

MODEL GENELLEŞTİRMESİNDE GEOMETRİ DEĞİŞİMLERİNDEN ALAN-ÇİZGİ DÖNÜŞÜM YÖNTEMLERİ

İ. Öztuğ Bildirici* H. Zahit Selvi*

*Selçuk Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Kartografya Anabilim Dalı, Konya, bildirici@selcuk.edu.tr
hyselvi@selcuk.edu.tr

ÖZET

Genelleştirme, kavram olarak, ayrıntı açısından zengin olan gerçek dünya tanımlamasının içeriğinin azaltılmasını gerektirir. Bu azalma objelerin hem geometrisini hem de öz niteliklerini etkiler. Model genelleştirme sonucu alan-çizgi, alan-nokta, çizgi-nokta gibi geometri değişimleri ortaya çıkar. Bu bildiride bu dönüşümlerden yaygın kullanım alanına sahip olan alan-çizgi dönüşümü üzerinde durulacaktır. Alan objeler birbirlerinden çok farklı geometrik özelliklere sahip olduklarından, her alan obje için geçerli olan bir alan-çizgi dönüşüm yöntemi henüz üretilmemiştir. Bundan dolayı günümüzde çeşitli alan obje tipleri ve ihtiyaçlara uygun farklı modeller geliştirilmiştir. Bazı yöntemler uygulama zamanının kısalığına, bazıları doğruluğa, bazıları da bilgisayar belleğinin optimal kullanılmasına öncelik vermişlerdir. Bu çalışmada alan-çizgi dönüşüm yöntemlerinden dört tanesi ayrıntılı olarak incelenecektir.

Anahtar Sözcükler: Model genelleştirme, geometrik dönüşüm, topoloji, coğrafi bilgi sistemi

ABSTRACT

CHANGE OF GEOMETRY IN MODEL GENERALIZATION : AREA-LINE GEOMETRY CHANGES

Reducing the real world reality to map scale makes generalization necessary. This reduction influences geometry and attributes of objects. In model generalization, area-line, area-point and line-point changes occur. In this study, area-line changes is handled. Since area objects have different geometric properties, there is no universal solution that is applicable to all kinds of area objects. Therefore there are several methods applicable to certain objects under certain circumstances. Priorities of methods are accuracy, processing time and optimal use of computer memory. We discuss four methods in detail.

Keywords: Model generalization, geometric changing, topology, geographic information systems.

1. GİRİŞ

Bilgisayar teknolojisinin gelişmesi sayısal harita kavramını gündeme getirmiş ve haritaların bilgisayar ortamında yapılması yaygınlaşmıştır. Bunun sonucu olarak, kartografyanın temel konularından biri olan genelleştirmenin otomatize edilmesi yönünde hem akademik hemde uygulamacı çevrelerde çeşitli çalışmalar sürmektedir.

Kartografik genelleştirmenin modellenmesi, kartografik objelerin çok çeşitli olması ve birbirlerinden çok farklı yapıya sahip olmaları nedeniyle oldukça karmaşık bir iştir. Kartografik objelerin modellenmesindeki zorluklar ve ihtiyaçların çeşitliliği sayısal ortamda her ihtiyaca cevap verebilen kartografik genelleştirme yazılımlarının üretilmesini bugüne kadar engellemiştir. Bunun yerine değişik ihtiyaçlara öncelik veren, belirli obje tiplerinde iyi sonuçlar veren çeşitli yazılımlar geliştirilmiştir. Bu nedenle kartografik objeler alan, çizgi ve nokta obje olarak sınıflandırılarak, her bir obje türü için genelleştirme modelleri üretilmeye çalışılmıştır.

Bu çalışma kapsamında model genelleştirme içerisinde alan-çizgi geometrik dönüşümü üzerinde durulacaktır. İkinci bölümde model genelleştirme kavramı üzerinde durulacak ve bu kavram içerisinde geometri değişimlerinin yeri, geometrik dönüşüm türleri anlatılacaktır. Üçüncü bölümde ise alan-çizgi dönüşüm yöntemlerinden üçgenleme, su çizgileri, basit iskelet ve çatı ve inceltme yöntemleri incelenecek, bu yöntemlerin üstün ve zayıf yönleri üzerinde durulacak, yöntemlerin birbirleriyle karşılaştırması yapılacaktır. Son bölümde ise çalışmadan çıkarılan sonuçlar ve geleceğe yönelik öneriler yer almaktadır.

