

Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi
Cilt: 8, No: 2, 2016 (87-98)

Electronic Journal of Map Technologies
Vol: 8, No: 2, 2016 (87-98)

Geliş Tarihi: 17.05.2016; Kabul Tarihi: 07.08.2016

**HARİTA TEKNOLOJİLERİ
ELEKTRONİK DERGİSİ**

www.haritateknolojileri.com

e-ISSN: 1309-3983

doi: 10.15659/hartek.16.08.355

Makale (Article)

Tam Faktöriyel Deney Tasarımı ile Kadastro Haritalarının Sayısallaştırılması

Yasemin ŞİŞMAN¹, Hakan DEMİRTAŞ²

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 55139, Samsun/TÜRKİYE

²Sağlık Bakanlığı, Sağlık Yatırımları Genel Müdürlüğü, 06590 Ankara/TÜRKİYE

ysisman@omu.edu.tr

Öz

Günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte bilgi sistemlerinin kullanım alanının hızla artması sonucu verilerin sayısal ortamda olması zorunluluk haline gelmiştir. Ancak sayısal ortamda veri elde etmekten çok, nitelikli ve doğru veri elde etmek yapılacak olan çalışmaların en önemli adımını oluşturmaktadır. Bugüne kadar farklı zamanlarda farklı metotlar kullanılarak üretilen sayısal olmayan kadastro paftalarından sayısal veri elde edilirken bu verilerin doğruluk ve güvenilirlik faktörleri araştırılmalıdır. Sayısal olmayan kadastro paftalarından sayısal veri elde edilirken esasında koordinat dönüşümü olan sayısallaştırma işlemi uygulanır. Deney tasarımı ile bir işlem sürecinde, süreci etkilediği düşünülen faktörlerin sonuç değişkeni üzerindeki etkileri istatistiksel olarak araştırılır. Bu çalışmada; sayısal olmayan kadastro paftalarının sayısallaştırılması işleminde tam faktöriyel deney tasarımı (TFDT) yöntemi kullanılarak ve sayısallaştırma işleminde sonuç değişkeni olarak seçilen karesel ortalama hata üzerinde etkisi olduğu düşünülen pafta altlığı, ölçek, tarama çözünürlüğü ve koordinat sistemlerinin farklı seviyelerindeki etkileri istatistik olarak irdelenerek değerlendirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda karesel ortalama hata ve seçilen faktörler arasında birinci derece bir regresyon eşitliği elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kadastro, Harita, Sayısallaştırma, Tam faktöriyel deney tasarımı, Koordinat sistemi, Ölçek.

Cadastral Maps Digitization Using Full Factorial Experimental Design

Abstract

Nowadays, as results of increase in the using information system depending on technology development, it is compulsory that the data must be digital. The obtaining of qualified and accurate data is more important step than the obtaining digital data in studies to be carried out. Until today the digital data had been obtained from non-digital cadastral map producing different methods but the accuracy and reliability factors of these digital data should be investigated. Digital data was obtained from the non-digital cadastral map using digitizing process. One of the digitizing methods is coordinate transformation between screen and real coordinate systems. The effects between the response variables and the considered factors that affect the process are investigated at the stage of experimental. In this study; the full factorial experimental design (FFED) was applied in the digitization process of the non-digital cadastral map. While, the root mean square errors was selected as the response variable the map sheet type, the scale, the scan resolution and coordinate system were selected as factors considered affect the response variable. As a result of study, the first order a regression equation was obtained from the FFED results between the root mean square error and selected factors.

Keywords: Cadastre, Map; Digitization, Full Factorial Experimental Design, Coordinate system, Scale.

1. GİRİŞ

Bilim ve teknoloji alanındaki gelişmeler ile fotogrametrik veya klasik yöntemle üretilmiş sayısal olmayan paftaların hızlı bir şekilde sayısal hale getirilmesi gerekmektedir. Farklı yöntemlerle sayısallaştırma işlemleri yapılmasına rağmen, elde edilen sonuçların geçerli teknik ve hukuki kriterlere uygun olup olmadığı hususu halen tartışılmaktadır.

