

KADASTRAL HARİTA VEKTÖRLEMESİ İÇİN SANAL ÇİZGİ DOĞRULAMA YÖNTEMİNİN DAL VE AÇI KONTROLÜ İLE İYİLEŞTİRMESİ

IMPROVEMENT OF VIRTUAL LINE VALIDATION FOR CADASTRAL MAP VECTORIZATION BY DIRECTION AND ANGLE EXAMINATION

Alişan Balkoca¹, Ahsen İkbal Yergök², Hakkı Gökhan İlk³

1. Elektronik Mühendisliği
Bölümü
Ankara Üniversitesi
balkoca@eng.ankara.edu.tr

2. Bilgisayar Mühendisliği
Bölümü
Bilkent Üniversitesi
yergok@cs.bilkent.edu.tr

3. Elektronik Mühendisliği
Bölümü
Ankara Üniversitesi
ilk@ieec.org

ÖZETÇE

Bu çalışmada balastro noktası bulunduran kadastral haritaların (pafta) vektörleme işlemi için daha önceki çalışmada geliştirilen siyah piksel oranı ile sanal çizgi doğrulama yöntemi için bir iyileştirme önerilmiştir. Bu yöntemde ada/parsel alanlarını tespit etmek için ada/parsel köşe noktalarını oluşturan balastro noktaları arasında yapılan çizgi kontrolü, balastro noktalarından çıkan çizgilerin (dal) doğrultularının ve açılarının bulunmasıyla daha verimli ve hatasız hale getirilmiştir. Doğrultu ve açı kontrolü sayesinde balastro noktası için sadece kendisinden çıkan dalların bulunduğu açı aralığındaki aday balastro noktaları arasında sanal çizgi doğrulaması yapılması sağlanmıştır. Bu sayede işlem hızlı artarken yanlış yapılan bağlantıların sayısı en aza indirilmiştir. Balastro noktalarını topolojik olarak bağlayan çizgilerin bulunma başarımı ortalaması %79.16'dır.

ABSTRACT

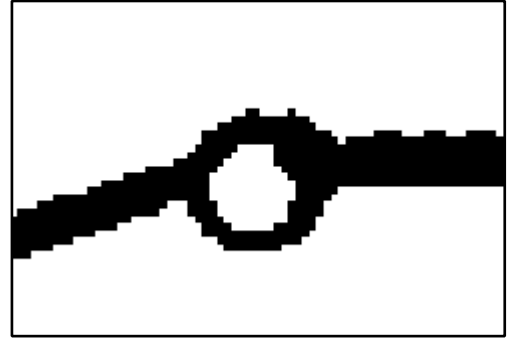
In this study, an improvement for virtual line validation method which is developed in former study for vectorization of cadastral maps which contains null circles as nodes of parcel edges is proposed. The proposed method in this study makes virtual line validation between nodes which are edges of parcels more efficient and error proof by identifying direction and angle of lines connected to nodes. By identifying direction and angle of lines validation is made only between nodes which are in angle range of each other. In this manner processing speed is increased and faulty connections are decreased. Success rate for finding lines which connect nodes topologically is 79.16%.

1. GİRİŞ

Görüntü işleme teknikleriyle vektörleme işlemi için birçok yöntem geliştirilmiştir. Yöntemlerin çoğu inceltme (thinning) ve çizgi takip etme temeline dayanmaktadır. Bu yöntemlerden temelde mantık olarak ayrılanlar Hough tabanlı yöntemlerdir. Hough tabanlı yöntemlerin en büyük dezavantajı ise diğer yöntemlere göre daha fazla hafıza ve işlem gücü gerektirmeleridir[1]. Bu nedenle piksel bazlı çizgi takip yöntemleri harita uygulamalarında daha sık görülmektedir.

Ülkemizde kullanılan kadastral haritalar için, ada/parsel köşe noktalarında balastro noktaları bulunan haritalar kullanılmıştır. Bu haritaların kullanılmasının nedeni haritaların çizilirken bu balastro noktalarıyla çizilmesi gerekliliğinin “Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği”[3] ile belirlenmiş olmasıdır.

Balastro noktası ada/parsel köşe noktalarında bulunan ve 0.75mm çapında olması gereken içi boş yuvarlaklardır (Şekil 1).



