeterli sıklıkta noktalar üretilmiştir. Bu amaçla kullanıcıdan maksimum yol genişliği ile birlikte ada tabakası ve ada köşe noktalarının tabakası sorulmaktadır (Şekil 5). Bu aşamada yazılımın kullanılacağı verinin belirli standartlara sahip olması gerekmektedir. Adalar aynı tabakada

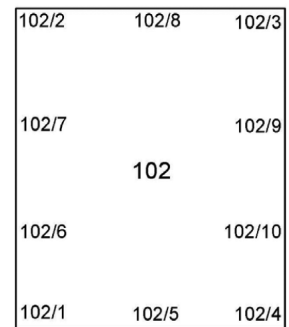
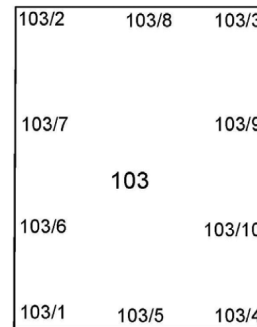
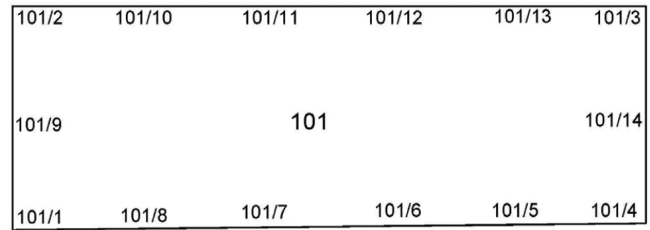
kapalı poligon şeklinde olmalı ve ada köşe noktaları farklı bir tabakada olmalıdır. Nokta sıklaştırması yapılırken kullanıcıdan alınan maksimum yol genişliği (d), temel kriter olarak kabul edilmiştir. Ada kenarı üzerindeki noktalar arasındaki uzaklık $1.5d$ değerini geçmeyecek şekilde nokta sıklaştırması yapılmaktadır (Şekil 6).

Yeni oluşturulan tüm noktalar geçici noktalar olduklarından, farklı bir tabakaya alınmış ve eksen oluşumu tamamlandıktan sonra kolayca silinmeleri sağlanmıştır. Sıklaştırma noktalarını üzerinde buldukları adayla ilişkilendirmek amacıyla tüm noktalara ada numaralarıyla bağlantılı isimler verilmiştir (101/8,c 102/6 vb., Şekil 6). Burada 101, 102 ... değerleri ada numaralarını, 8,6... vb. değerleri ise noktayı temsil etmektedir.



Şekil 4: Uygulama aşamaları

Şekil 5: Nokta sıklaştırması için kullanıcıdan gerekli değerlerin alınması



Şekil 6: Ada kenarları üzerinde nokta sıklaştırması yapılması

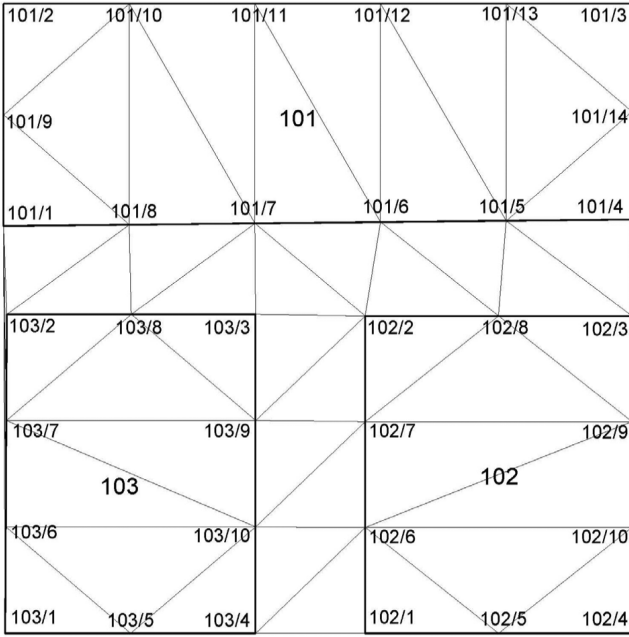
2.3.2. Delaunay üçgenlerinin oluşturulması

Nokta sıklaştırması tamamlandıktan sonra tüm noktaları içerecek şekilde Netcad yazılımı ile üçgenleme yapılmıştır. Burada üçgenleme işlemi de makro yardımıyla yapılmak istenmiş fakat üçgenleme işlemine ait objeler Ncmacro içerisinde yer almadığından bu işlem manuel olarak yapılmıştır. Tüm noktalarda üçgenleme yapıldığında ayrı bir tabakada üçgenler oluşmaktadır (Şekil 7). Bu aşamada bazı üçgen kenar uzunluklarının verilen sınır değerlerinin dışında olması, algoritma açısından önemli olmadığından önemsenmemiştir.