Çeşitli amaçlar için üretilmiş olan sayısal olmayan paftaların sayısallaştırılması işleminde birkaç farklı yöntem kullanılır. Bu yöntemlerden en çok uygulananı paftaların taranması ve taranmış görüntülere koordinat dönüşümü işlemi uygulanmasıdır. Koordinat dönüşümü iki sistem arasındaki geometrik ilişkinin her iki sistemde koordinatı bilinen ortak noktalar yardımıyla kurulmasıdır. En çok kullanılan koordinat dönüşümü yöntemleri benzerlik ve afin dönüşümleridir.

Deney tasarımının en temel amaçlarından biri deney hatalarını minimuma indirmektir [1]. Bununla beraber önemli olan faktörlerin etkisinden önemsiz olan faktörlerin ayırt edilmesi ve önemli parametrelerden optimum değerleri elde etmekle hataları azaltmak amaçlanmaktadır [2]. Bu nedenle sayısallaştırma işleminde sonuca etki ettiği düşünülen faktörlerin farklı seviyelerinin etkileri istatistiksel olarak irdelenebilir.

Bu çalışmanın amacı; kadastro paftalarının Türkiye’deki mevcut durumu ile ilgili bilgiler verilerek, sayısal olmayan paftalardan sayısal veri elde etmek için kullanılan dönüşüm yöntemleri ile tam faktöriyel deney tasarımı (TFDT) yönteminin paftaların sayısallaştırılmasında sonuç değişkeni karesel ortalama hataya etkilerinin araştırılmasıdır. TFDT ile sayısallaştırma işleminde; sonuç değişkeni karesel ortalama hataya pafta altlığı, ölçek, tarama çözünürlüğü ve koordinat sistemi olarak belirlenen faktörlerin ana ve etkileşimli etkilerinin olup olmadığı ve etki derecesi belirlenmek istenmiştir. Belirlenen faktörlerin 2 seviyesinin karesel ortalama hata üzerindeki ana, ikili, üçlü ve dörtlü etkileri 2^4 TFDT ile araştırılmış ve sonuç olarak $y=f(x)$ şeklinde regresyon eşitliği elde edilmiştir.

2. KADASTRO PAFTALARININ GENEL DURUMU

Türkiye kadastro, kurgulandığı dönemde çağının ilerisinde bir kadastro olarak planlanmış, ancak bugüne kadar kadastroyu tamamlamakta ve bugünün teknolojisine uygun nitelikte bir bilgi sistemine dönüştürmekte başarılı olunamamıştır.

Ülkemizde kadastro çalışmaları, Cumhuriyetin ilk yıllarından itibaren Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) tarafından yapılmaktadır. 2004 yılından itibaren ülke genelinde tesis kadastro sunun 3 yılda bitirilmesi hedeflenmiş ve “Sayısal Kadastral Harita Yapım İş” kapsamında özel sektör imkânlarından yararlanılmaya başlanılmıştır. Böylelikle kadastro çalışmalarına ciddi anlamda hız kazandırılmıştır [3]. Şubat-2016 dönemi itibariyle TKGM’den temin edilen verilere göre Türkiye geneli kadastro durumu Çizelge 1’ de verilmiştir.

Çizelge 1. Türkiye geneli kadastro durumu (TKGM 2016)

Toplam Birim		Biten Birim		Devam Eden Birim		Sorunlu Birim	
Mahalle	Köy	Mahalle	Köy	Mahalle	Köy	Mahalle	Köy
18763	33286	18696	32869	34	122	33	295
52049		51565		158		326	
		% 99.07		% 0.30		% 0.63	

2.1. SAYISAL KADASTRO HARİTALARININ OLUŞTURULMASI GEREĞİ

Günümüzün teknolojik imkânları, jeodezik, fotogrametrik ve uydu jeodezisi yöntemlerinden birisi ya da hepsi birlikte kullanılarak yeni üretilecek kadaströ bilgilerinin istenilen nitelik ve içeriklerde sağlanması bir sorun olmaktan çıkmıştır [4].

Ancak, zamanın kısıtlı ve belli bir zaman aralığı içinde sistemin kurulması için gerekli ekonomik imkânların sınırsız olmaması nedeniyle, bu görev ilgili kadaströ yöntemleri tarafından, mevcut kadaströ haritalarının sayısallaştırılması suretiyle yapılabilir [5].