Şekil 1 Örnek balastro noktası

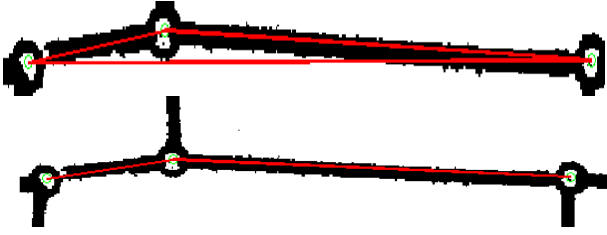
Balastro noktası içeren bu kadastral haritalar üzerinde çizgi takip ve çizgi bulma yöntemleri çok verimli çalışmamaktadır[2]. Bu bilgiler ışığında doğru yaklaşımın öncelikle pafta üzerindeki bütün çizgileri bulup, hangilerinin işe yarar olup olmadığını tespit ettikten sonra bu çizgilerin arasındaki ilişkilerin çıkartılması olmadığı anlaşılmıştır ve bunun üzerine özgün bir yöntem olan sanal çizgi doğrulama yöntemi[2] geliştirilmiştir. Bu yöntem geliştirilirken bir operatörün vektörleme yaparken kullandığı içgüdüsel işlem sırasından esinlenilmiştir.

Sanal çizgi doğrulama yönteminde öncelikle ada/parsel sınırlarını belirleyen balastro noktalarını bulup, bir kapalı alan oluşturabilmesi için bu balastro noktalarını bağlaması gereken çizgilerin varlığının kontrol edilmesi yoluna gidilmiştir. Yani var olan çizgiler değil, varolması gereken muhtemel çizgilerin kontrolü yapılmıştır. Bu sayede hem bütün çizgileri bulmak hem de sonrasında onları gürültüden ayırmak için gereken işlem gücünden tasarruf edilmiştir. İşlem basamakları daha verimliliştirildiği için gerçek zamanlı/neredeyse gerçek zamanlı çalışan ve daha anlamlı sonuçlar üreten bir sistem gerçekleştirilebilmiştir.

Bu bildiriye ilişkin çalışmalar TÜBİTAK tarafından 7100099 no'lu proje kapsamında desteklenmiştir.

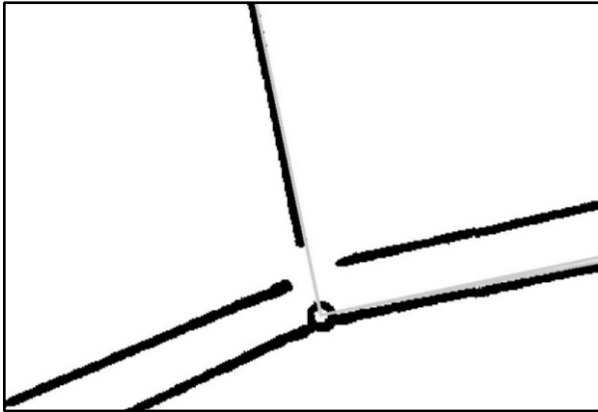
Bir önceki başlangıç çalışmasında[2] iki balastro noktası arasında sanal çizgi kontrolü yapılırken iki balastro noktası arasındaki çizgiye genişletme işlemi uygulanmış, bu da öngörülme hatalara sebebiyet vermiştir. Bu hataların giderilmesi için bir kural seti oluşturulmuştur. Bu kural seti aşağıdaki kuralları içermektedir:

- Bir düğüm diğer bir düğüm ile çizgi kontrolüne başlamadan önce diğer düğümün zaten kendisine bağlı olup olmadığını kontrol etmelidir. Bu sayede çift bağlantının önüne geçilmektedir.
- Bir düğümün çıkan bağlantıların arasındaki açı en az 10 derece olmalıdır.
- Bir düğüm çizgi kontrolünü geçen en yakınındaki düğüme bağlanmalıdır.



Şekil 2 Hatalı bağlantı (üstte). Açı kontrolü ile düzeltilmiş bağlantı (altta).

Bu kural seti sayesinde başarımlar %30 oranında artış göstermişse de Şekil 2'deki gibi olmaması gereken bağlantıların önüne geçilememiştir.



