

Araştırma Makalesi

Tarım Arazilerindeki Zikzaklı Sınırların Kutupsal Ölçmelerle Düzgünleştirilmesi

Hüseyin İNCE¹ Nuri ERDEM^{2*} Yener TÜREN³ F. Engin TOMBUŞ⁴ İ. Murat OZULU⁵

¹Hitit Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu/Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Çorum,

²Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Osmaniye,

³Trakya Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu/Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Edirne,

⁴Hitit Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu/Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Çorum,

⁵Hitit Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu/Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Çorum,

*Sorumlu Yazar: nurierdem@osmaniye.edu.tr

Geliş Tarihi: 20.03.2020 Düzeltme Geliş Tarihi: 05.06.2020 Kabul Tarihi: 05.06.2020

Öz

Kırsal kesimdeki tarım arazileri arasındaki sınırlar bazen zikzaklardan oluşmaktadır. İki komşu parsel arasındaki zikzaklı sınırlar ve yakın çevresi tarımsal ürün kaybına neden olmaktadır. Bu itibarla zikzaklı sınırların düzgünleştirilmesi önem arz etmektedir. Ülkemizde arazi toplulaştırmasının yapılmadığı yerlerde zikzaklı sınırların düzgünleştirilmesi konusu, harita mühendisliğinin çalışma alanlarından biri olmaya devam etmektedir. Literatürde; komşu parseller arasındaki zikzaklı sınırların çelik şerit metre ve prizma gibi basit ölçü aletleriyle düzgünleştirilmesi hakkında bilgiye yer verilmektedir. Parsellerin köşe noktalarının koordinatları bilindiğinde, konunun kutupsal ölçmelerle çözümüne ilişkin bilgilere rastlanılmamıştır. Genellikle tarım yapılan arazilerin sınırlarında çit, tel örgü, tahta perde gibi kalıcı işaretler yer almaktadır. Sınırlardaki bu kalıcı işaretlerden dolayı, sınırların kesişme noktalarına veya sınır üzerinde belirlenen bir noktaya ölçme aletinin kurulması mümkün değildir. Zikzaklı sınırın düzgünleştirilmesinde temel prensip, yeni oluşturulan sınır nedeniyle komşu parsellerin bir alan kaybına uğramamasıdır. Bu çalışmada; sınır düzgünleştirilmesi gereken komşu parsellerin köşe noktalarının koordinatları verildiğinde veya ilgili noktaların koordinatları kutupsal ölçmelerle hesaplanarak elde edildiğinde, zikzaklı sınırın, belirlenen bir istasyon noktasından kutupsal ölçmelerle nasıl düzgünleştirileceği incelenmiştir ve konuyla ilgili sayısal uygulama yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda elde edilen bulgular ve kanaatler belirtilmiştir.

Anahtar sözcükler: Alan dengelemesi, Arazi sınırı düzgünleştirilmesi, Kutupsal aplikasyon.

Smoothing of Zigzags Borders in Agricultural Lands with Polar Measurements

Abstract

The boundaries between the agricultural lands in the countryside are sometimes composed of zigzags. Zigzag borders between the two neighboring plots and their close surroundings cause loss of agricultural products. As such, it is important that the zigzag boundaries are properly positioned. In areas where land consolidation is not performed in our country, the issue of smoothing zigzag borders continues to be one of the fields of study of surveying engineering. In the measurement information literature; Information on smoothing the zigzag boundaries between adjacent parcels with simple measuring instruments such as steel tape measure and prism has been provided. When the coordinates of the corner points of the plots are known, no information regarding the solution of the subject with polar measurements has been encountered. Generally, there are permanent signs on the borders of the agricultural lands, such as fences, wires and woodcuts. Due to these permanent marks at the boundaries, it is not possible to install a measuring instrument at the intersection of the boundaries or at a point determined on the boundary. The basic principle in the smoothing of the zigzag boundary is that neighboring plots do not lose any area due to the newly created boundary. In this study; when coordinates of the corner points of neighboring parcels that need to smooth the border are given or the

coordinates of the respective points are calculated by calculating with polar measurements, how to smooth the zigzag boundary with polar measurements from a designated station point and numerical application on the subject has been done. Findings and opinions obtained at the end of the study are stated.

Keywords: Field compensating, Land border smoothing, Polar application method

Giriş

Kırsal kesimdeki tarım arazileri arasındaki sınırlar, genellikle zikzaklardan oluşmaktadır. Taneli tahılların ekim zamanında zikzaklı sınırlara ve yakın çevresine tarım makineleri tam olarak giremediği için, tarımsal ürün kaybına neden olmaktadır (Kara, 1980; Yıldız, 1983; Demirel, 2005; Çay, 2019). Bu itibarla zikzaklı sınırların düzeltilmesi gerekmektedir. Ülkemizde arazi toplulaştırmasının yapılmadığı yerlerde, tarımın yapıldığı parseller arasındaki zikzaklı sınırların düzeltilmesi konusu, harita mühendisliğinin uğraşı alanlarından biri olmaya devam etmektedir. Ölçme bilgisi literatüründe; komşu parseller arasındaki zikzaklı sınırların, çelik şerit metre ve prizma gibi basit ölçü aletleriyle düzleştirilmesi hakkında bilgiye yer verilmektedir (Kara, 1980; Yaşayan ve Atasoy, 1991; Şerbetçi ve Atasoy, 2000; Atasoy, 2014; Çay, 2019). Sınır düzleştirilmesine konu olan parsellerin köşe noktalarının koordinatları verildiğinde; literatürde sınır düzleştirilmesinin kutupsal ölçmelerle çözümüne ilişkin bilgilere rastlanılmamıştır. Plandaki noktaların araziye işaretlenmesinde (aplikasyonunda) yukarıda belirtilen ölçme yöntemlerinin kısaca avantajlarını ve dezavantajlarını burada belirtmek faydalı olacaktır. Dik koordinat yöntemi olarak da adlandırılan prizmatik yöntemde; belirlenen bir ölçü doğrusunun başlangıç kabul edilen noktasından itibaren dikyağı uzunluğu, çelik şeritmetre ile ölçülerek dikyağı noktası işaretlendikten sonra bu noktadan prizma (dik açılıların arazide işaretlenmesinde kullanılan alet) ile ölçü doğrusuna dik olan doğrultu işaretlenir (haritacılıkta dik çıkma işlemidir). Dikyağı noktasından itibaren işaretlenen doğrultu yönünde, dikboyu çelik şerit metre ile ölçülerek noktanın yeri işaretlenir. Bu yöntemde dikboyu 30 metreyi aşıyorsa, prizma ile dik açının işaretlenmesindeki $\pm 2^{\circ}.5'$ lik hatadan dolayı, noktanın konum hassasiyeti azalmaktadır. Ölçme ve aplikasyon işleminde ölçmenin hızı da önem arz etmektedir. Yukarıda belirtildiği gibi bu yöntemde bir noktanın aplikasyonu için, çelik şerit metrenin iki defa