Bununla birlikte günümüze kadar, ülkemiz şartları içerisinde üretimi yapılmış ve 636.360 (TKGM 2015) adet olduğu bilinen kadastral altlıkların;

- Hukuki geçerliliklerini büyük ölçüde koruyor olması,
- Türk Medeni Kanunun, taşınmazların geometrisiyle ilgili, “arazideki fiili durumun plana uymaması halinde, plandaki durumun esas alınmasını” öngören 719.maddesi,
- Yürürlükte bulunan 3402 sayılı Kadaströ Kanunu’nun “evvelce tespit, tescil veya sınırlandırma suretiyle kadaströsu veya tapulaması yapılmış olan yerlerin yeniden kadaströsu yapılmaz...(md.22)”(2005 yılında bu hüküm değiştirilerek kadaströ yenileme çalışmalarının önu açılmıştır.) hükmü gereğince,

taşınmazlara ilişkin konumsal ve anlamsal verilere doğrudan ya da dolaylı ihtiyaç duyan bilgi sistemlerine zorunlu veri kaynağı oluşturacağı kaçınılmaz bir gerçektir. Bu durumda kadaströ çalışmaları tamamlanmış yerlerdeki kadastral altlıklardan uygun sayısallaştırma yöntemleri ile sayısal veriler elde edilmesi gerekmektedir. Ülkemizde kadaströ çalışmaları sonunda üretilen kadaströ paftalarının üretim yöntemlerine göre durumu Çizelge 2’de gösterilmektedir.

Çizelge 2. Üretim yöntemlerine göre kadaströ haritalarının durumu (TKGM 2015)

Üretim Yöntemi	Pafta Adedi	Yüzdesi
Sayısal Haritalar	258982	40.29
Sayısal Olmayan Haritalar	377378	59.71
Toplam	636360	100.00

2.2. SAYISALLAŞTIRMA YÖNTEMLERİ

2.2.1. Tarayıcılar İle Sayısallaştırma

Tarayıcılar, sayısal ortamda olmayan verileri sayısal hale getiren cihazlardır. Sayısal hale getirilecek olan paftalar tarayıcılar yardımıyla taranarak resim formatı haline getirilir. Resim formatında kaydedilen bu paftaların resim koordinatları ve gerçekte bilinen koordinatları arasında koordinat dönüşümü yapılarak sayısal ortamda bulunmayan paftalar sayısal hale getirilir.

Paftaların sayısallaştırılması esasında bir koordinat dönüşümü olduğu için koordinat dönüşüm yöntemi olarak paftaların sayısallaştırılmasında afin dönüşümünün kullanılması uygun olacaktır. Çünkü birbirine paralel olmayan iki düzlemin birbirine iz düşümü ele alındığında bunu en iyi tanımlayan afin dönüşümüdür.

İki boyutlu afin dönüşümünde cebrik çözüm için en az üç ortak noktaya ihtiyaç var iken, dengelemeli çözüm için ise minimum dört noktaya gereksim duyulur. Bu yüzden sayısallaştırma işleminde afin dönüşümü için minimum dört adet karelej noktasının kullanılması istenir.

2.2.2. Sayısallaştırıcı İle Sayısallaştırma

Sayısallaştırıcılar; sayısal ortamda olmayan pafta üzerindeki grafik bilgileri sayısal hale getirmek için kullanılan cihazlardır. Sayısallaştırma masası sayesinde elektronik olarak yapmış olduğu algılamalar ile masa yüzeyinden koordinat okunabilmektedir.. Sayısallaştırma masası üzerine yerleştirilen pafta üzerinden homojen dağılımda minimum dört adet nokta işaretlenerek masa koordinatları ile gerçek pafta koordinatları arasında koordinat dönüşümü gerçekleştirilir.

3. TAM FAKTÖRİYEL DENEY TASARIMI

Deney tasarımı, sonuç değişken üzerinde faktörlerin ve faktör seviyelerinin etkilerini belirlemekte kullanılan bir uygulamadır. Faktörlerin etkilerinin değerlendirilmesi ve yorumlanması açısından en etkili olan deney tasarımı metodu TFDT'dir. Bu tür tasarımlarda her faktörün her seviyesinden eşit sayıda deney sonucu alınır ve bunlar birbirleri ile karşılaştırılır. Bunlar dengeli tasarımlardır. Ancak TFDT sadece az sayıda faktör söz konusu olduğunda kullanılabilir. Çünkü gerekli deney sayısı faktörlerin ve seviyelerin artışıyla çok hızlı bir artış gösterir.