2.3.3. Yol üçgenlerinin oluşturulması

Üçgenleme yapıldıktan sonra, eksenleri oluşturulacak olan yol alanlarını kapsayan üçgenler dışındaki tüm üçgenler silinmiştir. Bu aşamada farklı kavşak bölgelerinde yol alanları içerisinde de bozuk üçgenler (kenarları verilen kriterlere göre daha uzun ya da daha kısa olan üçgenler) oluşabileceği düşünülerek bozuk üçgen - normal üçgen ayrımı yapılmamıştır. Bu amaçla ada içerisine düşen tüm üçgenler silinmiştir. Ada

içerisine düşmemesine rağmen, çalışma alanı sınırında oluşabilecek düzensiz üçgenleri de elemine etmek gerekmektedir. Bu amaçla alanın en büyük kenarına oranı çok küçük olan tüm üçgenler makro yardımıyla silinmiştir. Gerekli silme işlemleri yapıldıktan sonra hedeflenen, eksen oluşturmada kullanılacak, yol alanlarını kapsayan üçgenler elde edilmiştir. Geri kalan bu üçgenler “yol üçgenleri” olarak isimlendirilmiştir (Şekil 8 A,B ve C üçgenleri).



Şekil 7: Delaunay üçgenlerinin oluşturulması

2.3.4. Kavşak üçgenlerinin belirlenmesi

Yol üçgenlerinin oluşturulmasından sonra farklı eksenlerin birleşeceği kavşak düğüm noktalarını içeren üçgenler, 3 köşe noktasının da farklı adaya ait olması özelliğinden yararlanılarak farklı bir tabakaya alınmıştır (Şekil 8, B üçgeni). Bu üçgenler daha sonra kullanıcının kavşakların dikkate alınıp alınmamasına yönelik isteğine göre eksenlerin oluşturulmasında kullanılmaktadır. Bu üçgen türü Şekil 8’deki örnekteki gibi kavşak bölgelerinde bir tane olabileceği gibi, farklı kavşaklarda birden fazla da oluşabilir.

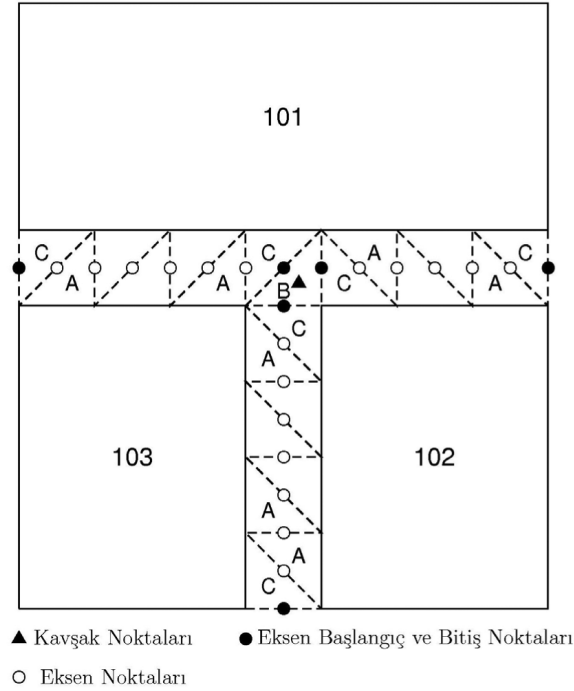
2.3.5. Eksen noktalarının belirlenmesi

Ekseni oluşturacak eksen noktalarının belirlenmesi amacıyla alan – çizgi dönüşüm yöntemlerinden üçgenleme yönteminde en iyi sonucu veren “orta nokta çizgi” yaklaşımından yararlanılmıştır. Bu yaklaşımda, iki köşesi farklı iki ada üzerinde olan üçgen kenarlarının orta noktaları ekseni oluşturmaktadır. Bu özellikten yararlanılarak şartı sağlayan tüm üçgen kenarlarında kenar orta noktaları bulunarak eksen noktaları oluşturulmuştur. Burada farklı iki komşu üçgenin ortak kenarlarında birbirine çakışık iki eksen noktası oluşacağından, bu fazla noktalar, koordinatlarının aynı olmasından yararlanılarak silinmiştir. Tüm bu işlemlerden

sonra amaca uygun eksen noktaları elde edilmiştir (Şekil 8, o işareti ile gösterilen noktalar).

