

39196

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KADASTRO PAFTALARININ GEOMETRİK NİTELİĞİNİN YÜKSELTİLMESİNDE
VE YENİLENMESİNDE HOMOJENLEŞTİRME ALGORİTMALARI

DOKTORA TEZİ

Y. Müh. Necla ULUĞTEKİN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 16 Kasım 1992

Tezin Savunulduğu Tarih : 21 Ocak 1993

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Doğan UÇAR

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Olcay ÖZTAN

: Prof. Dr. Mehmet SELÇUK

OCAK 1993

ÖNSÖZ

Bugün ülkemizde kadaastro ölçmelerinin yenilenmesi yerine kadaastro paftalarının yenilenmesi yaygınlaşan bir eğilimdir. Bu çalışmam ile; homojen yapıda olmayan paftaların yalnızca sayısallaştırılmasının yanısıra, geometrik iyileştirme algoritmalarının da kullanılmasına katkıda bulunabilirsem mutlu olacağım.

Çalışmam sırasında değerli bilgilerinden yararlandığım ve her türlü desteğini gördüğüm danışman hocam Prof. Dr. Doğan UÇAR'a, Bonn Üniversitesi Topografya ve Kartografya Enstitüsü'nde araştırma olanağı sağlayan ve buradaki çalışmalarım sırasında desteklerini esirgemiyen Prof. Dr. Dieter MORGENSTERN'e, Dr. H.-G. RIEMER'e, Dipl.-Ing. C. AVERDUNG, Dipl.-Ing. J. KÖHLER'e ve tüm enstitü çalışanlarına teşekkür ederim.

Yapıcı eleştirilerinden ve katkılarından yararlandığım Yrd. Doç. Dr. Denizhan YALIN ve Yük. Müh. Cihangir ÖZŞAMLI'ya, Almanca'dan yaptığı çevirilerle bana yardımcı olan Yük. Müh. Alper GÖNEN'e içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam sırasında da bana destek veren hocam Prof. Dr. Olcay ÖZTAN ve tüm Kartografya Anabilim Dalı Araştırma Görevlilerine ayrıca teşekkür ederim.

Görevi sırasında kadaastro konusundaki candan yardımlarından dolayı Bakırköy Kadaastro Müdürü Müh. Haşim PEKPAK, ve Müh. A. Kadir HALİLOĞLU'na ayrıca Kadıköy Kadaastro Müdürü Y. Müh. Hasan Şahin ve Kadıköy Kadaastro Müdür Yardımcısı Müh. Turgut Uysal'a teşekkür ederim.

Çalışmalarımı tüm olanakları ile destekleyen Uluğtekin'lere ayrıca teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
- NOTASYON LİSTESİ	vi
- ŞEKİL LİSTESİ	vii
- TABLO LİSTESİ	viii
- ÖZET	ix
- SUMMARY	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Alansal Coğrafi Birimler	2
1.2. Arazi Bilgi Sistemi	3
1.3. Arazi Bilgi Sistemi Olarak Kadastro	4
1.4. Arazi Bilgi Sisteminin Sonuçları	5
2. OTOMASYON	8
2.1. Otomasyon Sistemi Seçimi	8
2.2. Gelişmiş Kadastro Sistemlerinin Özellikleri ...	10
2.3. Otomasyonun Yararları	12
2.4. Gelişmekte Olan Ülkelerde İleri Dönemlerdeki Olası Sorunlar	14
2.5. Otomasyon Maliyeti	16
3. VERİ	17
3.1. Veri Kalitesi	17
3.2. Veri Toplama	19
3.3. Veri Değerlendirme	20
3.4. Veri Depolama	20
3.5. Verinin Sunulması	21
4. SAYISALLAŞTIRMA	22
4.1. Grafik Altlıklardan Sayısallaştırma Yöntemleri.	22
4.1.1. Otomatik Sayısallaştırma	23
4.1.2. Yarı Otomatik Sayısallaştırma	25
4.1.3. Elle Yapılan Sayısallaştırma	26
4.2. Sayısallaştırma Adımları	28
4.2.1. Hazırlık	28
4.2.2. Altlık Önileme	29
4.2.3. Sayısallaştırıcı Hazırlığı	30
4.2.4. Sayısallaştırma İşlemi	31
4.2.4.1. Nokta Objelerin Sayısallaştırılması	31

4.2.4.2. Çizgi Objelerin Sayısallaştırılması	32
4.2.4.3. Alan Objelerin Sayısallaştırılması ...	34
4.2.5. Sözel Veri Girişi	35
4.2.6. Düzeltme	36
4.3. Hız ve Doğruluk	37
5. SAYISALLAŞTIRILMIŞ KOORDİNATLARLA HESAPLAMALAR ...	40
5.1. Koordinat Transformasyonları	40
5.1.1. Benzerlik Transformasyonu	41
5.1.1.1. Transformasyon Parametrelerinin Hesaplanması	42
5.1.1.2. Pas Noktalarının Uyuşum Testi	44
5.1.1.3. Detay Nokta Koordinatlarının Transformasyonu	46
5.1.2. Afin Transformasyon	48
5.1.3. Çokterimli Transformasyon	51
5.2. Topolojik Koşullar İçin Matematiksel Modeller .	52
5.2.1. Doğrusallık Modeli	53
5.2.2. Dairesellik Modeli	54
5.2.3. Paralellik Modeli	55
5.2.4. Dik Açık Modeli	57
5.2.5. Bir Noktanın Doğruya Uzaklığı Modeli	57
5.2.6. Alan Modeli	58
5.3. İnterpolasyon	61
5.3.1. Multiküadrik İnterpolasyon	62
5.3.2. Uzunluk Ağırlıklı İnterpolasyon	68
6. SAYISAL SONUÇLAR	71
6.1. Çalışma İstasyonu Konfigürasyonu	72
6.1.1. Donanım Bileşenleri	72
6.1.2. Yazılım Bileşenleri	73
6.2. Test Bölgesi Sonuçları	74
6.2.1. Birinci Test Bölgesi Sonuçları	74
6.2.1.1. Birinci Test Bölgesi Sayısallaştırıcı Hazırlık İşlemi	75
6.2.1.2. Birinci Test Bölgesi Sayısallaştırması ..	76
6.2.1.3. Kenarlaştırma Kontrolü	77
6.2.1.4. Birinci Test Bölgesinde Homojenleştirme..	77
6.2.1.4.1. Afin Transformasyon	78
6.2.1.4.2. İnterpolasyon	80
6.2.1.5. Modellerin Kenarlaştırılması.....	82
6.2.1.6. Geometrik Koşulların Gerçekleştirilmesi .	83
6.2.2. İkinci Test Bölgesi Sonuçları	85
6.2.2.1. İkinci Test Bölgesi Sayısallaştırıcı Hazırlık İşlemi	88
6.2.2.2. İkinci Test Bölgesi Sayısallaştırması ...	88
6.2.2.3. I. Modelde Sayısallaştırma Sonrası Yapılan Geometrik İyileştirme	90
6.2.2.4. II. Modelde Sayısallaştırma Sonrası Yapılan Geometrik İyileştirme	94
6.3. Test Sonuçlarının Karşılaştırılması	98

7. SONUÇ VE ÖNERİLER	99
KAYNAKLAR	101
ÖZGEÇMİŞ	109



NOTASYON LİSTESİ

x, y	: Sayısallaştırılmış koordinatlar
X, Y	: Transformasyon sonucu koordinatlar
$\hat{X}, \hat{Y}$	: Zorunlu koordinatlar
$\bar{x}, \bar{y}$	: x, y sisteminde ağırlık merkezine indirgenmiş koordinatlar
r	: Serbestlik derecesi
α_0	: Yanılma olasılığı
β_0	: Test gücü
λ_0	: Merkez dışı parametre
$\hat{\sigma}_0$	: A posteriori varyans
W	: Ağırlık katsayılar matrisi
Q	: Kofaktör matrisi
Σ	: Kovaryans matrisi
N	: Normal denklemler katsayılar matrisi
v	: Düzeltmeler vektörü
t	: Parametreler vektörü
C_i	: Sınır değer
$F_{\alpha, \beta}$	: F-dağılımı
C_j	: Kuadrik terim katsayıları vektörü
A	: Multikuadrik katsayılar matrisi
l, z	: Mutlak terimler vektörü, çakıştırma artıkları vektörü
S_i	: İnterpolasyon noktası ile dayanak noktası arasındaki uzunluk
S_{ij}	: Dayanak noktaları arasındaki uzunluk
m_p	: Nokta konum hatası
t_s	: Ortalama kenar hatası

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 5-1 : Doğrusallık modeli	54
Şekil 5-2 : Dairesellik modeli	54
Şekil 5-3 : Paralellik modeli	55
Şekil 5-4 : Paralel yaylar modeli	56
Şekil 5-5 : Dik açı modeli	57
Şekil 5-6 : Bir noktanın doğruya dik uzaklığı	57
Şekil 5-7 : Multiquadrik interpolasyon modeli	66
Şekil 5-8 : Uzunluk ağırlıklı interpolasyon modeli ...	69
Şekil 6-1 : Çalışma istasyonu donanım bileşenleri ...	73
Şekil 6-2 : "z" noktaları	76
Şekil 6-3 : Pas noktaları (6 adet)	78
Şekil 6-4 : Pas noktaları (21 adet)	78
Şekil 6-5 : Komşuluk ilişkisi	80
Şekil 6-6 : Modellerin kenarlaştırma öncesi ve sonrası	82
Şekil 6-7 : Takeometrik plan ile sayısallaştırılan paftanın çakıştırılması	87
Şekil 6-8 : I. ve II. modellerin sayısallaştırma sonucu	89
Şekil 6-9 : I. modelde zorunlu noktaların eşleştirilmesi sonucu oluşan vektörler	91
Şekil 6-10: I. modelde afin transformasyon sonrası en aza indirgenmiş çakıştırma artıkları	92
Şekil 6-11: Multiquadrik interpolasyon sonucu oluşan detay nokta koordinat vektörleri	93
Şekil 6-12: Geometrik koşullar	95
Şekil 6-13: II. model multiquadrik interpolasyon ve kenarlaştırma sonucu oluşan vektörler ...	96
Şekil 6-14: II. model koşul dengelemesi sonucu oluşan düzeltme vektörleri	97

TABLO LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 6-1 : Sayısallaştırma ve afin transformasyon sonucu ortalama nokta konum hataları	78
Tablo 6-2 : Sayısallaştırma ve afin transformasyon sonucu kenarlardaki ortalama farklar	79
Tablo 6-3 : İnterpolasyon sonucu ortalama nokta konum hataları	81
Tablo 6-4 : İnterpolasyon sonucu kenarlardaki ortalama farklar	81
Tablo 6-5 : Koşulların gerçekleştirilmesi sonucu ortalama nokta konum hataları	84
Tablo 6-6 : Koşulların gerçekleştirilmesi sonucu kenarlardaki ortalama farklar	84
Tablo 6-7 : II. test bölgesi sonuçları	90

ÖZET

Arazi bilgi sistemi oluşturmaya yönelik projelerde kadaastro parsellerine ilişkin bilgiler merkezi öneme sahiptir.

Günümüzde parsel bazlı bilgilerin çoğu analog formdadır. Her gün bu bilgilere yenileri eklenmektedir. Harita ve harita benzeri altlıkların sayısallaştırma yöntemleri ile depolanması ve güncelleştirilmesi bu tür altlıkların yeniden üretiminden daha ucuz ve hızlıdır.

Bilgi sisteminin sayısal veri tabanını oluşturan özellikle geometrik veriler; jeodezik kontrol sistemindeki, ölçme yöntemlerindeki, ölçekteki, pafta açılışlarındaki, ölçme-çizim doğruluklarındaki ve yapılış zamanlarındaki farklılıktan dolayı homojen değildir. Homojen yapıda olmayan kadaastro paftalarının yan yana getirilip yalnızca sayısallaştırılmaları ve ülke koordinat sistemine transformasyonları yeterli değildir.

Homojenleştirmenin amacı; kadaastro koordinat sistemi ile en iyi uyum sağlayan, yani çakıştırma artığı içermeyen ve detay noktaları ile dayanak noktaları arasındaki komşuluk ilişkilerini koruyan pafta veya paftalar elde etmektir.

Homojenleştirme iki aşamada gerçekleştirilir. İlk aşamada sistematik olarak tüm model alanına yayılmış çakıştırma artıkları, global etki gösteren afin transformasyon yardımı ile belirlenir. İkinci aşamada çakıştırma artıkları, etkisini lokal olarak gösteren interpolasyon algoritması ile tamamen yok edilirken, noktalar arasındaki komşuluk ilişkileri de korunur.

Çakıştırma artıkları giderilmiş homojen yapıli bilgiler kullanılarak, geometrik koşulların bir kategori sırasında gerçekleştirilmesi ile kusursuz bir sayısal veri tabanı oluşturulması amaçlanmaktadır.

İki test bölgesine ait paftalar üzerinde yapılan araştırma, sayısallaştırılan paftalara uygulanan homojenleştirme ve geometrik koşulların sağlanması işlemi ile bu paftaların azımsanamayacak düzeyde geometrik olarak iyileştikleri ve eskisine oranla daha iyi bir geometrik altlık özelliği kazandıkları sonucuna götürmektedir.

HOMOGENIZATION ALGORITHMS FOR GEOMETRICAL IMPROVEMENT AND RENOVATION OF CADASTRAL MAPS

SUMMARY

The daily rapid increase in population and the fact that the society is becoming more sophisticated are clear indications that there is a need for information to serve both the government and the people.

The cadastre (including land registration) is a record (including maps) of all land parcels within an area (country, region, state); showing location, size, ownership and other legal interests on the persons. The basic information in a cadastre concern is man and his relation to land or land related objects.

The International Federation of Surveyors (FIG) defines Land Information System (LIS) as "a tool for legal, administrative and economic decision-making and an aid for planning and development which consist on the one hand of a data base containing spatially referenced land-related data for a defined area, and on the other hand, of procedures and techniques for the systematic collection, updating, processing and distribution of the data. The base of a land information system is a uniform spatial referencing system for the data in the system, which also facilitates the linking of data within the system with other land-related data."

From the definition of LIS and the set of geographic unit (as defined area) it can concluded that the cadastre is a type of LIS where the geographic unit is the land parcel to which as much information related to land as possible can be attached.

This information could be used as a tool by the government to carry out the following functions: decision-making, planning, administration, land use policy, land tax, statistics etc.. So the cadastral maps are the most important part for the establishment of a LIS. Cadastre must always give information on these subjects.

- Owner of the land and his or her rights,
- Location and the dimensions of the parcel.

The first information refer to the land registration providing the legal status of the land (attribute data). The second one refer to cadastre, providing spatial and quantitative data (geometric data).

Digital map base is created and revised by digitizing existing maps, a new survey or by the combination of these methods. Both accuracy and cost vary widely according to the chosen method. The positional accuracy of detail points obtained by resurveying is higher than the accuracy obtained by digitization of existing map or maps. The digitized information will at least have the accuracies depending on the map scale.

In many instances the existing maps are much more inaccurate, and a careful assessment of map quality is necessary before entering their contents into the digital map base.

Despite of its well known disadvantages, because of limitation time and cost factors, in the future surveying authorities will only be able to master this task by digitizing the available maps.

There are three different methods to digitize the analogous maps:

- the automatic (scanning) method, results can be obtained in grey tone of picture elements (pixels),
- the semiautomatic digitizer, which automatically follows lines in the analogous maps and has vectorial results,
- the manual digitizer -with a digitizing table-, which has vectorial results.

The majority of digitized data entry is now done by manual digitizing. The reasons for this are many: one may not be able to remove the maps to where a scanner is available for doing the actual conversion; records may not be in a form that can be scanned (e.g., the maps are of poor quality, are in poor condition or have errors); the features may be too few on a single map to make it practical to scan; a scanner may be unable to distinguish the features to be captured from the surrounding graphic information on the display; scanning may not provide the required data precision (for certain applications, relatively high precision is required, and lower priced scanners simply do not offer the precision that is required); scanning may be more expensive than manual digitizing, considering all the cost/performance issues. Manual digitizing has many advantages: low capital cost, low-cost labor and great flexibility and adaptability. While it is a time-consuming procedure, the technique can be taught to user within hours, and with modern data base error checking software, the quality of the information is quite high. Interactive

entry and editing can be done while users work on the data; errors on the basic map can be easily discovered and updated while in the process of entering the information; and digitizing devices are very reliable.

It should, however, be noted that the present source of maps is in many respects heterogeneous. The heterogeneous actual state is especially characterized by differences in: temporal origin, the geodetic reference systems, the surveying methods, the scales, the map edges, etc..

In this thesis, the sample maps are digitized by the software for the digitization and geometrical improvement of cadastral maps which is based on comprehensive scientific research work on map homogenization as carried out at the University of Bonn, Institute of Cartography and Topography (IKT).

Program components which make such manual map digitization are contained in universal graphic-interactive systems. They support relieve the operator by dialogue and help function, plausibility test as well as comprehensive interactive correction feature. On the other hand, the facilities for geometrical improvement of locational data is only primary. Principles of such softwares are summarized below:

- Map fitting by means of affine transformation with very few predetermined control points;
- coordinate exchange which is replacement of the coordinates without environmentally true error removal, for all reference points not used during fitting;
- direct realization of geometrical conditions only during constructional digitization;
- in as far as environmentally true residual error distribution is possible at all, it is limited to those control points which were used during map fitting.

However, this functions do not correspond with the demands as required by thorough geometrical improvement. Necessary functions to obtain thorough geometrical improvement are summarized below:

- During fitting into the national system, the information from all the reference points should, if possible, be used. Only after completion of the digitization process can the decision be made as to which points may possibly not be used as control or respectively support points in the homogenization measures.
- The errors on the map edge of non-full-sheet maps also have to be minimized. These errors therefore need to be

1

taken into consideration during fitting into the national system.

- The remaining errors at all reference points and at the map edge points must be removed whilst at the same time retaining environmental accuracy so that the more precise coordinates of the reference points contribute to the effective improvement of all other map points.
- Geometrical conditions must, as far as possible, be implicitly or semiautomatically acquired and stored in the course of digitization. Their realization forms the last step in the geometrical improvement of the homogenised data file by means of two-dimensionally effective adjustment techniques.

The main subject of this thesis is geometrical improvement of inhomogeneous cadastral maps by using the procedure described below:

- Temporary transformation - The preliminary model fitting affine transformation with few control points for each model.
- Digitization of models as point, line and area object.
- Semi or/and automatic linking reference and digitized points.
- On account of the fundamental importance of reference coordinates for homogenization measures, their linking with digitized points must be free of errors. The procedures available at present are an outlier test using standardized residuals, also known as "data snooping".
- In addition to those errors at the reference points, there are also some at the model edges. The prerequisite for the numerical linking of adjacent models are created by the linking of identical edge points to tie points. If even larger errors are found, then the identically linked edge points may be used to carry out a temporary Helmert transformation of one model edge with the other.
- Map homogenization is basically undertaken in two steps:
 - First of all, the errors which systematically extend over the whole model are registered by means of globally effective transformation process (affine transformation). The over determined affine transformations may minimize the errors at the control points and -if present- at the tie points, but they can not fully remove them. More over, there are also errors to be found at the reference points which were not used as

control points for transformation. All these points with residual errors are called "support points". The shift required for detail points should be derived from the neighboring support points and include the value and direction of each point.

- Then the remaining, at most, systematic residual errors in the vicinity are completely removed by the means of locally effective interpolation methods including some influence of the environment (multiquadric interpolation or distance weighted interpolation).

Multiquadric interpolation has proved to be the most suitable technique for residual error removal. The main advantage of these approach lies in its general insensitivity towards irregular support point density and distribution. The weaknesses of multiquadric interpolation are registered during extrapolation.

In such cases, distance weighted interpolation is available with various weight approaches. The criteria of distance and weight is only applied to selected support points in a special sector around the interpolation point, so that this technique also guarantees proper residual error removal.

- Realization of geometrical conditions (e.g. straightness of lines, rectangularity, parallelism, distances, relative location, circular continuity). Homogenisation and condition realization are then carried out making full use of all the information on the basis of the original data. Geometrical conditions adjustment is carried out separately for hierarchically structured object groups. The hierarchy is; model edges, parcel boundary building and other geometrical elements for cadastral maps.

The numerical results of this thesis are evaluated in two different pilot area. For the first pilot area, coordinates of cadastral map points are entered manually to system, drawn on the screen and plotted. The plotted sheet is digitized and digitized values of coordinates of 50 points are read. These values are compared with their original coordinates after each process.

The results of affine transformation by few and much control points for the test area and the results obtained by two interpolation methods are given -for all process- in Table 1.

Table 1: Mean positional errors for first test area.

	Digitization (cm)	Affine trans. (cm)	I. Interplt. Method		II. Interplt. Method	
			Multiquad. (cm)	Condit. (cm)	Dist. Weig. (cm)	Condit. (cm)
21 control p. Mp ort	14.4	9.6	7.3	6.6	7.4	6.7
6 control p. Mp ort		12.3	7.3	6.6	7.3	6.7

In Table 1 digitizing error is 14.4 cm. After condition adjustment it is reduced to 6.6 cm.

In the second test area digitization is realized directly on cadastral map. In this sample only the polygon and grid points are known. Because of this reason, results of condition adjustment can not be compared with original coordinates, in the Table 2.

Table 2: Mean positional errors for second test area.

Digitization	Affine transformat.	Multiquadric interpolation	Realization of conditions
42.4 cm	30.1 cm	18.4 cm	18.4 cm

In table 2 digitazition error is reduced from 42.4 to 18.4 cm only by multiquadric interpolation. If it could be possible to compare condition adjustment results with original coordinates of detail points, the geometrical improvement would be better than 18.4 cm.

As a conclusion it can be said that by means of the method presented in this thesis, it is possible to improve the accuracy of digitized coordinates significantly. With the aid of new measurements, digitized maps in better quality -in other words true digital dynamic cadastral maps- can be obtained.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Nüfusun ve nüfus hareketlerinin artması, toplumsal gereksinimlerin gün geçtikçe karmaşıklaşması ve acil çözüm beklemesi, kurumların ve bireylerin yararlanabileceği bilgi sistemlerinin geliştirilmesini zorunlu kılmıştır. Beslenme, savunma, enerji, sağlık, eğitim, ulaşım, iletişim gibi temel toplumsal gereksinimlerin karşılanması; ormanların ve diğer doğal zenginliklerin korunması, tarımsal üretimin arttırılması gibi toplumsal zorunluluklar, yoğun bir planlama etkinliği gerektirmektedir. Tüm bu hizmetlerin örgütlenmesi sırasında toprağa ve toprağa ilişkin bilgilere gerek vardır. Toprak mülkiyetine ve arazi kullanımına ilişkin bilgilerin korunması zorunluluğu; doğru, geliştirilebilir ve kolay ulaşılabilir bir bilgi sistemine olan gereksinimi ortaya çıkartmıştır.

Tanımı gereği arazi; sınırlı, sabit, yeniden üretilemez veya yok edilemez niteliktedir. Nüfus artarken, toprak sabit kalmaktadır. Bu olgu özellikle toprak ve toprağa ilişkin çok dikkatli kaynak planlaması yapılmasını gerektirmektedir.

Bu çalışmanın birinci bölümünde kadastro bilgilerinin arazi bilgi sistemi oluşturulmasındaki önemi üzerinde durulmuştur. İkinci bölümde, kadastroda otomasyona geçişin yalnızca verilerin bilgisayar ortamında depolanması olmadığı vurgulanmış, bilgi sistemi amaçlı otomasyon sistemlerinin özellikleri, sorunları ve maliyeti konuları irdelenmiştir. Bilgi sistemini oluşturan konum ve sözel verilerin kalitesi, toplanması, değerlendirilmesi, depolanması ve sunulması üçüncü bölümde ele alınmıştır. Yeniden veri üretiminin uzun zaman alması ve maliyetinin yüksek olması nedeni ile var olan kaynaklardan

sayısallaştırma ile veri üretimi yoluna gidilmektedir. Çalışmanın dördüncü bölümünde, grafik altlıklardan sayısallaştırma yöntemleri birbirleri ile karşılaştırılmış, sayısallaştırma adımları ve bu işlemler sırasındaki olası hatalar incelenmiştir. Transformasyonda kullanılan ortak noktalardan ve koordinatı bilinen diğer noktalardan yararlanılarak detay noktalarının geometrik iyileştirilmesinde kullanılan matematiksel kavramlar ve topolojik koşulların matematiksel modelleri beşinci bölümde tanımlanmıştır. Altıncı bölümde, tezde açıklanan ilkelere dayanarak geometrik iyileştirmenin olanaklı olduğu iki ayrı test bölgesi araştırma sonuçları üzerinde gösterilmiştir.

1.1. Alansal Coğrafi Birimler

Alansal coğrafi birimler; yönetsel alanlar, fonksiyonel alanlar, dağıtım ağları ve objelerden oluşur. Yönetsel alanlar; ülke, bölge, il, ilçe ve benzeri yönetim birimlerinden ibarettir. Fonksiyonel alanlar; kamu hizmetlerinin belirli bir düzen içinde verilmesini sağlamak amacı ile tanımlanmış alanlardır. Sağlık, eğitim, ulaşım gibi hizmetlerin düzenlenmesinde bu tür alanların tanımlanması gerekmektedir. Dağıtım ağları; belirli toplumsal gereksinimlerin karşılanması amacı ile yapılmış tesislerin konumlanışlarını ve bunlar arasındaki ilişkileri belirler. Su, elektrik dağıtım şebekeleri, kara ve demiryolları gibi harita üzerinde işaretlenmiş birimler bu başlık altında toplanmaktadır. Objeler; parsel ve ev gibi temel birimlerden oluşmaktadır (Oyebode, 1987).

Coğrafi bir bilginin niteliği, en iyi biçimde "ne" ve "nerede" soruları ile ortaya konulabilir. Bu yöntemle coğrafi bilginin konum ve tematik bileşenleri belirlenebilir. Konum bileşeni, ardışık iki boyutlu ya da üç boyutlu koordinatlar ile tanımlanır. Tematik bileşen ise (sözel veri veya obje) bir dizi alfanümerik, nümerik veya işaret

tanımlarından oluşmaktadır. Her iki bileşen sayısal biçime sokulmalı ve tematik bileşenler ile bunlara karşılık gelen konum bileşenleri ilişkilendirilmelidir (Ranzinger, 1986).

1.2. Arazi Bilgi Sistemi

Arazi bilgi sistemi; yasal, yönetsel ve ekonomik karar oluşturma süreçlerinde kullanılır. Planlama ve gelişme politikalarında yol gösterici rol oynar. Arazi bilgi sistemi; belirli bir bölgenin üç boyutlu arazi bilgisi için veri tabanı sağlarken diğer yandan da verilerin toplanması, güncelleştirilmesi, işlenmesi, dağıtımı için gerekli işlemleri ve teknikleri kullanıma sunar (Jeyanandan, 1986; Uçar, 1991a).

Arazi bilgi sisteminin temeli üniform üç boyutlu bir geometrik referans sistemidir. Bu referans sistemi, içerdiği verilerle araziye ilişkin diğer veriler arasında bağlantı sağlayarak, arazi bazlı kaynakların planlanması, geliştirilmesi ve denetlenmesinde kapsamlı kararlara ulaşılmasını olanaklı kılar (Jeyanandan, 1986; Koçak, 1991; Uçar, 1991a).

Arazi bilgi sisteminin yaratılmasında ilk adım; temel birim olarak tanımlanmış parsel için arazi dökümlerinin oluşturulması yani birden fazla veri bankasının birbiri ile ilişkilendirilmesi/bütünleştirilmesidir. Bundan sonraki adımlar; grafik veri tabanı ya da sayısal kadastro veri tabanının parsel sözel verileri ile tamamlanması, veri tabanı yönetim sistemi ile parsel verileri üzerinde güncelleştirme için gerekli olan arazi kayıt ve kadastral ölçme/haritalama sistemlerinin geliştirilmesidir. Veri tabanının güncelleştirilmesinin yanında; verinin sistematik toplanması ve değerlendirilmesi, grafik ve grafik olmayan verinin dönüşümü işlemleri, teknikler ve standartların üretilmesi; var olan sistemlerin anlaşılması, kullanıcı

gereksinimlerinin belirlenmesi ve sonuç olarak arazi bilgi yönetiminin oluşturulmasıdır (Dale, 1991; Jeyanandan, 1986; Sadıki, 1989; Williamson, 1986).

1.3. Arazi Bilgi Sistemi Olarak Kadastro

Kadastro; belirli bir yönetsel alan içindeki bütün parsellerin konumunun, boyutunun, sahiplerinin ve parsel üzerindeki diğer yasal bilgilerin kaydıdır. Kadastro insan-toprak ilişkisinin yasal tüm yönlerini tanımlar (Boussemma, 1988; Oyeboğe, 1987).

Karar oluşturma, sınırlama, ölçme ve sınır tanımlamaları kadastronun temel bileşenlerini oluşturur. Karar oluşturma, parsel sahibinin ve haklarının yasal çerçeve içinde belirlenmesi sürecidir. Parselin sınırlaması, sınırlarının işaretlenmesi işlemidir. Ölçme, parsel ile ilişkin halihazır durumu gösteren verilerin toplanmasıdır. Sınır tanımlamaları, ölçme verilerinin ve haritaların düzeltilmiş kayıtlarından oluşur (Boussemma, 1988; Henssen, 1990).

Kadastro bilgileri iki ana başlık altında toplanabilir. Bunlardan konum verileri; parselin (obje) bir koordinat formunda (x, y, z) sokak adı ya da kendine özgü numarasını içeren bilgisidir. Tematik veriler ise objelerin niteliksel bilgilerini kapsar. Örneğin; yasal bilgi (sahibi, mülkiyet cinsi, vb.), nüfus bilgisi (yaş, doğum yeri, medeni durum, aile büyüklüğü, meslek vb.) değerlendirme bilgisi (arazi kullanımı, bina cinsi, malzeme, yapım yılı, yenileme yılı, vb.) ve diğer sözel verilerden (ürün tipi, toprak cinsi, eğimi, drenaj, altyapı, vb.) oluşur (Oyeboğe, 1987).

Yakın zamanlara kadar ölçme birimlerinin görevi veri toplama, işleme ve sunma ile sınırlıyken günümüzde bu görevlere elde edilen bilgilerin daha başka toplumsal gereksinimlere de yanıt verecek biçimde düzenlenmesi

eklenmiştir. Kadastronun işlevlerindeki gelişme, yani çok amaçlı kadastro oluşturma çabaları çeşitli kaynaklardan toplanan bilgilerin bütünleştirilmesi ve merkezi bir birimde toplanmasını zorunlu kılmaktadır (Boussemma, 1988; Oyebody, 1987).

Arazi bilgi sisteminin tanımı dikkate alındığında; kadastronun, coğrafi birimi parsel olan ve parsel ile ilişkin tüm bilgileri içeren bir arazi bilgi sistemi olduğu ortaya çıkmaktadır (Oyebody, 1987).