2. MODEL GENELLEŞTİRMESİ VE ALAN ÇİZGİ DÖNÜŞÜMÜ

Gerçek dünyanın birebir modellenmesi mümkün olmadığından ilk olarak mekansal verilerin yapılandırılması ve genelleştirilmesiyle birincil model olarak nitelendirilebilecek sayısal mekan modeli (SMM) elde edilir. Model genelleştirmesinde görselleştirilerek kullanıcıya sunulacak ikincil modellere (kartografik model) uygun yoğunlukta ve yapıda verilerin hazırlanması temel hedefdir (Uçar ve diğ., 2003).

Model genelleştirmesi yüksek çözünürlüklü SMM verilerinin düşük çözünürlüklü SMM verilerine dönüştürülmesi için gerekli işlev ve araçları sunmaktadır. Model genelleştirmesinde ayrıntı açısından zengin olan gerçek dünya tanımlamalarının azaltılması, objelerin özneliklerini etkilediği gibi geometrik tanımlamalarını da etkiler. 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 modellemeler (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.

Geometri değişiminin gerekli olup olmadığı yüksek ve düşük çözünürlükteki SMM’lerin obje sınıfları için öngörülen geometri tiplerinin incelenmesiyle belirlenir. Yeni geometrinin belirlenmesi ise öngörülen modellemeye ve objelerin aralarındaki ilişkilere bağlıdır. Geometri değişimine uğrayacak obje hiçbir obje ile ilişkili değilse geometri tipi değişimi bağımsız olarak düşünülebilir. Objeye başka objelerle ilişkili ise bu ilişkilerin, yeni geometrinin belirlenmesinde dikkate alınması gerekir.

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 yöntemleri üzerinde durulacaktır.

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 neden ise CBS açısından çok önemli olan ağ analizlerinin yapılabilmesi için verilerin çizgi tabanlı vektörel yapıda olma zorunluluğudur. Başka bir deyişle ölçeğe bağlı olarak yol vb. objelerin kenar çizgileriyle gösterilmesi mümkün olsa bile ağ topolojisinin kurulabilmesi ve buna bağlı analizlerin yapılabilmesi için (çizgisel yapıda) yol eksenlerine gerek vardır. Yol eksenlerinin elde edilmesi de bir alan-çizgi dönüşümü problemidir.

3. ALAN-ÇİZGİ DÖNÜŞÜM YÖNTEMLERİ

3.1 Üçgenleme Yöntemi

İngiliz uzmanlar arasında yoğun ilgi gören bu yöntem, Voronoi Diyagramı ve Delaunay Üçgenlemesi üzerine kurulmuştur. Yöntemin daha iyi anlaşılabilmesi için öncelikle bu iki kavramın tanımlanması gerekir.

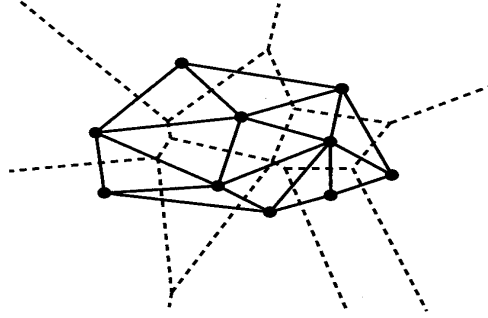
Düzlemde yer alan sonlu nokta kümesine ait herhangi bir noktaya, kümedeki diğer noktalardan daha yakın konumda bulunan düzlem noktalarının geometrik yerine, o noktanın “Voronoi Çokgeni” denilmektedir. Kümedeki tüm noktaların Voronoi çokgenlerinin birleşimi, o kümenin Voronoi diyagramını oluşturur (Yanalak, 1997).

Bir noktanın Voronoi çokgeni o noktayı, komşu noktalar deneni, o noktaya en yakın konumdaki noktalardan ayırmaktadır. Çokgenin kenarları, nokta ile komşu noktaları birleştiren doğru parçalarının kenar orta dikmelerinden oluşmakta, her nokta kendisine ait komşu noktalar ile birleştirdiğinde “Delaunay Üçgenlemesi” elde edilmektedir. Şekil 1’de Voronoi diyagramı verilmiş olan kümenin Delaunay üçgenleri görülmektedir.

Orta eksenin belirlenebilmesi için Voronoi diyagramı ve Delaunay üçgenlemesi çok önemlidir. Matematiksel olarak Voronoi diyagramı ve Delaunay üçgenlemesi birbirlerini tamamlarlar. T Delaunay üçgenini tanımlayan 3 Voronoi bölgesi, aynı zamanda T’nin çevrel çemberinin merkezindeki Voronoi köşesini de tanımlarlar (Şekil 1).