2.3.6. Eksen başlangıç ve bitiş noktalarının belirlenmesi

Eksen noktalarının belirlenmesinin ardından her bir yol ekseninin başlayacağı ve biteceği noktaların belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla yol üçgenleri A, B, C tipi üçgenler olmak üzere üçe ayrılmıştır (Şekil 8).



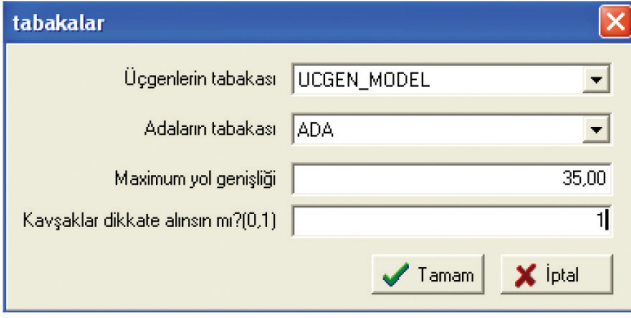
Şekil 8: Eksen oluşturma aşamaları

- A tipi üçgenler : İki tane komşu yol üçgenine sahip üçgenlerdir.
- B tipi üçgenler : Üç köşesi farklı adalarda olan kavşak üçgenlerdir.
- C tipi üçgenler : Yalnızca bir tane yol üçgenine komşu olan veya komşularından bir tanesi kavşak üçgen olan üçgenlerdir.

Eksen başlangıç ve bitiş noktaları, C tipi üçgen üzerinde olup A tipi üçgenler üzerinde olmayan noktalardır (Şekil 8, • işareti ile gösterilen noktalar). Başka bir ifadeyle eksenler C tipi üçgene ait noktalarda başlar, yine aynı tip noktalarda biter. Bu noktalar diğer eksen noktaları ile karışmamaları amacıyla farklı bir tabakaya alınmıştır.

2.3.7. Kavşak düğüm noktalarının belirlenmesi

Birbirine çok yakın kavşak bölgelerinde, zaman zaman istenmeyen sert çizgiler (zizzaklar) içeren eksenler oluşmaktadır. Bu nedenle kavşak bölgelerinin dikkate alınıp alınmayacağı kullanıcının tercihine bırakılmıştır. (Şekil 9). Kullanıcı isterse kavşakların dikkate alınmamasını belirterek, kavşaklar dikkate alınmadan eksenlerin oluşmasını sağlayabilir (Şekil 11).