kullanılması söz konusudur, bu da ölçünün hızını yavaşlatmakta işin maliyetini artırmaktadır. Ölçüde kullanılan jalonların boyları 2 m. olduğundan, ölçü doğrusunun uç noktaları arasındaki kot farkı 2 m.'yi aşıyorsa, bu durumda ölçü doğrusunu oluşturan jalonlardan birinin görüntüsü prizmada oluşmayacağı için ilgili nokta aplike edilemeyecektir. Bu yöntem, geçmişte, optik ve elektronik uzaklık ölçerler bulunmadan önce kullanılmakta idi. Sadece çelik şerit metrenin kullanıldığı bağlama yöntemiyle zikzaklı parsel sınırının düzeltilmesi konusu; görüş engeli olmayan bir yerde, ilk dengeleyici doğrunun komşu parsel sınırıyla kesiştiği noktaların arazide işaretlenmesi sonucunda, oluşan üçgenlerin kenarlarının ölçülerek alanlarının hesaplanmasını gerektirir. Komşu iki parselde alan kaybı olmayınca kadar çok sayıda deneme yanılma yöntemiyle hesap yapılması gerekir. Arazide görüş engeli varsa, ilk dengeleyici doğrunun komşu parsel sınırıyla kesiştiği noktaların işaretlenmesi dolayısıyla problemin çözümünü daha da güçleştirecektir. Bağlama yöntemi, dik koordinat yöntemi bulunmadan önce geçmişte uygulanan bir yöntem idi. Kutupsal koordinat yönteminde, aplike edilecek noktaya ait yatay açı aplike edildikten sonra, yardımcı eleman bu doğrultuya yönlendirilir, istasyon noktasından itibaren, aplike edilecek uzunluk kadar yaklaşık bir adımlama yapıldıktan sonra kesin doğrultuya sokulur, bir noktada reflektör tutularak, yatay uzunluk ölçülür, aplike edilecek uzunluk ile olan fark sıfır oluncaya kadar, çok kısa sürede deneme yanılma yöntemi ile noktanın yeri işaretlenir. Bu yöntemde bir noktanın işaretlenmesi; prizmatik yöntem ve bağlama yöntemine göre oldukça kısa sürelidir. Noktanın konum hassasiyeti bakımından belirtilen diğer yöntemlerden çok üstündür. Genellikle tarım arazilerinin sınırlarında, mülkiyet güvenliği için, tahta perde, çit, tel örgü gibi kalıcı işaretler yer almaktadır. Sınırlardaki bu kalıcı işaretlerden dolayı, sınırların kesişme noktalarına veya sınır üzerinde belirlenen bir noktaya ölçme aletinin kurulması mümkün değildir. Bu durumda sınır dışında tesis edilmiş

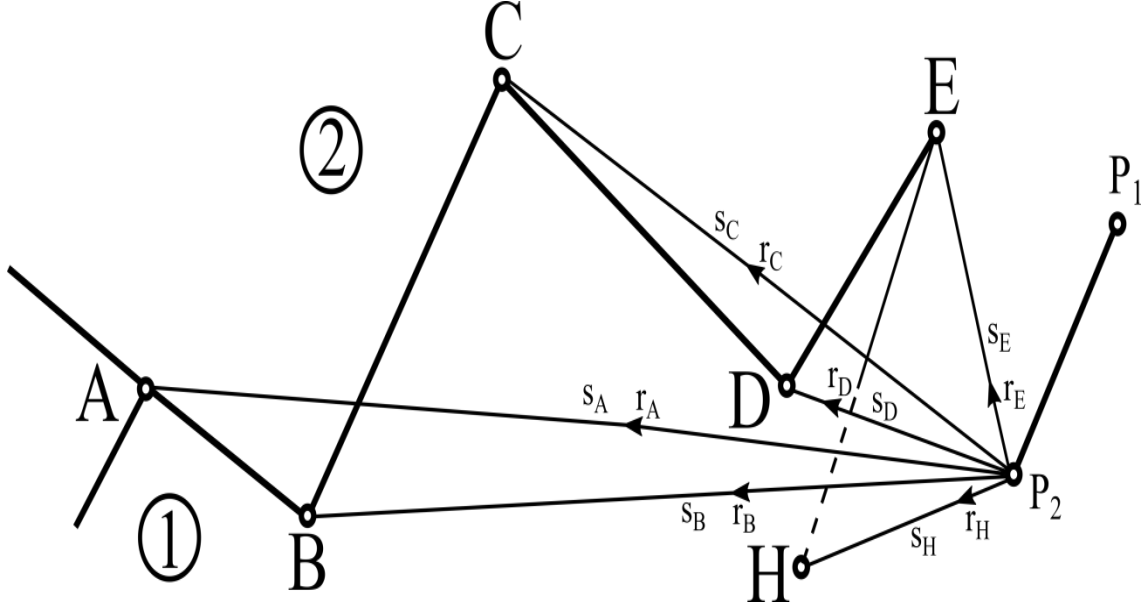
ve görüş engeli olmayan poligon noktalarından yararlanılır.