Bir poligonun orta eksenini, köşeleri poligon köşesi olan ve kenarları açık olan bölgelerden oluşan Voronoi diyagramının bir alt kümesidir. Yani, Voronoi diyagramının poligonun içine uzanan parçası, poligonun orta eksenine yakınsar. Bu nedenle orta eksen Voronoi diyagramından türetilir.

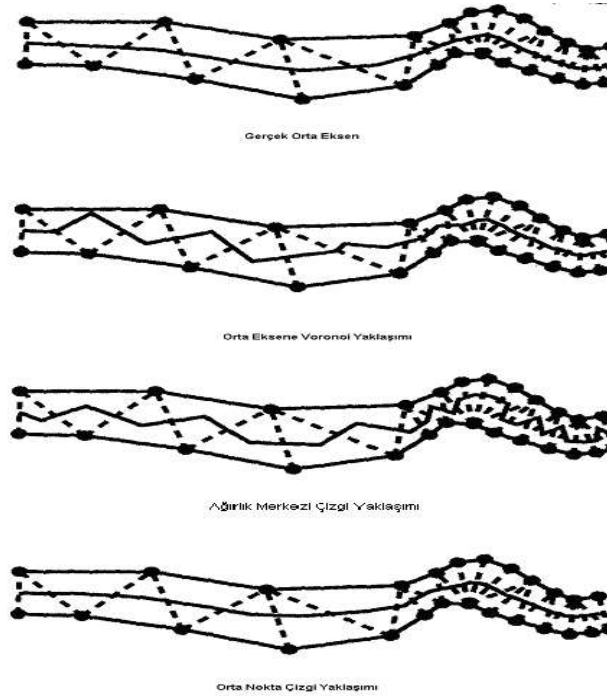
Poligon sınırlarındaki Voronoi diyagramından, poligonun iç bölgeleri için bir eşleşmeli Delaunay üçgenler grubu üretilir ve bu üçgenleme orta eksene ulaşmada yol gösterir.



Şekil 1: Voronoi diyagramı ve Delaunay üçgenlemesi (McAllister ve Snoeyink, 2000)

Voronoi kenarlarının eksen olarak kullanılmasında McAllister ve Snoeyink (2000) 3 farklı yaklaşımdan bahsetmişlerdir (Şekil 2).

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 uzaklık uzunsa, oluşan orta eksen umulan yumuşak orta eksen yerine oldukça sert köşelere sahiptir.



Şekil 2: Üçgenleme yönteminde orta eksen yaklaşımları

İkinci yaklaşım ise “ağırlık merkezi çizgi yaklaşımı”dır. Bu yaklaşımda Voronoi kenarları, Delaunay üçgenlerinin ağırlık merkezlerinde birleştirilirler (Şekil 2). a , b , c köşeleri ile verilen bir üçgende, ağırlık merkezi $(a+b+c)/3$, 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 zigzaglar oluşturur (Şekil 2).

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

3.2 Su Çizgileri Yöntemi

Su çizgileri yöntemi, üçgenleme yönteminin kenarlar üzerinde çok fazla nokta tanımlamaya gereksinim duyması, yani kenarları doğru parçalarıyla tanımlamasının ve kenarların çok girintili çıkıntılı olması durumunda iyi sonuçlar vermemesinin bir eksiklik olduğu düşünülerek Christensen tarafından geliştirilmiştir (Christensen, 1996).

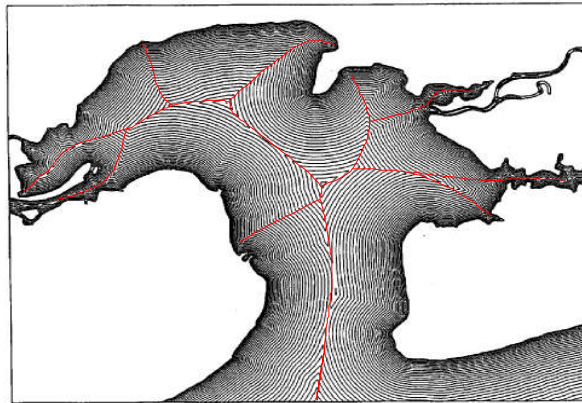
Orta eksen uygulamalarındaki ana sorun genelde aynıdır. Tüm şekli bilgisayar nasıl olup da görecektir? Tüm şekli bütün parçalarıyla bilgisayara tanıtan bir yazılım bugüne kadar geliştirilememiştir. En uygun çözüm, veriyi küçük ve daha kolay ifade edilebilen parçalara bölmektir. Fakat üçgenleme yöntemindeki gibi kenarları doğru parçalarıyla ifade etmek çok yoğun bir emek gerektirir. Bu nedenle Christensen, kenarların çoklu doğru parçaları olarak tanımlanmasının uygun olduğunu düşünmüş ve GIS yazılımlarındaki “buffer” işlemi yardımıyla tanımladığı su çizgileri sayesinde eksenlerin belirlenebileceğini göstermiştir.