Faktörlerin sadece alt ve üst değerlerinin alındığı tam faktöriyel bir deney tasarımında gerekli test sayısı 2^k kadardır; burada k değeri faktör sayısını gösterir, 2 değeri ise her faktörün 2 seviyeli olduğunu yani bir yüksek bir düşük seviyesinin olduğunu gösterir [6]. 2 seviyeli, 3 adet faktörün etkileri irdelenmek istenildiğinde $2^3=8$ adet deney yapılması gerekmektedir. Çizelge 3 'de 2 seviyeli, 3 adet faktörün olduğu TFDT gösterilmektedir.

Çizelge 3. Tam faktöriyel deney tasarımı

Deney Sayısı	Faktör ve Seviyeleri			Sonuç
	A_1	A_2	A_3	
1	-1	-1	-1	S_1
2	-1	-1	+1	S_2
3	-1	+1	+1	S_3
4	-1	+1	-1	S_4
5	+1	-1	-1	S_5
6	+1	-1	+1	S_6
7	+1	+1	-1	S_7
8	+1	+1	+1	S_8

Çizelge 3'deki örneğe göre her bir faktörün etkisi ve birbirleri ile olan etkileşimi için (1) numaralı denklem ortaya çıkar [7][8].

$$\begin{aligned}
 E_{A1} &= \frac{S_1+S_2+S_3+S_4}{4} - \frac{S_5+S_6+S_7+S_8}{4} \\
 E_{A2} &= \frac{S_1+S_2+S_5+S_6}{4} - \frac{S_3+S_4+S_7+S_8}{4} \\
 E_{A3} &= \frac{S_1+S_4+S_5+S_7}{4} - \frac{S_2+S_3+S_6+S_8}{4} \\
 E_{A1A2} &= \frac{S_1+S_2+S_7+S_8}{4} - \frac{S_3+S_4+S_5+S_6}{4} \\
 E_{A1A3} &= \frac{S_1+S_4+S_6+S_8}{4} - \frac{S_2+S_3+S_5+S_7}{4} \\
 E_{A2A3} &= \frac{S_1+S_3+S_5+S_8}{4} - \frac{S_2+S_4+S_6+S_7}{4} \\
 E_{A1A2A3} &= \frac{S_1+S_3+S_6+S_7}{4} - \frac{S_2+S_4+S_5+S_8}{4}
 \end{aligned} \tag{1}$$

Burada E_{A1} , E_{A2} , E_{A3} , E_{A1A2} , E_{A1A3} , E_{A2A3} ve E_{A1A2A3} değerleri herbir faktörün ve bu faktörlerin birbirleriyle olan etkileşimlerinin sonuç değişkeni üzerindeki etki değeridir. Bu değerler faktörlerin sonuç değişkeni üzerindeki anlamlı etkilerini ve birim değişkenliğindeki katsayılarının hesabında kullanılır.

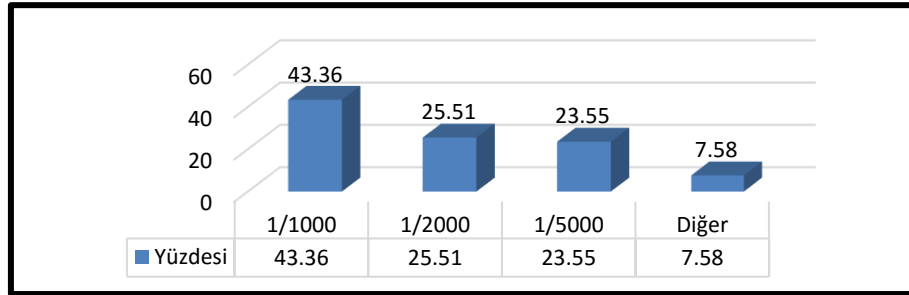
Faktöriyel deney tasarımların en önemli avantajı, tüm faktörlerin sonuç üzerindeki etkisi ve faktörlerin birbirleriyle olan etkileşimlerini en kolay ölçülebilen deney tasarımı yöntemi olmasıdır. Faktöriyel deney tasarımları deneyde mümkün olan bütün kombinasyonları denediği için diğer tasarım türlerine göre zaman ve maliyet kaybına neden olan bir yöntemdir.