Zikzaklı sınırın düzgünleştirilmesinde temel prensip, yeni oluşturulan sınır nedeniyle komşu parsellerin bir alan kaybına uğramamasıdır (Benduch, 2016; Berk ve Ferlan 2016; Ochori ve Achola, 2015).

Bu çalışmada; sınır düzgünleştirilmesi gereken komşu parsellerin köşe noktalarının koordinatları verildiğinde veya bunlar kutupsal ölçmelerle hesaplanarak elde edildiğinde, zikzaklı sınırın, belirlenen bir istasyon noktasından kutupsal ölçmelerle nasıl düzgünleştirileceği incelenmiş ve konuyla ilgili sayısal uygulama yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda elde edilen bulgular ve kanaatler belirtilmiştir.

Materyal ve Metod

Zikzaklı Sınır Noktalarının Jeodezik



Şekil 1. Komşu parseller arasında zikzaklı sınırın kutupsal yöntemle ölçümü

Çizelge 1. P2 noktasından yapılan kutupsal ölçümler

D.N.	B.N.	Yatay Açık	Yatay Uzaklık
P2	P1	0.0000	-
	A	r_A	S_A
	B	r_B	S_B
	C	r_C	S_C
	D	r_D	S_D
	E	r_E	S_E
	H	r_H	S_H

P1 ve P2 noktalarının koordinatlarından yararlanılarak (P2 P1) semt açısı;

Konumlarının Belirlenmesi

Komşu parseller arasında zikzaklı olan sınır, düz bir doğru veya iki parçalı doğru şeklinde düzeltilebilir. Örnek olarak Şekil 1'de, 1 ve 2 nolu parseller arasındaki zikzaklı sınırı oluşturan noktaların (A, B, C, D, E) koordinatları varsa bu parselleri kapsayan sahaya ait 1/1000 ölçekli bir haritadan sayısallaştırılarak alınabilir. Sözü edilen haritanın ölçeği 1/2500 veya 1/5000 ise; bu haritalardan alınacak koordinatların, konum inceliği biraz kaba değerdedir. Bu durumda ölçme sahasına en yakın konumda yer alan jeodezik yer kontrol noktalarından (P1, P2) yararlanılır. P2 poligon noktasına alet kurulumu, P1 noktasına bağlantı yapılır ve sınır düzgünleştirilmesiyle ilgili parsellerin köşe noktalarına reflektör tutularak yatay açı, yatay uzaklık ölçümleri yapılır (Çizelge 1.)

$$(P_2P_1) = \arctan\left(\frac{\Delta Y_{P_2P_1}}{\Delta X_{P_2P_1}}\right) \quad (1)$$

bağıntısıyla elde edilir. P2 noktasından sınır köşe noktalarına giden semt açılarının hesabında; örnek olarak (P2 A) için aşağıda belirtilen kural bütün köşe noktalar için uygulanır.

$$[(P_2P_1) + r_A] > 400 \text{ ise } (P_2A) = (P_2P_1) + r_A - 400 \quad (2)$$

$$[(P_2P_1) + r_A] < 400 \text{ ise } (P_2A) = (P_2P_1) + r_A \quad (3)$$

(2) veya (3) bağıntılarıyla P2 noktasından sınır köşe noktalarına giden semt açıları hesaplandıktan sonra, sınır köşe noktalarının koordinatları

$$Y_A = Y_{P2} + S_A \cdot \sin(P_2A), \quad X_A = X_{P2} + S_A \cdot \cos(P_2A) \quad (4)$$

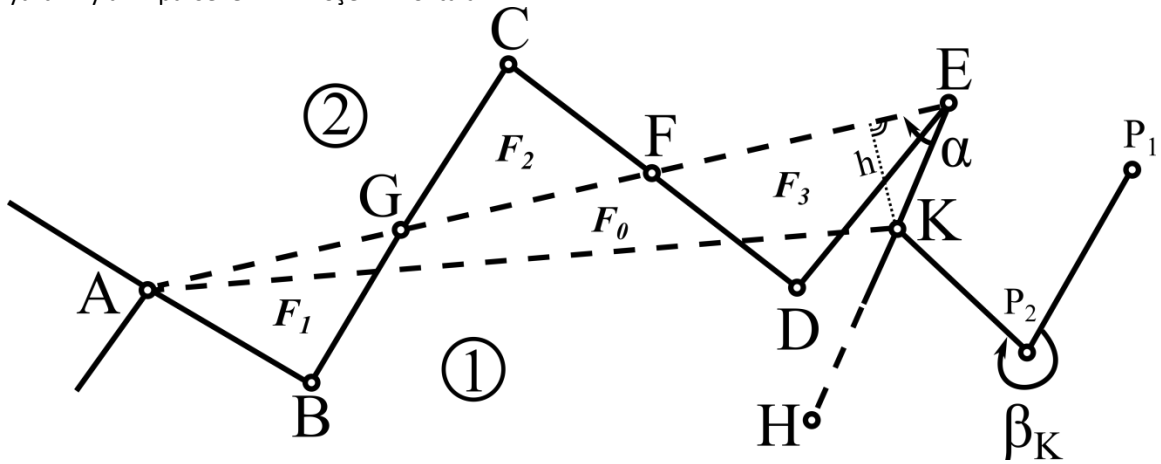
$$Y_E = Y_{P2} + S_E \cdot \sin(P_2E), \quad X_E = X_{P2} + S_E \cdot \cos(P_2E) \quad (5)$$

bağıntılarından elde edilir.