Bu algoritma şekli aşama aşama sorularla öğrenmekte, böylece düzenli olarak parametre boyutu azalmakta ve şekil basitleşmektedir. Orijinal şekle paralel iç içe geçmiş su çizgileriyle hem eksen oluşturulmakta hem de doğal bir basitleştirme sağlanmaktadır (Şekil 3).

Bir şeklin su çizgilerinin oluşturulması orta eksen oluşturulmasındaki aşamalı yaklaşımın ilk adımıdır. Bir önceki su çizgisinden (veya şeklin kenarından) tek bir su çizgisi elde etme yöntemi, birçok GIS yazılımının içinde bulunan buffer (tampon) komutunun çalışmasına benzer. Burada ilk özellik, herhangi bir su çizgisi kenara sabit uzaklıktadır. Bir su çizgisinden diğerine olan uzaklık ise önceki iki su çizgisi arasındaki uzaklığa göre değişkendir. Şekil 3’de de görüldüğü üzere su çizgileri, karşı kenardan gelen su çizgileriyle çakışmaya kadar kenara paralel olarak devam ederler. Çakışan su çizgileri, çakışma noktalarındaki ani yön değişikliklerini de gösterecek şekilde poligon içerisinde birleştirilir. Çakışma noktaları birleştirilerek, kenarlara yaklaşık eşit uzaklıkta, orta eksene güzel bir yakınsama elde edilir.

Yöntem giriş verilerinin düzenlenmemiş çoklu doğru olduğunu kabul eder. Çoklu doğrular su çizgisi oluşturma adımlarıyla otomatik olarak düzenlenirler. Bu adımların sonucunda her biri bir bölgeye (örneğin her bir yol ağına) ait dosyalar kümesi elde edilir. Bu dosyalar, taşınan geometriyi, su çizgilerinin obje kenarlarına olan uzaklığını, önceki ve sonraki su çizgilerine olan uzaklığı ve olabilecek diğer değerleri içerir.

Daha sonraki aşamada su çizgilerinin çakışma noktaları otomatik olarak seçilir. Çakışma noktaları birbiriyle ilişkilendirilir ve bu noktaları birleştiren eksen, su çizgilerine ait tüm özellikleri devralır.



Şekil 3: Su çizgileri yöntemiyle eksen oluşturulması (Christensen,1996)

Bu yöntem eğer çok büyük veri gruplarına uygulanacaksa, bu veri grupları parçalanmalıdır. Çünkü çok büyük veri gruplarına bu yöntemin uygulanması büyük bilgisayar belleği gerektirir. Verilerin parçalanması durumunda, süreklilikten emin olmak amacıyla komşu paftalardan örtüşen bölümler belirlenir. Bu bölümler yardımıyla komşu paftalarla ilişki kurulur. Yöntemin uygulamasında, en fazla su çizgilerinin oluşturulmasında zaman harcanır, diğer aşamalar buna göre daha kısa zamanda tamamlanır.

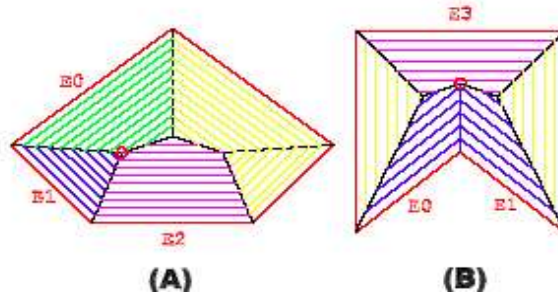
Su çizgileri yönteminin en büyük avantajı, sistemin esnek olmasıdır. Obje kenarına olacak herhangi bir ilave sadece eksenin o bölgesini etkiler, tüm eksen etkilemez. Christensen'nin uygulama şeklinde tüm veriler depolandığından istenildiğinde eksenden yararlanılarak orijinal şeklin elde edilmesi mümkündür.