Tam faktöriyel deneylerin analizinde ANOVA ve regresyon analizi kullanılmaktadır. Bu yöntemler ile bir parametrenin deney üzerindeki etkisi hesaplanabilir. Varyasyon ve regresyon analizi teknikleri işlem sırasında bir değişiklik yapmadan farklılıkların kaynağının belirlenmesine yardımcı olur [9]. Farklı bilim dallarında Deney Tasarımı metodu sıklıkla kullanılmaktadır.

Harita Mühendisliği alanında ise yeni olarak kullanılmaya başlanan bir yöntemdir. Özellikle çalışmamızda kullanılan TFDT metodu iki seviyeleri (2^k) TFDT özel bir uygulamasıdır [10,11]. Harita Mühendisliği alanında TFDT metodu için yapılan literatür çalışmalarında sadece iki tane çalışma bulunmuştur. GNNS ile konum belirlemede deney tasarımı [11], koordinat dönüşümünde deney tasarımı [12] çalışmalarında TFDT metodu kullanılmıştır.

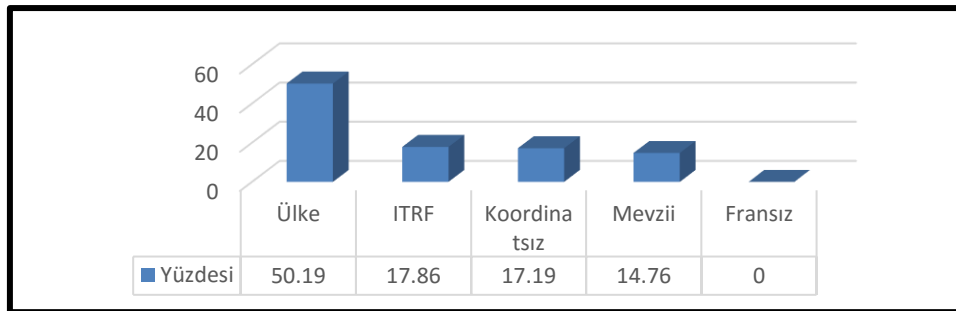
3.1. Kadastro Paftaların Sayısallaştırılmasında Tam Faktöriyel Deney Tasarımı Metodu

Paftaların sayısallaştırılmasında sonuç değişkenine etki ettiği düşünülen faktörlerden ölçek, koordinat sistemi, pafta altlığı ve tarama çözünürlüğü dikkate alınmıştır. Ölçek: Harita üzerinde iki nokta arasındaki uzaklığın gerçek uzaklıklarına oranına denir. Kadastro çalışmaları sonunda üretilen kadastro paftalarının ölçeklerine göre durumu grafiği Şekil 1’ de verilmiştir.



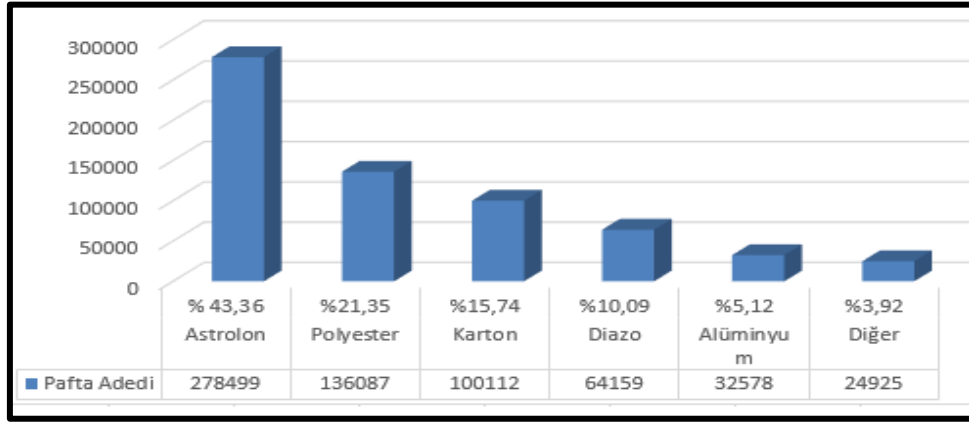
Şekil 1. Ölçeklerine göre kadastro haritalarının grafiksel gösterimi