İlk Dengeleyici Doğruyla Sınırların Kesişme Noktalarının Koordinatlarının Elde Edilmesi

Şekil 2’de, 1 ve 2 nolu parseller arasında geçirilen ilk dengeleyici AE doğrusu ile BC ve CD sınırlarının kesiştiği F ve G noktalarının koordinatlarının elde edilmesi iki şekilde söz konusu olur. Birinci yöntemde; uygulamada haritacılıkla ilgili paket programlar (URL 1-4) yardımıyla parsellerin köşe noktalarının

koordinatları bilgisayar ortamına aktarılarak komşu parseller ve dengeleyici doğru belirlendikten sonra, dengeleyici doğrunun, komşu parsellerin ortak sınırlarıyla kesiştiği noktalar, bilgisayar ekranında iki doğrunun kesişme noktasının hassas elde edilmesiyle ilgili işlemlerle belirlenir. İkinci yöntem, hesap yöntemidir. Bunun için aşağıdaki işlemler yapılır. F noktası için $\tan(DF)$ ve $\tan(EF)$ eğim denklemleri oluşturulur.



Şekil 2. Komşu parseller arasında zikzaklı sınırın düzleştirilmesi

$$\tan(DF) = \frac{Y_F - Y_D}{X_F - X_D} \quad (6)$$

$$\tan(EF) = \frac{Y_F - Y_E}{X_F - X_E} \quad (7)$$

(6) ve (7) nolu denklemlerden Y_F için aşağıdaki eşitlikler oluşturulur.

$$Y_F = Y_D + (X_F - X_D) \cdot \tan(DF) \quad (8)$$

$$Y_F = Y_E + (X_F - X_E) \cdot \tan(EF) \quad (9)$$

(8) ve (9) denklemlerinde $\tan(EF)$ ve $\tan(DF)$ için

$$\tan(DF) = \tan(DC) \quad (10)$$

$$\tan(EF) = \tan(EA) \quad (11)$$

eşitlikleri yazılır. (10) ve (11) eşitlikleri dikkate alınarak (8) ve (9) denklemlerinden X_F için;

$$X_F = \frac{Y_E - Y_D + X_D \cdot \tan(DC) - X_E \cdot \tan(EA)}{\tan(DC) - \tan(EA)} \quad (12)$$

bağıntısı elde edilir.

G noktası için F noktasına benzer şekilde $\tan(BG)$ ve $\tan(EG)$ eğim denklemlerinden Y_G için;

$$Y_G = Y_B + (X_G - X_B) \cdot \tan(BC) \quad (13)$$

$$Y_G = Y_E + (X_G - X_E) \cdot \tan(EG) \quad (14)$$

bağıntıları oluşturulur ve $\tan(BG) = \tan(BC)$ (15)

$$\tan(EG) = \tan(EA) \quad (16)$$

eşitlikleri dikkate alınarak sadeleştirme işlemi yapılırsa X_G için

$$X_G = \frac{Y_E - Y_B + X_B \cdot \tan(BC) - X_E \cdot \tan(EA)}{\tan(BC) - \tan(EA)} \quad (17)$$

bağıntısı elde edilir.

(12) nolu bağıntıdan X_F bulunduğundan sonra (8) ve (9) nolu bağıntılarda yerlerine yazılarak işlem yapılırsa, kontrollü olarak Y_F değeri elde edilir. Benzer şekilde (17) nolu bağıntıdan X_G elde edildikten sonra (13) ve (14) nolu bağıntılarda yerlerine yazılarak işlem yapılırsa kontrollü olarak Y_G değeri elde edilir.

İlk Dengeleyici Doğrunun Sağında Ve Solundaki Parçaların Alanlarının Hesaplanması

Şekil 2’de, 1 ve 2 nolu parseller arasında geçirilen ilk dengeleyici AE doğrusunun sağında ve solunda kalan parçaların alanları, ($F_1 = F_{AGB}$,

$F_2=F_{GCF}$, $F_3=F_{FED}$), ilgili noktaların koordinatları ve II. Gauss Alan bağıntısına göre;

$$F_1=F_{AGB}=Y_A*(X_B-X_G)+Y_G*(X_A-X_B)+Y_B*(X_G-X_A) \quad (18)$$

$$F_2=F_{GCF}=Y_G*(X_F-X_C)+Y_C*(X_G-X_F)+Y_F*(X_C-X_G) \quad (19)$$

$$F_3=F_{FED}=Y_F*(X_D-X_E)+Y_E*(X_F-X_D)+Y_D*(X_E-X_F) \quad (20)$$

şeklinde ifade edilir (Özbenli, ve Tüdeş, 1985; Şerbetçi ve Atasoy, 2000; Shih, 1995).

Komşu Parseller Arasında Kesin Dengeleyici Doğruya Ait Elemanların Elde Edilmesi

Şekil 2 de iki komşu parsel arasında geçirilen ilk dengeleyici doğrunun sağında ve solunda kalan parçalar toplanır (ΣF), toplam değer ikiye bölünürse, komşu parsellerden eşit miktarda kayba uğrayan alan değeri (F_0) ortaya çıkar.

$$\Sigma F=F_1+F_2+F_3 \quad (21)$$

$$F_0=\frac{\Sigma F}{2} \quad (22)$$

Burada hesaplanan F_0 , geçirilen ilk dengeleyici doğru ile geçirilecek kesin dengeleyici doğru arasında kalan alan miktarıdır. Yani ilk dengeleyici doğrunun geçirilmesinde kazançlı çıkan parselden kesilmesi gereken alan miktarıdır. Örnek olarak Şek 2’de, 1 nolu parselden kesilip 2 nolu parsel verilmesi gereken miktardır. Eğer Şekil 2 ‘de A noktası sabit kabul edilirse, F_0 olarak oluşacak alan, üçgen alanı olur. Bu üçgenin tabanı AE kenarıdır ve h yüksekliği;

$$h=\frac{2F_0}{AE} \quad (23)$$

bağıntısından elde edilir. Kesin dengeleyici doğru olarak geçirilen AK sınırının 1 nolu parselin diğer EH sınırını kestiği K noktasının E ‘ye olan EK uzaklığını bulmak için; önce A, E, H noktalarının koordinatlarından yararlanılarak (EA) ve (EH) semt açıları;

$$(EA)=\arctan\left(\frac{\Delta Y_{EA}}{\Delta X_{EA}}\right) \quad (24)$$

$$(EH)=\arctan\left(\frac{\Delta Y_{EH}}{\Delta X_{EH}}\right) \quad (25)$$

bağıntılarıyla oluşturulur. α ve EK;

$$\alpha=(EA)-(EH) \quad (26)$$

$$EK=\frac{h}{\sin\alpha} \quad (27)$$

bağıntılarından elde edilir.