Şekil 9: Yazılımın üçgenler oluşturulduktan sonraki kullanıcı arayüzü

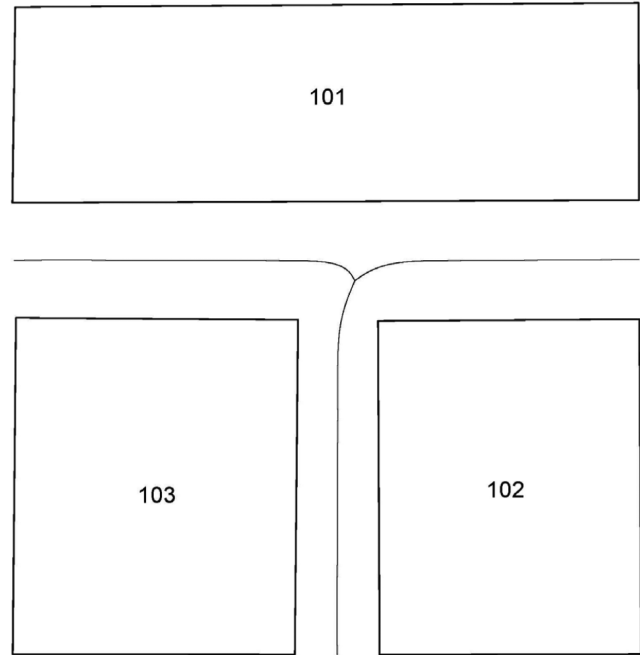
Kullanıcı kavşakların dikkate alınmasını isterse, eksen başlangıç ve bitiş noktalarının belirlenmesinden sonra kavşaklarda eksen düğüm noktaları belirlenmelidir. Bu amaçla eksen başlangıç veya bitiş noktalarının etrafında 2d yarıçaplı bir bölge oluşturularak bu bölge içerisinde bir başka eksen başlangıç veya bitiş noktasının olup olmadığı araştırılmaktadır. Eğer bölge içerisinde birden çok eksen başlangıç veya bitiş noktası varsa, bu noktaların ortalama koordinatlarında, düğüm noktaları belirlenmiştir (Şekil 8, ▲ işareti ile gösterilen noktalar). Her bir kavşak noktası belirlendikten sonra bu nokta etrafında 2d yarıçaplı bir bölgede başka düğüm noktası olup olmadığı araştırılır, eğer varsa bu iki düğüm noktasının ortasında yeni bir nokta üretilir ve diğer iki nokta iptal edilir. Böylece birbirine yakın kavşaklarda eksenlerin zikzaklar yapması engellenmiş olur. Burada, kavşak üçgenin ağırlık merkezinin düğüm noktası olarak alınması, birden fazla kavşak üçgenin aynı bölgede olması durumunda iyi sonuç vermeyeceği gerekçesiyle tercih edilmemiştir.

2.3.8. Eksenlerin oluşturulması

Eksen başlangıç ve bitiş noktalarının ve gerekli yerlerde kavşak düğüm noktalarının belirlenmesinin ardından eksenin oluşturulması aşamasına geçilmiştir. Kavşakların dikkate alınması durumunda eksen oluşturma algoritması aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

- Algoritma herhangi bir C tipi üçgen üzerindeki eksen başlangıç noktasına gider. Bu nokta etrafında 1.5d yarıçaplı bir bölge oluşturur. Bu bölge içine düşen kavşak düğüm noktası olup olmadığını araştırır. Kavşak düğüm noktası var ise eksen bu noktadan başlatılır ve eksenin ikinci noktası eksen başlangıç noktası olarak alınır. Kavşak düğüm noktası yok ise eksen, eksen başlangıç noktasından başlatılır.
- Yine eksen başlangıç noktası etrafında d yarıçaplı bir bölge oluşturulur. Bu bölge içerisine düşen, eksen noktası tabakasında ve eksen başlangıç noktası ile aynı üçgen üzerinde olan nokta olup olmadığı araştırılır. Eksen, bulunan eksen noktasından geçirilir ve kullanılan eksen başlangıç noktası, tekrar kullanılmaması için farklı bir tabakaya alınır.

- Eksenin son noktası etrafında, yine d yarıçaplı bir bölge oluşturulur. Bu bölge içerisine düşen ve eksen noktasıyla aynı üçgen üzerinde olan ikinci eksen noktası tespit edilir ve bu nokta eksene dahil edilir. Tekrar kullanılmaması için ilk eksen noktasının tabakası değiştirilir. Algoritma bu şekilde, eksen bitiş noktasına ulaşmaya kadar devam eder.
- Eksen bitiş noktasına ulaşıldığında yine 1.5d yarıçaplı bir bölge oluşturulup, bu bölge içerisine düşen kavşak düğüm noktası olup olmadığı araştırılır. Var ise eksen bu noktayla bitirilir. Eksen bitiş noktasının tabakası tekrar kullanılmaması için değiştirilir. Böylece ilk eksen oluşturulmuş olur.
- İlk eksen oluşturulduktan sonra algoritma diğer bir eksen başlangıç noktasına gider ve aynı işlemler kullanılmayan eksen başlangıç ve bitiş noktası kalmayınca kadar devam eder. Bütün eksen başlangıç ve bitiş noktaları kullanıldığında arzu edilen eksenler üretilmiş olur. Daha sonra makro tarafından üretilen geçici sıklaştırma noktaları ve geçici üçgenler silinir. (Şekil 10).