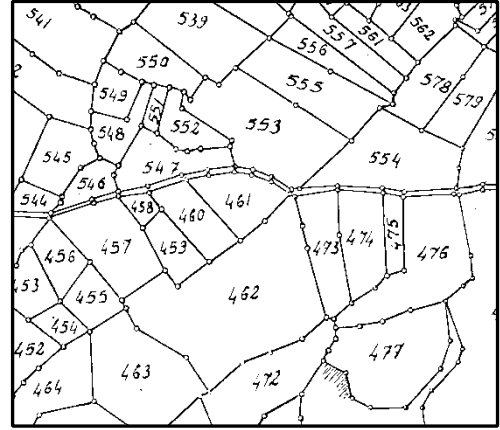
Şekil 3 Hatalı Bağlantı

Sanal çizgi doğrulama yönteminin başarımlarını iyileştirmek ve hatalı bağlantıların önüne geçmek için detayları üçüncü bölüm olan "Yöntem" kısmında anlatılan dallanma ve açı kontrolünün kullanılması önerilmektedir.

Noktalardan çıkan dalların doğrultusunu ve açıları kontrol etmek ve çizgi kontrolünü sadece belirli bir açı aralığında yapmak hatalı bağlantıların önüne geçecek ve çizgi bulma başarımlarını artıracaktır.

2. MATERYAL

Bu çalışmada deneme amaçlı üç adet pafta kullanılmıştır. Bu paftaların ortak özellikleri balastro noktaları barındırmaları ve ada/parsel sıklıklarının yüksek, detayların çok olmasıdır. Örnek bir kesit Şekil 4'te görülebilir.



Şekil 4 Örnek pafta kesiti

3. YÖNTEM

Ada/parsel köşe noktalarında bulunan ve içi boş daireler olan balastro noktaları arasında sanal çizgi doğrulaması yapılmadan önce bu balastro noktalarından çıkan çizgilerin (dal) tespit edilmesi düşünülmüştür. Bu sayede dalların doğrultularına ve açılarına göre hangi iki balastro noktası arasında sanal çizgi doğrulaması yapılacağı belirlenmesi, hatalı bağlantıların önüne geçeceği gibi, balastro noktaları arasında yapılan sanal çizgi kontrol sayısını azaltacağından işlem verimini artıracaktır.

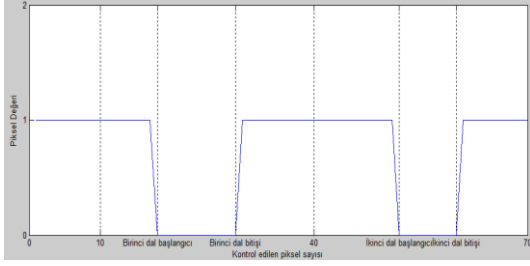
3.1. Balastro Noktalarından Çıkan Dalların Bulunması

İki nokta arasındaki çizgiyi bulmak için yapılan sanal çizgi yönteminin verimli olabilmesi için öncesinde hangi iki nokta arasında uygulanacağını bilmesi gereklidir. Eğer hangi iki balastro noktası arasında çizgi bulma işleminin uygulanması gerektiği kestirilemezse bütün noktalar arasında bu işlem denemesi gerekli olacaktır ki bu da zaman olarak verimsiz bir işlemdir.

Bu işlemin verimli bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için balastro noktaları bağlantı kuracağı aday noktayı, dallanma yönünde bulunan yakın komşuları arasından seçmelidir. Bulunan adaylar arasında daha önce kurulmuş bir bağlantı olup olmadığı kontrol edildikten sonra yeni bir bağlantı kurulacaksa, aday noktanın belirlenen dal açısı aralığına girip girmediği kontrol edilir. Açı aralığına giriyorsa son olarak balastro noktaları ile bağlantı kuracağı aday nokta arasında siyah piksel oranı[2] kontrolü yapılarak, aralarında bir çizgi olduğu kesinleştirilmektedir.