Yeni sınır noktası, K noktasının koordinatı;

$$Y_K=Y_E+EK*\sin(EH), \quad X_K=X_E+EK*\cos(EH) \quad (28)$$

bağıntılarıyla elde edilir.

Arazide E noktasına alet kurmak mümkün ise E’ye kurulan elektronik takeometre ile EK yatay uzaklığı, EH doğrultusunda aplike edilerek K noktasının yeri belirlenir. Belirlenen noktaya sınır taşı tesis edilir. Ancak sınırlar üzerinde kalıcı işaretler bulunduğu takdirde K noktasın E noktasından aplike etmek mümkün olmaz. Bu durumda K noktasının, parsel en yakın ve görüş engeli oluşturmayan bir P_2 poligon noktasından uygulaması için (1) nolu bağıntıdan da yararlanılarak (P_2K), P_2K ve β_K aşağıdaki bağıntılardan elde edilir;

$$(P_2K)=\arctan\left(\frac{\Delta Y_{P_2K}}{\Delta X_{P_2K}}\right) \quad (29)$$

$$P_2K=\sqrt{(\Delta Y_{P_2K})^2 + (\Delta X_{P_2K})^2} \quad (30)$$

$$\beta_K=(P_2K) - (P_2 P_1) \quad (31)$$

bağıntılarından elde edilir.

Bulgular ve Tartışma

Sayısal Uygulamalar

Şekil 2 ile ilgili Uygulama; Şekil 1’de, 1 ve 2 nolu parseller arasında sınır teşkil eden noktaların koordinatları Çizelge 2’de verilmiştir. Verileri ve Şekil 1’i dikkate alarak; komşu parsellerde alan kaybı olmayacak ve A noktasından geçecek şekilde dengeleyici sınırı geçiriniz. Yeni K sınır noktasının koordinatını bulunuz ve P_2 noktasından uygulaması için gerekli elemanları hesaplayınız.

Çizelge 2. Sınır noktaları koordinat değerleri

Nokta N.	Nokta N.		Nokta N.	Nokta N.	
	Y	X		Y	X
A	2560.72	3865.72	E	2875.47	3887.96
B	2625.56	3801.15	H	2825.38	3801.71
C	2715.87	3916.78	J	2501.42	3752.73
D	2801.13	3810.47	P_1	2945.86	3905.46
E	2875.47	3887.96	P_2	2915.77	3808.23
H	2825.38	3801.71			

Çözüm: AE doğrusu ile BC sınırının kesiştiği G noktasının koordinatını elde etmek için aşağıdaki işlemler yapılır.

$$\tan(AE)=\frac{\Delta Y_{AE}}{\Delta X_{AE}}=\frac{314.75}{22.24}=14.152428 \text{ grad,}$$

$$\tan(BC)=\frac{\Delta Y_{BC}}{\Delta X_{BC}}=\frac{90.31}{115.63}=0.7810257 \text{ grad}$$

$$\tan(AE)=\tan(AG)=\frac{Y_G-Y_A}{X_G-X_A} \rightarrow Y_G=Y_A + (X_G-$$

$$X_A)*\tan(AE)$$

$$\tan(BC)=\tan(BG)=\frac{Y_G-Y_B}{X_G-X_B} \rightarrow Y_G=Y_B+(X_G-X_B)*\tan(BC)$$

$$Y_A+(X_G-X_A)*\tan(AE)=Y_B+(X_G-X_B)*\tan(BC) \text{ ise;}$$

$$X_G=\frac{Y_B-Y_A+X_A*\tan(AE)-X_B*\tan(BC)}{\tan(AE)-\tan(BC)}=3874.34 \text{ m.}$$

$$Y_G=Y_A+(X_G-X_A)*\tan(AE)=2682.71 \text{ m.,}$$

$$Y_G=Y_B+(X_G-X_B)*\tan(BC)=2682.72 \text{ m.,}$$

$$Y_G=2682.715 \text{ m.}$$

$$\tan(AE)=\frac{\Delta Y_{AE}}{\Delta X_{AE}}=\frac{314.75}{22.24}=14.152428 \text{ grad,}$$

$$\tan(CD)=\frac{\Delta Y_{CD}}{\Delta X_{CD}}=\frac{85.26}{-106.31}=-0.8019942 \text{ grad}$$

$$\tan(AE)=\tan(AF)=\frac{Y_F-Y_A}{X_F-X_A} \rightarrow Y_F=Y_A+(X_F-X_A)*\tan(AE)$$

$$\tan(CD)=\tan(CF)=\frac{Y_F-Y_C}{X_F-X_C} \rightarrow Y_F=Y_C+(X_F-X_C)*\tan(CD)$$

$$Y_A+(X_F-X_A)*\tan(AE)=Y_C+(X_F-X_C)*\tan(CD) \text{ ise;}$$

$$X_F=\frac{Y_C-Y_A+X_A*\tan(AE)-X_C*\tan(CD)}{\tan(AE)-\tan(CD)}=3878.833 \text{ m.}$$

$$Y_F=Y_A+(X_F-X_A)*\tan(AE)=2746.30 \text{ m.,}$$

$$Y_F=Y_C+(X_F-X_C)*\tan(CD)=2746.30 \text{ m., } Y_F=2746.30 \text{ m.}$$

F, G noktalarının koordinatları elde edildikten sonra, AE dengeleyici sınır doğrusunun solunda ve sağında kalan parçaların alanları ve F₀'ın alanı aşağıdaki şekilde elde edilir;