Arazi bilgi sistemi; çok sayıda veri toplayarak, çeşitli gereksinimlere yanıt verebilecek bilginin elde edilmesi ve organizasyonu sorununu, otomasyon ve veri tabanı teknikleri ile -donanımlarla da desteklenerek- çözmeyi amaçlamaktadır. Bu tür çok amaçlı bilgi sisteminin başlangıç aşaması oldukça güçtür. Kısa süre içinde arazi bilgi sistemine kamu kurumları, yerel yönetimler, endüstriyel işletmeler ve benzeri birçok kullanıcı bağlanacaktır. Bu nedenle ileride ortaya çıkması olası gereksinimlerin önceden belirlenmesi gerekir (Boussemma, 1988; Haag, 1989; Haldrup, 1991).

Uzun süre ülkeler düzeyinde kuramsal arazi bilgi sistemleri geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmış olmasına karşın kadastro parsellerinin en önemli ve merkezi role sahip olduğu anlaşılamamıştır. Oysa ki, Arazi Bilgi Sisteminin parsel bazlı bileşenlerinin oluşturulmasında; kadastro ölçmelerinin, haritalarının, arazi kayıtlarının işlevi çok önemlidir. (Haslinger, 1991; Uçar, 1991a; Williamson, 1986).

1.4. Arazi Bilgi Sisteminin Sonuçları

Yakın zamanlara kadar kadastro çalışmalarında otomasyon uygulanmaması; veri toplama, güncelleştirme, veri depolama sorunlarını ortaya çıkartmıştır. Bunlarla birlikte aynı coğrafi birim için aynı verilerin farklı birimlerde

defalarca toplanması, veri dönüşümünün zor olması hatta mümkün olamaması, çok zaman alması; gelir kaybına ve kadastrodan beklenen verimin sağlanamamasına neden olmaktadır.

Arazi bilgi sistemini kullanacak değişik birimler arasında sıkı bir işbirliği olması gerekir. Geleneksel yöntemlerin dezavantajlarını ortadan kaldırmak için; değişik birimlerde çalışan uzmanların ortak çalışmalarıyla; standartlar, formatlar, tanımlar ve ortak özelliklerin belirlenmesi zorunludur. Bu çalışmaların ürünü olarak veri değişimi olanaklı hale gelecektir. Kadastro çalışmalarıyla haritalardan ve diğer kaynaklardan üretilen bilgiler bu birimlerin kullanımına verilir. Bu nitelikteki bilgiler; maliyeti düşürür, geliri arttırır, münferit bilgi elde edilmesini ortadan kaldırır, karar vermeyi kolaylaştırır, kullanıcıların verimliliğini arttırır, kullanıcılar arasında birlik sağlar, açık tanımlar ve ortak özellikler yaratılmasına zemin hazırlar.

Yeni arazi bilgi sistemi kavramı; yalnızca geleneksel yöntemden otomasyona geçmeyi değil, aynı amaca hizmet eden bilgilerin farklı veri kaynaklarından toplanması, depolanması, değerlendirilmesi ve ilgili birimlerce kullanılmasını kapsar.

Arazi bilgi sistemi; resmi kurumların artan gereksinimlerini karşılamakta yeterli ve etkili olabilmelerini olanaklı kılar. Var olan kadastro kurumlarının, modern arazi bilgi sisteminin gereklerini karşılayabilecek biçimde yönetilmesini sağlar. Sayısal, üç boyutlu, arazi yönetimli/parsel bazlı verilerin toplanması, depolanması, yönetimi ve görüntülenmesi için ileri teknolojilerin geliştirilmesine zemin hazırlar. Toplum ve devletin artan çevresel gereksinimlerinin karşılanabilmesi için gerekli, tamamlanmış ve güncelleştirilmiş arazi verilerini sağlar.

Resmi karar mekanizmalarının araziye ilişkin gerekli bilgiyi, hızlı ve kapsamlı biçimde yorumlamalarını sağlayacak sistemin oluşturulmasını olanaklı kılar (Henssen, 1990; Oyeboğe, 1987; Williamson, 1986).



BÖLÜM 2. OTOMASYON

Grafik ve sözel bilgilerin geleneksel yöntemlerle üretimi yerini hızla otomatik üretim yöntemlerine bırakmakta ya da geleneksel yöntemlerle üretilmiş bilgiler bilgisayar ortamına aktarılmaktadır. Fakat otomasyon yeni ölçme zorunluluğunu ortadan kaldıramadığı için gerekli durumlarda yeni ölçmelerle desteklenmelidir. Ancak sayısal verileri kazanmak için tüm ölçmelerin tekrarlanması gerek yoktur. Otomasyonun amaçlarından biri; ölçmelerle varolan analog altlıkların sayısallaştırılması ile, geometrik olarak olanaklı en yüksek doğrulağa ulaşmaktır.

Kadastradaki değişiklikler ya da güncelleştirme geleneksel yöntemlerle oldukça yavaş ve pahalı olmakta ve hatta ölçmelerin yenilenmesi gerekmektedir. Sayısal veri tabanı ile güncelleştirme hızlı yapılabilir ve bu işlem tüm ölçekler için gerçekleştirilebilir.

Sayısal veri tabanı gelişkin bir çevre birimi ile donatıldığında kullanıcıya birçok olanak sağlar. Bu da hem zaman kazandırmakta hem de birim maliyeti düşürmektedir (Calkins, 1987).

2.1. Otomasyon Sistemi Seçimi

Arazi bilgi sistemi oluşturmaya yönelik çalışmalarda bilgisayar kullanımı kaçınılmazdır. Ancak bilgisayar kullanımının yaygınlaştığı her alanda olduğu gibi gerek donanım gerekse mesleki gereksinimleri gerçekleştirmek durumunda olan yazılım seçiminde, amaca hizmet etmekten uzak alternatiflere yönelinmesi ileride giderilmesi olanaksız bazı önemli sorunların ortaya çıkmasına yol

açmaktadır. Bu nedenle otomasyon sistemi seçiminde çok titiz bir ön inceleme çalışması yapmak gerekmektedir.

Otomasyon sistemi seçiminde öncelikle dikkat edilmesi gereken konu sistemin otomatize edeceği bileşenin belirlenmesidir. Yalnızca sözel bilgilerin otomatize edilmesi planlanıyorsa, grafik olmayan veri tabanı yönetimi yeterlidir. Buna karşılık yalnızca grafik bilgiler otomatize edilecekse bilgisayar destekli çizim sistemi yeterli olacaktır. Hem sözel hem de grafik bilgilerin otomatize edilmesi söz konusu ise bu iki sistemdeki verilerin birbirleri ile ilişkilendirilmesi zorunludur. Bu durumda ilişkilendirmeyi tam anlamı ile olanaklı kılacak bir sistem seçilmelidir.

Sistem, grafik bilgileri ve sonuçları, bütünü ile analiz edebilmelidir. Veri girişini ve formatlanmasını kontrol altında tutmayı olanaklı kılmalıdır. Kendinden yararlanma süreçlerini belirleyecek nitelikte olmalıdır. Değişik kullanıcılar için uygun veri dönüştürme olanaklarını içermelidir.

Veri dönüştürme mekanizmalarının önceden belirlenmesi; otomasyonun önemli bir bileşeni olan grafik verilerin/bilgilerin bilgisayarda okunabilir forma sokulma maliyetinin belirlenmesi açısından son derece önemlidir. Sistemin kullanıcılarını ve kullanım maliyetini belirlemek için gerekli olan eğitim, döküman, yazılım desteği ve depolama kapasitesi belirlenmelidir. Bu seçimler kısa ve uzun vade için düşünülmelidir. Seçim yapılırken; var olan ve gelecekte var olabilecek kaynaklar, hizmet hedefleri, maliyet sorunları dikkate alınmalıdır.

Otomatize bir arazi/kadastro bilgi sistemi kuruluşundan kısa süre sonra günün gereksinimlerini karşılayamaz hale gelebilir. Bu nedenle sistem gelişen teknolojiye uyum sağlayabilecek nitelikte olmalıdır.

Bilginin kurumsal disiplin içinde korunması amacı ile yetkili ve sorumlu bir kuruluş oluşturulmalıdır. Bu kuruluş, bilginin güncelleştirilmesini ve gerekli kalite arttırıcı denetim ölçmelerini gerçekleştirecek, elde ettiği bilgileri sürekli olarak kadaastro/arazi bilgi sistemine ekleyecektir (Barnes, 1987; Kubik, 1987).

2.2. Gelişmiş Kadaastro Sistemlerinin Özellikleri

Modernleştirilmiş bir kadaastro sistemi; hızlı ve kolay kullanılabilir nitelikte olmalıdır. Sistemin gelişmişliği ile karmaşıklığı birbirine karıştırılmamalı, gelişmişlik, hız ve kolaylık sağlayan bir nitelik olarak değerlendirilmelidir.

Sistem, veriyi sistematik ve bütünleyici biçimde işleyebilmelidir. Daha önceden girişi yapılmış verilerin yeniden girilmesi durumunda uyarıcı önlemleri içermelidir. Pafta üzerinde gösterilen tüm bilgilerin, nokta koordinat hesaplarının, hataların ve sonuçların istatistiksel analizini yapabilmelidir.

Sistem bölge topolojisini belirleyebilmeli ve sayısal formda kodlayabilmelidir. Bu özellik sayesinde parselin hangi noktalardan oluştuğu ve kaç ortak doğru noktası olduğu belirlenebilecektir.

Sistem; mümkün olduğunca herhangi bir donanım-yazılım sisteminden bağımsız, kolay kullanılabilir olmalıdır. Basit donanımlarla çalışmalıdır. Donanımın basit olması, maliyeti düşürecek böylece sistem özel bürolarda ölçmeciler tarafından kullanılabilir hale gelecektir. Bunların sonucunda özel kuruluşlarla kamu kuruluşları arasındaki bilgi alış verişi kolaylaşacaktır. Yazılım kullanımının da kolay olması, operatör eğitimi süresini ve operatör hatalarını en aza indirecektir (Henssen, 1990; Kubik,

1987; Mephram, 1989). Fakat kullanım kolaylığı mesleki gereksinimlerin kesinlikle önünde olmamalıdır.

Kadastro haritalarının analog/sayısal dönüşümünü gerçekleştirebilmek için interaktif grafik çalışma istasyonlarının kullanımı kaçınılmazdır. Çalışma istasyonlarının kullanım alanı, kullanılan sayısallaştırma yöntemine bağlıdır. Çevrim dışı sayısallaştırmada çalışmanın çoğu -interaktif grafik ekran gerektirmeyen-basit sayısallaştırıcılar ile yapılabilir. Burada yalnızca yanlış sayısallaştırılmış verilerin düzeltilmesi ya da çok karmaşık çalışmalar için grafik çalışma istasyonu gereklidir. Çevrim içi sayısallaştırmada tüm işlemler çalışma istasyonu ile yapılabilir. Kuşkusuz böyle bir interaktif grafik çalışma istasyonu, donanım (grafik ve alfanümerik ekran, sayısallaştırıcı, çizim ünitesi, vb.) ve -birçok hesaplama konstrüksiyon programlarını içeren-kapsamlı yazılım gerektirir.

Yukarıda tanımlanan türde bir çalışma istasyonu ile birlikte kullanılan yazılımlarda bulunan ölçmelere ilişkin hesapların, transformasyon ve diğer dengeleme hesaplarının uygunluğu kontrol edilmelidir. Bununla birlikte, veri kalitesinin ve özellikle veri yapısının bilinmesine gerek vardır (Haag, 1989).

Arazi bilgi sistemi için gerekli olan donanımın çalışma hafızası yaklaşık 200-500 MB civarında bulunmalıdır. 2,000,000 nüfuslu bir şehir için gerek duyulan harici bellek 5-6 GB olacağı tahmin edilmektedir. Bu bilgilerin manyetik şerit ortamında saklanacağı açıktır. Ana bilgisayar 32 bit sistem karakterli ve grafik kullanım için özel olarak üretilmiş olmalıdır. Ana bellek 8 MB'lik ve gereğinde genişletilebilecek özellikte olmalıdır. Donanımın saniyede yaptığı işlem hızı en az 1 000 000 civarında bulunmalıdır. Ana bilgisayara bağlanabilen çevre ünitesi 16'dan aşağı olmamalıdır (Uçar, 1989a). Çevre üniteler;

işlem ünitesi, sayısallaştırma masası, alfanümerik ekran, grafik ekran, çizim ünitesi, disk ünitesi, disket ünitesi, manyetik kaset ünitesi, yazıcı ünitesidir. Bunun yanı sıra; interaktif grafik çalışma istasyonlarına, -değişik kaynaklardan elde edilen verileri aktarmak için- fotogrametrik değerlendirme aletleri ve elektronik takeometrelerin kayıt üniteleri bir ara birim ile bağlanabilmelidir (Gürdoğan, 1989; Kubik, 1987; Stefanovic, 1987).

2.3. Otomasyonun Yararları

İyi planlanmış ve dikkatle seçilmiş bir otomasyon sistemi; harita üretimi-kullanımında örgütlenme, ölçme ve eğitim açısından önemli gelişmeler sağlayacaktır.

Otomasyona geçildiğinde üretici-kullanıcı örgütlenmesi nitelik kazanacak, karar verme mekanizması hızlı ve sağlıklı bir yapıya kavuşacaktır. Birimlerde ve personelde azalma olacak, iş niteliği yükselecektir. Yeni olanakların yaratılması ve üretimin nitelikli kılınması otomasyonun sağladığı çok önemli bir avantajdır.

Otomasyon; yersel ölçmeler, hava fotoğrafları, daha önceden toplanmış verilerle elde edilen haritalar, planlar veya sayısallaştırılmış verilerin işlenmesi için kullanılan yazılım, yöntem ve donanım birliğini sağlar. Veri seçimi, yönetimi ve karar verme aşamaları, otomasyona geçildiğinde daha etkin hale gelecektir. Otomasyon; veri tabanı birliğini, hızlı ve esnek veri yönetimini, nitelikli veri üretimini olanaklı kılar.

Günümüzde yarı ve tam otomatik teodolitler ve uydular aracılığı ile konum belirlenebilmekte, obje koordinatları doğrudan doğruya arazide bulunabilmektedir. Bu olanaklar çerçevesinde; objelerin seçimi, bütünleştirilmesi ve mükemmel bir kodlama sistemi oluşturulması ölçmecilerin

sorumluluğu altındadır. Sonuç olarak otomasyon ölçmecilerin görev ve işlevlerinde önemli somut değişikliklere yol açmaktadır.

Otomasyona geçilmesi, harita üreticisinin niteliklerinde önemli değişikliklerin olmasını zorunlu kılmaktadır. Harita üreticisi veri tabanı yöneticisi olacaktır. Bu değişim harita üreticilerinin farklı bilgi kaynaklarının bütünleştirilmesi konularında eğitilmesini zorunlu kılmaktadır. Bunun yanı sıra harita üreticisi; kartografik gösterimler ve grafik bilgilerin görsel açıdan doğru algılanması konusunda, harita kullanıcılarını eğitme görevini de üstlenecektir. Ancak otomasyona uyumlu personel yetiştirilmesi sanıldığından daha uzun zaman alacaktır (Ranzinger, 1986).

Otomasyon; var olan haritaların üretim yöntemi ve amacı açısından irdelenmesini olanaklı kılar. Otomasyon hızlı harita üretimini sağlar. Karmaşık ve/veya elle çizilmesi olanaksız haritaların çizimini olanaklı kılar. Bunun yanı sıra, aynı veriden yararlanarak tüm kullanıcı gereksinimlerine yönelik çeşitli grafik sunumlar yapmayı, sayısal bilginin kısa sürede istenilen ölçeğe, projeksiyona ve koordinat sistemine dönüştürülmesi olanağının kolaylaştırılmasını sağlar. İstatistiksel analizler yardımı ile harita ve harita benzeri gösterimleri kullanıma sokar.

Tüm bilgilerin harita üzerinde olması, hem okunabilirlik hem de güncelleştirme açısından güçlük yaratır. Bazı durumlarda çizimin yenilenmesi gerekebilir. Ancak her kopyalama ile yeniden çizim hata doğurur. Otomasyon; haritaların veri depoları olarak kullanımının bu tür sakıncalarını ortadan kaldırır. Sayısallaştırılmış verilerden yararlanılarak güncelleştirme ve amaca uygun harita üretimi kıyaslanamaz ölçüde sağlıklıdır.

Otomasyona geçildiğinde personel sayısındaki azalmanın yaklaşık %50, maliyetteki kazancın ise %30 - %80 olduğu bilinmektedir (Kubik, 1987). Bu tür kazançlar, grafik veri ve bilgi yönetim sistemindeki uygulamaların türüne bağlı olarak değişim gösterir. Otomasyonun; gerek personel sayısında azalma, gerekse de harita üretiminde hız sağlaması nedeni ile maliyet üzerinde olumlu etkiler yaratacağı açıktır. Ancak hizmet açısından yararlılığı nicel olarak tanımlanamamaktadır. (Nekhin, 1986; Kubik, 1987; Ranzinger, 1986; Rhind, 1975).

2.4. Gelişmekte Olan Ülkelerde İleri Dönemlerdeki Olası Sorunlar

Arazi bilgi sisteminin oluşturulması yani harita üretiminde otomasyona geçilmesi; gelişmekte olan ülkelerde gelişmiş ülkelerde olduğu gibi birçok sorunu beraberinde getirmiştir. Ancak otomasyon, gerek maliyet gerekse toplumsal gereksinimlerin karşılanması açısından sağladığı avantajlar nedeni ile kaçınılmaz olarak görülmektedir.

Gelişmiş ülkelerde olduğu gibi, gelişmekte olan ülkelerde de başlangıçta otomasyonun zorunlu kıldığı örgütlenme değişikliği, geleneksel yöntemle çalışan harita üreticilerinin tepkisine neden olmuştur. Ancak global olarak düşünüldüğünde; otomasyonun sağlayacağı genel üretim artışı ve arazi yönetiminde elde edilecek avantajlar, mesleki konjonktürel sorunlardan kaynaklanan bu tepkilerin anlamsızlığını ortaya koymaktadır. Otomasyona geçişteki bu tür sorunlar, örgütlenmenin yeniden yapılanması ve yoğun bir mesleki eğitim süreci içinde çözülebilecektir (Barnes, 1987).

Otomasyona geçilirken karşılaşılabilecek en önemli sorunlardan biri de arazi bilgi sisteminin kendine özgü örgütlenme modelinin kurulmasındaki güçlülüdür. Geleneksel yöntemle harita üreten kurumların otomasyon sistemlerini

birbirlerinden bağımsız oluşturmaları, otomasyonun sağladığı en önemli kazanım olan bütünlüklü bilgi üretimi ve kullanımının olanaksızlaşması anlamına gelmektedir. Her kuruluşun gerek teknik gerek yöntem açısından farklı otomasyon sistemi ve standartlar kullanması durumunda; bilgi iletimini olanaklı kılacak standartları olmayan, veri dönüşümü olanaksız harita üretimi sürdürülecektir.

Bilgisayar teknolojisinin hızlı gelişimi, gelişmekte olan ülkeler açısından önemli sorunlar yaratmaktadır. Bilgisayar üretemeyen gelişmekte olan ülkeler, otomasyonda kullanılan bilgisayarları gelişmiş ülkelerden almaktadırlar. Diğer teknik alanlarda olduğu gibi bu alanda da bilinçsiz donanım ve yazılım alımı, uzun vadede ciddi maliyet sorunlarına neden olabilmektedir (Barnes, 1987; Rhind, 1975; Robbins, 1988; Taylor, 1986).

Gelişmekte olan ülkelerde, otomasyona geçişte önemli bir sorun da yeni teknolojinin gerektirdiği eğitim programlarının düzenlenmesidir. Otomasyon için gerekli olan donanım kadar, bu donanıma uygun yazılım üretebilecek uzmanların ve sistemi işletebilecek operatörlerin yetiştirilmesine gerek vardır. Otomasyon ile çalışan uzmanların geleneksel yöntemlerle çalışan meslektaşlarından fazla ücret almaları ve tercih edilmelerinden kaynaklanan sorunlar otomasyona geçişin bir diğer sorununu oluşturmaktadır.

Bilgisayar ortamında elde edilen bilgilerin doğruluğunun ön koşulu, bu bilgileri oluşturan verilerin doğruluğudur. Doğruluğu değerlendirilmemiş donanım ve yazılımlarla sayısallaştırılmış verilerin yalnızca depolanıp, mutlak veriler olarak kabul edilmesi ileride önemli sorunlara yol açacaktır. Bunların başında depolanan verilerin kullanılacak nitelikte olmaması ve yenilenmesi zorunluluğu gelmektedir. Kullanılan otomasyon sisteminin

sayısallaştırılmış verilerin geometrik olarak iyileştirilmesini olanaklı kılacak nitelikte olması gerekmektedir.

2.5. Otomasyon Maliyeti

Genel çizim amaçlı yazılım paketleri gün geçtikçe yaygın kullanım alanı bulmakta ve ucuzlamaktadır. Buna karşılık, mesleki istekleri karşılayan gelişmiş kadastro amaçlı yazılımların fiyatları ise pazar darlığı nedeni ile giderek yükselmektedir.

İşletme düzeyinde otomasyonun maliyeti; donanım maliyeti, kullanım koşullarının sağlanması için gerekli harcamalar ve personel giderlerinden oluşur. Donanım maliyeti; bilgisayar ve terminal çizim olanaklarını sağlayacak çevre ünitelerin maliyetidir. Yazılımcıların, veri depolayıcıların ve var olan yazılımları kullanan personelin ücretleri personel giderlerini oluşturur. Otomasyonda ortalama maliyet kurum bütçesinin yaklaşık %3-%6'sı kadardır. Bu maliyet kurumun niteliğine göre %5-%20 arasında değişmektedir. Sayısal harita yapımında; yazılım, veri depolama ve üretim, donanım amortismanı ile personel giderleri toplam yıllık maliyet içinde eşit paya sahiptirler. Seçilen donanımın sorunsuz olması maliyet açısından çok önemlidir (Buchanan, 1975; Ranzinger, 1986).

Temel haritaların otomasyonla yenilenmesinin, geleneksel yöntemle üretilmiş haritaların sayısallaştırılmasına göre, hem doğruluk hem de standart açısından çok daha iyi sonuç vereceği açıktır. Ancak bu yöntem son derece pahalıdır. Sayısallaştırma ile 1/1000 ölçekli sayısal haritaların üretim maliyeti; yer ölçmeleri yöntemi ile üretimden on kat, fotogrametrik yöntemle üretimden ise dört kat düşük olmaktadır (Kubik, 1987).

BÖLÜM 3. VERİ

Veri, benzerleri ile ilişkilendirildiğinde anlam kazanan olgular serisidir. Bilgi ise sınıflandırılmış ve yorumlanmış yani kavramsal olarak işlenmiş verilerden oluşmaktadır. Veriler ancak özellikli bir sorunla ilişkilendirildikleri zaman bilgiye dönüşürler. Bilgiye ulaşmak için belirli bir veri kümesi içindeki uygun verilerin seçilmesi, bütünleştirilmesi ve yorumlanması gerekir. Örneğin bir binanın yükseklik verisi kendi başına anlam ifade etmez. Ancak, yeni bir havalanı yapımı için uygun alan belirlenmesi amacıyla yönelik olarak çevresindeki binaların konumları ve yükseklikleri ile ilişkilendirildiğinde bilgi niteliği kazanabilir.

Kadastro verileri; nicel ve nitel karakterde olabilir. Sayısal olması zorunlu olmayan nitel kadastro verilerine; arazi kullanımı, toprak cinsi, toprak verimi örnek verilebilir. Nicel kadastro verileri ise parsel alanı ya da hane başına düşen insan sayısı ile örneklenebilir. Kadastro bilgisi; içerik, zaman ve konum verilerini kapsar. Konum verileri ölçme ve harita yapma, içerik ve zaman verileri ise tematik harita yapma ve harita güncelleştirmesi için gereklidir (Weir, 1987).

3.1. Veri Kalitesi

Yalnızca verinin kullanılacağı alan belirlenerek veri kalitesi tanımlanamaz. Elde edilen verinin; değişik süreçler içinde, farklı disiplinler için gerekli bilgiye dönüştürülebilmesi gerekir. Ancak çalışmanın başlangıcında bu tür belirlemeler yapmak son derece güçtür. Otomasyonun yaygınlaşması ile veri kalitesinin kuramsal açıdan belirlenmesi daha da kolaylaşacaktır. Veri kalitesi

tanımlama çalışmalarının ilk aşamasını, geçerli-anlamlı terimlerin üretilmesi ve doğruluk kriterlerinin geliştirilmesi oluşturmaktadır.

Mutlak doğrulukta veri elde etmek olanaksızdır. Bu nedenle veri kalitesi, ancak kullanıcının ulaşılabilceği bir yaklaşıklıkta belirlenebilir. Önemli olan, veri kalitesi kavramının üreticinin çalışmalarında belirleyici olmasıdır (Drummond, 1987; Drummond, 1989; Kenney-Smith, 1987).

Veri standartları oluşturabilmek için verinin kullanılacağı alanların tam olarak belirlenmesi ve bu alanların gereksinim duyduğu veri özelliklerinin tanımlanması zorunludur. Günümüzde birçok veri toplama çalışması; elde edilen verilerin kullanılacağı alanın özellikleri bir bütün olarak dikkate alınmadan yapılmaktadır. Genelleştirilmiş veriler sınırlı amaçlar için kullanılabilmekte, projelerin geliştirilmesi durumunda ya da diğer disiplinlerdeki projeler için yetersiz hale gelmektedirler. Bu tür elde edilen veriler zaman içinde doğruluğunu yitirmekte ve kaynak kaybına neden olmaktadır. Bunların dönüştürülmesi için bir dizi işlem gerekmektedir; sonuç olarak bilgisayar kullanımıyla elde edilebilecek tüm avantajlar yitirilebilmektedir (Wood, 1984).

Veri standartlaştırılması için yapılan çalışma planı çerçevesinde veri kümesi özelliklerinde birlik sağlanmalıdır. Böylece; irdelenecek veri kümesi özellikleri ve gerekli doğruluk kriterleri tanımlanacak, sonuçta bu özelliklere uygun veri üretmek için kaynak altlıklar da belirlenmiş olacaktır (Beck, 1987).

Üzerinde anlaşmaya varılmış standartlar üretilerek konum ve sözel veri doğruluğu kontrol edilmelidir (Kenney-Smith, 1987). Konum doğruluğu, verinin elde edildiği grafik altlığın doğruluğu ile doğrudan ilişkilidir. Sayısallaştırılmış veri, sayısallaştırılan geometrik altlık

için geçerli olan doğruluk kriterlerini sağlamalıdır. Her veri, istenilen incelikteki konum koordinatlarını sağlamalıdır. Sözel veri kodlama, veri toplama işleminin en öznel bileşenidir. Sözel veri kodlamasının doğru ve üniform yapılabilmesinin önkoşulları; kodlamanın anlaşılır olması ve uygulama tekniğinin tam anlamı ile belirlenmesidir. Obje kodları ve yazılım - sorgulama dilleri için üretilen standartlar operatörün konuyu kavramasını kolaylaştırarak öznel hataları azaltacaktır (Beck, 1987; Drummond, 1989).

3.2. Veri Toplama

Kadastro verilerinin toplanmasında amacın belirlenmesi ve ekonomik davranılması temel ilkedir. Veri toplama işleminin ilk aşaması pilot bölge çalışmasıdır. Pilot bölge çalışması ile uygulanan yöntem/yöntemler değerlendirilebilir, gerekli veri miktarı belirlenir, zaman ve maliyet analizi yapılabilir. Bu çalışmalar veri toplama yöntemi seçimini olanaklı kılar.

Veri toplama tekniği açısından öncül ve ikincil olmak üzere iki tür veri tanımlanabilir. Öncül veri tümü ile proje amacı için toplanan veridir. İkincil veri ise var olan kaynaklardan elde edilir. Bu tür veriler daha önce başka amaçlar için toplanmıştır ve genellikle yapılan proje ile doğrudan ilgili değildirler (Thapa, 1991).

Veri toplama sürecinin temel kuralı ulaşılabilen en kaliteli verinin elde edilmesidir. Veri, düşün-çizgi-alan ilişkisini korumalıdır (Beck, 1987). Bu topolojik ilişkiler; birleştirme, komşuluk ve içeriklerin belirlenmesinde kullanılır. Topolojik ilişkilerin belirlenmesiyle, verinin geometrik ve geometrik olmayan öğelerinin mantıksal bütünlüğü değerlendirilebilecek ve verinin içerdiği mantıksal hatalar ortaya çıkartılabilecektir.

Kaliteli veri toplayabilmek için; veri girişi bir kontrol sistemi ile desteklenmelidir. Bu amaçla; birim obje/sözel veri kodu, içerik tanımı-kod anlamı, kod uygulası ve ölçme birimi/birimlerini içeren ulusal/uluslararası bir obje ve sözel veri kodlama kataloğu hazırlanmalıdır.

Ulusal harita üreticisi kurumlar ulusal kodlama sistemine tam anlamı ile uymalıdır. Obje ve sözel veri kodlarının doğruluğu, veri kümesi veya üretim amacının belirlenmesiyle sağlanacaktır (Beck, 1987; Kenney-Smith, 1987; Stefanovic, 1986; Thapa, 1991).

3.3. Veri Değerlendirme

Toplanan verinin hatalardan ve gereksiz eklerinden arındırılması gerekir. Verinin amaca uygunluğunun değerlendirilmesi zorunludur. Bu değerlendirmenin olurunca veri toplama işleminin hemen ardından yapılması gerekir.

Veri değerlendirme, sonuçların gösterimi açısından da gereklidir. Değerlendirmede bir dizi çözümleme tekniği kullanılmaktadır. Bunlardan ilki -ortalama, yığılım gibi-basit istatistiksel hesaplamalardır. Karmaşık istatistiksel çözümlemeler standart sapma, farklı veri kümeleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi gibi işlemleri içerir. Çeşitli kaynaklardan toplanmış ikincil verinin birliğinin sağlanması ve verinin kartografik sunumu için sınıflandırılması, değerlendirme çalışmasının ileri tekniklerini oluşturur.

3.4. Veri Depolama

Bir kadastro bilgi sistemi, belirli zaman aralığındaki gerçek durumu yansıtır. Hangi amaçla yapılmış olursa olsun; dinamik bir sistem olarak kadastro, sunduğu bilgi sistemi içinde zamana bağlı değişiklikleri içermelidir. Kadastronun

içerdiği veriler günden güne değişmektedir. Bu nedenle, kadastronun temel özellikleri; belgelemek, harita üretmek ve gerçek durumu yansıtmaktır. Kadastro yansıtıcı ve güvenilir olmalıdır.

Şehirler, yollar, binalar, ormanlar ve benzeri gibi arazi verileri sürekli değişmektedir. Veri tabanı; bu değişiklikleri kapsamalı, hem alfanümerik hem de geometrik bilgilerin gerçek durumunu bütünüyle yansıtmalıdır. Birim obje kodlarını, bu objelerin koordinatlarını ve objeler arasındaki ilişkileri korumalıdır. Güncelleştirme sırasında, değişen objelerin eski halinin yeniden elde edilebilmesi olanaklı olmalıdır. Veri üzerinde yapılan değişikliklerin tarihi kayıt edilmeli ve değişikliğin yasal olup olmadığı araştırılmalıdır (Hvidegaard, 1991; Kenney-Smith, 1987).