Koordinat sistemi: Koordinatlar, bir noktanın belirli bir referans sisteminde konumunu tanımlayan doğrusal ve açısal büyüklüklerdir. Bir koordinat sistemini tanımlamak için başlangıç noktasını, dönüklüğünü ve birimini belirlemek gerekir. Ülkemizde kadastro çalışmaları sonunda üretilen kadastro paftalarının koordinat sistemlerine göre durumu Şekil 2’de gösterilmektedir.



Şekil 2. Paftaların koordinat sistemlerine göre grafiksel gösterimi

Pafta altlığı: Harita ve planların çizildiği altlıklara denir. Ülkemizde kadastro çalışmaları sonunda üretilen kadastro paftalarının pafta altlıklarına göre durumu Şekil 3’de gösterilmektedir.



Şekil 3. Pafta altlıklarına göre kadastro haritalarının grafiksel gösterimi

Tarama çözünürlüğü; çözünürlük bir resmi veya fotoğrafı görüntülemek ya da yazdırmak için resim veya fotoğrafın oluştuğu piksel veya noktaların sayısını tanımlayan ölçü birimidir. Tarama çözünürlüğü ise; sayısal olmayan (kağıt, pafta vb.) verilerin tarayıcılar yardımıyla sayısal hale getirilirken kullanıldığı çözünürlüktür.

Bu uygulamada paftaların sayısallaştırılmasında sonuç değişkeni karesel ortalama hataya etki edebilecek olan faktörler belirlenmiş olup, belirlenen 4 tane faktörün 2 seviyedeki değerlerinin sonuç değişkeni üzerindeki etkileri TFDT metodu ile irdelenmiştir.

Sonuç değişkenine etki eden faktörler olarak ölçek, ortak nokta sayısı, pafta altlığı, tarama çözünürlüğü ve koordinat sistemi belirlenmiştir. Çizelge 4’ de faktörler ve seviyeleri gösterilmektedir. Uygulamada 2^k faktöriyel deney tasarımı metodu kullanıldığı için faktörler 2 seviyelidir. Faktörlerin seviyeleri belirlenirken;

- Pafta altlığı için; bugüne kadar üretilen kadastro paftaların büyük bir bölümü astrolon ve alüminyum atlıklar kullanılarak üretildiğinden altlık yapısının karesel ortalama hata üzerindeki etkileri,
- Farklı tarama çözünürlüğündeki paftaların sayısallaştırma işleminde karesel ortalama hataya etkileri,
- Ölçek faktörü için; büyük ve küçük ölçekli paftaların karesel ortalama hataya etkisi,
- Farklı koordinat sistemlerinde üretilen kadastro paftalarından ulusal ve lokal koordinata sahip paftalar yaklaşık %70 oranında olduğundan karesel ortalama hata üzerindeki etkilerini,
- Seçilen faktörlerin etkileşimli etkilerinin karesel ortalama hataya etkilerinin olup olmadığını, yorumlamak adına bu seviyeler seçilmiştir.

Çizelge 4. Deneysel faktörler ve seviyeleri

Faktör	Düşük Seviye (-1)	Yüksek Seviye (+1)
1 Pafta Altlıkları (A)	Astrolon	Alüminyum
2 Tarama Çözünürlüğü (B)	150	300
3 Ölçek Paydası (C)	2000	1000
4 Koordinat Sistemi (D)	Ulusal	Lokal

Burada (+1) yüksek seviye sonuç değişkeni için iyi sonuç beklenen durumu (-1) düşük seviye ise iyi sonuç beklenmeyen durumu temsil etmektedir.

3.2. Çalışma alanı ve veri seti

Çizelge 4 irdelendiğinde belirlenen tüm faktörlerin sonuç değişkeni karesel ortalama hata üzerindeki etkisini incelemek için Ankara ve Rize Kadastro Müdürlüklerinden sayısallaştırılmak üzere paftalar temin edilmiştir.