$$F_1=F_{AGB}=Y_A*(X_B-X_G)+Y_G*(X_A-X_B)+Y_B*(X_G-X_A)=8436.13795 \text{ m}^2$$

$$F_2=F_{GCF}=Y_G*(X_F-X_C)+Y_C*(X_G-X_F)+Y_F*(X_C-X_G)=2549.584985 \text{ m}^2$$

$$F_3=F_{FED}=Y_F*(X_D-X_E)+Y_E*(X_F-X_D)+Y_D*(X_E-X_F)=9330.88212 \text{ m}^2$$

$$\Sigma F=F_1+F_2+F_3=20316.60206 \text{ m}^2, \quad F_0=\frac{\Sigma F}{2}=10158.30103 \text{ m}^2$$

F₀ alanı, A noktası sabit kabul edildiği için üçgen alanıdır. Bu AEK üçgeninin tabanı AE, yüksekliği

h dir. AE, h ve EK aşağıdaki bağıntılardan el edilir;

$$AE=\sqrt{(314.75^2+22.24^2)}=315.5348 \text{ m.}$$

$$h=\frac{2F_0}{AE}=\frac{10158.30103}{315.5348}=32.194 \text{ m.}$$

$$(EA)=\arctan\left(\frac{\Delta Y_{EA}}{\Delta X_{EA}}\right)=200 +$$

$$\arctan\left(\frac{314.75}{22.24}\right)=295^{\circ}.5092 \text{ grad}$$

$$(EH)=\arctan\left(\frac{\Delta Y_{EH}}{\Delta X_{EH}}\right)=200 +$$

$$\arctan\left(\frac{50.09}{86.25}\right)=233^{\circ}.4956 \text{ grad}$$

$$\alpha=(EA)-(EH)=62.0136 \text{ grad}$$

$$EK=\frac{h}{\sin \alpha}=38.92 \text{ m.}$$

$$Y_K=Y_E+EK*\sin(EH)=2855.924 \text{ m.}$$

$$X_K=X_E+EK*\cos(EH)=3854.304 \text{ m.}$$

K noktasının P₂ noktasından aplikasyonu için;

$$\Delta Y_{P_2P_1}=30.09 \text{ m., } \Delta X_{P_2P_1}=97.23 \text{ m.}$$

$$(P_2P_1)=\arctan\left(\frac{30.09}{97.23}\right)=19.1065 \text{ grad}$$

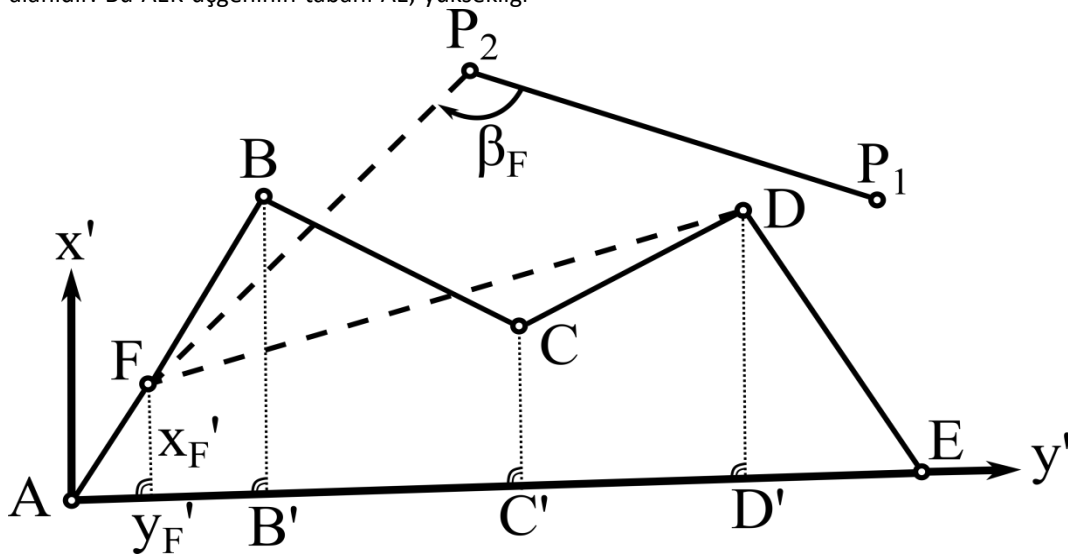
$$\Delta Y_{P_2K}=-59.846 \text{ m., } \Delta X_{P_2K}=46.074 \text{ m.}$$

$$(P_2K)=400 - \arctan\left(\frac{59.846}{46.074}\right)=341.7687 \text{ grad}$$

$$P_2K=\sqrt{(59.846^2+46.074^2)}=75.527 \text{ m.}$$

$$\beta_K=341.7687-19.1065=322^{\circ}.6622 \text{ grad}$$

Şekil 3 ile ilgili Uygulama; Şekil 3'deki parselin, koordinatları verilen A, B, C, D ve E noktalarından geçen sınırın, komşu parsellerde alan kaybı olmadan, AB doğrusu üzerinde F noktasından geçecek şekilde, A, F, D ve E noktalarından oluşması istenmektedir. Çizelge 3'deki verileri dikkate alarak F noktasının konumunu (y_F, x_F) belirleyiniz. F noktasının P₂ noktasından aplikasyonu için gerekli elemanları hesaplayınız.