3.5. Verinin Sunulması

Veri toplama ve değerlendirme çalışmasının sonucunda elde edilen bilgi; raporlar, tablolar, grafikler ve haritalar aracılığı ile sunulur. Toplama ve değerlendirme işlemleri sırasında, son aşamada bilginin kartografik tekniklerle sunulacağı unutulmamalı, bu süreç içinde bilginin en anlaşılır biçimde sunulması için zemin hazırlanmalıdır. Araştırmacı; bilginin en kullanışlı sunuş biçimini, ölçek, doğruluk ve diğer temel özellikleri de dikkate alarak yakalayabilir.

BÖLÜM 4. SAYISALLAŞTIRMA

Sayısallaştırma yöntemleri; kullanılan veri kaynağı, teknik ve araç-gerece göre değişik adlarla anılabilmektedir. Örneğin, mevcut grafik altlıkların (harita, plan, görüntü) sayısallaştırması işlemi genellikle "kartografik sayısallaştırma" terimi ile tanımlanmaktadır. Buna karşın fotogrametride; sayısal harita üretiminde, Sayısal Arazi Modellerinin oluşturulmasında, fotografik araçlarla yapılan çalışmalar da vardır.

Bu bölümde kadastro paftalarının sayısallaştırılması amacı ile mevcut grafik altlıkların sayısallaştırma yöntemleri karşılaştırmalı olarak açıklanacaktır.

4.1. Grafik Altlıklardan Sayısallaştırma Yöntemleri

Halihazırdaki verilerin çoğu hala analog formdadır. Her gün bu tür verilere yenileri eklenmektedir. Harita ve harita benzeri altlıkların sayısal veri halinde depolanması, bu altlıkların yeniden üretiminden daha ucuz ve hızlıdır. Sayısal haritaların güncelleştirilmesi hem ucuz hem de oldukça kolaydır.

Bir kartografik objenin sunulabilmesi için; konum verisi ve sözel veri olmak üzere iki tip veriye gereksinim vardır. Konum verisi, objenin yeryüzündeki konumu, biçimi ve boyutudur. Sözel veri ise objenin ismi, sınıflandırması, tipi ve objenin harita üzerine aktarılabilen grafik işareti gibi diğer özelliklerini tanımlar. Objenin konum ve sözel verisi arasındaki bağlantı ile objeler arasındaki ilişki oluşturulur. Noktasal, çizgisel ve alansal olmak üzere üç tür obje tanımlanmaktadır. Aynı obje, farklı harita ölçeklerinde farklı biçimde gösterilebilir. Bu

nedenle, ölçeğe bağlı olan veri; ayrıca veri kaynağına, çözünürlüğüne, doğruluğuna ve toplanış amacına da bağlıdır.

Bilgisayar ortamında konum verisi, nokta ya da raster modunda tanımlanmaktadır. Nokta (vektör) modunda; nokta bir koordinat çifti ile, çizgi koordinatlar dizisi ile tanımlanmaktadır. Alan ise çizgilerden oluşmaktadır. Raster modunda ise, temel tanımlama genellikle bir birim karesel alandır (cell). Nokta obje tek bir birim karesel alan ile belirlenir. Alan ve çizgi objeler belirli bir dizilime göre tanımlanır ve bu birim karesel alanın tanımlanması için bir koordinata gerek yoktur. Tanımlama aynı tipteki birim karesel alanların toplamıdır (Stefanovic, 1986).

Grafik altlıklardan sayısal veriye dönüşüm yöntemleri kullanılan donanım esas alınarak üç ana başlık altında sınıflandırılabilir.

4.1.1. Otomatik Sayısallaştırma

Grafik altlığın, bir alıcı yardımı ile sistematik olarak, paralel çizgiler halinde taranmasıdır. Her alansal eleman ışıklandırılmakta ve yansıttığı ve/veya geçirdiği ışık şiddeti sayısal olarak kaydedilmektedir. Otomatik sayısallaştırma ile elde edilen verinin kalitesini ve doğruluğunu belirleyen iki etken söz konusudur. Bunlardan, tarayıcıların bilgisayarca okunabilir çıkışı ile orjinal görüntü arasındaki ilişki doğrudan donanıma bağımlıdır. Kaydedilmiş raster verinin işlenmesi ise doğrudan yazılıma bağımlıdır. Veri elemanlarının elde edilmesi ve tanınması için gerekli olan donanım ve yazılım özellikleri büyük ölçüde kaynak altlığın niteliğine bağlıdır (Jaeger, 1991; Ranzinger, 1986).

Otomatik sayısallaştırma, analog haritaların ve görüntülerin sayısallaştırmasında hızlı bir yöntem olmasına

karşın obje tiplerinin otomatik belirlenmesi ve kodlama açısından kolay değildir.

Birbirini fazla kesmeyen ve çizgi çeşitliliği göstermeyen basit çizgi haritalarda -doğal olarak- yazılım ve donanım sorunları yoktur. Bu tür haritalarda çizgi birleşmeleri, çizgi objelerin gerçek orta eksenini ve uç noktaları bulunabilir. Ancak birbirlerini kesen çizgi elemanlar içeren haritaların sayısallaştırılabilmesi, birbirini kesen çizgi sayısı ve çizgilerin kesişme açısına bağlıdır. Birçok tarayıcı sistem, dar açılı çizgi objelerde hatalı kesişme düğümleri yaratmaktadır.

Değişik tipte ve genişlikte çizgiler içeren çizgi haritalar için bu özellikteki çizgileri tanıyabilen özel bir yazılım gerekir. Bu tür bir yazılımla basit çizgi tipleri doğrudan işlenebilir ve otomatik olarak belirli bir obje ile ilişkisi kurulabilir. Ancak paralel çizgi tipleri için bugüne kadar elverişli algoritmalar bulunamamıştır.

İşaretler, harita yazıları, taralı veya işaret dolgulu alanlar, birbirini örten harita elemanlarını içeren daha karmaşık veri kaynakları için bugüne kadar yapılan çalışmalar yetersiz kalmıştır. Kaynak pafta karmaşıklıklaştıkça, yazılımın uygulanabilirliği azalmaktadır. Tarama yöntemi, çizgi haritalar için uygulanabilir niteliktedir. Ancak veri kaynağının dikkatle ön işleme sokulması; temiz, hatasız, kolay yorumlanabilir, ucuz ve hızlı sonuç alınmasını olanaklı kılar. Ön işleme yapılmadığında; ortaya çıkan taranmış verinin düzenlenmesi, ön işlemede yapılacak düzenlemelere göre daha zahmetli olur.

Raster tarama tekniği, günümüzde hala pahalı bir teknik olma özelliğini korumaktadır. Teknik; verilerin temizlenmesi, özelliklerine göre gruplanması ve bağımsız düzeltme işlemi ile kodlanmasını gerektiren bir ham veri dosyası üretmektedir. Daha da karmaşık kaynak paftalarda

veri işleme zahmetli olabilmektedir. Bazı durumlarda objelerin yeniden çizilmesi gerekmektedir. Bu tür paftalar sözkonusu olduğunda, yoğun sayısal veri düzeltme işlemi zorunlu olabilmektedir (Boussemma, 1988; Jaeger, 1991; Haldrup, 1991; Ranzinger, 1986).

Otomatik yöntemler; büyük organizasyonlar tarafından özgün sorunların çözümünde sınırlı olarak kullanılmaktadır. Otomatik sayısallaştırma yönteminin yaygın kullanım alanı bulamamasının birçok nedeni vardır. Otomatik sayısallaştırma yönteminde; kaynak altlıktan, sayısal veri elde edilmesi ve sözel verilerin yüklenmesi güçtür. Bu işlemler için kodlama yöntemi kullanıldığında, tarama sırasında elde edilen birçok kazanım yitirilmektedir. Bugüne kadar, genellikle taranmış haritaların vektörleştirilmesi kullanılmıştır (Drummond, 1991; Lambourne, 1990; Molenaar, 1989; Dangermond, 1988). Ancak günümüzde, verinin raster giriş ve çıkışı, henüz sorunları bulunan bir teknik niteliğindedir. Bu nedenle, zaman alıcı dönüştürme adımlarını ortadan kaldırmak için verileri raster biçiminde işlemek çözüm olarak düşünülmelidir.

Önümüzdeki dönemde görüntü yorumlamaya yönelik çabaların giderek yoğunlaşacağını söylemek yanlış olmaz. Bu tür çabaların biri işaretlerin algılanması, diğeri ise birbirlerini kesen, üst üste binen ve örten -yolla kesişen nehir gibi- harita elemanlarının ayrılmasıdır (Monmonier, 1987; Ranzinger, 1986; Stefanovic, 1986).

4.1.2. Yarı Otomatik Sayısallaştırma

Bu yöntemin esası; operatör tarafından izlenen bir çizginin koordinatlarının, işlemin başlangıcından itibaren çizgi izleyici araç yardımıyla otomatik olarak kaydedilmesidir. Yöntem, elle yapılan sayısallaştırmaya benzer, elle yapılan sayısallaştırmadan farkı, çizgi başlangıcının operatör

tarafından belirlenmesi ve daha sonra çizginin otomatik olarak tamamlanmasıdır.

Çizgi izleyici araçların işleyişi, grafik şekillerin sınır hatlarının operatör gözetimi altında izlenmesi ilkesine dayanmaktadır. Bu sistem, fotoğrafların sayısallaştırılması için uygun değildir. Çizgi haritaların ve eşyükseklik eğrilerinin sayısallaştırmasında kullanılabilir.

Yarı otomatik sayısallaştırma, kullanımının oldukça kolay olmasına karşın, donatımının pahalılığı nedeniyle yaygınlaşmamıştır. Önceleri otomatik çizgi izleme yöntemi, harita sayısallaştırmasında en iyi çözüm olarak değerlendirilmiştir. Buna; yöntemin harita üzerinde istenilen şekillerin koordinatlarını doğrudan vermesi, sınırlı gözetim gerektirmesi yol açmıştır. Ancak zaman içinde çizgi izleme tekniği beklendiği kadar başarılı sonuçlar vermemiştir. Yüksek maliyet, kaynak haritaların karmaşık önileme sokulma zorunluluğu ve ancak belirli tipte altlığın sayısallaştırılmasında kullanılabilmesi tekniğin önemli sorunları olarak ortaya çıkmıştır. Çok sayıda bağımsız çizgi sözkonusu olduğunda , her çizgi için çizgi izleyici kafanın yeniden yerleştirilmesi zorunluluğu, çizgi izleme yönteminin yavaş çalışmasına yol açmaktadır. Çizgilerin birleştiği ya da ayrıldığı, birbirlerini kestiği ya da sıklaştığı, keskin dönüşler yaptığı veya kesintiye uğradığı durumlar için çizgi izleyici yöntemin yetersizlikleri sözkonusudur (Ranzinger, 1986; Stefanovic, 1986).

4.1.3. Elle Yapılan Sayısallaştırma

Yöntemin temeli; sayısallaştırma yüzeyi üzerindeki grafik altlığın -bu yüzey üzerinde serbestçe hareket edebilen- kursor den verilen komut ile, kursorün aktif konumunun sayısallaştırıcı koordinat sisteminde kaydedilmesidir. Sayısallaştırma işlemi sırasında kursor tüm grafik

elemanlar üzerinden titizlikle geçirilmelidir. Bu nedenle nitelikli operatöre gereksinimi olan bir tekniktir. Elle yapılan sayısallaştırma yöntemleri; düşük maliyetli, düşük düzeyde bilgisayar donanımı gerektiren, hemen hiçbir önışlem gerektirmeyen yöntemlerdir.

Elle yapılan sayısallaştırma; az sermaye, düşük ücretli işçi gerektirmesi, kolay öğrenilebilirliği ve rahat kullanılabilirliği açısından tercih edilmektedir (Dangermond, 1988; Haag, 1989; Morgenstern, 1988b; Stefanovic, 1986; Uçar, 1991b). Otomatik tarama yöntemini uygulayan kuruluşların bile bazı haritalar için elle sayısallaştırma yöntemi ile veri topladıkları bilinmektedir (Ranzinger, 1986).

Dört tip elle yapılan sayısallaştırma vardır:

1. Kör sayısallaştırma: Donanım; sayısallaştırma masası, kursor, sözel veri giriş ünitesi, kontrol işlemci ve kayıt ünitesinden oluşur. Bu eski yöntem, sayısallaştırılan verinin görülememesinden ötürü operatör konsantrasyonunun çok önemli olduğu bir sayısallaştırma tipidir.

2. Interaktif alfanümerik ekran destekli sayısallaştırma: Yukarıdaki donanıma yalnızca alfanümerik ekran eklenmiştir. Mikro bilgisayar ya da kişisel bilgisayar uygundur. Sayısallaştırma performansı, uygun bir yazılıma bağlıdır. Menü ekranda görülmektedir ve bütün komut ve sözel veri girme olasılıklarını içerir. Böylece operatörün sayısallaştırma komutlarının ezberlemesine gerek kalmaz.

3. Pasif grafik ekran ile sayısallaştırma: Interaktif alfanümerik ekran destekli sayısallaştırma donanımına bir grafik ekran eklenmiştir. Pasif grafik ekran yalnızca sayısallaştırma işleminin denetimini olanaklı kılar.

4. Interaktif grafik ekran ile sayısallaştırma: Ekranda tüm sayısallaştırılmış veriler görülebilir, düzeltilebilir ve

silinebilir. Oldukça pahalı ancak rahat bir sayısallaştırma tipidir. Depolama ünitesi olarak disketlerin kullanılması ve mikro bilgisayar ya da kişisel bilgisayar kullanılması ile daha ekonomik hale gelebilir.

Türkiye'deki mevcut kadastro paftaları; geometrik kalitelerinin düşük olması, altlıklarının eskimiş olması, harita işaret ve elemanlarının birbirlerinden otomatik olarak ayrılmasının doğurduğu güçlükler ve benzeri nedenlerle otomatik/yarı otomatik sayısallaştırmaya uygun değildirler. Çizgi haritalarda kartografik objelerin çok az olması nedeni ile otomatik yöntemlerin kullanımı ekonomik değildir. Otomatik yöntemlerle bir objeyi etrafındaki grafik bilgilerden ayırabilmek olanaksızdır. Otomatik yöntemin doğruluğu, kadastro paftalarının sayısallaştırılmasından beklenen doğruluğu sağlayamaz. Otomatik yöntemler elle sayısallaştırma yönteminden daha pahalıdır.

4.2. Sayısallaştırma Adımları

Sayısallaştırmanın adımları; hazırlık, altlık önileme, sayısallaştırıcı hazırlığı (set up), sayısallaştırma, sözel veri girişi ve düzeltmedir. Hazırlık dışındaki tüm bu adımlar, kullanılan sayısallaştırma yazılımının özelliğine göre değişiklik gösterirler. Bu bölümde genelleştirilmiş sayısallaştırma adımları ve bu işlemler sırasında yapılabilecek hatalar açıklanacaktır.

4.2.1. Hazırlık

Sayısallaştırma işlemine başlamadan önce sayısallaştırma masasının eğikliği ve yüksekliğinin operatör için uygun olup olmadığı kontrol edilmelidir. Operatörün rahatsız pozisyonda uzun süre çalışması nedeni ile ortaya çıkan yorgunluk ve belağrısı hataya yol açan önemli bir etkindir.

Çalışılan ortamın aydınlatılması uygun olmalıdır. Kürsörün masa üzerinde her noktada kaymadan durabilmesi gerekir.

Grafik ve sözel veri komutlar menüsü, sayısallaştırıcı masasına ya da tablasına üç köşe koordinatından kayıt edilmelidir. Masa, alfanümerik ekran ve/veya grafik ekran menülerinin kullanılması, operatörü birçok komutu ezberlemekten kurtaracaktır. Sayısallaştırılacak altlığın masa üzerine oldukça iyi tesbit edilmesi gerekir. Aksi takdirde kaymalardan ötürü kaba hatalar oluşur. Kayan altlığı yeniden aynı yere koymak olanağı yoktur. Altlığın ısı ve nem değişikliğine karşı duyarlı olması nedeni ile, bu parametrelerin sık sık değişmediği bir ortamın oluşturulması gerekir.

Hazırlık aşamasındaki titizlik daha sonra sayısallaştırmanın hızlı bir biçimde gerçekleştirilmesini sağlar. Sayısallaştırmaya başlamadan önce eksiklerin belirlenmesi, sayısallaştırma sırasında operatörün dikkatinin dağılmasını önleyecektir. Hiç bir hazırlık yapılmadan da sayısallaştırma yapmak olanaklıdır. Ancak bu tür girişim sayısallaştırma hızını düşürecek, işlemi zorlaştıracak ve hataların artmasına yol açacaktır. Bu nedenle önce tüm objelerin nasıl sınıflandırılacağı ve nasıl sayısallaştırılacağı belirlenmesi gerekir.

Sözel verilerin girilmesi en çok hata yapılan adımlardan biridir. Sözel veri sayısı ve tipi, sayısallaştırma öncesinde belirlenmelidir.

4.2.2. Altlık Önileme

Sayısallaştırmaya başlamadan önce; zorunlu noktaların (koordinatı bilinen noktalar, dönüşüm ortak noktaları, kontrol noktaları) seçilmesi gerekir. Zorunlu noktalar sayısallaştırıcı koordinat sistemini, referans koordinat sistemine çevirebilecek yeterlikte olmalıdır. Bu noktalar

çok iyi görülebilmeli ve referans sistem koordinatları bilinmelidir. Daha sonra bu noktalar; transformasyon noktaları olarak, sayısallaştırıcı koordinat sisteminin referans koordinat sistemine göre olan deformasyonunun ve altlık deformasyonunun etkilerini gidermek için kullanılabilir.

Basit bir transformasyon (ölçek, öteleme ve dönme) için iki nokta yeterlidir. İki noktadan fazlası, en küçük kareler dengelemesi ve kaba hataların belirlenmesi için kullanılır (Bkz. Bölüm 5.1).

Afin, çok terimli ve benzeri gibi üst dereceden transformasyonlar, deformasyonu minimize etmek için uygundur. Ancak çok sayıda pas noktası gerektirirler. Operatör, pas noktalarını seçmeden önce uygun bir transformasyon programına alışmalıdır. Pas noktalarının pafta üzerindeki dağılımı iyi olmalıdır. Ölçülen ve bilinen uzunluklar arasındaki farklar ne tür bir transformasyonun kullanılabileceğinin belirlenmesini sağlarlar. Kareler ağı noktaları, pas noktası olarak seçilebilirler. Bu noktalar pafta üzerinde homojen dağılmıştır.

Her bir pafta ya da kadastro adası sayısallaştırma modeli olarak alınabilir. Bu modellerin sayısallaştırıcı hazırlığı öncesinde bilinmesi, model zorunlu noktalarının seçiminde önemli bir rol oynayacaktır.

4.2.3. Sayısallaştırıcı Hazırlığı

Sayısallaştırma, sayısallaştırma programının yüklenmesi ile başlar. Bundan sonra zorunlu noktaların koordinatları kaydedilir. Zorunlu noktaların referans koordinatları, sayısallaştırıcı hazırlığı (set up) işlemi sırasında klavyeden girilebilir ya da daha önceden hazırlanmış bir koordinat dosyasından alınabilir. Her iki durumda da kullanılan sayısallaştırma yazılımı, zorunlu noktaların

sayısallaştırılan koordinatları ile bunlara karşılık gelen referans koordinatları arasındaki bağlantıyı kurabilmelidir.

İki ayrı modelde bulunan bir zorunlu nokta, bulunduğu her model içinde ayrı ayrı değerlendirilir. Ancak bu noktalar, modellerin kenarlaştırma işlemlerinden sonra tek bir nokta olarak ele alınmalıdır (Uçar, 1991b).

Sayısallaştırıcı koordinatlarından referans koordinat sistemine transformasyonu, çevrim içi ya da çevrim dışı olarak gerçekleştirilebilir. Çevrim içi teknikte, koordinatlar doğrudan referans koordinat sisteminde kaydedilir. Çevrim dışı teknikte ise koordinatlar önce sayısallaştırıcı koordinat sisteminde kaydedilir, daha sonra transformasyon işlemi gerçekleştirilir. Her iki durumda da dengeleme yapmak gereklidir (Bkz Bölüm 5.1). Ortaya çıkan çakıştırma artıklarından kaba hatalar belirlenebilir. Bu artıklar sayısallaştırıcı biriminde ve bunların mutlak değerlerinde sayısallaştırma toleransını (0.2 mm) geçmemelidir. Sayısallaştırma yazılımlarının hemen hepsinde, pas noktalarının dağılımı ve yoğunluğu uygun olmadığında, transformasyon sonrası küçük çakıştırma artıklarının elimine edilmesi garanti edilemez (Stefanovic, 1986). Çakıştırma artıklarının elimine edilmesi için bir yöntem Bölüm 5.3'te verilmiştir.

4.2.4. Sayısallaştırma İşlemi

Objelerin sayısallaştırılması; nokta, çizgi ve alansal objelerin sayısallaştırılması olarak üç kategoride ele alınmalıdır (Mephram, 1988; Stefanovic, 1986).

4.2.4.1. Nokta Objelerin Sayısallaştırılması

Nokta objeler, haritalar üzerinde genellikle noktasal işaretler ile gösterilirler. Nokta objelerin

sayısallaştırılması oldukça kolaydır. K rs r çizgilerinin kesim noktası; poligon noktası, parsel köşesi gibi nokta objeyi temsil eden işaretin tam merkezine getirilmeli ve nokta objenin sınıflandırılmış sözel verisini de içermelidir. Burada en önemli adım, nokta objenin doğru sınıflandırılmış olmasıdır. Daha sonraki aşamalarda, nokta objeye başka fonksiyonel ya da sözel veriler eklenebilir.

4.2.4.2.  izgi Objelerin Sayısallaştırılması

Elle yapılan sayısallaştırmada, çizgi sayısallaştırması için biri nokta modu diğeri sürekli mod olmak üzere iki mod vardır.

Nokta modunda k rs r n her sayısallaştırma düğmesine basıldığında bir önceki nokta ile arasında ( zellikle daire yayı ya da diğer tipteki eğriler sayısallaştırma için belirlenmedi ise) kalan nokta kümesinin bir doğru üzerinde olduğu varsayımı ile sayısallaştırma yapılır.

Sürekli modda ise operatör bir çizgiyi k rs r ile sürekli izler.  izgi  zerindeki noktalar otomatik olarak kaydedilir. Nokta kaydı belirli bir zaman ya da belirli bir uzunluk için yapılır. Sürekli modda hızlı ve daha kolay sayısallaştırma yapabilmek için k rs re çizgi algılayabilen bir sensor yerleştirilmiştir.

Nokta modu ile çizgi sayısallaştırması, genellikle büyük ölçekli haritaların sayısallaştırılmasında kullanılır. Bu yöntem; özellikle çizgilerin, dairelerin, parabolik eğrilerin ve benzerlerinin başlangıç ve bitiş noktaları açıkça belirli ise kullanılır. Sürekli mod ile nokta modu karşılaştırıldığında, nokta modu sayısallaştırmasının daha kolay olduğu ve daha doğru sonuçlar sağladığı görülür (Stefanovic, 1986).

Çizgi sayısallaştırması oldukça uzun zaman alan bir işlemdir. İşlem sırasında unutulmuş herhangi bir nokta olduğunda geri dönülüp çizginin kaldığı yerden sayısallaştırılmasına devam olanağı sağlıyabilen yazılımlar, çizgi üzerindeki kırık nokta verisinin kaybını önlemektedir. Çizgi sayısallaştırması sırasında; çizginin sınır çizgi olup olmadığının kendi sözel verisi üzerine eklenmesi ile, daha sonra alan objelerin oluşturulmasında hata yapılması önlenabilir. İşlem sırasında; diklik, uzunluk, paralellik, daire yayı, poligon yapısı gibi koşullar, geometriye uygun olarak ayrı bir dosyada depolanmalıdır. Bunun yanı sıra yazılım, yukarıda tanımlanan koşullar sayısallaştırılırken önceden belirlenen toleransın aşıldığı durumlarda operatörü uyarabilmelidir. Genel olarak yazılımlar sayısallaştırma ve koşulların gerçekleştirilmesi işlemlerini aynı anda yapmaktadırlar. Bu da sayısallaştırma işlemini yavaşlatmaktadır. Ayrıca transformasyon sonucu, koşulların gerçekleşmesini sağlayan noktalarla dayanak noktaları arasındaki komşuluk ilişkileri bozulacaktır. Böyle bir sayısallaştırmada -örneğin- binaların dik açılı koşulu ile sayısallaştırılmasında transformasyon sonucu tüm detay noktaları ötelenirken, bina köşe noktaları hiç bir öteleme değeri almayacaktır. Aksi takdirde ise koşullar bozulacaktır.

Topolojik koşullar; pafta üzerinden sayısallaştırılan noktaların koordinat kalitelerinin ve sayısal paftaların doğruluğunun arttırılmasını sağlarlar ve böylece geometrik iyileştirmeye katkıda bulunabilirler. Yoğun paftalarda operatör bazı koşulları belirlemeyi unutabilir. Bu durumlarda da otomatik koşul belirleme yani iç koşulların otomatik oluşması operatörü uyarıcı ve olası hataları engelleyici bir rol oynar. İç koşullara örnek olarak; sayısallaştırılan AB çizgisinin arasında, sonradan sayısallaştırılan noktalarla AB çizgisinin doğruluğunun bozulmaması, yani yeni noktaların AB doğrultusu üzerinde bulunması söylenebilir.

Doğru topolojik yapıya ulaşmak için bir poligonun bütün kenarları sayısallaştırılmalıdır. Düğüm noktaları otomatik olarak belirlenmelidir. Bu aşamada sayısallaştırılan verinin topolojik doğruluğu açısından nokta toleranslarının seçimi çok önemlidir. İki düğüm noktası arasındaki noktasal tolerans çok küçük ise birden fazla düğüm oluşacaktır. Nokta toleransı çok büyük ve iki düğüm noktasının arası uzaklığı bu toleranstan küçük ise, tek bir düğüm noktası oluşacaktır. Bu gibi durumlarda; yazılımın nokta toleransı değiştirilebilir özellikte olmalıdır (Hütter, 1986; Morgenstern, 1989b; Rhind, 1975; Riemer, 1983).

4.2.4.3. Alansal Objelerin Sayısallaştırılması

Alansal objelerin sayısallaştırılması, alanı sınırlayan çizgilerin sayısallaştırılmasıdır. İşlem sırasında her sınır çizgisinin en az iki alana (bölgeye) ait olduğu akıldan çıkartılmamalıdır. Eski sayısallaştırma yazılımlarında, her alan kendi içinde kapanıncaya kadar sayısallaştırılmaktaydı. Bu da sınır çizgilerinin birden fazla sayısallaştırılması anlamına gelmektedir. Alansal objelerin sayısallaştırılması tümüyle kullanılan sayısallaştırma yazılımına bağlıdır. Temel ilke, her sınır çizgisinin bir kez sayısallaştırılmasıdır. Bazı yazılımlar; sınır çizgisinin birden fazla sayısallaştırılması durumunda, ikinci kez sayısallaştırılan sınır çizgisini, aynı çizgi olması için, ilk sayısallaştırılan çizgi üzerine çekmektedirler. Noktaların hatasız sayısallaştırılması hiç bir zaman garanti edilemez. Diğer bir deyişle sözü edilen yazılımların yetersiz kalacağı açıktır. Bazı yazılımlar ise, iki kez sayısallaştırılan sınır çizgilerinin başlangıç ve bitiş noktaları (düğüm noktaları) için aritmetik ortalama alarak, iki alana ait yeni bir ortak çizgi oluşturmaktadırlar.

4.2.5. Sözel Veri Girişi

Sözel veri girişi, sayısallaştırma ile aynı ya da ayrı zamanda yapılabilir. Eşzamanlı sözel veri girişi, önceden belirlenmiş sözel veri ile bunlara karşılık gelen nokta ve çizgi elemanları kullanılarak doğrudan sayısallaştırma yapılarak gerçekleştirilir. Eğer sözel veri girişi ayrı yapılıyorsa, sayısallaştırılmış veriye sözel verisi interaktif ya da toplu işlem modunda yüklenir. İnteraktif modda, sayısallaştırılmış konum verisinin sözel verisi, sözel veri giriş komutu ile ekran üzerinden yapılır. Toplu işlem modu uygulandığında, hem sayısallaştırılmış konum verileri hem de sözel veri dosyası var olmalıdır. Bu durumda; sözel veriye karşılık gelecek konumsal verinin ilişkilendirilmesinde, mantıksal ve konumsal olmak üzere iki yöntem vardır.

Mantıksal yöntem kullanıldığında, sözel veri kümesi ve bunlara karşılık gelen konum verisi, birim tanımlayıcı ile belirlenmiş olmalıdır. Birim tanımlayıcılar sayısallaştırma sırasında ya da sözel veri girişi sırasında verilebilir.

Konumsal yöntem kullanıldığında, sözel verilerin her bir grubu obje özelliğine göre bir nokta ile tanımlanır. Bu özel nokta ile sayısallaştırılmış veriler, toplu işlemle birleştirilir.

Sözel veri girişi, tüm sözel verilerin eksiksiz bilinmesini gerektirmektedir. Operatör bu bilgilere hakim değilse, sözel veri listesi, sözlüğü ve diğer dökümanları, menüleri yanında bulundurmak zorundadır.

Hem ekran hem de sayısallaştırma masası menüsünün kullanılması ile sözel veri için gerekli tüm bilgiler, ezberlenmeden ya da fazla araştırılmadan girilebilir. Menülerdeki sözel veri girişinin sınırlı olması durumunda,

daha fazla menü ya da menülerle birlikte klavye kullanılması ile bu sorun ortadan kaldırılabilir.

Sesli sözel veri giriş aletleri yaygın olarak kullanılmamaktadır. Girişten önce operatörün sesinin alet tarafından algılanacak biçimde eğitilmesi gerekir. Operatörün sesi, her sözel veri grubu için belirlenmiş olmalıdır (Stefanovic, 1986).

4.2.6. Düzeltme

Hataların düzeltilmesi, sayısallaştırılmış verinin veri tabanı sistemine transferi, çıkış almak için yapılan hazırlıklar, düzeltme işlemi içinde değerlendirilmektedir.

Sayısallaştırma işlemi sırasında yapılabilecek hatalar konum ve sözel veri hataları olarak iki ana başlık altında toplanabilir.

Konum hataları; kaba hatalar, yanlış izleme ve çizimsel hatalardan oluşur. Kaba hatalar; zorunlu noktaların unutulması ya da yanlış eşleştirilmesi, alanların kapanmaması, yanlış noktaların birleştirilmesi, yanlış çizgi tipi seçimi gibi hatalardır. Sürekli modda çizgi sayısallaştırması sırasında çizginin doğru izlenmemesi, nokta modunda kursor kesişme noktasının sayısallaştırılacak noktanın tam üstüne gelememesi, yanlış izlemenin sık karşılaşılan örnekleridir. Çizimsel hatalara; düzgün olmayan çizgiler, ölçü değerinin altında ya da üstünde kenarlar, çizgi sonlarının belirgin olmayışı, paralelliğin ve dikliğin bozuk oluşu örnek olarak verilebilir.

Sözel veri hataları; sözel verilerin unutulması, objelerin yanlış yorumlanması ve sözel verilerin yanlış girilmesi olarak özetlenebilir.

Düzeltilme işleminin etkinliği kullanılan donanım ve yazılıma bağlıdır. Hataların düzeltilmesi için öncelikle hataların belirlenmesi, hatalı sayısallaştırılmış objenin yerinin tanımlanması gerekir.