3.3 Basit İskeletleştirme ve Çatı Yöntemi

Basit iskeletleştirme yöntemi üçgenleme ve su çizgileri yönteminin birleştirilmesinin daha iyi sonuç vereceği düşüncesiyle geliştirilmiştir. Basit iskelet (straight skeleton) poligon kenarlarının açıortaylarının bir parçasıdır. Bu yöntemde poligon kenarları poligon içerisine doğru sabit bir hızla hareket eder ve kenar uzunlukları değişir. Poligon köşeleri de poligonun topolojisi değişim aşamasına gelinceye kadar açıortay doğrultusunda hareket eder.

Poligon sınırlarındaki topoloji değişimleri basit iskeleti tanımlar. İki tür topoloji değişimi vardır.

1. Kenar olayı (edge event): Bir kenar ortadan kaybolur ve bu kenarın komşuları bitişik hale gelir.
2. Ayrılma olayı (split event): Bir sert çıkıntılı köşe karşısındaki kenara doğru uzanır ve onu ikiye böler, bu olay aynı zamanda tüm poligonun bölünmesine neden olur. Ayrılan kenarla sert çıkıntılı köşenin iki kenarı arasında yeni bir komşuluk oluşur (Felkel ve Obdrzalek, 1998) (Şekil 4).



Şekil 4: Kenar olayı (A) ve Ayrılma olayı (B) (Cacciola, 2000)

Poligonlar, bu iki olayı da içerecek şekilde sıfır alana sahip oluncaya kadar büzülürler. Yöntemin algoritmik olarak uygulanışı Felkel ve Obdrzalek (1998) tarafından şu şekilde anlatılmıştır.

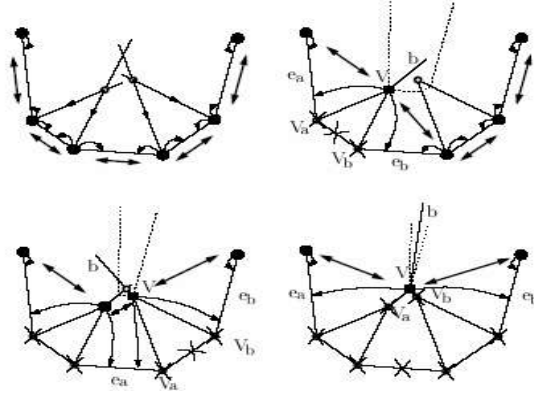
Algoritma temel veri olarak poligonun aktif köşelerinin dairesel sıralanmış listesini kullanır. Bu listeye SLAV (Set of circular Lists of Active Vertices) adı verilir. Poligonun konveks olması durumunda her poligon için yalnız bir tane SLAV tanımlıdır. Konveks olmayan poligonlarda sert çıkıntılı köşeler poligonu bölmeceğinden dolayı (ayrılma olayı) birden fazla SLAV tanımlanır. SLAV'da bulunan bütün köşeler dairesel sıradaki her iki komşu poligon köşesi ile de ilişkilidir. Her poligon köşesinde açıortaylar hesaplanır. Daha sonra ardışık açıortay kenarlarının kesişim noktaları belirlenir. Her açıortay kesişim noktasında aynı açıortay üzerinde, bu kesişimden daha önce başka bir kesişim olup olmadığı incelenir. Eğer başka kesişim varsa kenar korunur. Aksi durumda ise kenar olayı gerçekleşir ve ilgili kenar yok olur (Şekil 5). Bu şekilde aşama aşama SLAV tekrar üretilerek en son eksen oluşuncaya kadar algoritma devam eder.

Poligonun konveks olmaması durumunda ise konveks poligonlardan farklı olarak ani çıkıntılı bir köşe karşı kenarı keseceğinden ayrılma olayı oluşur. Bu durumda öncelikle köşenin karşı kenarı kestiği nokta belirlenir ve bu noktadan poligon ikiye bölünür. İki ayrı SLAV oluşturulur. Sanki iki ayrı poligon varmış gibi algoritma uygulanır.

Basit iskeletleştirme yönteminin 3 boyutlu versiyonu çatı modelidir. P poligonunu zemin duvarı gibi düşünürsek, bu yöntemi duvarın üzerine sabit eğimli bir çatı oluşturmak gibi hayal edebiliriz. Çatının sırtı ve karakteristik çizgileri iskeleti oluşturur.