Şekil 3. Komşu parseller arasında zikzaklı sınırın düzgünleştirilmesi

Çizelge 3. Sınır noktaları koordinat değerleri

Nok			Nok		
ta	Y	X	ta	Y	X
N.			N.		
A	2863.	3501.	E	2938.	3501.
	27	15		50	25
B	2876.	3535.	P ₁	2972.	3540.
	50	15		42	83
C	2902.	3523.	P ₂	2915.	3595.
	45	65		21	13
D	2933.	3531.			
	50	15			

Çözüm: Verilen koordinatlar dikkate alınarak; Şekil 3’de Gauss Alan formülü ile ABCDE parselinin alanı:

$$F_{ABCDE}=Y_A(X_E-X_B)+Y_B(X_A-X_C)+Y_C(X_B-X_D)+Y_D(X_C-X_E)+Y_E(X_D-X_A)=3689.097 \text{ m}^2 \text{ dir.}$$

F noktası AB üzerinde olmak kaydıyla geçirilecek A, F, D, E hattıyla, parsellerde alan kaybı olmaması için oluşacak AFDE parselinin alanının $F_{AFDE}=F_{ABCDE}$ olması gerekir.

F_{AFD} için alan bağıntısını kolay bir şekilde oluşturmak üzere; F noktasına ait AF' ve $F'F$ bilinmeyenlerini elde etmek için, AE ölçü doğrusu, A başlangıç noktası kabul edilerek, B ve D noktasından bu ölçü doğrusuna dik düşülür. B ve D noktalarının dik ayak uzunlukları (AB' , AD') ve dik boyları ($B'B$, $D'D$);

$$\Delta Y_{AE} = 75.23 \text{ m}, \quad \Delta X_{AE} = 0.10 \text{ m}$$

$$(AE) = \arctan\left(\frac{\Delta Y_{AE}}{\Delta X_{AE}}\right) = 99.9154 \text{ grad}$$

$$AB' = (X_B - X_A) \cos(AE) + (Y_B - Y_A) \sin(AE) = 13.27 \text{ m.}$$

$$B'B = (Y_B - Y_A) \cos(AE) - (X_B - X_A) \sin(AE) = -33.98 \text{ m.}$$

$$AD' = (X_D - X_A) \cos(AE) + (Y_D - Y_A) \sin(AE) = 70.27 \text{ m.}$$

$$D'D = (Y_D - Y_A) \cos(AE) - (X_D - X_A) \sin(AE) = -29.91 \text{ m.}$$

bağıntılarından elde edilir (Şerbetçi ve Atasoy, 2000).

$$AE = \sqrt{(75.23^2 + 0.10^2)} = 75.23 \text{ m.}$$

Dik boylarının (-) işaretli olması, noktaların ölçü doğrusunun sol tarafında kaldığını belirtmektedir. Alan hesabında dik boyunun mutlak değeri kullanılır. AFDE parselinin alanını kolay bir şekilde elde etmek için; AE Y' eksenine, buna dik eksen X' eksenine kabul edilerek oluşturulan yerel koordinat sisteminde (Y', X') Gauss Alan formülü;

$$F_{AFDE} = Y_A'(X_E' - X_F') + Y_F'(X_A' - X_D') + Y_D'(X_F' - X_E') + Y_E'(X_D' - X_A')$$

şeklinde ifade edilir. Bu denklemde;

$Y_A' = X_A' = 0.00$, $Y_E' = AE$, $X_E' = 0.00$, $Y_D' = AD'$, $X_D' = D'D$ ve X_F' , Y_F' için A noktasına göre Tales bağıntısı yazılarak;

$$\frac{Y_F'}{AB'} = \frac{X_F'}{B'B} \rightarrow Y_F' = AB' * \frac{X_F'}{B'B} \text{ elde edilir.}$$

Belirtilen bu sadeleştirmeler F_{AFD} denklemine yerlerine yazılarak,

$$F_{AFD} = 13.27 * \frac{X_F'}{33.98} (0 - 29.91) + 70.27 * (X_F' - 0) + 75.23 * (29.91 - 0) = 3689.097 \text{ m}^2$$

denklem sadeleştirilirse $X_F' = 24.56 \text{ m}$, $Y_F' = 9.59 \text{ m}$ değerleri elde edilir.

AB doğrusu üzerinde F noktasının A'dan uzaklığı $AF = \sqrt{(24.56^2 + 9.59^2)} = 26.366 \text{ m}$. bulunur. F noktasının koordinatının elde edilmesi ve P₂ poligon noktasından aplikasyonu için aşağıdaki işlemler yapılır.

$$\Delta Y_{AB} = 13.23 \text{ m.}, \quad \Delta X_{AB} = 34.00 \text{ m.}$$

$$(AB) = \arctan\left(\frac{13.23}{34.00}\right) = 23.6243 \text{ grad}$$

$$Y_F = Y_A + 26.366 * \sin(AB) = 2872.83 \text{ m.}$$

$$X_F = X_A + 26.366 * \cos(AB) = 3525.72 \text{ m.}$$

$$\Delta Y_{P_2P_1} = 57.21 \text{ m}, \quad \Delta X_{P_2P_1} = -54.30 \text{ m.}$$

$$(P_2P_1) = 200 - \arctan\left(\frac{57.21}{54.30}\right) = 148^{\circ}.3390 \text{ grad}$$

$$\Delta Y_{P_2F} = -42.39 \text{ m},$$

$$\Delta X_{P_2F} = -69.41 \text{ m.},$$

$$(P_2F) = 200 + \arctan\left(\frac{42.39}{69.41}\right) = 234^{\circ}.9036 \text{ grad}$$

$$P_2F = \sqrt{(42.39^2 + 69.41^2)} = 81.33 \text{ m.},$$

$$\beta_F = 234^{\circ}.9036 - 148^{\circ}.3390 = 86^{\circ}.5646 \text{ grad}$$

Kontrol için; yukarıdaki bağıntılarla hesaplanan

$$X_F' = 24.56 \text{ m}, \quad Y_F' = 9.59 \text{ m}, \quad Y_F = 2872.83 \text{ m},$$

$$X_F = 3525.72 \text{ m}, \quad Y_A' = X_A' = 0.00, \quad Y_E' = AE = 75.23,$$

$$X_E' = 0.00, \quad Y_D' = AD' = 70.27 \text{ m}, \quad X_D' = D'D = 29.91$$

Değerleri, aşağıdaki denklemde yerlerine yazılır ve hesaplama yapılırsa,

$$F_{AFD} = Y_A'(X_E' - X_F') + Y_F'(X_A' - X_D') + Y_D'(X_F' - X_E') + Y_E'(X_D' - X_A') = 0.00(0.00 - 24.56) + 9.59(0.00 - 29.91) + 70.27(24.56 - 0.00) + 75.23(29.91 - 0.00) = 3689.1236 \text{ m}^2$$

değeri elde edilir.