Hata, görsel ya da otomatik olarak belirlenebilir. Otomatik hata belirleme özel bir yazılımı gerektirir. İyi bir yazılım, düzeltme işlemini azaltabilir. Görsel düzeltmeden önce hataların otomatik olarak belirlenmesi yararlıdır. Bu tür hatalar; yanlış veri formatı, çok büyük ya da küçük koordinatlar, uygun olmayan sözel verilerdir. Tüm çizimsel hatalar otomatik olarak belirlenebilir ancak tümü otomatik olarak düzeltilmeyebilir. Çizimsel hatalar ölçeğe ve objenin tipine bağlı olarak oluşurlar. Kapanmamış alanlar otomatik olarak belirlenebilir, ancak sayısallaştırma şekline bağlı olarak otomatik olarak düzeltilmeyebilir.

Sayısallaştırılmış paftanın, ekrandaki görüntüsü ya da çıkışının alınıp orijinali ile karşılaştırılması hataların belirlenmesinde yardımcı olabilir. Ancak her zaman yeterli sonuç alınamayabilir. Ya da her sözel veri grubu için ayrı ayrı çıkış alınabilir.

Düzeltilme işleminin amacı, düzeltilmiş verinin veri tabanına yerleştirilmesidir. Önce pafta kenarlarındaki komşu verilerin karşılaştırılması gerekir. Bu işlem otomatik olarak yapılabilir. Komşu pafta ve modellerde uzanan konum ve sözel verilerin sürekliliği sağlanmalıdır (Stefanovic, 1986).

4.3. Hız ve Doğruluk

Elle yapılan sayısallaştırmada hız ve doğruluk; kaynak altlığın cinsine, altlığın yoğunluğuna, giriş yapılacak sözel verilerin sayısına, operatörün deneyimine, donanım ve yazılımın özelliklerine, sayısallaştırılacak altlık önileme derecesine bağlıdır.

Bu faktörler dikkatle denetlenerek, sayısallaştırıcı donanımlarından kaynaklanan hatalar göz ardı edilebilecek düzeye düşürülebilir. Teknolojik ilerleme süreci içinde eskilerine oranla çok üstün yeni sayısallaştırıcılar üretilmemiştir. Donanım ve yazılımlar tüm sayısallaştırma işlemlerini hatasız yapabilecek düzeye ulaşmamıştır. Sayısallaştırma işlemi sırasında insan emeğine hala yoğun bir biçimde gereksinim duyulması öznel hataların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Sayısallaştırılmış haritalar, hatalardan arındırılmış, mutlak doğrulukta altlıklar olmaktan uzaktırlar. Harita kullanıcılarının sayısallaştırılmış haritaların bu özelliğini kesinlikle unutmamaları gerekir. Günümüzde tehlikeli olan bir yaklaşım da bilgi sistemi kullanıcılarının; hata kaynağı olarak insan faktörünü gözardı etmeleri, bunun veriler üzerindeki etkilerini ve sonuçların güvenilirliğini tartışmamalarıdır. Elde edilen sayısal ürünün doğruluğu ve kalitesi esas olarak operatörün dikkatine bağlıdır. Yetişmiş bir operatör saniyede 3 mm'lik bölümü ≈ 90 mikrometre doğrulukla sayısallaştırabilir. Karmaşık ve yoğun grafiklerde sayısallaştırma sırasında operatörün uzun süre konsantrasyonunu koruyamaması nedeniyle sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle karmaşık kaynak altlıkların sayısallaştırması sırasında işlem yavaşlamakta, hata yapma olasılığı yükselmektedir (Hütter, 1986; Kubik, 1987; Müller, 1987; Ottawa, 1987; Ranzinger, 1986; Warner, 1991).

Yukarıda açıklanan nedenlerle sayısallaştırma hızı için genel norm vermek oldukça güçtür. Büyük ölçekli harita sayısallaştırmasında, çizgi sayısallaştırmasının nokta modunda yapılması sürekli moddan daha hızlıdır (Ranzinger, 1986).

Elle yapılan sayısallaştırmada nokta konum doğruluğu yaklaşık 0.1 mm civarındadır. Orijinal ile sayısallaştırılmış obje konumu arasındaki standart sapma

0.3 mm'dir. Kaynak altlığın üç kattan fazla büyütülmesinin doğruluk üzerinde etkisi yoktur. Çeşitli elle yapılan sayısallaştırma tipleri arasında önemli bir doğruluk farkı söz konusu değildir (Stefanovic, 1986).



BÖLÜM 5. SAYISALLAŞTIRILMIŞ KOORDİNATLARLA HESAPLAMALAR

Pafta üzerindeki noktaların sayısallaştırılmış koordinatları, sayısallaştırıcının lokal koordinat sistemindeki koordinatlarıdır. Her ne kadar sayısallaştırıcının hazırlık adımı bir transformasyon işlemi yapılmış olsa da, parsel kadastrounda kullanılan koordinat sistemine transformasyon; bilinen yüksek doğruluklu nokta koordinatlarından yararlanılarak yapılabilir.

Temel ve lokal koordinat sistemlerinde koordinatları bilinen pas noktalarındaki çakıştırma artıkları ve pas noktası olarak kullanılmayan, ancak koordinatı bilinen diğer nokta (dayanak noktaları) koordinatlarındaki çakıştırma artıklarından da yararlanılarak detay noktaları ile olan komşuluk ilişkilerini koruyan interpolasyon yöntemleri ile detay nokta koordinatlarına düzeltme getirmek ve pafta üzerindeki bilinen koşullardan yararlanılarak koordinatların doğruluğunu arttırmak olanaklıdır.

Çalışmanın bu bölümünde yukarıda tanımlanan amaca yönelik matematiksel kavramlar verilecektir.

5.1. Koordinat Transformasyonları

Transformasyon işlemlerinden bir bölümü iki boyutlu, bir bölümü de üç boyutlu problemlere uygulanmaktadır. Transformasyon; basit konum ve yön değişikliklerinden (boyut ve şekil değiştirmeksizin) üniform ölçek değişikliğine (şekil değiştirmeden) ve hatta farklı derecelerde lineer olmayan boyut ve şekil değişikliklerine kadar etki eder.

Sayısallaştırılmış koordinatların transformasyonu, sayısallaştırılmış kadastro objelerinin işlenmesinde ilk adımdır. Bir kadastro paftasındaki parselin, bir koordinat sisteminden diğer koordinat sistemine transformasyonunda kadastro parselinin alansal değerindeki değişiklikler iki boyutludur. Bu iki boyutlu transformasyon, matematiksel olarak aşağıda açıklanan yöntemlerden biri ile gerçekleştirilebilir (Adler, 1991; Mikhail, 1976; Sijmons, 1986; Wiens, 1986; Yaşayan, 1979; Yaşayan, 1990).

5.1.1. Benzerlik Transformasyonu

Benzerlik transformasyonu; iki boyutlu lineer açı koruyan transformasyon, dört parametrelili transformasyon, ortogonal transformasyon, Helmert transformasyonu olarak da adlandırılmaktadır. Benzerlik transformasyonundaki en önemli özellik, sabit ölçekli bir şekil değişikliğidir.

a) Dönme

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \quad (5.1)$$

b) Dönme ve ölçek değişikliği

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = s \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & -b \\ b & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \quad (5.2)$$

c) Dönme, ölçek değişikliği ve öteleme

$$\begin{aligned} X &= ax - by + c \\ Y &= bx + ay + d \end{aligned} \quad (5.3)$$

genel eşitlikleri ile verilir.

Buraya kadar tüm kenarlardaki ölçek faktörünün (s) sabit, rotasyonun (θ) aynı açı altında, x ve y eksenleri yönünde ötelemelerin (c, d) olduğu durum incelenmiştir.

5.1.1.1. Transformasyon Parametrelerinin Hesaplanması

En küçük kareler dengelemesinde bir nokta için düzeltme denklemi (5.3) eşitliğinden,

$$\begin{bmatrix} v_x \\ v_y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x & -y & 1 & 0 \\ y & x & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = 0 \quad (5.4)$$

yazılabilir. Her iki sistemde de $(x,y;X,Y)$ bilinen nokta koordinatları için bir çift koşul eşitliğidir. Dengeleme yapmadan a,b,c,d parametrelerini hesaplayabilmek için, her iki sistemde bilinen iki noktanın koordinatları yeterlidir. İki den fazla nokta koordinatının bilinmesi durumunda en küçük kareler dengelemesi gereklidir. Her iki koordinat sisteminde m sayıda noktanın bilinmesi durumunda; aşağıdaki normal denklemler yazılabilir.

$$\begin{bmatrix} [x^2+y^2] & 0 & [x] & [y] \\ 0 & [x^2+y^2] & -[y] & [x] \\ [x] & -[y] & m & 0 \\ [y] & [x] & 0 & m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [xX+yY] \\ [xY-yX] \\ [X] \\ [Y] \end{bmatrix} \quad (5.5)$$

Bu normal denklemlerden dört parametre elde edilir. Normal denklem takımının çözümü için yani parametrelerin hesabının daha basit bir şekle sokulması mümkündür.

x,y sistemindeki ortak noktaların ağırlık merkezine indirgenmiş koordinatları $\hat{x} = x - \frac{[x]}{m}$ ve $\hat{y} = y - \frac{[y]}{m}$ olmak üzere (5.3) eşitliği (5.3a) eşitliğine dönüşür.

$$\begin{aligned} X &= \hat{a}\hat{x} - \hat{b}\hat{y} + \hat{c} \\ Y &= \hat{b}\hat{x} + \hat{a}\hat{y} + \hat{d} \end{aligned} \quad (5.3a)$$

(5.4) düzeltme denklemleri

$$\begin{bmatrix} v_x \\ v_y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \hat{x} & -\hat{y} & 1 & 0 \\ \hat{y} & \hat{x} & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{a} \\ \hat{b} \\ \hat{c} \\ \hat{d} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = 0 \quad (5.4a)$$

olur. $[\hat{x}] = 0$ ve $[\hat{y}] = 0$ olacağından (5.4a) düzeltme denklemlerinden,

$$\begin{bmatrix} [\hat{x}^2 + \hat{y}^2] & 0 & 0 & 0 \\ 0 & [\hat{x}^2 + \hat{y}^2] & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{a} \\ \hat{b} \\ \hat{c} \\ \hat{d} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [\hat{x}X + \hat{y}Y] \\ [\hat{x}Y - \hat{y}X] \\ [X] \\ [Y] \end{bmatrix} \quad (5.5a)$$

normal denklemler elde edilir. (5.5a) normal denklemlerinden transformasyon parametreleri

$$\begin{aligned} \hat{a} &= \frac{[\hat{x}X + \hat{y}Y]}{[\hat{x}^2 + \hat{y}^2]} \\ \hat{b} &= \frac{[\hat{x}Y - \hat{y}X]}{[\hat{x}^2 + \hat{y}^2]} \\ \hat{c} &= \frac{[X]}{m} \\ \hat{d} &= \frac{[Y]}{m} \end{aligned} \quad (5.6)$$

olarak elde edilir.

Parametreler arasında korelasyon olmadığı için kofaktör matrisi diyagonal olacaktır.

$$Q_{tt} = N^{-1} = \begin{bmatrix} [\hat{x}^2 + \hat{y}^2]^{-1} & & & \\ & [\hat{x}^2 + \hat{y}^2]^{-1} & & \\ & & \frac{1}{m} & \\ & & & \frac{1}{m} \end{bmatrix} \quad (5.7)$$

Eğer a posteriori varyans hesaplanırsa, kovaryans matrisi (Σ_{tt}) hesaplanabilir. (5.8) eşitliği ile P_i noktasının ağırlık merkezine indirgenmiş koordinatları için düzeltmeler hesaplanır.

$$\begin{aligned} v_{x_i} &= X_i - \hat{a}\hat{x}_i + \hat{b}\hat{y}_i - \hat{c} \\ v_{y_i} &= Y_i - \hat{b}\hat{x}_i - \hat{a}\hat{y}_i - \hat{d} \end{aligned} \quad (5.8)$$

$$v^T W v = v^T v = [(X - \hat{X} + \hat{B}y - \hat{C})^2 + (Y - \hat{B}x - \hat{A}y - \hat{d})^2] \quad (5.9)$$

Serbestlik derecesi $r = 2m - 4$, varyans $\hat{\sigma}_v^2 = v^T v / r$ olmak üzere parametrelerin kovaryans matrisi

$$\Sigma_{tt} = \hat{\sigma}_v^2 Q_{tt} \quad (5.10)$$

ile elde edilir.

5.1.1.2. Pas Noktalarının Uyuşum Testi

Pas noktalarındaki uyumsuzlukların incelenmesi için Helmert transformasyonu kullanılabilir. Az sayıda pas noktası olduğu durumlarda da Helmert transformasyonu iyi sonuçlar vermektedir. Bu transformasyonun diğer bir üstünlüğü de çözüm kolaylığı sağlamasıdır. Yapılan uygulamalara göre, kaba hataların ortaya çıkartılmasında yöntemin yüksek güvenilirliği söz konusudur (Wiens, 1986).

Kaba hataların belirlenmesinde, pas noktalarının dağılımının sonuçlar üzerine etki etmesi nedeni ile karar verirken yanlışlık yapılabilir. Diğer bir deyişle, en büyük sapmayı veren nokta hatalı nokta olmayabilir. Bu nedenle uyumsuzluk testinde, bir noktanın uyumsuz bulunması durumunda, bu nokta atıldıktan sonra sonuçların tutarlılığının kontrol edilmesi gerekir.

Kaba hataların sonuçlar üzerindeki etkisi, düzeltmelerin kofaktör matrisinde görülebilir. Matrisin diyagonal elemanlarının diğer elemanlardan önemli oranda büyük olması, uyşum kriterinin yanlış sonuç verdiğini gösterir (Förstner, 1978).

Baarda, jeodezik ağlar için "data snooping" adını verdiği genel bir test yöntemi geliştirmiştir. Baarda; dengeleme probleminin lineer, ölçülerin aynı doğrulukta ve ölçülerin içinde tek bir kaba hata olması koşullarında tek tek düzeltmelerin mutlak değerlerini istatistik sınır değeri

ile karşılaştırmaktadır. α_0 yanlışma olasılığının küçük olması durumunda, daha küçük olan kaba hatalar tesbit edilemiyebilir. Bu tür hataların olma olasılığı β_0 test gücü ile saptanır. Baarda, kural olarak $\alpha_0 = \%0.1$ ve $\beta_0 = \%80$ alarak $\%99.9$ olasılıkla belirlenen kaba hatanın mutlaka kaba hata, belirlenemeyen kaba hata olasılığının ise $\%80$ olduğunu bildirmiştir (Baarda, 1967; Baarda, 1968).

Bu yöntemde düzeltmelerin kofaktör matrisinin (Q_{yy}) tüm elemanlarını hesaplamaya gerek yoktur. Gerekli $Q_{y_i y_i}$ diyagonal elemanlar doğrudan x, y ağırlık merkezine indirgenmiş koordinatlardan hesaplanır.

$$Q_{y_i y_i} = Q_{x_i x_i} = Q_{y_i y_i} = q_i = 1 - \frac{1}{m} - \frac{x_i^2 + y_i^2}{[x_i^2 + y_i^2]} \quad (5.11)$$

Her bir P_i noktasının ağırlık merkezine indirgenmiş koordinatları için (5.8) eşitliğinden hesaplanmış düzeltme değerleri, belirlenebilir kaba hataların en küçük sınır değerini veren C_i sınır değeri

$$C_i = \frac{\sqrt{\lambda_0} \cdot \sigma_0}{\sqrt{q_i}} \quad (5.12)$$

ile karşılaştırılır.

Förstner, $\alpha_0 = \%0.1$ ve $\beta_0 = \%80$ için merkez dışı parametreyi

$$\sqrt{\lambda_0} = \sqrt{F_{1-\alpha_0;1,0}} + \sqrt{F_{\beta_0;1,0}} = 4.13 \quad (5.13)$$

ifadesinden hesaplamıştır (Förstner, 1979; Kavouras, 1987). Böylece sınır değeri

$$C_i = \frac{4.13 \cdot \sigma_0}{\sqrt{q_i}} \quad (5.14)$$

olarak alınabilir.

Koordinat düzeltmeleri sınır değerden büyükse, bu noktada kaba bir sapma vardır. Çok sayıda düzeltme değerinin sınır değerden büyük olması durumunda, en büyük düzeltme değerine sahip olan nokta uyumsuz olarak tanımlanır. Dengeleme uyumsuz nokta atılarak sürdürülür. Uyumsuz nokta

atıldıktan sonra, diğer noktalarındaki düzeltme değerlerine bakılır. Bu işlem, hiç bir nokta kaba hatalı olarak tanımlanmayıncaya kadar sürdürülür.

5.1.1.3. Detay Nokta Koordinatlarının Transformasyonu

x, y sisteminde bilinen herhangi bir noktanın X, Y sistemindeki koordinatları, transformasyon parametrelerinin tahmini değerlerinden yararlanılarak hesaplanabilir. Böylece koordinatlara karşılık gelen kovaryans matriside hesaplanır.

(5.3) orijinal transformasyon eşitlikleri fonksiyon olarak

$$\begin{aligned} f_1 &= ax - by + c - X = 0 \\ f_2 &= bx + ay + d - Y = 0 \end{aligned} \quad (5.15)$$

yeniden yazılabilir.

Genel olarak; her iki koordinat sistemindeki koordinatlar gözlem gibi düşünülüp;

$$\begin{bmatrix} a^* & -b^* & -1 & 0 \\ b^* & a^* & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ v_x \\ v_y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x & -y & 1 & 0 \\ y & x & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \partial a \\ \partial b \\ \partial c \\ \partial d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X - a^*x + b^*y - c^* \\ Y - b^*x - a^*y - d^* \end{bmatrix} \quad (5.16)$$

veya

$$Av + Bt = f$$

$$A = \frac{\partial f}{\partial l}|_{l^*, t^*}, \quad B = \frac{\partial f}{\partial t}|_{l^*, t^*}$$

bir nokta için koşul eşitliklerinin lineerleştirilmiş formu elde edilir. Yine, ağırlık merkezine indirgenmiş koordinatlarla düzeltme denklemleri ve normal denklemler oluşturulabilir. Ağırlık merkezine indirgenmiş koordinatlarla oluşturulmuş normal denklemler lineerdir.

Her iki sistemdeki koordinatlar korelasyonsuz ve eşit ağırlıklı ($W = Q = I$) olduğu varsayımı ile ilk yaklaşık

değerler $a^* = b^* = c^* = d^* = 0$ olarak seçildiğinde

$$(AQA^T)^{-1} = I$$

$$f = \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} \quad (5.17)$$

olacaktır. Bu durumda normal denklemler, (5.5a) eşitliğinde tanımlanan duruma eşit olacaktır. x, y koordinatlarının ağırlık merkezine indirgenmiş değerleri ile yapılan ilk çözüm, ilk yaklaşık değerlerin sıfır seçilmesi nedeniyle (5.6) eşitlikleri ile özdeş olacaktır:

$$\begin{aligned} \partial a_1 &= \frac{[XX + YY]}{[X^2 + Y^2]} = a_1^* \\ \partial b_1 &= \frac{[XY - YX]}{[X^2 + Y^2]} = b_1^* \\ \partial c_1 &= \frac{[X]}{m} = c_1^* \\ \partial d_1 &= \frac{[Y]}{m} = d_1^* \end{aligned} \quad (5.18)$$

İkinci iterasyonda,

$$(AQA^T)^{-1} = (1 + a_1^{*2} + b_1^{*2})^{-1} I = \alpha I \quad (5.19)$$

elde edilir. Her iki iterasyonda (5.17 ve 5.19) tek fark skaler faktör α 'dır. Parametrelerin ikinci iterasyonda hesabı

$$t = B^T(AQA^T)^{-1}f = \alpha B^Tf \quad (5.20a)$$

olur. (5.20a), (5.18) ve (5.6) eşitlikleri özdeş olacaklardır. Parametrelerin kofaktör matrisi;

$$Q_{tt} = \frac{1}{\alpha} N^{-1} \quad (5.20b)$$

olacaktır. Burada N^{-1} , (5.7) eşitliği ile verilmiştir. (5.20b) eşitliğinde $1/\alpha$ faktöründen dolayı parametrelerin kofaktör matrisi (5.7) eşitliğindeki matris ile özdeş değildir. Kofaktör matrisi ile kovaryans matrisi arasında bir ölçek faktörü ilişkisi bulunur. (5.7), (5.20b) eşitlikleri arasındaki farkın yalnız ölçek faktörü olmasından dolayı parametrelerin kovaryans matrisinin elde

edilmesi sürdürülebilir. Düzeltmeler vektörü;

$$v = QA^T(AQA^T)^{-1}(-Bt + f) \quad (5.21)$$

burada

$Q = I$, $(AQA^T)^{-1} = \alpha I$, $AA^T = 1/\alpha I$ ve $t = 0$ olmasından dolayı

$$v = \alpha A^T f \quad (5.22)$$

$$v^T W v = v^T v = \alpha^2 f^T A A^T f = \alpha f^T f$$

veya

$$v^T v = \alpha [(X - \hat{a}x + \hat{b}y - \hat{c})^2 + (Y - \hat{b}x - \hat{a}y - \hat{d})^2]$$

olur. r serbestlik dereceli parametrelerin kovaryans matrisi, (5.10) eşitliği ile özdeş olacaktır. Böylece detay nokta koordinatlarının transformasyonu için (5.3a) ve (5.6) eşitlikleri kullanılır.

Sonuç olarak, dengelemenin ağırlık merkezine indirgenmiş koordinatlarla yapılması ve gözlemler için birim kofaktör matrisi kullanılması oldukça pratik ve güvenilir bir yöntemdir. Her iki sistemdeki koordinatların, kofaktör matrisinin birim matrise özdeş olmaması ve birbirlerinden farklı kofaktör matrisine sahip olmaları durumunda bile yukarıda anlatılan basitleştirilmiş dengeleme hala güvenilir ve pratik bir yöntem olma özelliğini korumaktadır.

5.1.2. Afin Transformasyon

Altı parametrelili transformasyon olarak da adlandırılan afin transformasyonun en belirleyici özelliği, x ve y eksenleri yönünde ölçek farklılığı göstermesidir.

a) Dönme ve ölçek değişikliği

$$X = s_x x \cos\theta - s_y y \sin\theta$$

$$Y = s_x x \sin\theta + s_y y \cos\theta \quad (5.23)$$

veya

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_x \cos \theta & -s_y \sin \theta \\ s_x \sin \theta & s_y \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ d & e \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

b) Dönme, ölçek değişikliği ve öteleme

$$\begin{aligned} X &= s_x x \cos \theta - s_y y \sin \theta + T_x \\ Y &= s_x x \sin \theta + s_y y \cos \theta + T_y \end{aligned} \quad (5.24)$$

veya

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ d & e \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c \\ f \end{bmatrix}$$

temel eşitlikleri ile elde edilir.

En basit durumda, yani yalnızca bir sistemdeki koordinatların birim kofaktör matrisli gözlem varsayılması ile, dengeleme problemi lineer olacak ve bir nokta çifti için düzeltme denklemleri

$$\begin{aligned} v_x - ax - by - c &= -X \\ v_y - dx - ey - f &= -Y \end{aligned} \quad (5.25)$$

veya

$$\begin{bmatrix} v_x \\ v_y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -x & -y & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -x & -y & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -X \\ -Y \end{bmatrix}$$

olarak yazılabilir.

x, y sistemindeki koordinatların $\hat{x} = x - \frac{[x]}{m}$ ve $\hat{y} = y - \frac{[y]}{m}$ denklemlerinden yararlanılarak ağırlık merkezine indirgenmesi ile (5.24) eşitliği (5.24a) eşitliğine dönüşür.

$$\begin{aligned} X &= \hat{a}\hat{x} + \hat{b}\hat{y} + \hat{c} \\ Y &= \hat{d}\hat{x} + \hat{e}\hat{y} + \hat{f} \end{aligned} \quad (5.24a)$$

Düzeltilme denklemleri,

$$\begin{bmatrix} v_x \\ v_y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\hat{x} & -\hat{y} & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\hat{x} & -\hat{y} & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{a} \\ \hat{b} \\ \hat{c} \\ \hat{d} \\ \hat{e} \\ \hat{f} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -X \\ -Y \end{bmatrix} \quad (5.25a)$$

normal denklemler,

$$\begin{bmatrix} [\hat{x}^2] & [\hat{x}\hat{y}] & 0 & 0 & 0 & 0 \\ [\hat{x}\hat{y}] & [\hat{y}^2] & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & [\hat{x}^2] & [\hat{x}\hat{y}] & 0 \\ 0 & 0 & 0 & [\hat{x}\hat{y}] & [\hat{y}^2] & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{a} \\ \hat{b} \\ \hat{c} \\ \hat{d} \\ \hat{e} \\ \hat{f} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [\hat{x}X] \\ [\hat{y}X] \\ [X] \\ [\hat{x}Y] \\ [\hat{y}Y] \\ [Y] \end{bmatrix} \quad (5.26)$$

şeklinde yazılabilir.

x,y sisteminin ağırlık merkezine indirgenmiş koordinatlarından transformasyon parametreleri

$$\begin{aligned} \hat{a} &= \frac{[\hat{y}^2] [\hat{x}X] - [\hat{x}\hat{y}] [\hat{y}X]}{[\hat{x}^2] [\hat{y}^2] - [\hat{x}\hat{y}]^2} \\ \hat{b} &= \frac{[\hat{x}^2] [\hat{y}X] - [\hat{x}\hat{y}] [\hat{x}X]}{[\hat{x}^2] [\hat{y}^2] - [\hat{x}\hat{y}]^2} \\ \hat{c} &= \frac{[X]}{m} \\ \hat{d} &= \frac{[\hat{y}^2] [\hat{x}Y] - [\hat{x}\hat{y}] [\hat{y}Y]}{[\hat{x}^2] [\hat{y}^2] - [\hat{x}\hat{y}]^2} \\ \hat{e} &= \frac{[\hat{x}^2] [\hat{y}Y] - [\hat{x}\hat{y}] [\hat{x}Y]}{[\hat{x}^2] [\hat{y}^2] - [\hat{x}\hat{y}]^2} \\ \hat{f} &= \frac{[Y]}{m} \end{aligned} \quad (5.27)$$

olarak hesaplanır.

Eğer her iki koordinat sistemindeki koordinatlar gözlem olarak varsayılırsa, problem lineer olmayacaktır ve bu durumda lineerleştirilmiş koşul eşitlikleri;

$$\begin{bmatrix} a^* & b^* & -1 & 0 \\ d^* & e^* & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ v_x \\ v_y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x & y & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & x & y & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \partial a \\ \partial b \\ \partial c \\ \partial d \\ \partial e \\ \partial f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x - a^*x - b^*y - c^* \\ y - d^*x - e^*y - f^* \end{bmatrix} \quad (5.28)$$

veya

$$Av + Bt = f$$

$$A = \frac{\partial f}{\partial l}|_{1,t}, \quad B = \frac{\partial f}{\partial t}|_{1,t}$$

olacaktır.

Birim kofaktör matrisi ile

$$(AQA^T)^{-1} = \begin{bmatrix} 1+a^{*2}+b^{*2} & a^*d^*+b^*e^* \\ a^*d^*+b^*e^* & 1+d^{*2}+e^{*2} \end{bmatrix}^{-1} \quad (5.29)$$

olur, ancak yeteri kadar basitleşmiş formda değildir.

Sonuç olarak $a^* = b^* = c^* = d^* = e^* = f^* = 0$ kullanıldığında, (5.27) eşitliğinden elde edilen ilk iterasyonun çözümü ile özdeş olsa bile çözüme ulaşmak için iki ya da daha fazla iterasyon gerekecektir. Şüphesiz ki bu güvenilir çözüm, gözlemlerin kofaktör matrisi olarak birim matris yerine dolu bir matris kullanılmasının zorluğunu da beraberinde getirecektir. Oysa (5.28) eşitliği yerine (5.25) eşitliğinin kullanılması ile daha az bir güvenilirlikle çözüm elde edilebilir. Detay noktalarının afin transformasyonu için (5.27) ve (5.24a) eşitlikleri kullanılabilir.

Afin transformasyonda; benzerlik transformasyonunda olduğu gibi düzeltmelerin yalnız bir sistemdeki koordinatlara ya da her iki sistemdeki koordinatlara getirildiği durumlarda, dengelemenin sonucu değişmemektedir.

5.1.3. Çokterimli (Polynomial) Transformasyon

Benzerlik ve afin transformasyon arasındaki fark; yalnızca ölçek faktörünün, x ve y eksenleri doğrultusunda aynı ya

da farklı olmasıdır. x ve y yönlerinde ölçek faktörünün farklı olmasının nedenlerinden biri sayısallaştırıcının x ve y eksenindeki farklılıkları ve pafta kağıdının bir yönünün diğer yönüne göre farklı deformasyonda oluşudur. Yukarıda sözü edilen koşulların dışında; paftanın yapışkan madde ile kirlenmiş ellerle tutulması, içecek madde dökülmesi, yağmurda ıslanması ya da yanlışlıkla sayısallaştırıcıya darbe gelmesi gibi durumlarda değişken ölçek faktörü oluşur. Bu tür durumlarda benzerlik ya da afin transformasyon eşitliklerinin kullanılması doğru sonuca götürmez. Çözüm, çokterimli transformasyon eşitliklerinin kullanılmasıdır.

$$\begin{aligned} X &= f + ax + by + cx^2 + dy^2 + ex^3 + \dots \\ Y &= s + mx + ny + px^2 + qy^2 + rx^3 + \dots \end{aligned} \quad (5.30a)$$

X ve Y eşitliklerindeki ilk üç terim afin transformasyon eşitliğidir. Bu çözümün seçilmesine neden olan durumun özelliklerine göre terim sayısı belirlenebilir. Eğer ilk beş terim alınırsa "ikinci dereceden polinom" olarak adlandırılan

$$\begin{aligned} X &= f + ax + by + cx^2 + dy^2 \\ Y &= s + mx + ny + px^2 + qy^2 \end{aligned} \quad (5.30b)$$

denklemleri yazılabilir. (5.30b) eşitliğinden -dengeleme sözkonusu olmaksızın- on parametrenin belirlenebilmesi için en az beş noktaya ait koordinat çiftinin bilinmesine gerek vardır.

5.2. Topolojik Koşullar İçin Matematiksel Modeller

Topolojik koşullar; pafta üzerinden sayısallaştırılan koordinatların geometrik niteliğini arttıırırlar, yani sayısallaştırılan koordinatların güvenilirliğini olumlu etkilerler.

En küçük kareler yönteminin temeli olan, lineer olmayan denklemlerin en genel formu

$$f(x) - l = 0 \quad (5.31)$$

olarak gösterilebilir. Burada; f eşitlikler vektörü, x bilinmeyen parametreler (örneğin koordinatların) vektörü, l ise gözlemler vektörüdür.

(5.31) eşitliğindeki form, ikinci bir grup fonksiyonun eklenmesi ile genişletilebilir.