3.3. Uygulama metodolojisi

TFDT metodu ile analiz işlemi yapılacağı için $2^4 = 16$ deneyden koordinat dönüşümü yapılmıştır. Bu işlemde hatayı azaltabilmek için iki farklı harita kullanılarak işlem tekrarlanmış ve 2 tekrarlı şekilde sonrası elde edilen karesel ortalama hata değerleri elde edilmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Koordinat dönüşümünün deneysel dizayn matrisi

Deney No	Faktör				Karesel Ortalama Hata	
	A	B	C	D	1.Deneme (m)	2.Deneme (m)
1	-1	-1	-1	-1	0.5035	0.5320
2	1	-1	-1	-1	0.1979	0.6242
3	-1	1	-1	-1	0.259	0.2510
4	1	1	-1	-1	0.1956	0.3066
5	-1	-1	1	-1	0.0753	0.0793
6	1	-1	1	-1	0.0446	0.1912
7	-1	1	1	-1	0.1099	0.0931
8	1	1	1	-1	0.0842	0.1368
9	-1	-1	-1	1	0.1968	0.3553
10	1	-1	-1	1	0.8009	0.3676
11	-1	1	-1	1	0.5068	0.8536
12	1	1	-1	1	0.4145	0.2988
13	-1	-1	1	1	0.4462	0.2287
14	1	-1	1	1	0.4059	0.3611
15	-1	1	1	1	0.1160	0.1277
16	1	1	1	1	0.4199	0.2744

4. İrdeleme ve Değerlendirme

Oluşturulan TFDT işleminin istatistiksel analizi Çizelge 5'deki verilere göre gerçekleştirilir. Elde edilen verilere göre iki tekrarlı TFDT metodu ile istatistiksel analiz gerçekleştirilir. Sıfır hipotezi $H_0 = \mu \leq 0.05$ ve alternatif hipotez $H_1 = \mu > 0.05$ olarak kabul edilmiştir.

Yapılan istatistiksel analizin sıfır hipotezinin geçerli olması için belirlenen faktörlerin ana, ikili üçlü, dörtlü, kesişim etkilerinin istatistiksel olarak sıfıra eşit olup olmadığı araştırılır. 0.05 'den küçük P değerine sahip olan faktörler %5 anlamlılık seviyesine göre istatistiksel olarak sıfıra eşit sayılması ve bu faktörlerin sonuç değişkeni üzerindeki etkilerinin anlamlı olduğu sonucuna varılır.

Yapılan istatistiksel analizle belirlediğimiz faktörlerin karesel ortalama hata üzerindeki etkilerinin anlamlı olup olmadığı yapılan ANOVA (varyans analizi) sonucu elde edilir. ANOVA testinde faktörlerin anlamlılığı için Fisher testi, katsayı değerlerinin hesabında ise t-testi kullanılır. Bu değerlerin hesabı [13] açıklanmaktadır. Karesel ortalama hata için elde edilen katsayılar ve tahmini etkilerin bir kısmı Çizelge 6'te gösterilmektedir.

Çizelge 6. Karesel ortalama hata için katsayılar ve tahmini etkiler

Terim	Etki	Katsayı	Katsayının Standart Sapması	T	P
Sabit		0.3081	0.0249	12.36	0.000
A	0.0244	0.0122	0.0249	0.49	0.632
B	-0.0602	-0.0301	0.0249	-1.21	0.245
C	-0.2169	-0.1084	0.0249	-4.35	0.000
D	0.1556	0.0778	0.0249	3.12	0.007
A*B	-0.0477	-0.0238	0.0249	-0.96	0.353
A*C	0.0559	0.0279	0.0249	1.12	0.279
A*D	0.0396	0.0198	0.0249	0.79	0.438
B*C	0.0014	0.0007	0.0249	0.03	0.978
B*D	0.0413	0.0207	0.0249	0.83	0.420
C*D	0.0401	0.0200	0.0249	0.80	0.434
A*B*C	0.0846	0.0423	0.0249	1.70	0.109
A*B*D	-0.0655	-0.0327	0.0249	-1.31	0.208
A*C*D	0.0158	0.0079	0.0249	0.32	0.755
B*C*D	-0.1085	-0.0542	0.0249	-2.18	0.045
A*B*C*D	0.1182	0.0591	0.0249	2.37	0.031