Yukarıda $F_{ABCDE} = Y_A(X_E - X_B) + Y_B(X_A - X_C) + Y_C(X_B - X_D) + Y_D(X_C - X_E) + Y_E(X_D - X_A) = 3689.097 \text{ m}^2$ olarak hesaplanmıştır. F_{AFD} ile F_{ABCDE} değerlerinin küsüratları arasındaki fark, yuvarlatmadan kaynaklanabilir.

Sonuç itibarıyla $F_{AFD} = F_{ABCDE}$ dir. Bu durum, yukarıda hesaplanan elemanların hatasız bir şekilde hesaplandığının bir sonucudur yani kontrolüdür.

Sonuç ve Öneriler

- Komşu parseller arasındaki zikzaklı sınır, bir dengeleyici doğru ile düzleştirilmek istendiğinde önce, yaklaşık dengeleyici doğru geçirilerek,

bu doğru ile sınırların kesiştiği noktaların koordinatları ve dengeleyici doğrunun sağında ve solunda kalan parçaların alanları hesaplanmalıdır.

- Yaklaşık dengeleyici doğrunun sağında ve solunda kalan parçaların alanları toplamının yarısı, komşu parsellerden eşit miktarda kesilmesi gereken alandır ve bu değer, ayrıca yaklaşık dengeleyici doğru ile kesin dengeleyici doğru arasında kalan alan değeridir.
- Komşu parseller arasındaki zikzaklı sınır, kırık teşkil eden iki veya üç dengeleyici doğru ile düzgünleştirilmek istenirse; önce komşu bir parselin uç noktaları arasında oluşturulan ölçü doğrusu ile eski sınırlar arasında kalan alan miktarı hesaplanmalıdır. Bu alan miktarı, yeni geçirilecek sınır ile ölçü doğrusu arasındaki alan değerine eşittir. Yeni sınır ile oluşacak yeni sınır noktalarının koordinatlarını elde edebilmeyi sağlayacak şekilde geometrik bağıntılar oluşturulmalıdır.
- Kesin dengeleyici doğrunun parsel sınırını kestiği noktanın koordinatı hesaplandıktan sonra aplikasyonun yapılacağı poligon noktasından aplikasyon elemanları hesaplanıp applike edilmelidir.
- Aplikasyonda kullanılacak poligon noktalarının etrafında görüş engeli oluşturacak unsurlar bertaraf edilmeli, bu mümkün olmuyorsa, aplikasyonda, görüş engeli teşkil etmeyecek şekilde yeni poligon noktaları tesis edilmelidir.

Kaynaklar

- Atasoy, V 2014. Arazi Ölçmeleri, Ekin Yayıncılık ISBN: 978-605-327-039-3, Bursa.
- Benduch, P 2016. The Assesment of the Influence of Cadastral Parcel Boundary Points Locations Errors on the Accuracy of Analytical Determination of Their Surface Area, Geomatics and Environmental Engineering, Volume 10, Number 1, <http://dx.doi.org/10.7494/geom.2016.10.17>
- Berk, S. ve Ferlan, M 2016. Accurate area determination in the cadaster case study of Slovenia, Cartography and Geographic Information Science, 45:1, 1-17
- Çay, T 2019. Arazi Düzenlemesi ve Mevzuatı,

Ders Kitabı, Yayın Yeri: Dizgi Ofset, Sayfa Sayısı:484, ISBN:978-975-97743-1-8

- Demirel, Z 2005. Kırsal Toprak Düzenlemesi (Arazi Toplulaştırması), YTÜ İnşaat Fak. Yayını, İstanbul.
- Kara, M 1980. Arazi Toplulaştırması, KTÜ Yer Bil. Fak. Yayını, Trabzon
- Ochori, O. B. ve Achola, O. P 2015. Improvement of area accuracy in general boundary areas in Kenya: Case study of Juja-Kiambu County, Kabarak Journal of Research ve Innovation, Volume 3, Number 1, ISSN 2305-784X (print), ISSN 2410- 8383 (online)
- Özbenli, E. ve Tüdeş, T 1985. Ölçme Bilgisi Pratik Jeodezi, KTÜ Müh. Mim. Fak. Yayını, Trabzon.
- Shih, T. Y 1995. Area Computation by Coordinates, Jornal of Surveying Engineering, 121 (4):145-154, doi:10.1061/(ASCE)0733-9453(1995)121:4(145). [Crossref], [Web of Science®]
- Şerbetçi, M. ve Atasoy, V 2000. Jeodezik Hesap (Üçüncü Baskı), K.T.Ü Müh. Mim. Fak. Yayını, Trabzon.
- Tüdeş, T 1979. Aplikasyon Özel Ölçmeler, KTÜ Müh. Mim. Fak. Yayını, Trabzon.
- Yaşayan, A. ve Atasoy, V 1991. "Alan Bölmeleri Ve Sınır Düzeltmeleri", Harita ve Kad. Müh. Oda Derg, sayı 69, s.31-41, Ankara.
- Yıldız, N 1983. Arazi Toplulaştırması, YTÜ Yayınları Sayı:167, İstanbul
- URL_1: <http://www.netcad.com.tr/>
- URL_2: <http://www.cartocad.fr/>
- URL_3: <https://www.geocad.com.tr/>
- URL_4: <http://www.egas.com.tr/>.