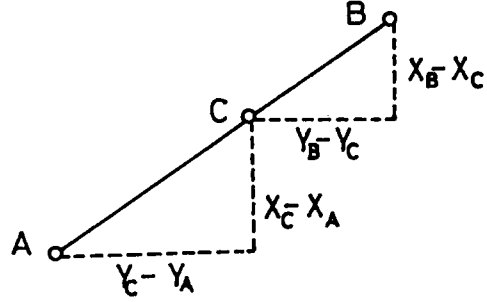
$$f_c(x) = 0 \quad (5.32)$$

Bu fonksiyonlar yalnızca bilinmeyen parametreler arasındaki ilişkiyi tanımlayan, hiçbir gözlem içermeyen fonksiyonlardır. Parametreler arasında kurdukları ilişki kesindir. Eğer fonksiyon iki doğru parçasının paralellliğini tanımlıyorsa, çözümden sonra bu iki doğru parçası gerçekten paralel olmalıdır. Eğer paralellik koşulu (5.31) eşitliğindeki orijinal matematik model içinde gözlemlerle oluşturulmuşsa gözlemlerin düzeltmeleri, koşullarla gözlemler arasındaki uyumsuzluğu yansıtır. Ayrıca koşulların birbirlerine aykırı olmasından kaçınmak gerekir. Örneğin bir C noktasının; AB doğru parçası üzerinde ve başka bir koşul ile de AB yayı üzerinde olması durumu olanaksızdır ve böyle bir denklem sisteminin çözümü yoktur (Anda, 1982; Haag, 1986; Mephram, 1988; Yaşayan, 1991).

5.2.1. Doğrusallık Modeli

Matematiksel olarak doğrusallık modelinin amacı A ve B noktaları arasındaki C noktasının A ve B noktalarının oluşturduğu doğru parçası üzerinde olmasıdır. Eğer C noktası bu doğru parçası üzerinde ise AC ve CB doğru parçalarının eğimlerinin birbirlerine eşit olması gerekir.

$$\frac{Y_C - Y_A}{X_C - X_A} = \frac{Y_B - Y_C}{X_B - X_C}$$



Şekil 5-1: Doğrusallık modeli.

Bu doğrusallığın matematiksel modeli

$$f_c(x) = (X_B - X_C)(Y_C - Y_A) - (X_C - X_A)(Y_B - Y_C) = 0 \quad (5.33)$$

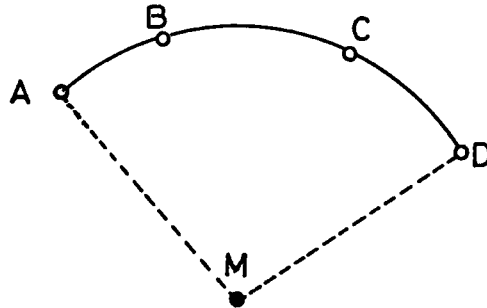
olmalıdır. Bu model C noktasının; A ve B noktaları arasında ya da uzantısında olması durumunda da geçerlidir.

5.2.2. Dairesellik Modeli

Model için ilk koşul, noktaların aynı daire yayı üzerinde olduğunun tanımlanmasıdır. Eğer noktalar aynı yay üzerinde ise bu noktaların her birinin merkezden uzaklığı eşit olmalıdır. Bu koşul da aşağıdaki formül ile ifade edilebilir.

$$f_c(x) = (X_M - X_A)^2 + (Y_M - Y_A)^2 - ((X_M - X_B)^2 + (Y_M - Y_B)^2) = 0 \quad (5.34)$$

Bu koşul her yay parçasının başlangıç ve bitiş noktası için uygulanarak tüm yay tamamlanır. Örneğin şekil 5-2'de üç kez uygulanmalıdır.



Şekil 5-2: Dairesellik modeli.

(5.34) eşitliğinde; merkez ile yay üzerindeki her bir nokta arasındaki uzunluk basitçe yarıçap olarak ifade edilebilir. Ancak; en küçük kareler yönteminde -bilinmeyenler ve gözlemler arasındaki fonksiyonel ilişkiler çerçevesinde-1 gözlem vektörü elemanlarının hepsinin lineer bağımsız ve her bir gözlemin yalnızca bir kez kullanıldığı varsayımıyla sözü edilen yaklaşım uygun olarak kabul edilemez. Yarıçapın birden çok kullanılması durumunda ayrı gözlemlermiş gibi kabul edilerek, her "gözlem yarıçap" farklı düzeltme alacaktır. A noktasından D noktasına kadar bütün noktalar yay üzerinde yer alacak ama bu koşul tam olarak gerçekleşmeyecektir. Problem, yay için yarıçapın bilinmediği duruma dönüşecektir. Bu durumda da (5.34) eşitliği bu yaklaşım tamamen kötüleşene kadar kullanılabilecektir. Sonuç olarak; yarıçap ihmal edilmemiş ve (5.34) eşitliğinin etkisi ile yay üzerindeki her nokta dengeleme sonrası merkezden aynı uzaklıktadır. Uzunluk özellikle belirtilmeyecektir. Ancak iki nokta arasındaki yatay uzunluk eşitliği merkez ve yay üzerindeki noktalardan biri için

$$f(x) - l = \sqrt{(X_M - X_A)^2 + (Y_M - Y_A)^2} - S_{MA} = 0 \quad (5.35)$$

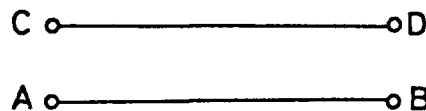
olarak yazılabilir.

5.2.3. Paralellik Modeli

AB , CD doğrularınının paralel olması, her iki doğrunun da aynı eğimde olması demektir. Böylece model

$$f_C(x) = (X_B - X_A)(Y_D - Y_C) - (X_D - X_C)(Y_B - Y_A) = 0 \quad (5.36a)$$

olacaktır.



Şekil 5-3: Paralellik modeli.

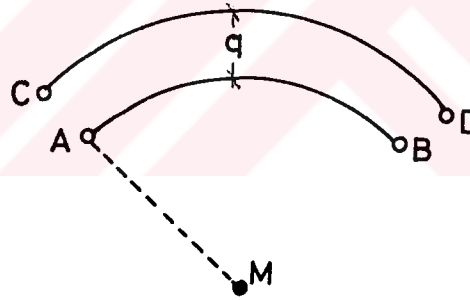
Paralellik modeli (5.33) eşitliği ile verilen doğrusallık koşuluna benzemektedir. Ancak bu model içinde dört, (5.33) eşitliğinde ise -biri iki kez olmak üzere- yalnızca üç nokta kullanılmıştır.

İki doğrunun paralel olmasının yanısıra aralarındaki uzaklık da önemlidir. Bu nedenle model bir noktanın bir doğruya dik uzaklığı eşitlikleri üzerinde temellendirilmiştir (Bkz. 5.2.5). AB , CD doğru parçaları paralel ve aralarındaki uzaklık q ise, C noktasından AB doğru parçasına uzaklığının da q olması gerekir. Bu nedenle matematiksel model

$$f(x) - l =$$

$$= \left((X_C - X_A)^2 + (Y_C - Y_A)^2 - \left(\frac{(X_C - X_A)(X_B - X_A) + (Y_C - Y_A)(Y_B - Y_A)}{\sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2}} \right)^2 \right)^{1/2} - q = 0 \quad (5.37b)$$

olmalıdır.



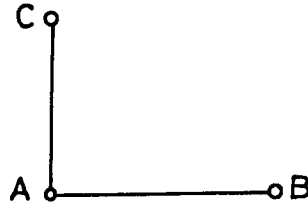
Şekil 5-4: Paralel yaylar modeli.

İki yayın paralel olması, yay koşulunu sağlayan dairenin merkezinin istenildiği kadar kaydırılmasıdır. Eğer iki yay birbirlerinden q kadar uzakta ise, bu her iki yayın yarıçapı arasındaki farkın da q olması gerekir. Matematiksel model aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$f(x) - l = \sqrt{(X_M - X_A)^2 + (Y_M - Y_A)^2} - \sqrt{(X_M - X_C)^2 + (Y_M - Y_C)^2} - q = 0 \quad (5.37c)$$

5.2.4. Dik Aç ı Modeli

CAB aç ısının dik olması için AB doğrusunun açıklık aç ısı ile AC doğrusunun açıklık aç ısı arasındaki farkın 100 grad olması gerekir.



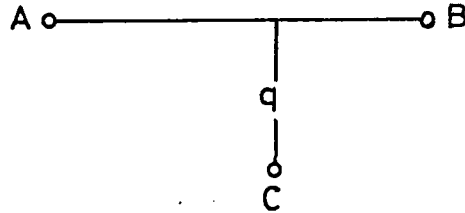
Şekil 5-5: Dik aç ı modeli.

Matematiksel model

$$f(x) - 1 = \arctan \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A} - \arctan \frac{Y_C - Y_A}{X_C - X_A} - 100^g = 0 \quad (5.38)$$

olarak yaz ılabilir.

5.2.5. Bir Noktan ın Doğruya Uzaklı ğ ı Modeli



Şekil 5-6: Bir noktan ın doğruya dik uzaklı ğ ı.

Bir noktan ın bir doğruya dik uzaklı ğ ının matematiksel modeli a ş a ğ ıdaki gibi ifade edilebilir.

$$f(x) - 1 = (Y_C - Y_A) \frac{X_B - X_A}{S_{AB}} - (X_C - X_A) \frac{Y_B - Y_A}{S_{AB}} - q = 0 \quad (5.39)$$

5.2.6. Alan Modeli

Uzun yıllar ülkemizde teknik güçlükler nedeni ile kadaastro paftaları kalıcı, sağlıklı ve güvenilir biçimde üretilememiştir. Bu paftaların teknik yetersizliklerini ortadan kaldırabilmek amacı ile bir çok kez yasal düzenlemeler yapılmış ancak bu düzenlemeler uygulamaya geçirilemediği için yine de belirli bazı sorunlar ya çözümsüz kalmış ya da yeni sorunlar yaratılmıştır. Kırklı yılların sonuna kadar kadaastro paftalarında görülen aksaklıkları düzeltmek ve güvenilir paftaların üretimini sağlamak için, 1948 yılında yürürlüğe konulan Tapu ve Kadaastro Fen İşleri İzahnamesi'nin aşağıya olduğu gibi alınan iki maddesi o dönemdeki sorunları ve çözüm önerilerini göstermesi bakımında önemlidir.

"Madde 3 : Evvelce herhangi bir müessese tarafından yapılmış haritalar ve evrakı müsbeteleri mevcut olmakla beraber, o haritaların müstenidi olan nirengi ve poligon noktaları yer üzerinde mevcut olmadığı ve tesislerine de imkan bulunmadığı taktirde, o haritalara ait evrakı müsbiteler kadaastro paftaları için esas olarak kabul edilemez."

"Madde 232 : Genel hükümler gereğince, evvelce herhangi bir müessese tarafından yaptırılan haritalardan aydıneger kağıdına kopyaları alınmak veya doğrudan doğruya iğneliyerek nakletmek suretiyle kadaastro paftaları tersim edilmeyip, poligon noktaları ilgili müesseseden alınacak koordinatlarına ve adaların cepheleri de o haritaların evrakı müsbitesini teşkil eden cephe ölçü krokilerine göre tersim edildikten sonra, adaların içerisindeki parseller kadaastro fen memurları tarafından yapılan ölçülere göre tersim edilir ve bu suretle vücuda getirilen paftaların dosya kaplarının iç tarafına (poligon noktaları ve ada cepheleri Belediye, İller Bankası, Bayındırlık Bakanlığı

.... vesairenden alınan musaddak evrakı müsbite örneklerine göre tersim edilmiştir) diye yazılır."

Bu maddelerde ada köşe noktalarının; ölçü doğrularına göre pafta üzerine yeniden çizilmesi öngörülmektedir. Ancak kadastro paftalarının bir çoğunda ada sınırları iğneleme yöntemi ile kopyalanıp, kareler ağının pafta üzerine sonradan çizildiği bilinmektedir. Hatta o döneme ait birçok kadastro paftasında kareler ağı bile bulunmamaktadır.

Ada parsellerinin çizimleri poligon noktalarının oluşturduğu ölçü doğrularından faydalanılarak yapılmamıştır. Bu çizimler; bina köşeleri ya da parsel köşesi olarak tanımlanmış noktaların birleştirilmesi ile elde edilen ölçü doğrularından yararlanılarak yapılan ölçülere, hatta yalnızca cephe uzunluklarına göre yapılmıştır. Ölçmeler poligon ağından yararlanılarak yapılmadığı için, konumları yönünden kontrol edilemeyen parsel köşe noktaları elde edilmiş ve bu noktalar kontrolsüz olarak paftaya aktarılmışlardır.

Kadaastro paftalarından alan hesapları; koordinatlardan alan hesabı, grafik, yarı grafik yöntemlerle veya bu yöntemlerin kombinasyonu ile elde edilmiştir. Koordinatlar ile alan hesabının doğruluğu, parsel köşe nokta konumlarının hatalı olması ve kontrol edilemediği durumlarda tartışmalıdır. Grafik yöntemde, alanlar kolay hesaplanabilecek geometrik şekillere ayrılarak ya da planimetre ile hesaplanmıştır. Yarı grafik yöntemde ise alan hesabı için gerekli olan uzunlukların bazıları doğrudan pafta üzerinden alınmaktadır. Tüm yöntemler için; arazi ölçmelerinden, pafta çiziminden ve alan hesaplanmasında kullanılan yöntemlerden kaynaklanan hatalar söz konusudur. Bu hatalara oluşturulan geometrik şekillere ait uzunlukların pafta üzerinden ölçülmesinden kaynaklanan hatalar da eklenebilir. Ayrıca pafta altlığının boyut değiştirmesinin sonucu olarak pafta üzerinden alınan ölçülerde de hatalar söz konusudur.

"Teknik nedenlerle yetersiz kalan, uygulama niteliğini kaybeden veya eksikliği görülen ve en az bir mevki veya ada biriminde zemindeki sınırları gerçeğe uygun şekil göstermediği tesbit edilen tapulama ve kadastro paftaları" için 2859 sayılı Tapulama ve Kadastro Paftalarının Yenilenmesi Hakkında Kanun 23.6.1983 tarihinde 18088 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. 2859 sayılı yasanın 6. maddesi uyarınca düzenlenmiş 16.12.1983 tarihli 18253 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan Tapulama ve Kadastro Paftalarını Yenileme Yönetmeliği ile yapılacak değişikliklerde uyulacak teknik ve hukuki esaslar açıklanmıştır.

16.12.1983 tarihli Tapulama ve Kadastro Paftalarını Yenileme Yönetmeliğinin 16. maddesinde yenilemenin kapsamı, "yenileme çalışmaları, mülkiyet ve mülkiyetle ilgili haklar dışında, yalnızca teknik sebeplerle yetersiz kalan, uygulama niteliğini kaybeden veya eksikliği görülen ve en az bir mevki veya ada biriminde zemindeki sınırları gerçeğe uygun şekil göstermediği tesbit edilen tapulama ve kadastro paftalarının yeniden düzenlenmesi hizmetleri" olarak ifade edilmiştir. Ayrıca aynı yönetmeliğin 26., 27., 28. ve 29. maddeleri uyarınca; sınır veya alan problemi olan parsellerin sınırları zeminde belirlendikten sonra ölçmelerin yapıp, köşe koordinatlarının hesaplanması öngörülmüştür. Bu alandaki parsellerin yüzölçümü köşe koordinatlarına göre hesaplanmalıdır. Parseller topluluğunun alanı, tapu kütüğündeki alanların toplamı ile karşılaştırılır. Aradaki fark; hata sınırından büyükse parsel alanları ile orantılı olarak dağıtılır. Ancak bu arada parseller topluluğu içinde sınırları daha önce tesbit edilmiş -yani röperli krokileri mevcut- parseller, yapılacak parsel dengelemesine dahil edilmezler.

Yukarıdaki açıklamaların ışığında; eski ölçmelerden veya kopyalama yöntemi ile çizilmiş, ölçü krokileri mevcut olmayan bir kadastro paftasından sayısallaştırma ile elde

edilmiş parsel alanlarının, bu alanların hesaplanmasında kullanılan köşe nokta koordinatlarının daha önce sözü edilen hatalar nedeni ile yeterli doğrulukta olmayacağından, gerçek değerlerinden farklı elde edileceği açıktır. Bu nedenle parsellerin sayısallaştırılması sonucunda elde edilen alan ile ilgili olarak bir alan koşulu yazılmasının kaçınılmaz ciddi sakıncalar doğuracağı bir gerçektir.

P_i ($i=1,2,\dots,n$) noktalarından oluşan bir çokgenin alan hesabı için matematiksel model

$$f(x) - 1 = \frac{1}{2} [X_i (Y_{i+1} - Y_{i-1})] - A = 0 \quad (5.40)$$

olarak yazılabilir. Ancak büyük ölçüde hatalı olduğu açıklanan A alanını sağlayacak şekilde koordinatlara düzeltme getirmek, nokta koordinatlarını fazlası ile zorlayacak ve nokta koordinatları yapay bir koşulla ötelenecektir. Noktalar arasındaki komşuluk ilişkileri tamamen bozulacak, yani harita ile arazi arasında bir uyum söz konusu olmayacak, tam tersine gerçeği yansıtmayan parseller oluşacaktır.

2859 sayılı yasanın uygulanması durumunda da poligon noktalarına dayalı yeniden ölçülmüş olan parsel köşe noktaları, sisteme koordinatları değişmez yani zorunlu noktalar olarak tanıtılacaklardır. Alanlar, bu zorunlu noktalardan hesaplanacaktır. Bu durumda (5.40) eşitliği koordinatlara bir düzeltme getirmeyecek dolayısı ile geometrik yapıyı iyileştirici bir rol oynamayacaktır. Bu nedenlerle böyle bir koşulun gerekliliği ortadan kalkacaktır.

5.3. İnterpolasyon

İnterpolasyon genel anlamı ile; n-boyutlu P_i noktalarındaki m-boyutlu vektörlerin kullanılması ile n-boyutlu P_j noktalarındaki m-boyutlu vektörlerin bulunması olarak

tanımlanabilir. n -boyutlu P_i noktalarına "dayanak uzayı" adı verilir. İki boyutlu dayanak uzayı üzerinde tanımlanan tek boyutlu rastlantısal fonksiyon interpolasyonu gerçekte bir yüzey yerleştirme işlemidir. İnterpolasyonun amacı gözlenmiş verilerden yararlanarak başka verilerin yerinin kestirilmesidir.

Afin transformasyon sonunda, detay noktaları ile dayanak noktaları arasındaki sayısallaştırma sonucu elde edilmiş komşuluk ilişkileri bozulur. Koordinatı bilinen noktalarda (dayanak noktaları) -minimalize edilmiş fakat tamamen giderilememiş- çakıştırmaya artıklarından yararlanarak detay nokta koordinatlarına gerekli ötelemelerin getirilmesinde çeşitli interpolasyon yöntemlerinden yararlanılabilir (Benning, 1990; Güler, 1978; Güler, 1985; Hardy, 1972; Hardy, 1977; Mikhail, 1976; Wolf, 1981; Wiens, 1986).

İnterpolasyondan elde edilen doğruluk; dayanak noktalarının yoğunluğuna, dağılımına ve seçilen interpolasyon yöntemine bağlıdır. Güler, en küçük kareler ile multiküadrik interpolasyon yöntemlerini, Wolf, en küçük kareler kollokasyonu ile multiküadrik interpolasyon yöntemini karşılaştırmıştır (Güler, 1985; Wolf, 1981). Hardy; doksan test noktası için yaptığı bir araştırmada, Gauss prediksiyonu, altıncı dereceden polinomlar, multiküadrik fonksiyonlar ve kovaryans fonksiyonları kullanan en küçük kareler prediksiyonunu birbirleri ile karşılaştırmış ve multiküadrik interpolasyon yönteminin hem hesaplama tekniği hem de fonksiyonların çözümü bakımından daha kolay ve kullanılabılır olduğunu göstermiştir (Hardy, 1977).

5.3.1. Multiküadrik İnterpolasyon

Hardy'e göre multiküadrik analiz, temel hipotezlere dayanarak düzgün olmayan yüzeylere ve topografik yüzeye ait denklemlerin üretilmesi sistemidir (Hardy, 1972). Düzgün olmayan (matematiksel olarak tanımlanmamış) bir yüzey,

düzgün (matematiksel olarak tanımlanmış) yüzeylerin toplamı ile istenilen bir doğruluk derecesinde tanımlanabilir. Düzgün yüzeyler, tanımsız yüzey içinde koordinatı bilinen noktalar ile birleştirilir. Toplam yüzeyler içinde düzgün yüzeyler tam anlamıyla tanımlanamaz. Düzgün her yüzeyin büyüklüğüne ya da koordinat özelliklerine bağlı, bilinmeyen bir katsayısı vardır. Bu nedenle düzgün olmayan yüzey ile birleştirilmiş düzgün yüzeydeki bilinmeyen katsayıların sayısı, düzgün olmayan yüzeydeki koordinatı bilinen noktaların sayısına kesinlikle eşittir. Koordinatı bilinen noktalar arasındaki ilişkiden yararlanarak; sonlu serilerle düzgün olmayan yüzeyin tüm koordinatları tanımlanarak tek anlamlı çözüme ulaşılabilir.

Noktalar arasındaki ilişki nokta konumlarına değil; bir alana yayılmış farklı noktalar arasındaki vektörlere (hem uzunluk hem de yön) bağlı ise, homojen olarak nitelenir. Dönme sabit ise, noktalar arasındaki ilişki yalnızca vektörün uzunluğuna bağlı olacaktır. Bu durumda noktalar arasındaki ilişki yalnızca homojen değil aynı zamanda izotrop olarak adlandırılacaktır.

Multikuadrik bir yüzey genel olarak kartezyen koordinat sisteminde

$$\sum_{j=1}^n c_j (q(X_j, Y_j, X, Y)) = z \quad (5.41)$$

biçimindeki serilerle tanımlanabilir. Burada z , tek cins kuadrik yüzeylerin (q) toplamı olarak X ve Y nin bir fonksiyonudur. Kare ve kareye benzer yüzeyler, toplam yüzeylerin kullanımı için en uygun yaklaşımı sağlamasına karşın, başka şekillerdeki yüzeylerin kullanılması da olanaklıdır. Birleşimin katsayısı c_j cebirsel işarete sahiptir ve ait olduğu kuadrik terimin eğimini tanımlar.

Multikuadrik analizde; kuadrik fonksiyon

$$q(X_j, Y_j, X, Y) = ((X_j - X)^2 + (Y_j - Y)^2 + \delta)^{1/2} \quad (5.42)$$

bir hiperboloidtir. Burada sabit katsayı $\delta = 0$ alınır, kuadrik fonksiyon dairesel dik koni olur.

Düzgün olmayan yüzey için çözüm, bilinen noktalara ait koordinatların kullanımı ile başlar. Bir karenin köşe noktaları bu tür noktalara örnek verilebilir. 1'den n'e kadar oluşturulan veri sıralamasında başlangıç problemi, her bir veri noktası ile c_1 'den c_n 'e kadar birleştirilmiş kuadrik terim katsayılarını belirlemektir. (5.41) eşitliğindeki $q(X_j, Y_j, X, Y)$ yerine (5.42) eşitliğindeki fonksiyon alınır, n bilinmeyenli n lineer denklem takımı olarak

$$\sum_{j=1}^n c_j ((X_j - X_i)^2 + (Y_j - Y_i)^2 + \delta)^{1/2} = z_i \quad i=1, 2, \dots, n \quad (5.43)$$

eşitliği elde edilir.

Bilinmeyenler vektörü

$$x = [c_j] = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_n \end{bmatrix} \quad (5.44)$$

$n \times n$ boyutlu multikuadrik katsayılar matrisinin (A) her bir elemanı

$$a_{ij} = ((X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2 + \delta)^{1/2} \quad (5.45)$$

mutlak terimler vektörünün her bir elemanı

$$z_i = ((\hat{X}_i - X_i)^2 + (\hat{Y}_i - Y_i)^2)^{1/2} \quad (5.46)$$

veya

$$z_i = (z_{x_i}^2 + z_{y_i}^2)^{1/2}$$

burada,

$\hat{X}_i, \hat{Y}_i \rightarrow P_i$ dayanak noktasının zorunlu koordinatları

$X_i, Y_i \rightarrow P_i$ dayanak noktasının afin transformasyonla elde edilen -minimalize edilmiş çakıştırma

artıklarını içeren- koordinatları olmak üzere

mutlak terimler vektörü

$$l = [z_i] = \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ \vdots \\ z_n \end{bmatrix}$$

biçiminde yazılabilir. (5.43) denklem takımı,

$$A x = l$$

olarak ifade edilebilir ve

$$x = A^{-1}l \quad (5.47)$$

ile bilinmeyen c_j katsayıları hesaplanabilir.

Bilinen katsayılar c_j ile, X_D ve Y_D detay noktası koordinatlarında z_D katsayılar kolonu için toplam eşitlik

$$z_D = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_j ((X_D - X_i)^2 + (Y_D - Y_i)^2 + \delta)^{1/2} \quad D=1, 2, \dots \quad (5.48)$$

olarak yazılır. (5.48) eşitliğindeki z_D vektörü yerine tek bir detay noktası alınırsa (5.44) ve (5.47) eşitliklerinden

$$z_D = a^T x = a^T A^{-1}l \quad (5.49)$$

veya

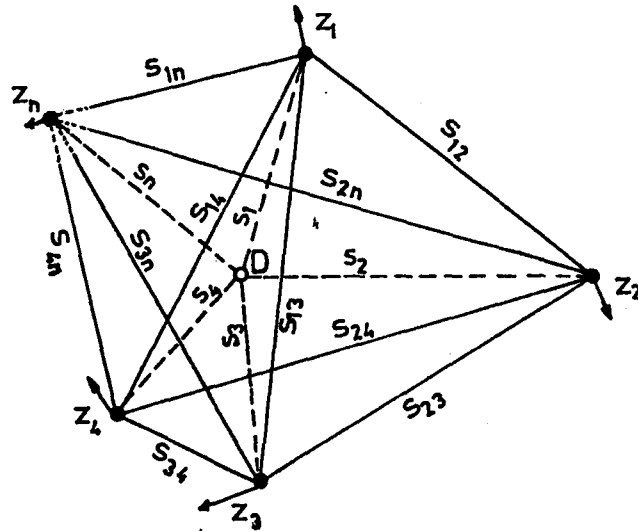
$$z_D = [a_1 \ a_2 \ \dots \ a_n] \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ \vdots \\ z_n \end{bmatrix}$$

çözümü elde edilir. Burada; (5.45) ve (5.49) eşitliklerinde S_{ij} dayanak noktaları arasındaki uzunluk ve S_i kendisi için interpolasyon değeri hesaplanacak detay noktası ile dayanak noktaları arasındaki uzunluk olmak üzere

$$\begin{aligned} a_{ij} &= \sqrt{S_{ij}^2 + \delta} \\ a_i &= \sqrt{S_i^2 + \delta} \end{aligned} \quad (5.50)$$

olarak hesaplanır. Burada $A^{-1}I$ vektörü tüm dayanak noktaları arasındaki uzaklıklardan ve çakıştırma artıklarından hesaplandığı için işlemin başında bir kez hesaplanır. Multikvadrik katsayılar matrisi A ; pozitif elemanları içeren simetrik bir matristir. $\delta = 0$ olup olmadığına bağlı olarak diyagonal elemanları 0 ya da sabit bir değerdir. Diyagonal elemanları 0 değilse, bilinen yöntemlerle inversi alınabilir ($AA^{-1} = I$).

İnterpolasyon noktalarında yalnızca vektör uzunluğunu hesaplamak yeterli değildir. Aynı zamanda vektörün yönünün de belirlenmesi gerekir. Bu nedenle vektörlerin karşılıklı nokta ilişkileri multikvadrik katsayılar matrisi içinde hesaplanmalıdır.



Şekil 5-7: Multikvadrik interpolasyon modeli.

n adet vektörün her bir bileşeni, ayrı ayrı hesaba alınarak interpolasyon noktalarındaki vektör bileşenleri hesaplanabilir. Bu durumda (5.49) eşitliğindeki interpolasyon noktalarındaki vektör uzunluğu hesabı yerine vektör bileşenleri aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$z_{x_D} = [a_1 \ a_2 \ \dots \ a_n] \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} z_{x_1} \\ z_{x_2} \\ \vdots \\ z_{x_n} \end{bmatrix} \quad (5.51)$$

$$z_{y_D} = [a_1 \ a_2 \ \dots \ a_n] \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} z_{y_1} \\ z_{y_2} \\ \vdots \\ z_{y_n} \end{bmatrix}$$

(5.51) eşitliğindeki ilgili öteleme değeri dayanak noktalarındaki çakıştırma artıklarının lineer bir fonksiyonu olarak elde edilir. Bu lineer fonksiyonda çakıştırma artıkları yanındaki katsayılar, interpolasyon yapılan noktanın yakın çevresindeki koordinat farklarının genel durumu hakkında bilgi veren büyüklüklerdir. Yani öteleme değeri hesaplanırken, noktalar arasındaki komşuluk ilişkileri korunuyor ya da göz önüne alınıyor demektir (Wiens, 1986).

(5.50) eşitliklerinde herhangi bir pozitif δ seçmek sorun yaratmaz. δ ne kadar küçük seçilirse o ölçüde veri noktaları eğiminin sürekliliği sağlanmış olur. δ 'nın büyük seçilmesinin yaratabileceği sorunların önlenmesi için

$$\delta = 0.665 S \quad (5.52)$$

seçimi her türlü veri hesabında iyi bir çalışma değeri sağlamıştır (Hardy, 1977). Burada S dayanak noktaları arasında-ki ortalama uzunluktur. Aynı büyüklüğün seçimi için Wiens, dayanak noktaları arasındaki en kısa uzunluğa bağlı olarak

$$\delta = 0.6 S_{\min}^2 \quad (5.53)$$

değerini önermektedir (Wiens, 1986).

Multikvadrik yöntemin avantajlarının başında, az sayıda dayanak noktası olması ve bunların dağılımlarının homojen olmaması durumunda bile, interpolasyon sonuçlarının bundan çok az etkilenmesi gelmektedir. Bunun yanı sıra; dayanak noktalarının interpolasyon değeri hesaplanacak detay noktasına olan uzaklıklarının artması durumunda, interpolasyon değerine katkılarının azalması; dayanak noktalarında hiçbir çakıştırma artığının kalmaması, dayanak noktaları ile detay noktaları arasındaki komşuluk ilişkilerinin korunması diğer avantajları olarak sayılabilir. Ayrıca, interpolasyonun uygulanabilmesi için operatörün teorik bilgisinin yüksek olmasına gerek yoktur.

Bütün bu avantajlarının yanı sıra multikvadrik yöntemin bazı dezavantajları da söz konusudur. Yöntem fazla bellek kapasitesine gereksinim duyar. Dayanak noktalarının sınırladığı alan dışındaki interpolasyon noktalarında, tüm alandaki çakıştırma artıklarından daha büyük bir interpolasyon değeri ortaya çıkabilir. Bu durumda dayanak noktaları arasındaki uzunlukların ağırlık olarak hesaba girdiği interpolasyon yöntemi kullanılabilir.