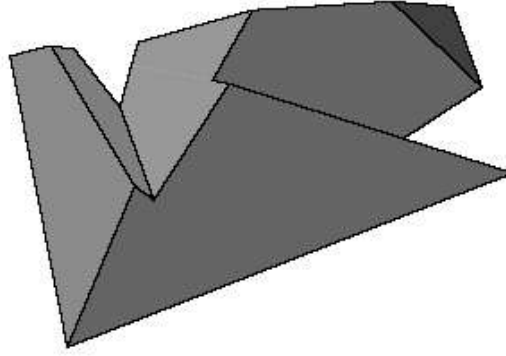
Bu yöntemde basit iskeletleştirme yöntemindeki açıortay kesişimlerinin daha kolay bulunabilmesi için her poligon kenarından düzlemle 45° 'lik sabit bir açı yapan üçgen düzlemler tanımlanmıştır. Bu üçgen düzlemlerin poligon köşesi olmayan üçüncü köşelerinin z değerlerine bakılarak iskelet oluşturulur. Olabilecek kenar olayları, üçgenlerin en yüksek köşelerinin z değerleri dikkate alınarak oluşturulan bir öncelik dizesiyle belirlenebilir. Doğaldır ki ilk kesişme en yüksek noktalarının z değeri en düşük olan üçgende oluşacaktır. Üçgenlerin üçüncü köşelerinde en küçük

z değerine sahip üçgen, kenar olayına karşılık olacak şekilde yok edilir ve öncelik dizesi güncellenir. Bu şekilde oluşturulacak çatının sırtı ve karakteristik çizgileri eksenli oluşturur (Şekil 6).



Şekil 5: Konveks poligonlar için algoritmanın akış aşamaları (Felkel ve Obdrzalek, 1998)

Basit iskeletleştirme ve çatı yöntemi genel orta eksen oluşturma yöntemleriyle kıyaslanırsa, basit iskelet sadece doğru parçalarından oluşmaktadır ve hiçbir eğri içermez. Basit iskelet poligon kenarlarındaki şekil değişikliklerine daha duyarlıdır. Bir sert çıkıntılı köşe iskelet yapısını tamamen değiştirir. Yine çok girintili çıkıntılı poligonlarda her kenar için üçgen tanımlamak oldukça büyük zaman ve bilgisayar belleği gerektirir. Ayrıca yöntemin uzmanlarca en fazla eleştirilen yönü, oluşan eksenlerin poligona özgü olmaması yani farklı poligonlarda benzer eksenlerin oluşmasıdır.



Şekil 6: Çatı yöntemiyle oluşturulmuş eksenler (Aichholzer ve diğ. 1995)

3.4 İnceltme Yöntemi

Haritalar sık sık uydur görüntülerinden veya hava fotoğraflarından yararlanılarak elde edilir. Bu nedenle kullanılan veriler çoğu kez raster formattadır. Ayrıca vektör formatta karşılaşılan sayısallaştırma hataları nedeniyle, vektör formattaki haritalar raster formata dönüştürülüp raster formatta eksen oluşturulmasının daha iyi sonuç vereceği tezine dayanan uygulamalar vardır (Thomas, 1998). İnceltme bir vektörizasyon yöntemidir. Siyah beyaz görüntülerde çizgileri bir piksel kalınlığa indirgeyerek vektörizasyon yapılması düşüncesine dayanır.

Vektör formattan raster formata geçişi de içerecek şekilde yöntemin işleyişi Thomas (1998) tarafından aşağıdaki gibi incelenmiştir.

Öncelikle vektör haritalar, beyaz görüntüye dönüştürülür (Thomas, 1998). Pikseller halinde tanımlanan harita üzerinde daha sonra her piksel bulunduğu bölgeyi temsil edecek şekilde etiketlenir. Bu etiketleme sayesinde üst üste binmeler ve bölgelerin yanlış yorumlanması gibi hatalar ortadan kalkmış olur. Bu etiketleme sırasında eğer bloklar içinde istenmeyen boşluklar varsa genişletme operatörleri kullanılarak blok bütünlükleri sağlanır (Şekil 8).

İnceltme işleminin uygulanacağı bölgeleri (Şekil 8 yol alanları) ortaya çıkarmak amacıyla öncelikle görüntü tersine çevrilir. Böylece inceltme algoritması uygulanacak pikseller siyah (1), diğer bölgeler ise beyaz (0) olarak tanımlanmış olur (Şekil 8). Bundan sonra görüntü, asıl amaç olan iskeletleştirmeye hazır hale geldiğinden iskeletleştirme işlemine başlanır.

Arzu edilen iskelet, 1 piksel kalınlığında ve ağ topolojisini koruyan bir yapıda olmalıdır. Yani iskelet, 1 piksel kalınlığı sağlarken iskelet üzerindeki noktaların bağlantısı kesilmemelidir. İstenilen iskeleti elde etmek için,

bölgedeki dış piksellerin ardışık olarak atılmasından ibaret olan bir inceltme yöntemi uygulanır. Daha fazla atılacak piksel kalmayınca kadar işleme devam edilir.