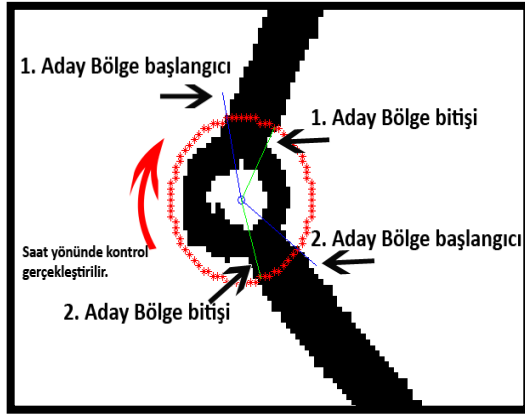
Aday noktaları bulmak için öncelikle balastro noktasının merkezinden sanal bir çember çizilir. Bu sanal çemberin noktaları altında kalan imge piksel değerleri okunur. Bu değerlerin sıralanışı analiz edilerek hangi açıdan bir çizgi çıktığı tespit edilebilir.

Balastro noktasının merkezinden sanal bir çember çizmek için Bresenham'ın çember çizme algoritması[4] kullanılmıştır. Sanal çemberi oluşturan noktaların koordinatları belirlendikten sonra bu noktaların altındaki piksel değerleri alınır ve $1 \times N$ 'lik bir dizinin içine yerleştirilir (Şekil 5).



Şekil 5 Dallar bulmak için kullanılan $1 \times N$ 'lik dizinin analizi

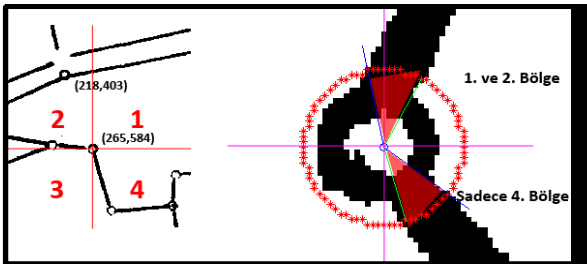
Bu dizi içerisinde dal başlangıcı ile dal bitiş noktaları arasındaki siyah piksel sayısına bakılır. Bu noktaların eşik değeri olarak belirlenen kadari siyah ise o aralık dal olarak kabul edilir. Bu eşik değeri ardı ardına gelen siyah piksel sayısını temsil etmektedir ve dal kalınlığı ile doğru orantılıdır. Burada bir eşik değeri kullanılmasının sebebi imge üzerindeki bozulma kaynaklı olarak bazı bölgelerin silik olmasından dolayı sürekli arka arkaya siyah piksel barındıramamasıdır.



Şekil 6 Dalların bulunması

3.2. Dal Açılı ve Bağlantı Kontrolü

Bir balastro noktasına ait bir daldan yapılacak olan bağlantı, o dalın içinde bulunduğu açı aralığına ait kartezyen koordinat sistemi bölgelerindeki bir balastro noktası ile olmalıdır. Dolayısıyla bir dala ait bağlantının kurulabileceği noktalar, dalın açısına göre kartezyen koordinat sisteminin birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü çeyreğindeki noktalara indirgenebilir. Eğer bağlantının kurulacağı dal aralığı, iki bölgeye birden düşüyorsa, bu iki bölge içerisinde bulunan noktalar bağlantı kontrolü için aday noktalar. Hangi bölgelerin kontrol edileceğine dalın başlangıcı ve bitişindeki piksellerin, balastro noktasının merkezine göre konumuna bakılarak karar verilmektedir (Şekil 7).

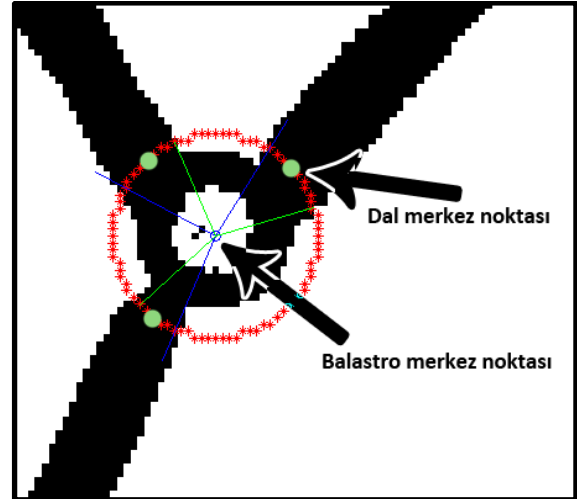


Şekil 7 Test altındaki noktaya göre bölgeler

Bir balastro noktasının ilişkili olduğu noktaların dallanmanın olduğu bölgedeki en yakın 100 komşu içerisinde olduğu varsayılmaktadır. Bu varsayım doğrultusunda, açısal kontrol ile belirli bir çeyreğe indirgenen noktalardan, en yakın olandan başlanarak bağlantı kurulmaya çalışılmaktadır. Noktalar arasındaki yakınlık derecesi Öklid uzaklığı ile hesaplanmaktadır (Eş. 1). En yakın 100 nokta alınmasının sebebi herhangi öngörülme bir durum olması ve hiçbir noktanın bulunamaması ihtimali karşısında kontrol işleminin sonsuz bir döngüye girmesini engellemektir.