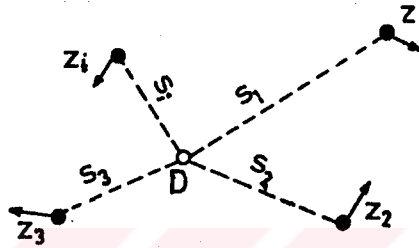
5.3.2. Uzunluk Ağırlıklı Interpolasyon

Uzunluk ağırlıklı interpolasyon yönteminde; dayanak noktalarının bir noktanın ötelenme miktarına etkisi, detay noktasının dayanak noktasına uzaklığı arttıkça

azalmaktadır. Bu nedenle interpolasyon yapılacak detay noktası etrafında -operatör tarafından- belirlenen dayanak noktası sayısı ile interpolasyon yapılır. Herhangi bir detay noktasının aranan interpolasyon değeri

$$z_D = \frac{[P_i z_i]}{[P_i]} \quad (5.54)$$

dayanak noktalarının z_i değerleri ile hesaplanır.



Şekil 5-8: Uzunluk ağırlıklı interpolasyon modeli.

Bu interpolasyon yönteminde komşulukların korunması ilkesinden yola çıkılarak, uzaktaki dayanak noktalarının yakındakilere göre daha az etki etmesi gözönüne alınarak, ağırlık uzaklığa bağlı seçilir. $P_i = 1/S_i$, $P_i = 1/S_i^2$, $P_i = 1/S_i^3$ veya $P_i = 1/S_i\sqrt{S_i}$ yani $P_i = S_i^k$ 'dir. Burada uygun k seçimi önem kazanır. En uygun ağırlık fonksiyonu olarak

$$P_i = \frac{1}{S_i \sqrt{S_i}} \quad (5.55)$$

seçilebilir (Wiens, 1986). Burada $i = 1, 2, \dots, n$ interpolasyonda kullanılacak dayanak nokta sayısını; S_i interpolasyon değeri hesaplanacak detay noktası ile dayanak noktaları arasındaki uzaklığı göstermektedir.

Dayanak noktalarının ağırlıklaştırılmasında, uzunluk kriterinin yanısıra interpolasyon noktalarındaki öteleme değerleri aşağıdaki formül ile hesaplanır.

Oldukça az hesap gerektirmesi, teorik esaslarının basit olması ve hiç bir interpolasyon değerinin dayanak noktalarındaki çakıştırmalı artıklarının en büyük değerinden daha büyük olmaması uzunlukların ağırlık olarak girdiği

$$z_{x_D} = \frac{[P_i z_{x_i}]}{[P_i]}$$

$$z_{y_D} = \frac{[P_i z_{y_i}]}{[P_i]}$$
(5.56)

interpolasyon yönteminin avantajları arasındadır.

Interpolasyon değerlerinin ağırlık seçimine bağlı olması ve birbirlerine yakın olan dayanak noktalarındaki çakıştırmalar artıklarının hemen hemen birbirine eşit olması nedeni ile bu noktaların interpolasyona aynı ağırlıkta girmesi gibi sakıncaları vardır.



BÖLÜM 6. SAYISAL SONUÇLAR

Bilgi sisteminin sayısal veri tabanını oluşturan geometrik veriler; jeodezik kontrol sistemindeki, ölçme yöntemlerindeki, ölçekteki, pafta açılışlarındaki, ölçme-çizim doğruluklarındaki ve yapılış zamanlarındaki farklılıktan dolayı homojen değildir. Kadastro paftalarının koordinat sistemleri birbirlerinden farklıdır. Komşu paftalardaki ölçeklerin farklı olmasından ve sınır tanımlamalarının aynı olmamasından dolayı komşu paftalar karşılaştırılamamaktadır. Paftalar dolu pafta ya da ada pafta olarak çizilmişlerdir. Pafta altlıklarının deformasyonları farklıdır. Eskimiş paftaların onarılış biçimleri, bu paftaları kullanılamaz hale getirmiştir. Ancak tüm ölçmelerin yenilenmesi zaman-maliyet açısından olanaklı değildir. Bu nedenle kadastro paftalarının yalnızca sayısallaştırılıp, bilgi sistemine sayısal veri tabanını oluşturan veriler olarak aktarılmaları yerine, bu sayısallaştırılan verilerin geometrik kalitelerini arttıracak yöntemler geliştirilmelidir.

Oluşturulan sayısal veri tabanı, sayısallaştırıldığı grafik dökümanın doğruluğunu yansıtacaktır. Lokal bir kontrol ağında yapılan bir çalışmaya göre herhangi bir detay noktasının konum doğruluğu araştırılmış ve ortalama ölçme doğruluğu 0.15 m. bulunmuştur (Adler, 1991). Sayısal veri tabanına girişi yapılan bir detay noktasının konum doğruluğunu değerlendirebilmek için sayısallaştırma (m_s) ve sayısallaştırıcı hatasının (m_{say}) da gözönüne alınması gerekmektedir.

$$m_{veri} = \sqrt{m_p^2 + m_s^2 + m_{say}^2} \quad (6.1)$$

Sayısallaştırılan verinin doğruluğu, sayısallaştırılan pafta ölçeğine bağlıdır. Yalnızca pafta çizim hatası olduğu varsayımı ile; 1/500 ölçekli paftadan sayısallaştırılan bir detay noktasının veri tabanına girişinde 0.1 m'lik nokta konum hatası ortaya çıkacaktır. Aynı hata 1/1000 ölçekli paftadan veri tabanına girişte ise 0.2 m olacaktır. Bu doğruluğun yetersizliğinin bilinmesine karşın; ölçmelerin çok eskilere dayanması, parsel köşe nokta koordinatlarının bu orijinal ölçmelerden hesaplanamaması ve yeni ölçmelerin yaratacağı zaman-maliyet sorunları nedeni ile mevcut paftaların sayısallaştırılmasının daha uygun olacağı genel olarak kabul edilen bir görüştür.

Paftaların homojen yapıda olmamaları nedeni ile veri tabanının geometrik altlığının yalnızca sayısallaştırılma ile oluşturulması halinde veri tabanının niteliğinin yükseltilebilmesi olanaksızdır. Bunun yalnızca estetik açıdan doyurucu ve temiz paftalar elde etmekten öte bir yararı yoktur. Bu nokta kesinlikle unutulmamalıdır.

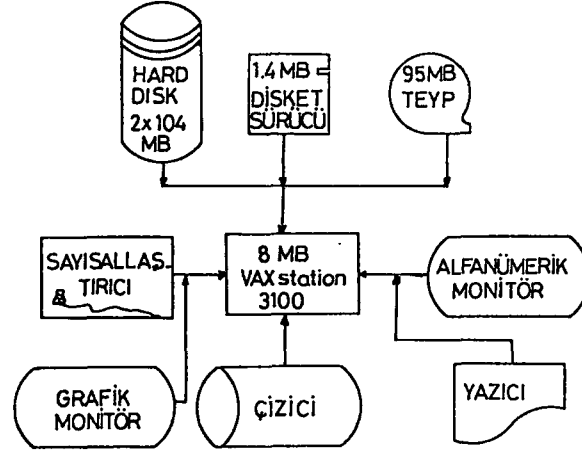
5. bölümde açıklanan matematiksel ilkeler çerçevesinde, bilgi sistemleri için geometrik altlığın -sürekli olarak- iyileştirilmesi olanaklıdır. Bu bölümde geometrik altlığın iyileştirilmesinin olanaklılığı iki test bölgesinde yapılan çalışmalar üzerinde gösterilecektir.

6.1. Çalışma İstasyonu Konfigürasyonu

6.1.1. Donanım Bileşenleri

Çalışmada kullanılan donanım şekil 6-1'de gösterilmiştir. 8 MB merkez işlemcili VAXstation 3100, VMS (Virtual Memory System) işletim sisteminde çalışmaktadır. Standart bilgisayar bileşenleri; 2x104 MB'lık hard disk, 95 MB'lık teyp band sürücü, 1.4 MB'lık disket (3.5") sürücü, 25x80 ya da 25x132 karekterlik monokrom alfanümerik monitör, 1024x864

piksel çözümlemeli renkli grafik monitör, klavye ve bir yazıcıdan oluşmaktadır.



Şekil 6-1: Çalışma istasyonu donanım bileşenleri

Grafik veri toplama birimi olarak kullanılan sayısallaştırıcı; 609x1282 mm boyutlarında, çözümlemesi 0.024 mm ve 25 fonksiyon tuşu olan sayısallaştırma kursoründen oluşmaktadır. Grafik bilgi sunuş birimi olarak silindirik çizici (drum plotter) kullanılmıştır.

6.1.2. Yazılım Bileşenleri

Çalışmada; kadastro amaçlı sayısallaştırma ve kadastro paftalarından elde edilen geometrik açıdan homojen olmayan sayısal verileri işleyen ve iyileştiren DAVID (Digitalisierung, Aufbereitung und Verbesserung inhomogener Daten) geometrik programı kullanılmıştır. Bu yazılım Bonn Üniversitesi Kartografya ve Topografya Enstitüsü (IKT) ve özel bir mühendislik bürosunun (IBR) işbirliği ile önce Rheinland-Pfalz eyaleti için geliştirilmiş, ancak bugün universal kullanma olanağı olan bir sistemdir.

Yazılım; mevcut haritalardan sayısallaştırma, başka sistemlerde sayısallaştırılmış verileri işleme, her tür arazi ölçmesi ve elektronik takeometrelerden elde edilen

verileri dönüştürerek doğrudan okuyabilme ve değerlendirilme özelliklerine sahiptir.

Yazılım içindeki tüm grafik görüntüler GKS (Graphic Kernel System) grafik standartları ile desteklenmektedir. Bu uluslararası standartın kullanımı, yazılımın diğer grafik terminallerde de kullanılması ve geliştirilmesini olanaklı kılmaktadır. Sistemin sayısallaştırma bileşenleri öncelikle haritacılık amaçları için tasarlanmıştır. Sistemle bütünleşik olarak çalışan ölçme programları ise diğer sistemlerden çok farklı değildir (Morgenstern, 1989c; Uçar, 1989a; Uçar, 1989b; Uçar, 1990).

Yazılımın diğer yazılımlardan haritacılık açısından farklı olan önemli yanı, geometrik iyileştirme bileşenini de içermesidir. Yazılımın diğer yazılımlardan farklı olmayan özelliklerinin ayrıntılarına, çalışmamızın odaklandığı konunun dışında kalması nedeni ile değinilmeyecektir.

6.2. Test Bölgesi Sonuçları

Çalışmamızda; yapılabilecek geometrik iyileştirmenin boyutlarını gösterebilmek amacı ile iki test bölgesi ele alınmıştır. Zorunlu koordinatları bilinen çok sayıdaki nokta ile karşılaştırma yapabilmek için, parsel köşe koordinatları sayısal olarak elde edilmiş bir test paftası ve daha sonra gerçek bir kadastro paftası altlık olarak değerlendirilmiştir.

6.2.1. Birinci Test Bölgesi Sonuçları

Test bölgesinde yapılan arazi çalışması ile 21 adet poligon noktası koordinatları, detay noktalarının prizmatik alım sonuçları ve ölçü krokileri elde edilmiştir. Poligon nokta koordinatları, yan ve ara nokta hesabı ile hesaplanmış parsel köşe nokta koordinatları koordinat dosyasında depolanmıştır. Bu koordinatlar, ölçme krokileri yardımı ile

grafik ekranda birleştirilmiş ve gerçek arazi durumunu yansıtan bir model olarak alınmıştır. Modelden 1/1000 ölçekli grafik çıkış alınmış ve bu çıkış sayısallaştırma altlığı olarak kullanılmıştır. Böyle ideal geometrik nitelikteki bir altlık üzerinden ve uzman tarafından sayısallaştırma yapılmasına karşın, ortaya çıkan hatalar dikkat çekicidir (Bkz. Tablo 6-1).

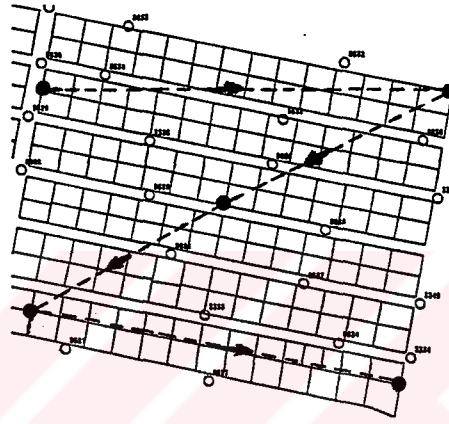
Sayısallaştırma işleminin başlangıcında, 21 poligon noktası zorunlu nokta olarak sisteme tanıtılmıştır. Her işlemde sonra 52 koordinat çifti okuması değerlendirilmiş ve ortalama nokta konum hataları bulunmuştur.

Kullanılan koordinat çifti farkları, arazi ölçmelerinden hesaplanmış nokta koordinatları ile sayısallaştırılan nokta koordinatları arasındaki fark olarak bulunmuştur. Burada arazi ölçmelerinden hesaplanmış nokta koordinatları, zorunlu değer yani sayısallaştırma sonucu ulaşılmak istenilen değer olarak kabul edilmiştir (Uçar, 1991b; Uluğtekin, 1990).

6.2.1.1. Birinci Test Bölgesi Sayısallaştırıcı Hazırlık İşlemi

En az üç pas noktası -kareler ağı noktaları- yardımı ile modelin yaklaşık transformasyonu yani masa koordinat sistemi ile pafta koordinat sisteminin uyumu sağlanmıştır. Sayısallaştırılan paftanın kayması durumunda; ekranla bağlantının yeniden tam anlamı ile kurulabilmesi için keskin parsel köşe noktalarından ya da belirgin noktalar kullanılarak "z" biçiminde konumlanmış beş nokta sayısallaştırılmıştır (Bkz. Şekil 6-2). Bu noktaların koordinatlarının girilmesine ya da bilinmesine gerek yoktur. Ancak yeniden kullanılmaları durumunda, sayısallaştırıcı hazırlık işleminde sayısallaştırılan ilk beş nokta olmaları kesinlikle sağlanmalıdır. Pafta üzerinde kursor gezdirilirken, grafik ekran üzerinde kursora karşılık gelen bir işaret de hareket etmektedir. Eğer grafik ekran ile

sayısallaştırma masası üzerindeki pafta arasındaki koordinasyon tam değilse; pafta üzerinde bulunan bir noktanın karşılığını grafik ekran üzerinde bulmak hem zordur, hem de daha önce sayısallaştırılmış bir noktanın başka bir alanda yeniden sayısallaştırılması gibi bir hataya da neden olacaktır.



Şekil 6-2: "z" noktaları.

6.2.1.2. Birinci Test Bölgesi Sayısallaştırması

Sayısallaştırma işlemi, harita elemanının türü (nokta, çizgi) ve özelliğine (poligon, bina, sınır ya da parsel köşe noktası, parsel kenarı, sınır kenarı vb.) göre eşzamanlı olarak yapılmıştır. Sayısallaştırma sırasında geometrik koşullar kayıt edilmiş ancak üzerlerinde hiç bir işlem yapılmayıp otomatik olarak ayrı bir dosyada toplanmıştır.

Zorunlu noktalar dosyasındaki noktalar ile aynı noktaların pafta üzerinde sayısallaştırılan noktaları -otomatik ya da interaktif olarak- eşleştirilmiştir. Nokta çizim cinslerinin oldukça keskin olması sayısallaştırmayı büyük ölçüde kolaylaştırmış ve daha yüksek doğruluk beklenmesini olanaklı kılmıştır. Buna karşın sayısallaştırıcı çözümlemesinin sıfır olmaması ve operatörden kaynaklanan hatalar, sayısallaştırıcı hazırlık işleminde kullanılan yaklaşık transformasyonun yetersizliğinden dolayı; sayısallaştırma

sonucu nokta konum hata ortalaması 14.4 cm olarak bulunmuştur. Sayısallaştırılan altlığın zorunlu koordinatlara göre çizdirildiği unutulmamalıdır.

Cephe uzunlukları bilinen parsel kenarlarından sayısallaştırma sonucu 26 kenar okuması yapılmış ve kenarlardaki ortalama hatalar 6.7 cm olarak bulunmuştur.

6.2.1.3. Kenarlaştırma Kontrolü

Çalışmada kullanılan tek pafta iki modele ayrılmıştır. Kenarlaştırma işleminin sayısallaştırmanın hemen sonrasında yapılması; pafta veya model kenarlarındaki yanlış sayısallaştırmanın, yani yanlış anlam yüklenmiş olan nokta/çizgi elemanlarının belirlenmesini sağlamıştır. Oluşturulan her iki modelin aynı paftada başka bir deyişle aynı ölçekli olmaları ve pafta grafik kalitesinin oldukça yüksek olması sayesinde otomatik kenarlaştırma kontrolü gerçekleştirilebilmiştir.

6.2.1.4. Birinci Test Bölgesinde Homojenleştirme

Homojenleştirmenin amacı; kadastro koordinat sistemi ile en iyi uyum sağlayan yani çakıştırma artığı içermiyen ve detay noktaları ile dayanak noktaları arasındaki komşuluk ilişkilerini koruyan (Bkz. Bölüm 5.3.) pafta veya paftalar elde etmektir (Morgenstern, 1988a; Morgenstern, 1988b; Morgenstern, 1989a; Morgenstern, 1989b; Morgenstern, 1989c; Uçar, 1991b; Wiens, 1986).

Homojenleştirme iki aşamada gerçekleştirilir. İlk aşamada sistematik olarak tüm model alanına yayılmış çakıştırma artıkları, global etki gösteren afin transformasyon yardımı ile belirlenir. İkinci aşamada dayanak noktalarındaki çakıştırma artıkları, etkisini lokal olarak gösteren interpolasyon algoritması ile tamamen yok edilirken, noktalar arasındaki komşuluk ilişkileri de tekrar kurulur.

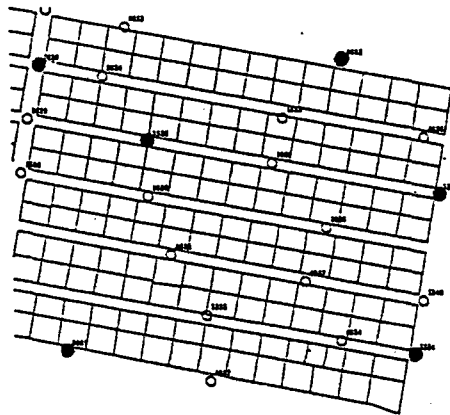
6.2.1.4.1. Afin Transformasyon

Sayısallaştırılmış pafta ya da paftaların ülke koordinat sistemine transformasyonu sırasında tüm pafta model alanındaki sistematik çakıştırmaları en aza indirebilmesi amacı ile afin transformasyon kullanılmıştır (Adler, 1991; Gürdoğan, 1989; Haag, 1989; Morgenstern, 1988a; Morgenstern, 1988b; Morgenstern, 1989b; Sijmons, 1986; Wiens, 1986).

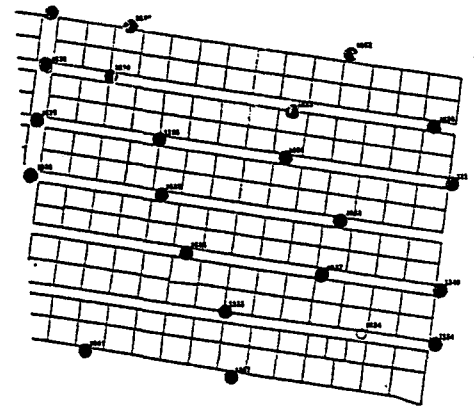
Çalışmanın bu bölümünde az ya da çok sayıda pas noktası kullanıldığında nokta konumlarının nasıl etkilendiği irdelenmiştir. Bu amaçla, uygun dağılım gösteren 6 pas noktalı ve -tüm poligon noktaları pas noktası olarak kullanılarak- 21 pas noktalı afin transformasyon sonucunda bulunan ortalama nokta konum hataları Tablo 6-1'de verilmiştir (Bkz. Şekil 6-3 ve Şekil 6-4).

Tablo 6-1: Sayısallaştırma ve afin transformasyon sonucu ortalama nokta konum hataları.

	Sayısallaştırma sonucu (cm)	Afin transformasyon sonucu (cm)
21 pas noktalı $M_{p_{ort}}$	14.4	9.6
6 pas noktalı $M_{p_{ort}}$		12.3



Şekil 6-3: Pas noktaları.
(6 adet)



Şekil 6-4: Pas noktaları.
(21 adet)

Tablo 6-1'de görüldüğü gibi afin transformasyonda kullanılan pas noktalarının sayısı nokta konum hatalarını etkilemektedir. İterasyon içermeyen sayısallaştırma yazılımlarında -olanak varsa- uyuşum testinden sonra, koordinatı bilinen tüm noktalar pas noktası olarak kullanılmalıdır (Bkz. Bölüm 5.1.1.2.).

Tablo 6-2: Sayısallaştırma ve afin transformasyon sonucu kenarlardaki ortalama hatalar.

	Sayısallaştırma sonucu (cm)	Afin transformasyon sonucu (cm)
21 pas noktalı ts	6.7	6.5
6 pas noktalı ts		6.5

Tablo 6-2'de de görüldüğü gibi, afin transformasyonun uzunluk korumaması nedeniyle, sayısallaştırılan kenarlardaki sistematik hataları giderici rolü olmamıştır.

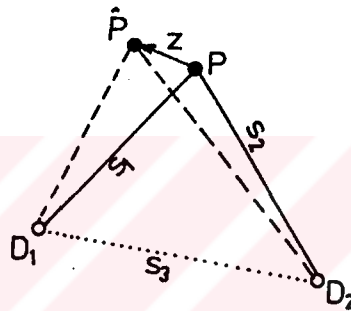
Afin transformasyonla, zorunlu noktaların koordinatları ile bu noktaların sayısallaştırılan koordinatları arasındaki sistematik karakterdeki farklar ortadan kaldırılamamış ancak en aza indirgenmiş olmaktadır.

Pas noktası olarak kullanılmayan zorunlu nokta (dayanak noktaları) koordinatları ile bu noktaların sayısallaştırılmış koordinatları arasında da fark bulunmaktadır. Var olan sayısallaştırma yazılımlarının bir çoğu afin transformasyondan sonra; zorunlu nokta koordinatlarının değişmemesi gerektiği ilkesine uyarak, zorunlu noktaların sayısallaştırılan koordinatlarını zorunlu nokta koordinatlarına çekmek ya da yalnızca pas noktası olarak kullanılan zorunlu noktalardaki çakıştırma artıklarını sıfırlamak eğilimindedirler. Ancak bu tür yaklaşımlar dayanak noktaları ile detay noktaları

arasındaki komşuluk ilişkilerinin bozulmasını göz ardı ettikleri için kesinlikle yeterli değildir ve bu nedenle mesleki açıdan rededilmelidir (Bkz. Şekil 6-5).

6.2.1.4.2. Interpolasyon

İki nokta arasında transformasyonla elde edilen uzunlukların yeni bir dengeleme yapıldıktan sonra da değişmeden kalması, yani komşuluk ilişkilerinin korunması gerekir.



Şekil 6-5: Komşuluk ilişkisi.

Şekil 6-5'de $\hat{P}$ zorunlu noktayı, P afin transformasyon sonrası zorunlu noktanın yeni konumunu, z çakıştırma artığını, D_1 ve D_2 afin transformasyon sonrası detay noktalarını göstermektedir. Burada değişmeden kalması gereken S_1 ve S_2 kenarlarıdır, S_3 kenarı gerekirse değişebilir. Çünkü D_1 ve D_2 noktalarının hesapla bulunmuş korunması gereken koordinatları yoktur. Dayanak noktalarındaki koordinat değişimlerinin, komşu detay nokta koordinatlarını da etkileyeceği açıktır.

Tablo 6-3'de multikvadrik interpolasyonla, uzunluk ağırlıklı interpolasyon yöntemi test bölgesine ayrı ayrı uygulandığında elde edilen sonuçlar verilmiştir.

Tablo 6-3: İnterpolasyon sonucu ortalama nokta konum hataları.

	Sayısalılaştırma sonucu (cm)	Afin transform. sonucu (cm)	İ n t e r p o l a s y o n (cm)	
			Multikvadrik	Uzunluk ağırlıklı
21 pas noktalı Mp ort	14.4	9.6	7.3	7.4
6 pas noktalı Mp ort		12.3	7.3	7.3

İnterpolasyondan sonra afin transformasyonda kullanılan pas nokta sayısı fazla önem taşımamaktadır. İnterpolasyon bileşenini içeren yazılımlarda, model üzerinde düzgün yayılmış az sayıda pas noktası ile afin transformasyon yeterlidir. Her iki interpolasyon yönteminin arasında bir fark görülmemesinin nedeni ise dayanak noktalarının model üzerindeki dağılımlarının homojen olmasıdır.

Homojenleştirmenin noktalara farklı koordinat değişikliği getirmesi geometrik koşulları bozucu etkenlerden biridir. Tablo 6-4'de interpolasyon yöntemlerinin kenarlardaki ortalama hatalar üzerine yaptığı etkiler görülmektedir. Uzunluk ağırlıklı interpolasyon yönteminde yalnızca belirli sayıda noktanın (örnekte 5 dayanak noktası) kullanılması, multikvadrik interpolasyon yöntemine göre farklı sonuçlar alınmasına yol açmıştır. Ancak sonuçlar bir bütünlük içinde değerlendirildiğinde, yani koşulların gerçekleştirilmesinden sonra bu farklar ortadan kalkmıştır (Bkz. Tablo 6-6).

Tablo 6-4: İnterpolasyon sonucu kenarlardaki ortalama hatalar.

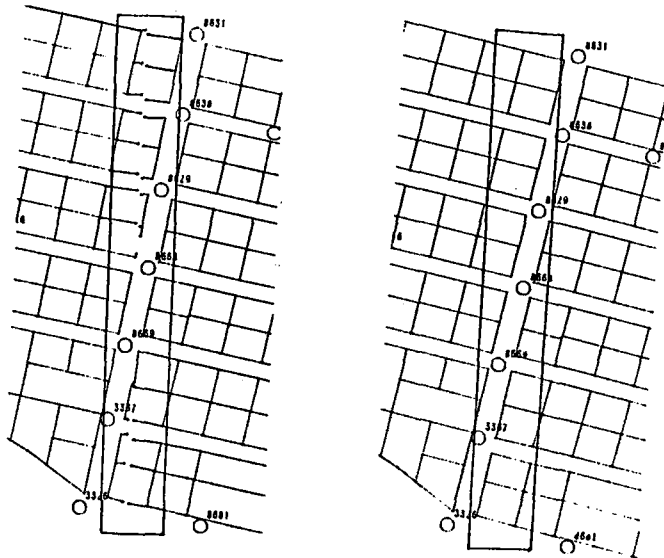
	Sayısalılaştırma sonucu (cm)	Afin transform. sonucu (cm)	İ n t e r p o l a s y o n (cm)	
			Multikvadrik	Uzunluk ağırlıklı
21 pas noktalı ts	6.7	6.5	6.4	6.9
6 pas noktalı ts		6.5	6.6	6.8

6.2.1.5. Modellerin Kenarlaştırılması

Zorunlu noktaların yanısıra; dolu paftalarda pafta kenarlarında, ada paftalarda ada sınırlarındaki ortak noktalar (bağlantı noktaları) için farklı koordinatlar elde edilir. Bu farkların nedeni, yan yana gelen modellerin ya da paftaların homojen olmaması, çizim ve sayısallaştırma hatalarıdır. Bağlantı noktalarında çakıştırma artıklarının küçük olması durumunda otomatik kenarlaştırma olanağı vardır. Yani her iki modelde, aynı noktaya ait koordinatların ağırlıklı ortalaması ya da -eşit ağırlıkta iseler- aritmetik ortalaması alınır. Çakıştırma artıklarının büyük olması durumunda ise, ağırlığı fazla olan model üzerine Helmert transformasyonu yapılır.

Pas ve dayanak noktaları modellerin ülke sistemi ile ilişkisini kurarken, bağlantı noktaları birbirlerinden bağımsız olan modellerin kendi içinde bütünlük gösterecek biçimde birleştirilmelerini sağlamaktadır.

Homojenleştirme sonrası komşu modellerde ayrı ayrı sayısallaştırılan bağlantı noktaları, her iki modelin de



Şekil 6-6: Modellerin kenarlaştırma öncesi ve sonrası.

aynı ölçekte ve geometrik nitelikte olması nedeni ile aritmetik ortalamaları alınarak birleştirilmişlerdir (Bkz. Şekil 6-6). Böylece her iki modelde uzanan doğrular kesintisiz olarak, her iki modelde ayrı ayrı sayısal-laştırılan noktalar da tek anlamlı ve tek nokta olarak elde edilmiş olmaktadır.

6.2.1.6. Geometrik Koşulların Gerçekleştirilmesi

Homojenleştirmede kullanılan ve nokta bazında etkili algoritmalar, dayanak noktalarının zorunlu konumlarını almalarını sağlarken detay noktalarına da konum iyileştirmesi getirmektedirler. Homojenleştirmenin detay noktalarını değiştirmesi, pafta üzerindeki geometrik koşulların bozulmasına yol açmaktadır.

Çakıştırma artıkları giderilmiş homojen yapıllı bilgiler kullanılarak, geometrik koşulların gerçekleştirilmesi ile kusursuz bir sayısal veri tabanı oluşturulması amaçlanmaktadır. Bu nedenle sayısallaştırma sırasında geometrik koşullar depolanmış, ancak gerçekleştirilmemiştir.

Geometrik koşullar en küçük kareler yöntemine göre yapılan dengeleme hesabı ile modelin tümünde ya da belirli bir bölgesinde örneğin bir kadastro adasında gerçekleştirilebilir. İlgili modelde koşullar koordinat bilinmeyenlerinin bir fonksiyonu olarak ifade edilirler. Dengeleme kategori -model sınırları, parsel sınırları, binalar, diğer geometrik elemanlar- sırası içinde yani objeler gruplandırılarak yapılır. Her gruba olduğu gibi her koşula da ayrı bir ağırlık verilebilir. Dengelemenin kategori sırası gözetilerek yapılması; birinci sırada hesaplanan noktaların ikinci sıradaki hesaba zorunlu nokta olarak girmesini sağlar. Böylece hem parsel, hem de bina köşesi olan bir noktanın, parsel sınırları dengelemesinden sonra da koordinatı değişmeyecektir. Sonuçta kendi parsel sınırlarını aşan binalar söz konusu olmayacaktır.

Koşullar, bu çalışmada model ve parsel sınırlarında olmak üzere iki kategoride gerçekleştirilmiş ve sonuçlar Tablo 6-5'de verilmiştir.

Tablo 6-5: Koşulların gerçekleştirilmesi sonucu ortalama nokta konum hataları.

	Sayısallaştırma sonucu (cm)	Afin transform. sonucu (cm)	I. İnterpls. Yöntemi		II. İnterpls.Yöntemi	
			Multikuad. (cm)	Koşul (cm)	Uzaklık Ağ. (cm)	Koşul (cm)
21 pas noktalı Mp ort	14.4	9.6	7.3	6.6	7.4	6.7
6 pas noktalı Mp ort		12.3	7.3	6.6	7.3	6.7

Tablo 6-6'da görüldüğü gibi, üzerinde koşul bulunan kenarlarda sayısallaştırma sonucu 6.7 cm olan ortalama hatalar; transformasyon, multiküadrik interpolasyon ve koşulların gerçekleştirilmesi sonucunda 0.4 cm bulunmuştur. Ancak, nokta konum hata ortalamaları için sonuçların aynı oranda elde edildiğini söylemenin olanağı yoktur. Koşulların model bütününe yayılması durumunda, nokta konum hatalarının daha da küçüleceği söylenebilir.