İnceltme algoritmalarında silinecek piksel P, bir siyah piksele ve P'nin silinmesi, P'yi içeren yerel komşu piksellerin konfigürasyonuna bağlıdır (Şekil 7).

İnceltme algoritmalarında önemli bir tanım "geçiş sayısı"dır. Geçiş sayısının iki tanımı vardır. Rutovitz, N(P) içindeki beyaz pikselden siyah piksele geçiş sayısını dikkate almıştır. Bu geçiş sayısı bir piksel etrafındaki komşu 8 piksele göre aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$X_R(P) = \sum_{i=1}^{i=8} |x_{i+1} - x_i| \quad (1)$$

$X_R(P) = 2$ ise, P pikseli silinebilir.

Hilditch ise geçiş sayısını, N(P)'deki pikseller bir düzen içerisinde yer değiştirirken beyaz pikselden siyah piksele bir geçişin tekrar sayısı olarak tanımlamıştır.

$$X_H(P) = \sum_{i=1}^{i=4} b_i \quad b_i = \begin{cases} 1 & \text{eger } x_{2i-1} = 0 \text{ ve } (x_{2i} = 1 \text{ veya } x_{2i+1} = 1) \\ 0 & \text{degilse} \end{cases} \quad (2)$$

Eğer $X_H(P) = 1$ ise, P pikseli silinebilir. Fakat sadece geçiş sayısına bakarak piksellerin silinmesi doğru değildir. İstenilen iskeletin elde edilmesi için ek bazı şartların da gerçekleşmesi gerekir. Bu şartlar ve hangi durumlarda önemli oldukları ile ilgili ayrıntılı bilgi Lam ve diğ.(1992)'de ayrıntılı olarak bulunmaktadır. Bu bildiri çerçevesinde piksellerin silinebilme kurallarıyla ilgili daha fazla ayrıntıya girilmeyecektir.

x_4	x_3	x_2
x_5	P	x_1
x_6	x_7	x_8

Şekil 7: Piksel ve komşuları (Lam ve diğ.,1992)

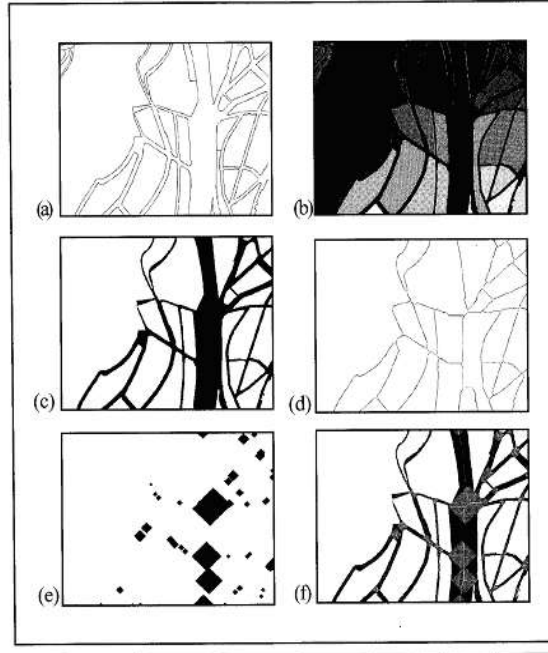
Piksellerin belli kurallar dahilinde silinmesiyle elde edilen iskeletin bir piksel kalınlığında olması nedeniyle her piksel, kesişim bölgelerine (yol haritalarında kavşak gibi) gelmediği sürece bir veya iki komşuya sahiptir. Bundan dolayı kesişim bölgelerinde her piksel, komşu sayılarına göre etiketlenerek, kesişim bölgeleri elde edilir. Sonuçta iskelet parçaları ve kesişim bölgeleri birbirinden ayrılmış olur (Şekil 8).