$$d(p, q) = \sqrt{(p_1 - q_1)^2 + (p_2 - q_2)^2} \quad (1)$$

Balastro noktasına ait ilişkilerin çıkarılması sürecinde, aday noktalardan en yakınının bulunmasından sonra bu nokta ile gerçek bir bağlantının olup olmadığının belirlenebilmesi için bağlantı kuralları tanımlanmıştır. Bu kurallar çerçevesinde balastro noktalara ait karşılıklı iki dal merkez noktasının (Şekil 8) aynı doğrultuda olup olmadığı, aralarında daha önceden kurulmuş bir bağlantının varlığı ve birbirlerine bağlanmalarını sağlayan çizginin siyah piksel oranı kontrol edilmektedir.



Şekil 8 Dal ve Balastro noktası merkezleri

Her balastro noktası için belirli olan dallanmalardan, diğer balastro noktasının dal merkez noktaları ile kurulacak olan ilişkide, öncelikli amaç iki merkez noktanın da aynı doğrultuda olmasıdır. Birbirlerine bağlı olan iki noktadan bir doğru geçebileceği için bu iki merkez noktasının kayıklıkları tolere edebilecek derecede benzer doğrultuda olması gerekmektedir. Bunu sağlamak için iki noktanın birbirlerine göre olan açıları (Eş. 2) dal sınır açılarıyla belirlenen bölge içinde olup olmadığı sınır değerlerine belirli bir tolerans değeri eklenerek kontrol edilir. Bu tolerans değeri her iki tarafa (sağ ve sol) doğru 5° 'dir. Eğer iki nokta aynı doğrultuda ise, yani iki balastro noktası arasındaki açı noktadan çıkan dalın başlangıç ve bitiş noktalarının merkez nokta arasında yaptığı açılar arasında kalıyorsa, bu iki nokta bağlantı kurmaya aday olabilir (Şekil 9).

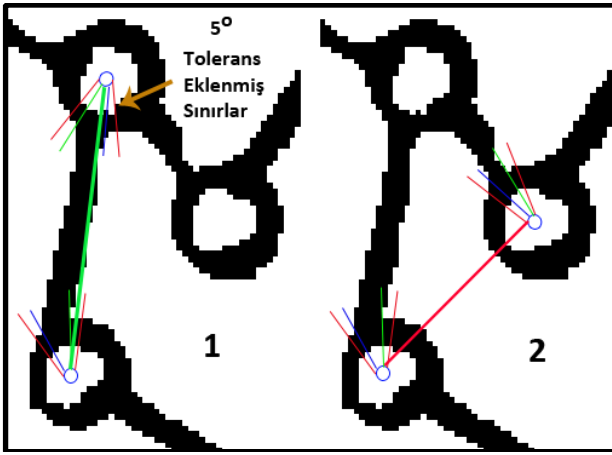
$$\text{atan2}(y, x) = 2 \arctan \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2} + x} \quad (2)$$

$$\theta = \text{atan2}(y, x)$$

$$\alpha = \left(\frac{\theta}{\pi} \right) * 180$$

θ : radyan cinsinden açı $(-\pi, \pi]$ aralığında
 α : derece cinsinden açı değeri

Doğrultu kontrolü yapılırken iki nokta arasındaki açıya bakılmaktadır (Eş. 2). Açı değeri atan fonksiyonunun bir varyasyonu olan ve iki parametre alan $\text{atan2}(y, x)$ fonksiyonu ile bulunmaktadır. Bu fonksiyon pozitif x düzlemi ile (x, y) koordinatları ile verilen nokta arasındaki açı değerini radyan cinsinden bulmaktadır. Açı değerini $(-\pi, \pi]$ aralığında verdiği için negatif açılar x düzleminin altında kalanları ($y < 0$), pozitif açılar da üstünde kalanları ($y > 0$) temsil eder.