Tablo 6-6: Koşulların gerçekleştirilmesi sonucu kenarlardaki ortalama hatalar.

	Sayısallaştırma sonucu (cm)	Afin transform. sonucu (cm)	I. İnterpls. Yöntemi		II. İnterpls.Yöntemi	
			Multikuad. (cm)	Koşul (cm)	Uzaklık Ağ. (cm)	Koşul (cm)
21 pas noktalı ts	6.7	6.5	6.4	0.4	6.9	0.4
6 pas noktalı ts		6.5	6.6	0.4	6.8	0.4

Koşulları sayısallaştırma sırasında oluşturan yöntemlerde; dik açı koşulu ve/veya uzunluk koşulu ile örneğin bina sayısallaştırmaları, sayısallaştırma sonucu oluşturulacak koşulları bir bina için sağlayacak, ancak bu durumda dayanak noktalarıyla bina köşeleri arasındaki komşuluk ilişkileri korunamayacaktır. Çünkü koşullar sayısallaştırma sırasında gerçekleştirildiğinde bina köşe koordinatları değişmez koordinat olarak alınacaktır. Bu durumda da; afin transformasyon sonucu zorunlu noktalardaki çakıştırma artıkları en aza indirgenip, model ötelenip, döndürülüp, ölçeği değiştirilirken, bina ilk sayısallaştırıldığı konumda kalacaktır.

Yukarıda sözü edilen sakıncaların ortadan kaldırılması amacı ile geliştirilen homojenleştirme yöntemi, homojen yapıda olmayan kadastro paftalarının sayısallaştırmasında kullanılmalıdır. Üzerinde hiç bir koşul bulunmayan, oldukça az sayıda koordinatı bilinen noktası olan paftaların; sayısallaştırılması ve çok sayıda pas noktası ile afin transformasyonu sonucunda 14.4 cm olan ortalama nokta konum hatası 9.6 cm, az sayıda pas noktalı afin transformasyon sonucunda ise 12.3 cm elde edilmiştir. Bu sonuçlar interpolasyon modülü içermeyen yazılımlarda afin transformasyonda kullanılan pas noktalarının sayısının önemini vurgulamaktadır. Ancak çalışmamızda önerilen alternatif yöntemde, homojenleştirme sonrası nokta konum ortalama hatası 7.3 cm'ye inmiş ve kullanılan pas noktası sayısının az veya çok olması sonucu etkilememiştir. Koşullar da gerçekleştirildikten sonra nokta konumlarında, ilk nokta konum hata ortalamasının yarısı kadarlık bir geometrik iyileştirmeye ulaşılmıştır (Bkz. Tablo 6-5).

6.2.2. İkinci Test Bölgesi Sonuçları

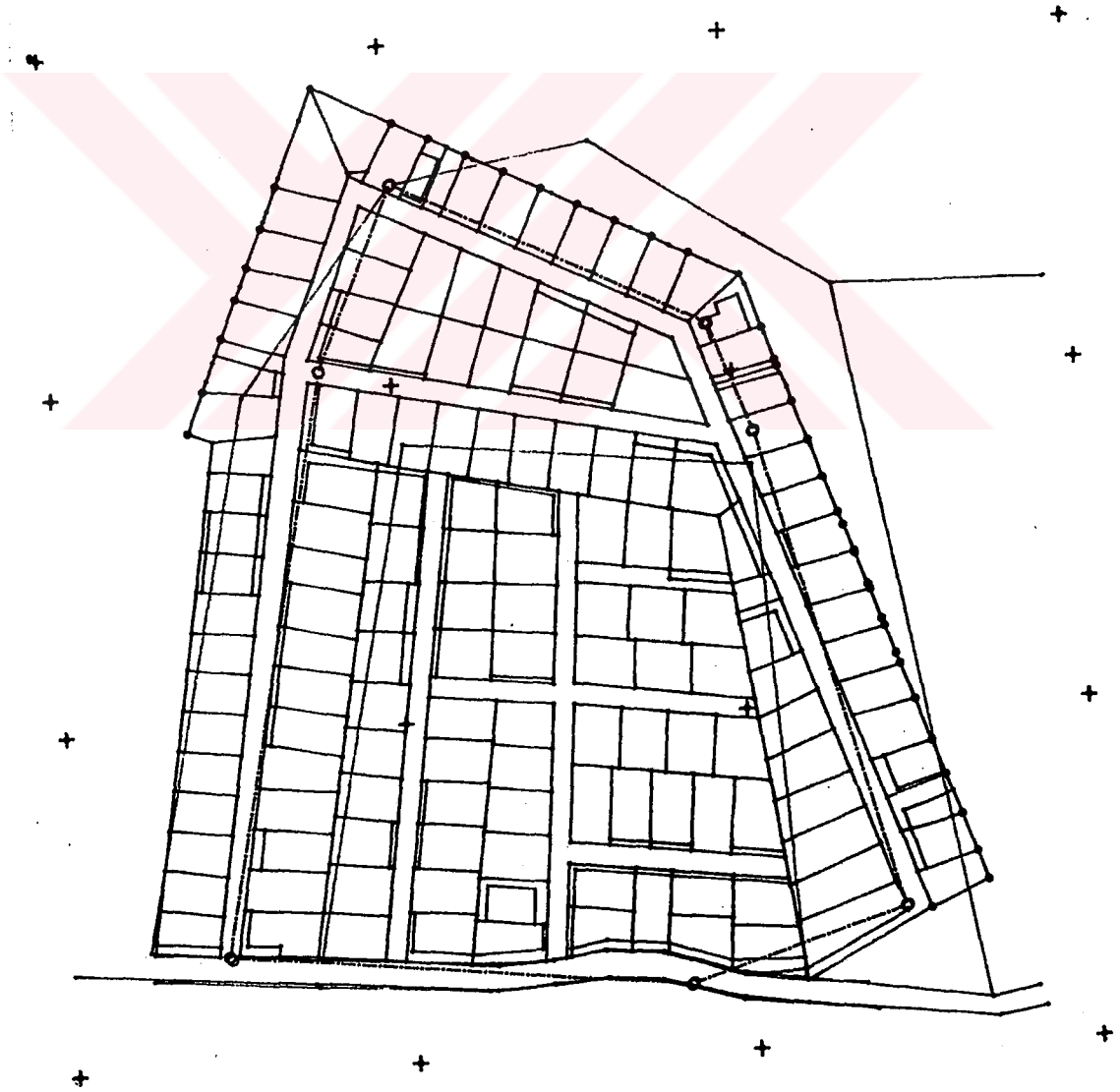
İstanbul İli Bakırköy İlçesi Güngören Mahallesi'nde bir adaya ait birbirlerine komşu iki orijinal kadastro paftası -1/1000 ölçekli Pafta 16 ve 1/2000 ölçekli Pafta 17-

çalışmanın ikinci örneği olarak irdelenmiştir. Örnek kadastro adasının her iki paftada da çizilmiş olduğu saptanmıştır. 1/1000 ölçekli 16 numaralı pafta kadastro adasının sayısallaştırılmasında kullanılmıştır. Komşu ada ise 1/2000 ölçekli pafta üzerinden sayısallaştırılmıştır. 1/2000 ölçekli paftadaki çizim hataları, sayısallaştırma üzerinde olumsuz etkiler yaratacağından örnek ada, 17 numaralı pafta üzerinden sayısallaştırılmamıştır. 1/2000 ölçekli pafta, örnek ada ile komşu adanın kenarlaştırılması için kullanılmıştır. 1/1000 ve 1/2000 ölçekli paftalar üzerinde bulunan kareler ağı zorunlu noktalar olarak kullanılmıştır. Ayrıca 16 numaralı paftada 1938 numaralı parseli ait 1958 tarihli Tapu Haritası ve 16 numaralı paftaya ait 1954 tarihli poligon hesap çizelgeleri bulunmuştur. Bu poligon noktalarından yapılmış 1955 tarihli takeometrik ölçü cetveli, takeometri krokisi ve yalnızca yedi parseli ilişkin 1988 tarihli röperli krokiler sağlanmıştır. Ancak bu krokiler 1954 yılına ait poligon noktaları kaybolduğundan ayrı bir poligon ağına göre ölçülmüşlerdir.

Takeometrik ölçmelere göre çizilen model ile aynı bölgenin pafta sayısallaştırma modeli üst üste karşılaştırılmıştır. Pafta açıklamalarında her iki grafik modelin de aynı adaya ait olduğu bildirilmesine karşın tam bir çakışma sağlanamamıştır. Bu nedenle takeometrik ölçmeler dikkate alınmamıştır (Bkz. Şekil 6-7). Poligon hesap çizelgelerindeki hesaplar kontrol edildiğinde cm düzeyinde koordinat hesap hataları saptanmıştır.

1/1000 ölçekli pafta üzerinde 16 adet kareler ağı noktası ve 7 adet poligon noktasının koordinatları bilinmektedir. Bilinen 23 noktadan yalnızca 16 kareler ağı noktası zorunlu nokta olarak depolanmıştır. Yapılan iyileştirmenin poligon nokta koordinatları üzerinde gösterilebilmesi için, poligon noktaları zorunlu nokta olarak depolanmamışlardır. Poligon noktalarının da zorunlu nokta olarak sisteme tanıtılmasının

bilinen nokta sayısını arttırarak geometrik iyileştirmenin daha fazla bilinen noktaya dayalı yapılmasını sağlayacağı, geometrik iyileştirmenin nisbeten iyi olacağı açıktır. Ancak bu durumda da detay nokta koordinatları bilinmediği için iyileşme sonuçları nicel olarak kanıtlanamıyacaktır. Poligon nokta koordinatlarının bilinmesine karşın, bunlar kullanılmadan iyileştirme yapılması, iyileştirme düzeyinin nicel olarak belirlenmesini sağlamıştır.



Şekil 6-7: Takeometrik plan ile sayısallaştırılan paftanın çakıştırılması.

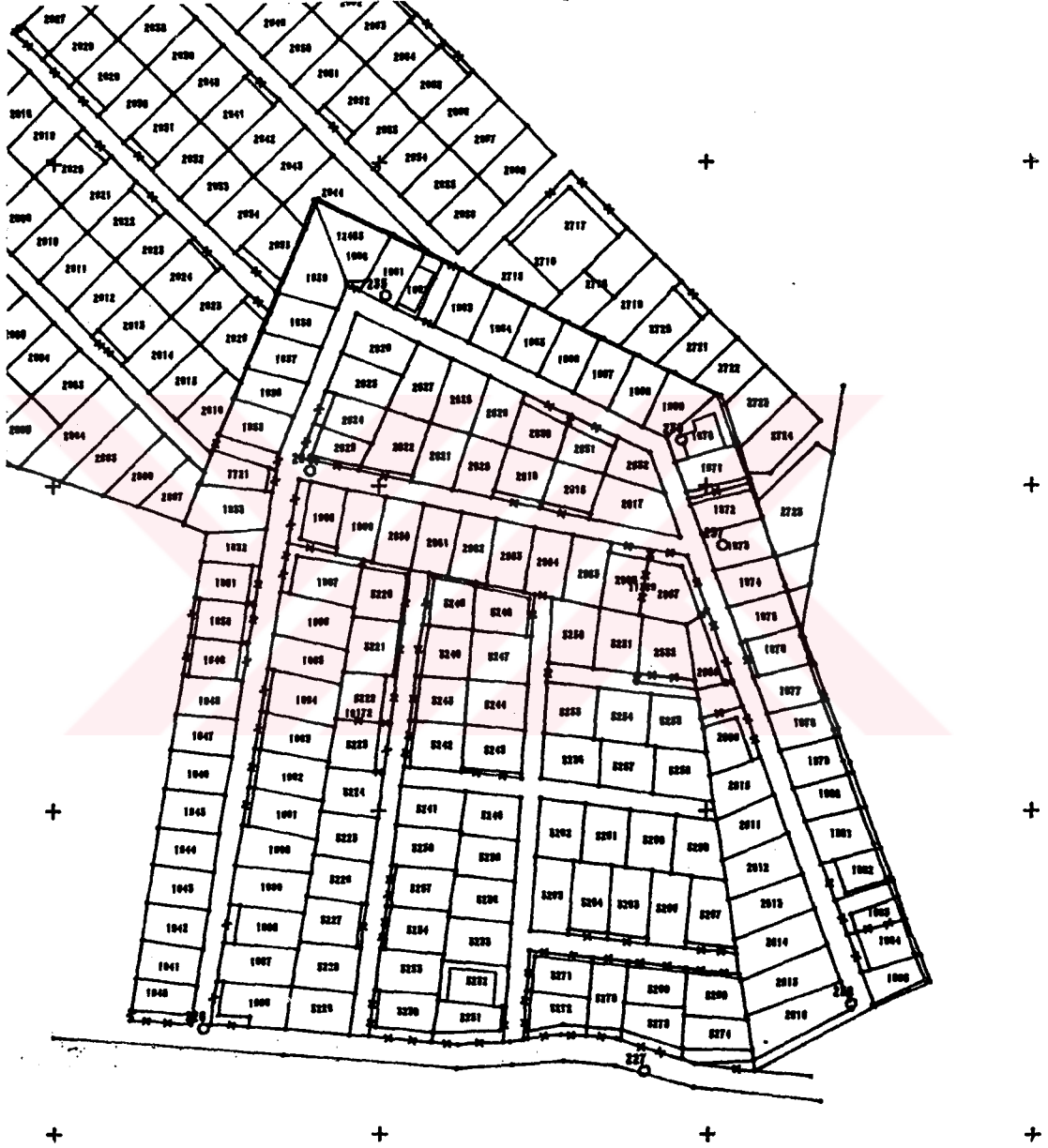
6.2.2.1. İkinci Test Bölgesi Sayısallaştırıcı Hazırlık İşlemi

I. model olarak 1/1000 ölçekli paftanın, II. model olarak ise 1/2000 ölçekli paftanın üçer kareler ağı noktası ile yaklaşık afin transformasyonu yapılmıştır. III. model olarak takeometrik ölçmelerden bilgisayar ortamında elde edilen çizim kullanılmıştır. Pafta kayması durumunda koordinat sistemi uyumu için beş nokta belirlenmiştir (z noktaları).

6.2.2.2. İkinci Test Bölgesi Sayısallaştırması

Pafta üzerindeki sınır, kareler ağı, poligon, parsel ve bina köşe noktaları; parsel kenarları ve onları oluşturan parsel noktaları, bina kenarları ve onları oluşturan bina noktaları, model kenarları ve onları oluşturan sınır (bağlantı) noktaları sisteme tanıtılıp sayısallaştırılmışlardır. Parsel numaraları parseller üzerine işlenmiş, yola terk edilmiş kadastro parsel sınırları eski ve yeni durumları ile korunmuştur. Sayısallaştırma işlemi orijinal paftalar üzerinden yapılmıştır. 1/2000 ölçekli kadastro paftasının, 1/1000 ölçekli paftaya göre okunabilirliği azdır. Bu nedenle parsel köşelerinin tam olarak seçilip sayısallaştırılması güç olmuştur. 1/2000 ölçekli kadastro paftasının ağırlığı 1 seçildiğinde, 1/1000 ölçekli paftanın ağırlığı 4 olarak sisteme tanıtılmıştır. I. ve II. model yalnızca sayısallaştırma sonucu üst üste çizdirildiğinde, model sınırlarının bazı yerlerde birbirlerini keserek bir modelden diğer modele geçişlerin olduğu görülmüştür (Bkz Şekil 6-8).

Çalışmanın iki komşu pafta üzerinde gerçekleştirilmesi ve ölçeklerinin farklı olması nedeni ile ayrı ayrı sayısallaştırma yapılmıştır. Sayısallaştırma sonrası her modelde yapılan işlemler ve model birleştirmeleri aşağıdaki bölümlerde açıklanacaktır.



Şekil 6-8: I ve II. modellerin sayısallaştırma sonucu.

6.2.2.3. I. Modelde Sayısallaştırma Sonrası Yapılan Geometrik İyileştirme

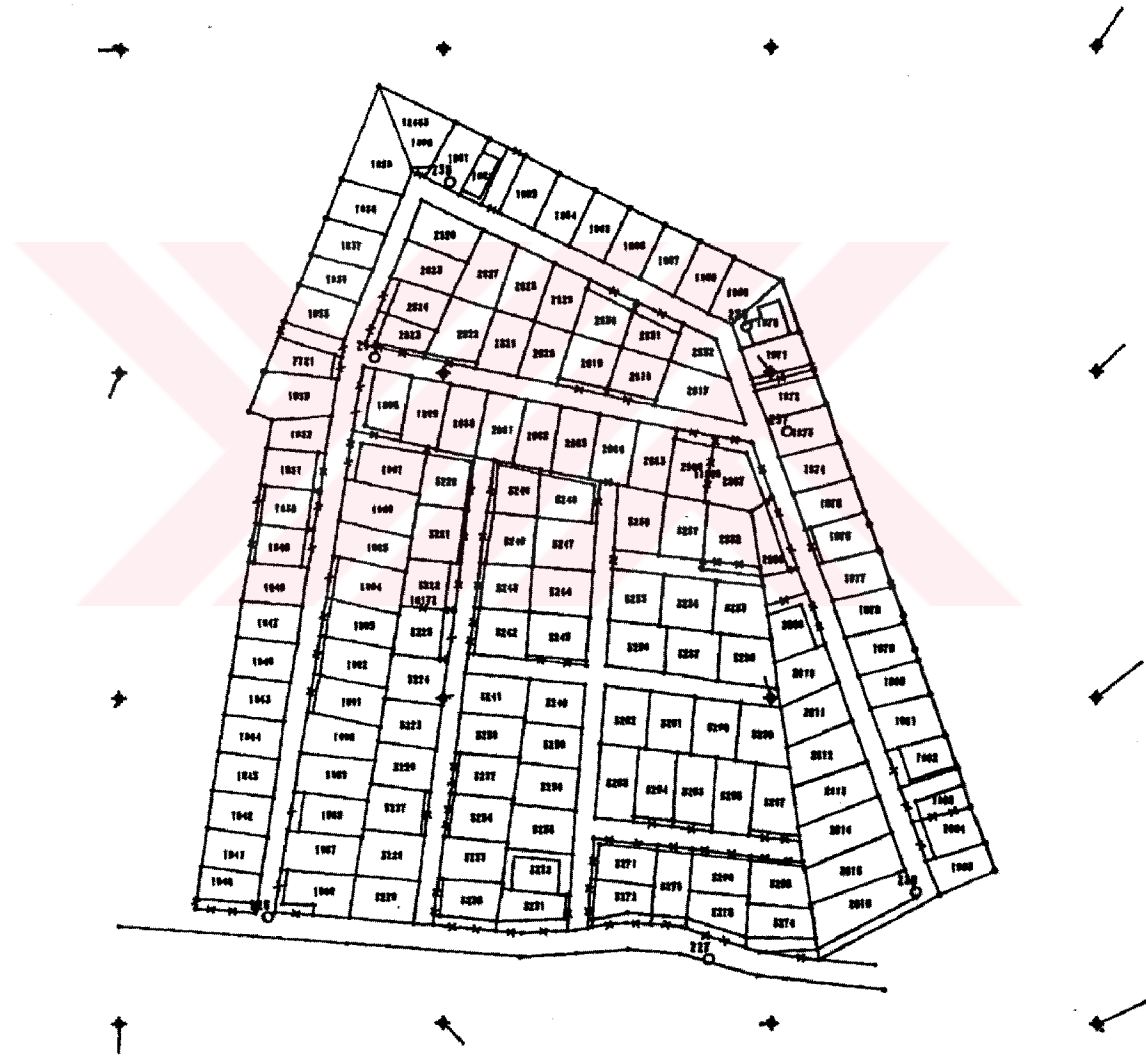
Zorunlu nokta olarak seçilen 16 adet kareler ağı noktaları ile bunların pafta üzerinden sayısallaştırılan karşılıkları arasında interaktif eşleştirme yapılmıştır. Böylece I. modelde sayısallaştırılan nokta koordinatları ile zorunlu nokta koordinatları arasındaki farklar saptanmıştır. Şekil 6-9' de kareler ağı noktaları üstündeki -20 kez büyütülmüş-fark vektörleri görülmektedir. Nokta konum hata ortalamaları ise Tablo 6-7'de verilmiştir.

Tablo 6-7: II. test bölgesi sonuçları.

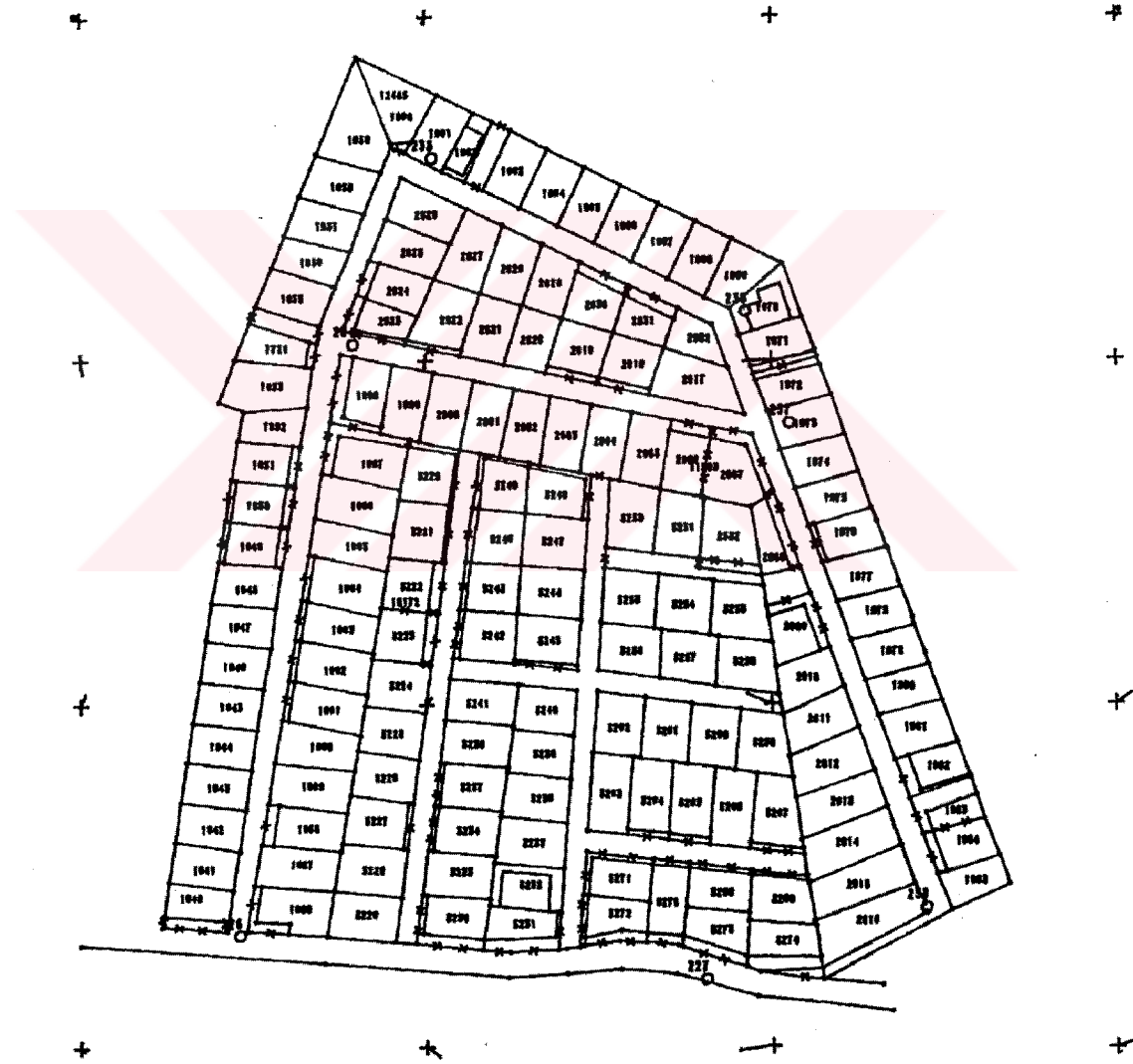
Sayısallaştırma sonucu	Afin transformasyon sonucu	Multiküadrik interpolasyon sonucu	Koşul gerçekleştirme sonucu
42.4 cm	30.1 cm	18.4 cm	18.4 cm

Afin transformasyon için zorunlu noktalar ile sayısallaştırılan nokta koordinatlarından yararlanılarak yapılan uyum testi sonucu 16 kareler ağı noktası pas noktası için uyumlu bulunmuştur. Bu da sayısallaştırılmış zorunlu nokta koordinatlarında kaba hata olmadığını göstermektedir. 16 kareler ağı noktasından 6 tanesi pas noktası olarak afin transformasyonda kullanılmıştır. Şekil 6-10'da afin transformasyon sonucu zorunlu noktalarda en aza indirgenmiş çakıştırma artıkları görülmektedir. Tablo 6-7'de afin transformasyon sonrası nokta konum hata ortalaması verilmiştir.

I. model alanında multiküadrik interpolasyon uygulanmıştır. Multiküadrik interpolasyonda, 6 pas noktası ve 10 zorunlu nokta olmak üzere toplam 16 dayanak noktasına göre detay nokta koordinatları için gerekli öteleme değerleri bulunmuştur. Tüm dayanak noktalarındaki çakıştırma artıkları sıfırlanmıştır. Interpolasyon sonucu öteleme vektörleri Şekil 6-11'de, nokta konum hata ortalaması Tablo 6-7'de verilmiştir.



Şekil 6-9: I. Modelde zorunlu noktaların eşleştirilmesi sonucu oluşan vektörler.



Şekil 6-10: I. Modelde afin transformasyon sonucu en aza indirgenmiş çakıştırma artıkları.



Şekil 6-11: Multikvadrik interpolasyon sonrası oluşan detay noktaları koordinat vektörleri.

Pafta üzerindeki bina sayısının çok az olması ve elde bina köşelerinin dik olduğuna ilişkin belge olmaması nedeni ile bu objeler koşul dengelemesine sokulmamışlardır. Koşul dengelemesi yalnız parsel kenarlarının doğrusalılığı (Bkz. Şekil 6-12) olarak toplam 7 bölgede yapılmıştır. Dengelemenin bölgelere ayrılarak yapılması, dengeleme süresini kısaltmıştır. Bir bölgede ilk iterasyonda doğrusalıktan 2.5 m sapma belirlenmiştir. İkinci iterasyonda 1.20 m, 10. iterasyonda ise 0.29 m koşuldan sapma ile iterasyon tamamlanmıştır.

6.2.2.4. II. Modelde Sayısallaştırma Sonrası Yapılan Geometrik İyileştirme

1/2000 ölçekli pafta üzerinden 9 adet kareler ağı noktası sayısallaştırılmış ve koordinat dosyasından bu noktalara karşılık gelen zorunlu noktalarla interaktif olarak eşleştirilmiştir.

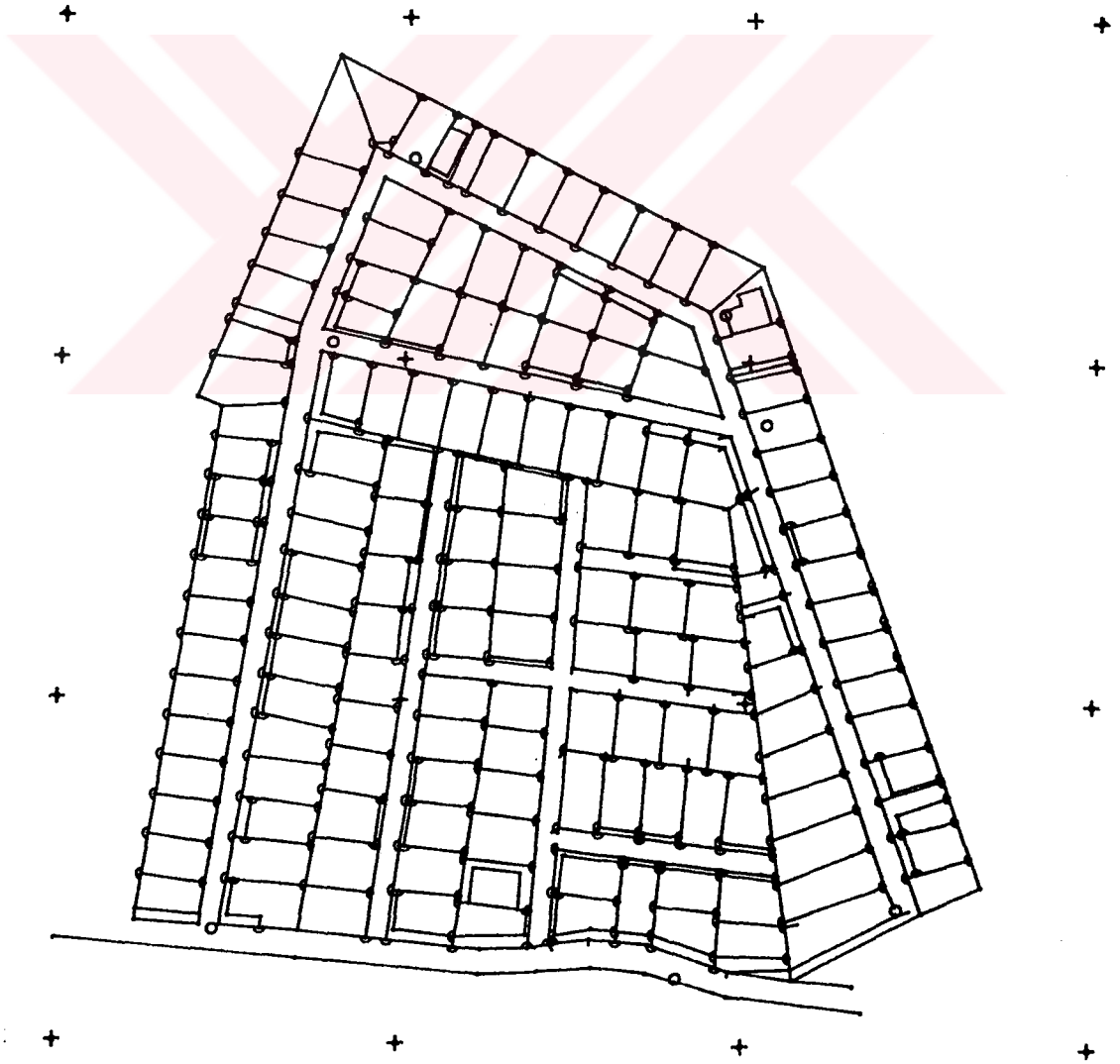
Komşu iki model sınırında ortak noktalar eşleştirilmiş, eşleştirme sonrası kenarlaştırma vektörlerinden yönü değişik olanların eşleştirme noktası anlamı silinmiş ve bu noktalar yalnızca bağlantı noktası olarak kullanılmıştır.

II. modelde 6 pas noktası ile afin transformasyon, 9 dayanak noktasından yararlanılarak multiquadrik interpolasyon yapılmıştır (Bkz. Şekil 6-13).