Şekil 10: Yazılım sonucu oluşan eksenler

3. Sonuç

Bu çalışmada ülkemizdeki veri yapısına uygun, üçgenleme yöntemini kullanarak alan – çizgi dönüşümü yapan bir yazılım geliştirilmiştir. Farklı kavşak türlerinde de elde edilen sonuçlar dikkate alındığında topolojik tutarlılığa sahip, yolları oldukça iyi temsil eden eksenler elde edilmiştir (Şekil 10). Yapılan çalışma, alan – çizgi dönüşümünün otomatik olarak gerçekleştirilmesini hedeflemektedir. Yol eksenlerinin belirlenmesi ihtiyacı, hem genelleştirme hem de CBS

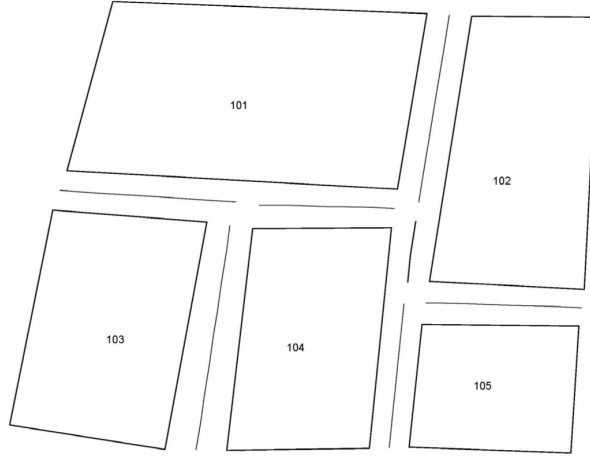
uygulamalarında ortaya çıkmaktadır. Bu çalışma ile bu alanda bir çözüm önerisi sunulmuş ve önerilen çözüm geliştirilen yazılım ile de test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar önerilen çözümün büyük ölçekli verilerde yol eksenlerinin elde edilmesi için uygulanabilir olduğunu göstermektedir.

4. Tartışma

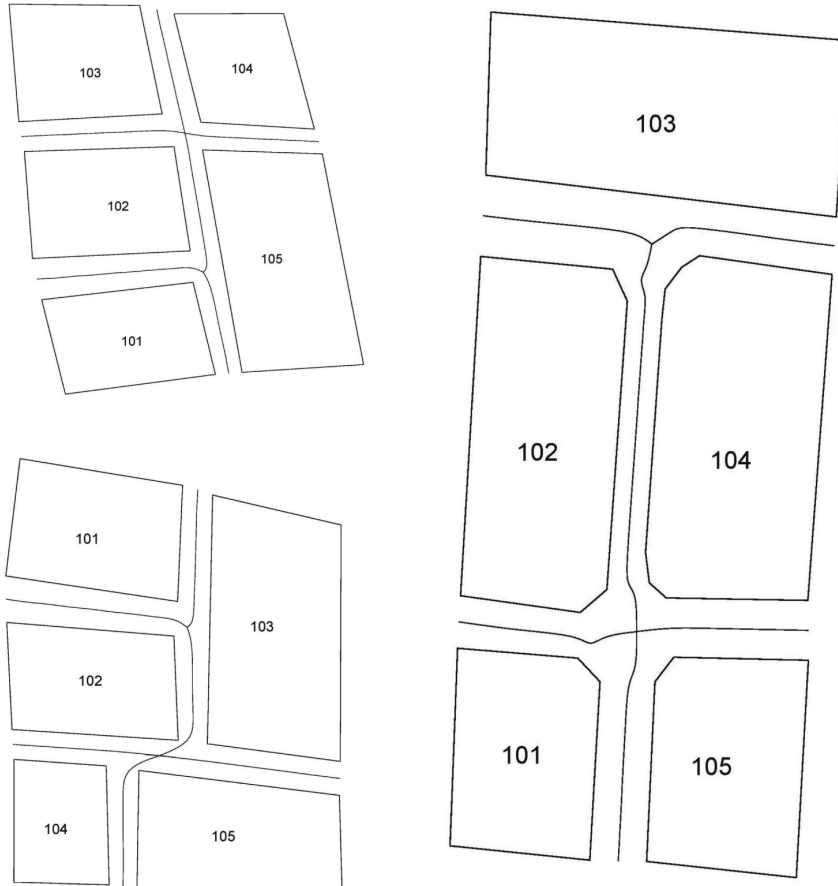
Yol eksenlerinin ülkemizde şu ana kadar olduğu gibi operatörlerce manuel olarak çizilmesi, hem öznel olması, hem de önemli derecede zaman kaybına sebep olması nedeniyle

doğru bir yaklaşım değildir. Yapılan bu çalışma ile, yol eksenlerinin önerilen bir yöntemle göre bilgisayar destekli oluşturulması hedeflenmiştir. Çalışmada varılan sonuçların uyumlu olması, yöntemin uygulanabilir olduğunu göstermektedir.