Şekil 9 Noktalar arasındaki açı kontrolü. (1) Başarılı doğrultu (2) Başarısız doğrultu

Şekil 9'da görüleceği gibi balastro merkez noktasından dalların çıkış yönlerine doğru hesaplanan açılara tolerans değeri eklenir. Kontrol edilecek iki nokta arasındaki açılar da hesaplanır. Eğer iki balastro merkezinden hesaplanan açı dalın noktadan çıkış aralığında kalıyorsa bir sonraki çizgi kontrol aşamasına geçilir. Şekil 9'da 2 numaralı örnekteki gibi aralığın dışına taşarsa o nokta için bir sonraki aşamaya geçilmemektedir.

4. DENEYSEL SONUÇLAR

Yapılan testlerde kullanılan yöntemin üç paftada da başarılı olduğunu göstermektedir. Tablo 1'de her balastro noktasından çıkan dal sayısı, doğru bulunan, yanlış bulunan ve bulunamayan dal sayıları verilmiştir.

Tablo 1 Dal bulma değerleri

	Balastro Noktalarından Çıkan Dal Sayısı	Doğru Bulunan Dal Sayısı	Yanlış Bulunan Dal Sayısı	Bulunamayan Dal Sayısı
Pafta 1	334	293	14	41
Pafta 2	389	357	40	32
Pafta 3	761	702	27	59

Tablo 2'de ada/parsel sınırlarını oluşturan çizgilerin bulunma başarımı için değerler sunulmuştur.

Tablo 2 Çizgi başarımları değerleri

	Çizgi Sayısı	Bulunan Çizgi Sayısı	Başarımları
Pafta 1	178	135	%75.8
Pafta 2	204	163	%79.9
Pafta 3	396	324	%81.8

Geliştirilen bu yöntem sayesinde, yanlış yapılan dal bağlantılarının giderilmesinde önemli bir başarı kaydedilmiştir. Bir balastro noktasından çıkan dal sayısının, bu dalların bağlantı yönlerinin dikkate alınması ve sanal çizgi kontrolünün dal merkez noktalarından yapılması ile daha hassas sonuçlar elde edilmiştir. Özellikle balastro noktalarının düzgün şekilde çizilmediği ve aynı doğrultuda birden fazla balastro noktası içeren paftalardaki başarımların artırılması bu yöntemle sağlanmıştır.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, ülkemizde kullanılan ada/parsel köşe noktalarında balastro noktaları bulunan kadastral haritalar için verimli bir çözüm olmayan genel çizgi takip, çizgi tanıma yöntemlerinden daha verimli ve hızlı çalışan sanal çizgi doğrulama yöntemi, iyileştirilmiştir. Bu iyileştirme balastro noktalarından çıkan dallanmalar ve bu dalların açıları bulunarak sanal çizgi kontrolünün sadece dalın açısı içerisindeki aday balastro noktalarıyla yapılması sağlanarak gerçekleştirilmiştir.

Çizgi bulma başarımları %2 ile %3 oranında artmıştır. Ancak burada dikkat edilmesi gereken nokta, sadece dal açısı içerisindeki ilgili noktalarla sanal çizgi kontrolü gerçekleştirilmesi sağlandığı için işlem süresinin kısalması ve operatörün sonrasında düzeltmek zorunda kalacağı yanlış bağlantıların en aza indirilmesidir.

6. KAYNAKÇA

- [1] Murakami, K.; Naruse, T.; , "High speed line detection by Hough transform in local area," *Pattern Recognition, 2000. Proceedings. 15th International Conference on*, vol.3, no., pp.467-470 vol.3, 2000
- [2] Balkoca, A.; Yergok, A.I.; Yucekaya, S.; , "Vectorization of cadastral maps using image processing algorithms," *Signal Processing and Communications Applications (SIU), 2011 IEEE 19th Conference on*, vol., no., pp.900-903, 20-22 April 2011
- [3] Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği, Resmi Gazete, Kanun/Karar No 2005/9070, Erişim Tarihi: 10/02/2012, [Url: http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/07/20050715-5.htm](http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/07/20050715-5.htm)
- [4] Bresenham, J., "A Linear Algorithm for Incremental Digital Display of Circular Arcs", *Communications of the ACM*, Vol. 20, No.2, February 1977, pp. 100-106