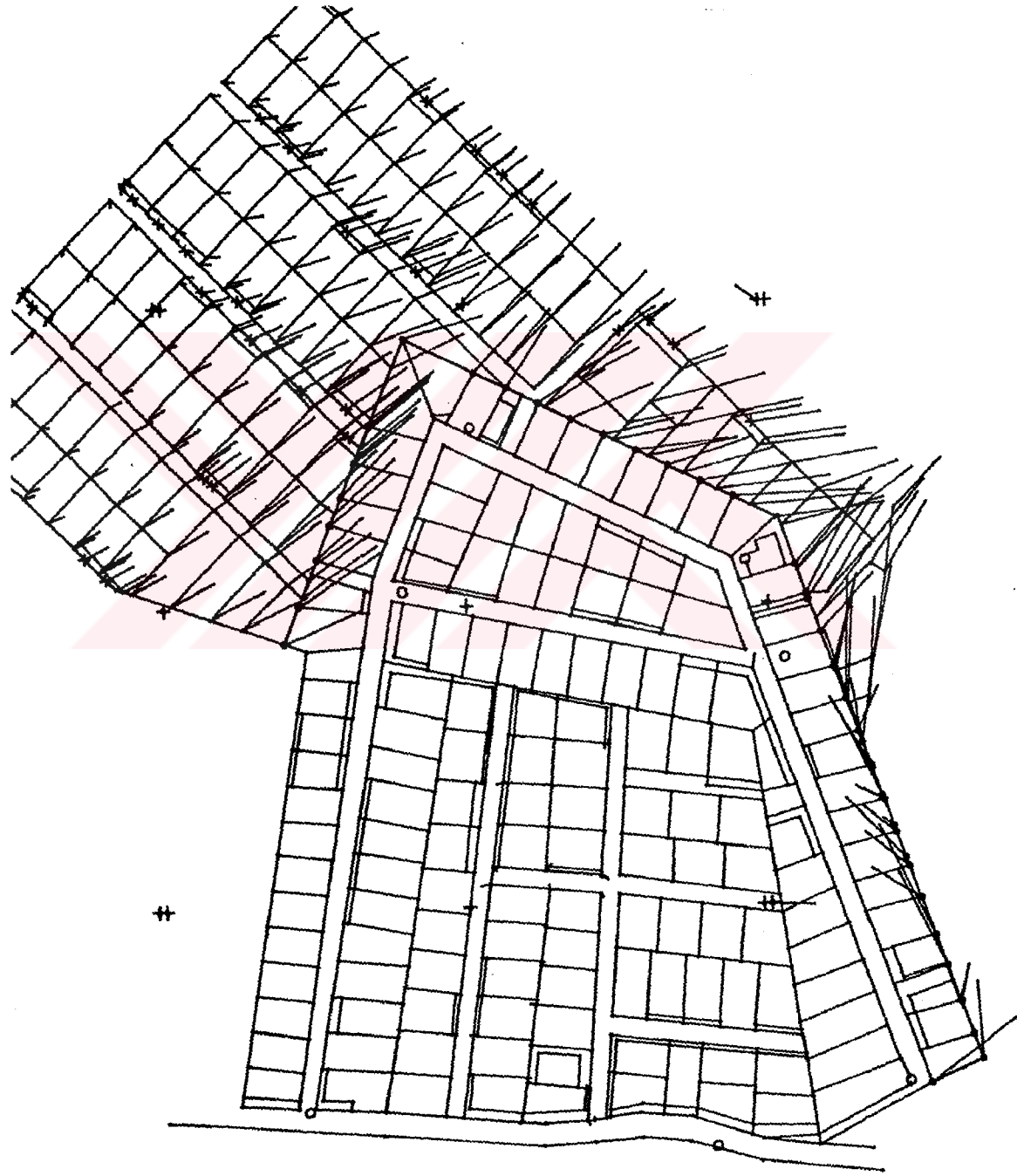
I. model sınırında koşul dengelemesi sonucu elde edilen koordinatlar ağırlığının büyük olması nedeni ile zorunlu koordinat olarak alınmıştır. II. model eşleştirme noktalarının I. model eşleştirme noktalarına -ağırlığı büyük olan sınır üzerine ağırlığı küçük olan sınır bindirilerek- Helmert transformasyonu yapılmıştır.

II. modelde parsel kenarları için koşul dengelemesi yapılmıştır. II. ve I. model eşleştirme noktaları

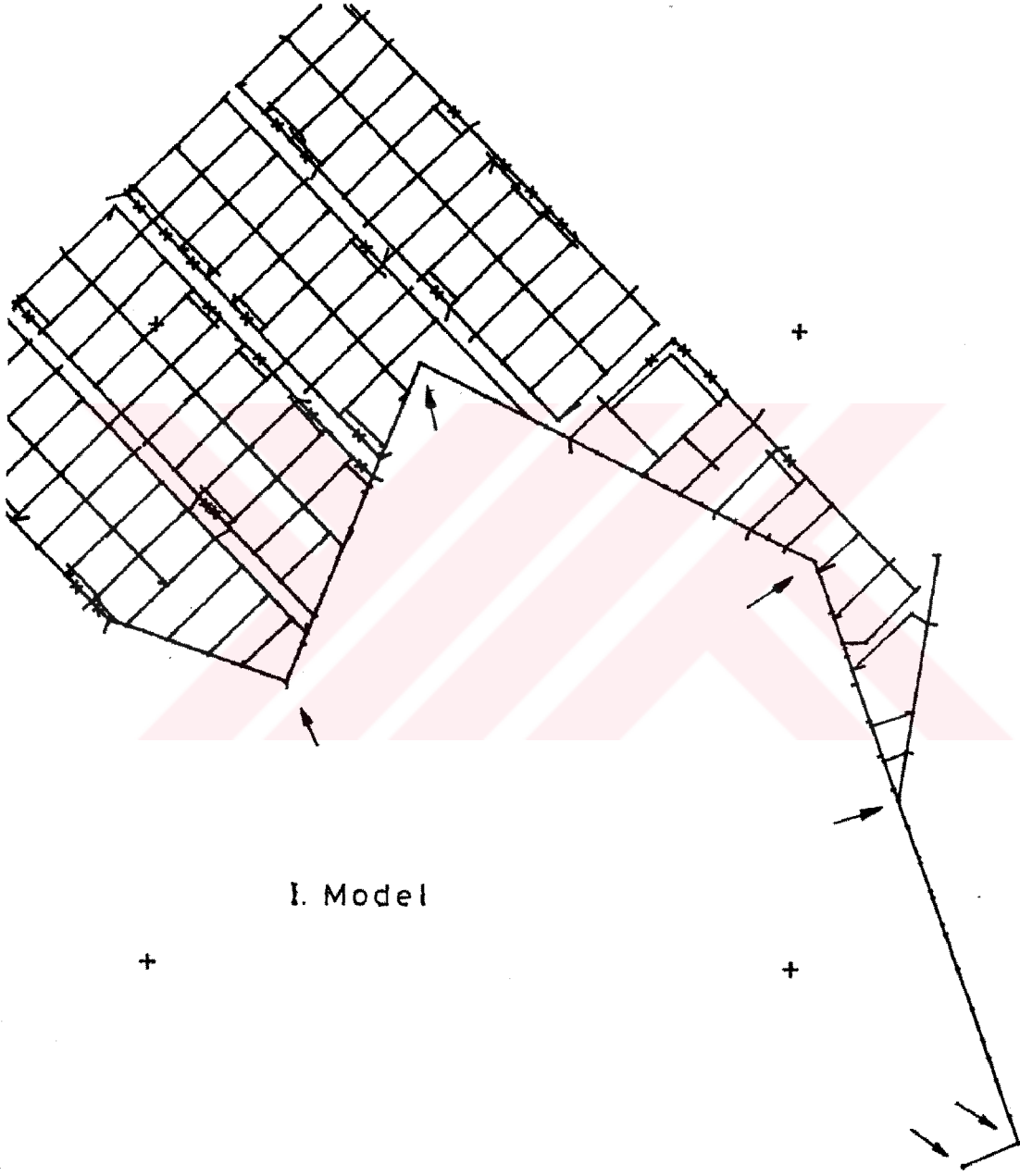
değişmemiştir. Bu noktalar I. modeldeki koşul dengelemesi sonrasındaki koordinatlarını korumuşlardır. Buna karşılık II. modelin bağlantı noktaları koşul dengelemesi sonrası düzeltme almışlardır. II. model koşul dengelemesi sonucu oluşan düzeltme vektörleri Şekil 6-14'de görülmektedir. Eşleştirme noktaları şekilde oklarla işaretlenmiştir.



Şekil 6-12: Geometrik koşullar.



Şekil 6-13: II. Modelde multikvadrik interpolasyon ve kenarlaştırma sonucu oluşan vektörler.



Şekil 6-14: II. Model koşul dengelemesi sonucu oluşan düzeltme vektörleri.

6.3. Test Sonuçlarının Karşılaştırılması

II. test bölgesinde yalnızca kareler ağı ve poligon nokta koordinatları bilindiğinden, karşılaştırmalar bu noktalara göre yapılmıştır. Örnek kadastro paftaları üzerinde detay noktası olarak koordinatı bilinen parsel ve bina köşe noktaları bulunmadığından, bu noktalardaki iyileştirme gösterilememiştir. İnterpolasyon sonrası yapılan koşul dengelemesinde test noktalarında koşul olmadığı için bu noktalar koordinatlarını korumuşlardır. Özet olarak koşul dengelemesi sonucu test bölgesindeki nokta obje konumlarının değişmediği söylenebilir. Ancak bu noktaların parsel köşesinde ya da kenarında olması halinde koşul dengelemesinden etkilenecekleri açıktır. Bütün bunlara karşın yalnız homojenleştirme ile vektör büyüklüğünün 42.4 cm'den 18.4 cm'ye indirilmesi, yapılan iyileştirmenin derecesini göstermesi açısından ilginçtir (Bkz. Tablo 6-7).

I. test bölgesi sonuçları ile II. test bölgesi sonuçları karşılaştırıldığında, hemen hemen aynı oranlarda iyileştirme sağlandığı görülmektedir. I. test bölgesinde çizim hataları, ölçek farklılığı ve pafta deformasyonu yoktur. Yalnızca sayısallaştırma sonucu bulunan nokta konum hata ortalamasının 14.4 cm gibi düşük olmasına karşın yarı yarıya bir iyileştirme elde edilmiştir (Bkz. Tablo 6-5). Buna karşılık II. test bölgesinde çizim hataları, ölçek farklılığı ve pafta deformasyonu söz konusudur. Sayısallaştırma sonucu bulunan nokta konum hata ortalamasının 42.4 cm gibi yüksek olmasına karşın yine yarı yarıya bir iyileştirme elde edilmiştir (Bkz. Tablo 6-7). Sayısallaştırılan paftalara uygulanan homojenleştirme işlemi ile bu paftaların azımsanamayacak bir düzeyde -yarı yarıya- iyileştikleri ve eskisine oranla daha iyi bir geometrik altlık olma özelliği kazandıkları söylenebilir. Sayısallaştırma koşullarının uygun olduğu durumlarda, eski paftaların yeniden ölçme yapılarak çizilmeleri yerine bu alternatif yöntemin izlenmesi maliyet ve zaman açısından tercih nedeni olmalıdır.

BÖLÜM 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kadastro parsellerinin geometrik verilerinin toplanması, depolanması ve işlenmesi arazi bilgi sistemi oluşturmakta temel işlemlerdir. Bu amaçla mevcut paftalar üzerinden yalnızca sayısallaştırma yapılarak paftaların yenilenmesi çalışmaları bunların yetersizliğinin bilinmesine karşın pratikte bazı kurumlarca sürdürülmektedir.

Zaman ve maliyet sorunları nedeni ile veri tabanı oluşturmaya yönelik ölçmelerin yeniden yapılması, hesaplanması tercih edilmemekte, mevcut kadastro paftalarının sayısallaştırılması sürdürülmektedir. Ancak bu paftaların homojen yapıda olmaması, yalnızca sayısallaştırma ile oluşturulan veri tabanının geometrik niteliğinin yetersiz kalması sonucu doğuracaktır. Bütün bu olumsuzlukları ortadan kaldıracı için günümüzde artık; yeni ölçmelerle bütünleştirilebilen, farklı matematik modellerin uygulanmasını olanaklı kılan, geometrik koşulları gerçekleştirebilen, uyumsuz ölçülerden arındırılabilen, kısacası sürekli geometrik olarak iyileştirilebilen, doğruluğu arttırılabilen dinamik kadastro haritalarının üretimi amaçlanmaktadır.

Çalışmamızda; sayısallaştırılmış nokta koordinatları üzerine yapılan transformasyon, interpolasyon ve geometrik koşulların gerçekleştirilmesi adımları ile, ilk sayısallaştırma sonrası elde edilen ham koordinatların doğruluğunda önemli iyileşmenin olanaklılığı irdelenmiştir.

Çalışmamızda afin transformasyonun az ya da çok sayıda pas noktası ile yapılmasının, transformasyon sonuçları üzerindeki etkisi gösterilmiştir. Interpolasyon adımını içermeyen yöntemlerde pas noktalarının sayısı önem

kazanmaktadır. Buna karşın; çalışmamızda matematiksel esasları verilen ilkeleri gerçekleştiren yazılım ile, kullanılan pas noktası sayısı sorun olmaktan çıkmaktadır. Transformasyon sonrası yok edilemeyen çakıştırmalar artıklarından yararlanıp interpolasyon yapılarak, koordinat değerleri yalnızca sayısallaştırma ile elde edilmiş noktaların konumlarına düzeltme getirilebilmektedir. Bu geometrik iyileştirme, yeni ölçmelerle bütünleştğinde süreklilik kazanmaktadır.

Arazi bilgi sistemi kavramı yalnızca geleneksel yöntemden otomasyona geçmeyi değil, aynı amaca hizmet eden bilgilerin farklı veri kaynaklarından toplanması, depolanması, değerlendirilmesi ve ilgili disiplinlerce kullanılmasını kapsar. Farklı amaçlarla bir bölgenin birden çok haritasının üretilmesi gibi masraflı ve zaman kaybettirici yaklaşımların yerini, bu haritaların sayısallaştırılması almaktadır. Aynı haritanın defalarca elde edilmesi kadar anlamsız olan bu işlemin önlenmesi amacı ile veri tabanının bütünselleştirilmesini olanaklı kılacak standartların üretilmesi ve kurumsal yapının oluşturulması zorunluluk halini almıştır.

Arazi bilgi sistemine baz oluşturacak sayısallaştırılmış verilerin ve sayısallaştırma yöntemlerinin uygunluğunun ve standartlara uyumunun değerlendirilmesine yönelik genel ilkelerin belirlenmesi gerekmektedir.

Depolanmış verilerin güncelleştirilmesi amacına yönelik nitelikli ölçmeler ve sürekli geometrik iyileştirme çalışmaları ile gerçek sayısal dinamik kadastral haritalar elde edilebilecektir.

KAYNAKLAR

- ADLER, R.; PERELMUTER, A., (1991), Digital Dynamic Cadastral Map, Allgemeine Vermessung-Nachrichten International Edition, pp. 10-16.
- ANDA, B., (1982), Otomatik Kartografya'da Uygulanan Vektör Geometri, (çev. YERCİ, M.), Harita Dergisi, Ankara, Sayı:89, s. 5-23.
- BAARDA, W., (1967), Statistical Concepts in Geodesy, Netherlands Geodetic Commission, Delft, Vol.2, No.4.
- BAARDA, W., (1968), A Testing Procedure for Use in Geodetic Networks, Netherlands Geodetic Commission, Delft, Vol.2, No.5.
- BARNES, G.; VONDEROHE, A.P., (1987), Some Technical and Institutional Considerations for Cadastre-Based Information Systems (CLIS) in Developing Countries, ASPRS-ACSM Annual Convention, Baltimore, Vol.5, pp. 193-202.
- BECK, F.J.; OLSEN, R.W., (1987), Quality Control and Standards for a National Digital Cartographic Database, Auto Carto 8, London, pp. 372-380.
- BENNING, Von W.; SCHOLZ T., (1990), Homogenisierung Digitalisierter Katasterkarten mit dem Programmsystem FLASH, Allgemeine Vermessung-Nachrichten, Vol.6, pp. 210-219.
- BOUSSEMMA, M., (1988), Investigations for the Tunisian Multipurpose Cadastral Database System, Master of Science Thesis, ITC, Netherlands.
- BUCHANAN, A., (1975), Seminar on Regional Planning Cartography-Discussions, ITC, Netherlands, pp. 187-191.

- CALKINS, H.W.; MARBLE, F.D., (1987), The Transition to Automated Production Cartography: Design of the Master Cartographic Database, The American Cartographer, Vol.14, No.2, pp. 105-119.
- DALE, P., (1991), Education in Land Information Management, GIS Education and Training: Papers from an International Conference Selected and Edited by: D.J. Unwin, C.E. Wood, M.R.C. Coulson and N.M. Waters, Cartographica, Vol.28, No.3, pp. 23-30.
- DANGERMOND, J., (1988), A Review of Digital Data Commonly Available and Some of Entering Them into A GIS, Technical Papers ACSM-ASPRS Annual Convention, Vol.5, pp. 1-10.
- DRUMMOND, J., (1987), A Frame for Handling Error in Geographic Data Manipulation, ITC Journal, Netherlands, 1987-1, pp. 73-82.
- DRUMMOND, J., (1989), Models and Data Quality Handled in a dBASE/AutoCad GIS, ITC Journal, Netherlands, 1989-3/4, pp. 205-211.
- DRUMMOND, J.; ESSEN, R.; BOULERIE, P., (1991), Some Considerations on Vectorizing Algorithms, ITC Journal, Netherlands, 1991-3, pp. 153-157.
- FÖRSTNER, W., (1978), Die Suche nach Groben Fehlern in Photogrammetrischen Lageblöcken, DGK, Reihe C, Nr.240.
- FÖRSTNER, W., (1979), Das Programm TRINA zur Ausglei chung und Gütebeurteilung Geodaetischer Lagenetze, ZfV, Nr. 2/1979, pp. 61-72.
- GÜLER, A., (1978), Sayısal Arazi Modellerinde Interpolasyon Yöntemleri, Harita Dergisi, Ankara, Sayı.85, s. 53-70.
- GÜLER, A., (1985), Sayısal Arazi Modellerinde İki Interpolasyon Yöntemi ile Denemeler, Harita Kadastro Mühendisliği Dergisi, Ankara, Sayı.52-53, s. 98-118

- GÜRDOĞAN, İ.H.,(1989), Interaktif Grafik Sistemlerde Presizyon Araştırması, Türkiye II. Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara, s. 622-638.
- HAAG, K.; KÖHLER, G.,(1986), Realisierung Geometrischer Bedingungen bei der Digitalisierung von Katasterkarten, Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, Vol.93, pp. 190-202.
- HAAG, K.,(1989), Automated Cadastral Maps as a Basis for LIS in Germany, Allgemeine Vermessungs-Nachrichten International Edition, Vol.6, pp. 20-25.
- HALDRUP, K.,(1991), On Updating of Large Scale Map Databases in Denmark, International Cartographic Association (ICA) 15th Conference (Mapping the Nations), Bournemouth, Vo.2, pp. 786-795.
- HARDY, L.R.,(1972), Geodetic Applications of Multiquadric Analysis, Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, Vol.79, pp. 398-406.
- HARDY, L.R.,(1977), Least Squares Prediction, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol.43, No.4, pp. 475-492.
- HASLINGER, K.,(1991), Avusturya'da Arazi Bilgi Sistemi, III. Harita Kurultayı, Ankara, s. 114-124.
- HENSSEN, L.G.J., (1990), Cadastre: Indispensable for Development, ITC Journal, Netherlands, 1990-1, pp. 32-39.
- HÜTTER, R.L.,(1986), Mass Digitization- The Old Way. Experiences with a Manual Digitizing System, Nachrichten aus dem Karten-und Vermessungswesen Series II, Frankfurt, No.44, pp. 65-77.
- HVIDEGAARD, J.,(1991), Conversion of the Danish Cadastral Maps to Digital Form, International Cartographic Association (ICA) 15th Conference (Mapping the Nations), Bournemouth, Vo.2, pp. 605-609.

- JAEGER, E., (1991), Investigations on Automated Feature Displacement for Small Scale Maps in Raster Format, International Cartographic Association (ICA) 15th Conference (Mapping the Nations), Vol.1, pp. 245-256.
- JEYANANDAN, D., (1986), Digital Cadastral Index Maps for a Land Information System in Trinidad and Tobago, International Conference on the Acquisition Management and Presentation of Spatial Data (Proceeding Auto Carto London), Vol. 2, pp. 452-461.
- KAVOURAS, M., (1987), On the Detection of Outliers and the Determination of Reliability in Geodetic Networks, M.Sc. Thesis, Department of Surveying Engineering University of New Brunswick, Canada.
- KENNEDY-SMITH, G.M., (1987), Data Quality - a Management Philosophy, Auto Carto 8, London, pp. 381-390.
- KOÇAK, E., (1991), Arazi Bilgi Sistemleri Genel Yapı ve Özellikleri, III. Harita Kurultayı, Ankara, s. 99-110.
- KUBIK, K.; MERCHANT, D.; SCHENK, A., (1987), Design Considerations for Urban Information Systems, Technical Papers ASPRS-ACSM Annual Convention, Baltimore, Vol.5, pp. 203-214.
- LAMBOURNE, J.J.; SUTHERLAND, F.R., (1990), A vector and Raster Graphic Mapping Tool on Micro-computers, The Cartographic Journal, London, Vol.27, No.1, pp. 20-23.
- MEPHAM, M.P., (1988), Integration of Cadastral Survey Plans into a Computerized Land Information System, Ph. D. Thesis, The University of Calgary, Surveying Engineering Publication, Canada, No. 20029.
- MEPHAM, M.P.; LODWICK, G.D.; MINTS, W.J., (1989), Automated Integration of Legal Survey Plans into Cadastral Databases, International Cartographic Association (ICA) 14th World Conference (presented paper), Budapest.

- MIKHAIL, E.M.,(1976), Observation and Least Squares, New York.
- MOLENAAR, M.,(1989), Toward a Geographic Information Theory, ITC Journal, Netherlands, 1989-1, pp. 5-11.
- MONMONIER, M.,(1987), Displacement in Vector-and Raster-Mode Graphics, Cartographica, Canada, Vol.24, No.4, pp. 25-36.
- MORGENSTERN, D.; PRELL K.-M.; RIEMER, H.-G.,(1988a), Digitalisierung, Aufbereitung und Verbesserung Inhomogener Katasterkarten, Allgemeine Vermessungsnachrichten, Vol.95, pp. 314-324.
- MORGENSTERN, D.; RIEMER, H.-G.; UÇAR, D.,(1988b), Homojen Yapıda Olmayan Kadaastro Haritalarının Sayısallaştırılması, İşlenmesi ve İyileştirilmesi, Harita Kadaastro Dergisi, Ankara, Sayı.62, s. 17-29.
- MORGENSTERN, D.; RIEMER, H.-G.,(1989a), Concept for a Graphics Subsystem for the Digitalisation and Geometrical Improvement of Cadastral Maps, International Cartographic Association (ICA) 14th World Conference (presented paper), Budapest.
- MORGENSTERN, D.; PRELL K.-M.; RIEMER, H.-G.,(1989b), Digitisation and Geometrical Improvement of Inhomogeneous Cadastral Maps, Survey Review, Vol.30, No.234, pp. 149-159.
- MORGENSTERN, D.,(1989c), Digitalisierung und Geometrische Verbesserung von Katasterkarten und Stadtgrundkarten, Sivil Harita Mühendisliği Eğitim ve Öğretiminde 40. Yıl Sempozyumu, İstanbul, s. 170-182.
- MÜLLER, J.-C.,(1987), The Concept of Error in Cartography, Cartographica, Canada, Vol.24, No.2, pp. 1-15.
- NEKHIN, S.S.,(1986), Problems of Digital Automated Mapping, Nachrichten aus dem Karten-und Vermessungswesen Series II, Frankfurt, No.44, pp. 97-100.

- OTAWA, T., (1987), Accuracy of Digitizing: Overlooked Factor in GIS Operations, GIS '87 II. Annual International Conference, San Francisco, Vol.1, pp. 295-299.
- OYEBODE, L., (1987), Maintenance (Revision, Update) of a Cadastre, A Project for a Post Graduate Diploma in Land Information Systems, ITC, Netherlands.
- RANZINGER, M., (1986), Data Gathering-Cost/Time Considerations, Nachrichten aus dem Karten-und Vermessungswesen Series II, Frankfurt, No.44, pp. 137-145.
- RHIND, D., (1975), Automation in Cartography, Seminar on Regional Planning Cartography, ITC, Netherlands, pp. 165-181.
- RIEMER, H.-G., (1983), Automationsgestützte Wert-und Zuteilungsberechnung in der Flurbereinigung, Schriftenreihe des IKT, Bonn, No.12.
- ROBBINS, R.G.; THAKE, J.E., (1988), Coming to Terms with the Horrors of Automation, The Cartographic Journal, London, Vol.25, No.2, pp. 139-142.
- SADIKI, J.P.; DRUMMOND, J., (1989), Development of a Cadastral Database System for the Mbeya Region of Tanzania, ITC Journal, Netherlands, 1989-3/4, pp. 217-220.
- SIJMONS, K.; OXTOBY P.; DRUMMOND, J., (1986), Coordinate Systems and Map Projections for Cartographers, ITC, Netherlands.
- STEFANOVIC, P., (1986), Digitizing from Graphic Documents, ITC, Netherlands.
- STEFANOVIC, P.; DRUMMOND, J., (1987), Selection and Evaluation of Computer-Assisted Mapping and Geo Information Systems, ITC Journal, Netherlands, 1987-1, pp. 39-44.

- TAYLOR, D.R.F.,(1986), Computer Assisted Cartography in Developing Nations, International Conference on the Acquisition Management and Presentation of Spatial Data (Proceeding Auto Carto London), Vol. 2, pp. 462-471.
- THAPA, K.; BURTCH C.R.,(1991), Primary and Secondary Methods of Data Collection in GIS/LIS, Surveying and Mapping Land Information Systems, U.S.A., Vol.51, No.3, pp. 162-170
- UÇAR, D.; RIEMER, H.-G.,(1989a), Harita Üretiminde Sistem Çözümlerden Beklenen Özellikler, Türkiye II. Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara, s. 279-285.
- UÇAR, D.,(1989b), Arazi Bilgi Sisteminde Planimetrik Objelerin Bilgisayar Ortamına Aktarılması, Harita Kadastro Mühendisliği Dergisi, Ankara, Sayı.63, s. 30-41.
- UÇAR, D.; YALIN, D.; ULUĞTEKİN, N.,(1990), Büyük Ölçekli Haritaların Bilgisayar Destekli İyileştirilmesi, İTÜ İnşaat Mühendisliğinde Bilgisayar Kullanımı II. Sempozyumu, İstanbul, s. 363-373.
- UÇAR, D.,(1991a), Arazi Bilgi Sistemlerinde Altılığın Homojenliği ve Sınıflandırılması, III. Harita Kurultayı, Ankara, s. 441-449.
- UÇAR, D.; ULUĞTEKİN, N.,(1991b), Kadastro Paftalarının Arazi Bilgi Sistemi Amaçlı Sayısallaştırılması ve İyileştirilmesi, III. Harita Kurultayı, Ankara, s. 523-534.
- ULUĞTEKİN, N.,(1990), İstanbul'da Bir Geometrik Kadastral Veri Tabanı Uygulaması, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliğinde Bilgi Sistemleri Semineri (sunulmuş bildiri), İstanbul.
- WARNER, S.W.; CARSON, W.W.,(1991), Errors Associated with a Standard Digitizing Tablet, ITC Journal, Netherlands, 1991-2, pp. 82-85.
- WEIR, M.,(1987), Statistical and Natural Resources Data Collection, ITC, Netherlands.

- WIENS, H., (1986), Flurkartenerneuerung Mittels Digitalisierung und Numerischer Bearbeitung Unter Besonderer Berücksichtigung des Zusammenschlusses von Inselkarten zu einem Homogenen Rahmenkartenwerk, Schriftenreihe des IKT, Bonn, No.17.
- WILLIAMSON, I.P., (1986), Trends in Land Information System Administration in Australia, Proceedings Auto Carto, London, Vol.2, pp. 149-161.
- WOLF, H., (1981), Multiquadratische Methode und Kollokation, Allgemeine Vermessung-Nachrichten, Vol.3, pp. 89-95.
- WOOD, B.D.; DOUGLAS, D.H., (1984), Cartographic Feature Coding, Cartographica, Canada, Vol.21, No.2-3, pp. 62-72.
- YAŞAYAN, A., (1979), Afin Dönüşüm ve Dengelemesi, İTÜ Dergisi, İstanbul, Cilt.37, No.2, s. 1-6.
- YAŞAYAN, A., (1990), Sayısal Üretilmiş ya da Sayısallaştırılmış Paftalar ile Uygulamalar, Harita Kadastro Mühendisliği Dergisi, Ankara, Sayı.66, s. 20-33.
- YAŞAYAN, A.; ATASOY, V., (1991), Arazi Düzenlemeleri Konusunda Matematiksel Bir Yaklaşım, Harita Kadastro Mühendisliği Dergisi, Ankara, Sayı.70, s. 5-14.
- Tapu ve Kadastro Fen İşleri İzahnamesi (1948), T.C. Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, İstanbul.
- Tapulama ve Kadastro Paftalarının Yenilenmesi Hakkında Kanun (1983), Resmi Gazete No:18088.
- Tapulama ve Kadastro Paftalarını Yenileme Yönetmeliği (1983), Resmi Gazete No:18253.

ÖZGEÇMİŞ

Necia ULUĞTEKİN 1959 yılında Sivas'ta doğmuştur. İlk öğrenimini İstanbul Pendik İlkokulu'nda yapmıştır. Orta öğrenimini İstanbul Pendik Lisesi'nde 1976 yılında tamamlamıştır. 1979 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü'ne girmiş, 1983 yılında birincilik ödülü alarak eğitimini tamamlamıştır. 1983 yılında İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Jeodezi Programı'nda Yüksek Lisans yapmaya hak kazanmıştır. 1984 yılında İTÜ İnşaat Fakültesi Jeodezi Anabilim Dalına Araştırma Görevlisi olarak atanmıştır. 1985 yılında Yüksek Mühendis ünvanını almıştır. 1986 yılında İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Jeodezi ve Fotogrametri Programı'nda Doktora çalışması yapmaya hak kazanmıştır.

Hollanda Hükümeti bursiyeri olarak, 1987 - 1988 ITC (International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences) Mezuniyet Sonrası Kartografya Eğitimi Programını izlemiş ve diploma almıştır. 1990 yılında altı ay süre ile, DAAD bursiyeri olarak, Bonn Üniversitesi Kartografya ve Topografya Enstitüsü'nde (IKT) , "Sayısallaştırma ve Homojenleştirme Programlarının Türkiye koşullarında uygulanabilirliği" konusunda araştırma yapmıştır. 1991 yılında bir ay süre ile Bonn Üniversitesi Kartografya ve Topografya Enstitüsü'nde (IKT) (sözü edilen enstitünün davetlisi olarak) "Arazi Toplulaştırması Programlarının Geliştirilmesi" konusunda araştırma yapmıştır.

1991 - 1995 dönemi Uluslararası Kartografya Birliği (ICA - International Cartographic Association) Eğitim ve Öğretim Komisyonu asil üyesidir. 1992-1994 dönemi için, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi İkinci Başkanı olarak görev yapmaktadır. Halen İTÜ İnşaat Fakültesi Kartografya Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.