Elde edilen kesişim bölgeleri bağımsız olarak, o kesişim bölgesindeki tüm iskelet parçalarını kapsayacak şekilde genişletilir. Böylece genişletilmiş kesişim bölgeleri elde edilir. Genişletilmiş kesişim bölgelerinin ağırlık merkezleri iskelet parçalarının kesişim noktasını oluşturur. Eğer iki kesişim bölgesine bağlı olan iskeletin genişliği uzunluğundan fazlaysa, genişletmeden sonra iki kesişim bölgesi örtüşmüş demektir ve tek kesişim bölgesi gibi kabul edilir (Şekil 8). Bütün bunlardan sonra arzu edilen iskelet ve topoloji elde edilmiş olur.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Model genelleştirmesinde uygulanan geometri değişimlerinden alan-çizgi dönüşümleri önemli bir konudur. Alan-çizgi dönüşümlerinin gerekli olduğu diğer bir uygulama alanı da coğrafi bilgi sistemlerinde alansal ya da çift çizgi olarak modellenmiş yol objeleri üzerinde ağ analizleri yapabilmek için eksnelere olan gereksinimdir. Ağ analizlerine örnek olarak iki nokta arasındaki en kısa yolun bulunması verilebilir. Yollar dışında su sistemi, içmesuyu şebekesi, elektrik hatları gibi objelerle de ağ analizleri yapılabilir ve bu gibi objeler de başlangıçta çizgisel olarak modellenmemiş olabilir. Bu bağlamda topoloji oluşturmak için eksnelere gereklidir. Alan-çizgi dönüşümü ya da eksen oluşturma konusunda çeşitli uzmanlar tarafından farklı yöntemler önerilmiştir. Ancak yaygın kullanılan CBS yazılımlarında henüz bu yönde araçlar hazır olarak yer almamaktadır. CBS uygulamalarında eksnelere ekran başında operatörlere çizdirilmesi gibi bir pratik yaklaşım da (özellikle ülkemizdeki uygulamalarda) uygulanmaktadır. Bu yaklaşımda operatörlerin subjektif çalışma tarzı, operatör işgücünden kaynaklanan maliyet ve zaman kaybı gibi sorunlar ortaya çıkar. Alan-çizgi dönüşümlerinin otomatize edilmesine bu nedenlerle ihtiyaç vardır. Bu çalışmada yayınlanmış çok sayıda yöntemden uygulanabilir olarak değerlendirilen dört yöntem güçlü ve zayıf yönleri ile analiz

edilmiştir. Çalışma sonucunda uygulanabilirlik açısından en iyi olarak değerlendirilen üçgenleme yönteminin yol eksenleri oluşturmak amacıyla yakın gelecekte bir CBS yazılımında macro desteğiyle uygulanması planlanmaktadır.



Şekil 8: İnceltme yönteminin aşamaları a) Orijinal görüntü b) Bölgelerin etiketlenmesi (her farklı bölge ayrı gri tonda) c) Görüntünün ters çevrilmesi (bölgelerin arka alana alınması) d) İskeletin elde edilmesi e) Kesişim bölgelerinin genişletilmesi f) Son iskelet ağı (Thomas, 1998)

KAYNAKLAR

- Aichholzer, O., Aurenhammer, F., Alberts, D., Gartner, B.,** 1995. *A Novel Type of Skeleton for Polygons*, Journal of Universal Computer Science, v.1,n.12,s.752-761.
- Bildirici, İ.Ö.,** 2000. *1:1000-1:25000 Ölçek Aralığında Bina ve Yol Objelerinin Sayısal Ortamda Kartografik Genelleştirilmesi*, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Cacciola, F.,** 2000. *A CGAL implementation of the Straight Skeleton of a Simple 2D Polygon with Holes*, Yayınlanmamış
- Christensen, A.H.,** 1996. *Street Centerlines by A Fully Automated Medial – Axis Transformations*, in Proceedings of GIS / LIS'96, Denver, Kasım 19-21, s.107-116.
- Felkel, P., Obdrzalek, S.,** 1998. *Straight Skeleton Implementation*, Proceedings of Spring Conference on Computer Graphics, Budmerice, Slovakia, s.210-218.
- Lam, L., Lee, S.W., Suen, C.Y.,** 1992. *Thinning Methodologies – A Comprehensive Survey*, IEEE Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence, v.14,n.9,s.869-885.
- McAllister, M.ve Snoeyink, J.,** 2000. *Medial Axis Generalization of River Networks*, Cartography and Geographic Information Science, v.27,n.2,s.129-138.
- Thomas, F.,** 1998. *Generating Street Center-Lines from Inaccurate Vector City Maps*, Cartography and Geographic Information Systems, v.25,n.4,s.221-230.
- Uçar, D., Bildirici, İ.Ö., Uluğtekin, N.,** 2003. *Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Model Genelleştirilmesi Kavramı ve Geometri ile İlişkisi*, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı, SÜ, Konya, Eylül 24-26, s.94-103.
- Yanalak, M.,** 1997. *Sayısal Arazi Modellerinden Hacim Hesaplarında En Uygun Enterpolasyon Yönteminin Araştırılması*, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.