Ancak genelleştirmenin doğası gereği modellemesi çok zor bir konu olması, yapılan bu yazılımın da bazı özel durumlarda istenilen sonucu vermesini engellemiştir. Özellikle birbirine çok yakın kavşak bölgelerinde karşılaşılan bu sorunlara karşı yazılım seçenekli yapılmış ve kavşakların dikkate alınmıyacağı kullanıcının tercihine bırakılmıştır.



Şekil 11: Kavşaklar dikkate alınmadığında yazılımın sonucu



Şekil 12: Farklı kavşak türlerinde yazılımın sonuçları

Yazılımın kullanılabilmesi için kullanılan verilerin aşağıdaki standartlara göre hazırlanmış olması gerekmektedir:

- Adalar kapalı alan olarak tanımlanmış olmalıdır.
- Tüm adalar aynı tabakada olmalıdır.
- Ada köşe noktaları farklı bir tabakada tanımlanmış olmalıdır.

Ne yazık ki ülkemizde yerel yönetimlerin elindeki veriler dikkate alındığında, verilerin çoğunlukla belli bir standarda sahip olmadığı görülmektedir. Tabaka yapılarının zaman zaman operatörlerin kendi düşüncelerine göre oluşturulması, bu verilerin CBS amaçlı kullanımlarını ve istenilen analizlerin yapılmasını imkansız hale getirebilmektedir. Bu kapsamda 15 Temmuz 2005 tarihli “Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği” ile getirilen standartlar bir fırsat olarak değerlendirilmelidir (Ulusal Veri Değişimi Formatı-UVDF).

Önerilen yöntem ve elde edilen sonuçlar, yöntemin diğer alan çizgi dönüşüm yöntemleriyle karşılaştırıldığında yol eksenlerinin oluşturulması açısından uygulanabilir olduğunu göstermektedir.

Teşekkür

Yazılım geliştirme aşamasındaki katkılarından dolayı Netcad A.Ş. yöneticisi sayın Serdar Ak’a teşekkürü borç biliriz.

Kaynaklar:

- AICHHOLZER O., AURENHAMMER F., ALBERTS D., GARTNER B.: **A Novel Type of Skeleton for Polygons**, Journal of Universal Computer Science, v.1, n.12, 1995, s.752-761.
- BİLDİRİCİ İ.Ö.: **1:1000-1:25000 Ölçek Aralığında Bina ve Yol Objelerinin Sayısal Ortamda Kartografik Genelleştirilmesi**, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2000, İstanbul.
- CHRISTENSEN A.H.: **Street Centerlines by A Fully Automated Medial – Axis Transformations**, In Proceedings of GIS / LIS’96, Kasım 19-21, 1996, s.107-116, Denver.
- EPPSTEIN D., ERICKSON J.: **Raising Roofs, Crashing Cycles, and Playing Pool: Applications of a Data Structure for Finding Pairwise Interactions**, Discrete & Computational Geometry, n.22, 1999, s.569-592, Springer – Verlag New York Inc.
- MCALLISTER M. ve SNOEYINK J.: **Medial Axis Generalization of River Networks**, Cartography and Geographic Information Science, v.27, n.2, 2000, s.129-138.
- URL 1: www.netcad.com.tr (Mayıs 2007)
- SONKA M., HLAVAC V., BOYLE R.: **Image Processing, Analysis, and Machine Vision**, International Thomson Publishing Inc., ISBN 0-534-95393-X, 1999, London.
- THOMAS F.: **Generating Street Center-Lines from Inaccurate Vector City Maps**, Cartography and Geographic Information Systems, v.25, n.4, 1998, s.221-230.
- UÇAR D., BİLDİRİCİ İ.Ö., ULUĞTEKİN N.: **Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Model Genelleştirilmesi Kavramı ve Geometri ile İlişkisi**, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı, SÜ, Konya, Eylül 24-26, 2003, s.94-103.
- YANALAK, M.: **Sayısal Arazi Modellerinden Hacim Hesaplarında En Uygun Enterpolasyon Yönteminin Araştırılması**, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 1997, İstanbul .