R-Sq=%75.58

Burada, T; her terim için test değerini, P; her terimin sıfır hipotezindeki etkisini göstermektedir. P değeri anlamlılık seviyesi olan 0.05'den küçükse sıfır hipotezinde anlamlı etkiye sahiptir. Ayrıca R-Sq tüm terimlerin kullanımı ile modelin verileri temsil edebilme yüzdesini göstermektedir. TFDT modelinde kullanılan veriler analiz edildiğinde verilerin % 75.58'inin tüm veriler modele dahil olduğunda açıklanabildiği görülmüştür. Çizelge 6'ya göre karesel ortalama hata için;

- Ana etkilerde ölçek (C), koordinat sistemi (D) faktörlerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu,
- Etkileşimli etkilerde İkili etkilerin istatistiksel olarak anlamlı faktör olmadığı,
- Üçlü ve dörtlü etkilerde tarama çözünürlüğü*ölçek*koordinat sistemi (B*C*D) faktörünün istatistiksel olarak anlamlı olduğu,
- -Dörtlü etkilere bakıldığında ise; pafta altlığı*tarama çözünürlüğü*ölçek*koordinat sistemi (A*B*C*D) istatistiksel olarak anlamlı,

olduğu görülmüştür. Çizelge 6'e göre P değeri 0.05'den büyük olan ve karesel ortalama hata üzerinde anlamlı etkiye sahip olmayan faktörler modelden çıkarılarak katsayılar ve tahmini etkiler tablosu yeniden düzenlenmiştir. Sonuç değişkeni karesel ortalama hatanın istatistiksel olarak anlamlı faktörlerle revize edilmiş hali Çizelge 7'de verilmektedir.

Çizelge 7 incelendiğinde; istatistiksel olarak anlamlı olan faktörlerle elde edilen bu modelin verilerin % 62.10 açıklayabildiği sonucu elde edilmiştir. Ana faktörlerden pafta altlığı (A) ve tarama çözünürlüğünün (B) istatistiksel olarak anlamlı olmadığı fakat diğer faktörlerle etkileşiminin sonuç değişkeni karesel ortalama hata üzerinde etkisi olduğu görülmüştür.

Çizelge 7. Karesel ortalama hata için katsayılar ve tahmini etkilerin bir kısmı (revize edilmiş)

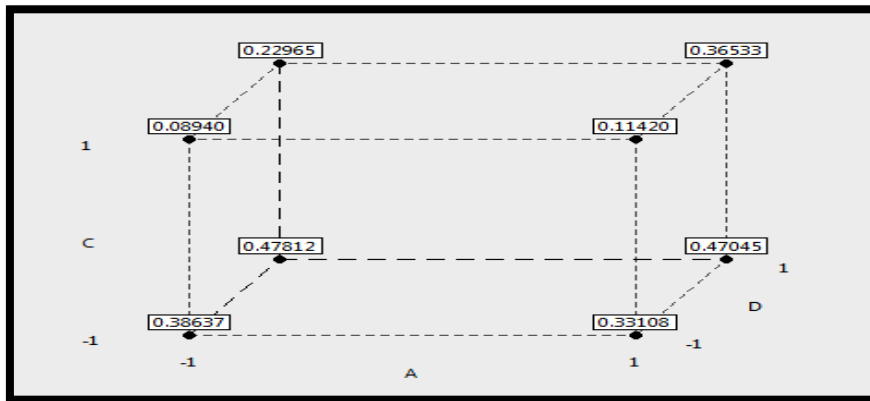
Terim	Etki	Katsayı	Katsayının Standart Sapması	T	P
Sabit		0.3081	0.0249	12.40	0.000
A	0.0244	0.0122	0.0249	0.49	0.628
B	-0.0602	-0.0301	0.0249	-1.21	0.237
C	-0.2169	-0.1084	0.0249	-4.36	0.000
D	0.1556	0.0778	0.0249	3.13	0.004
B*C*D	-0.1085	-0.0542	0.0249	-2.18	0.039
A*B*C*D	0.1182	0.0591	0.0249	2.38	0.025
R-Sq= %62.10					

Regresyon analizi iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkileri ölçmek için kullanılır. Hem tanımlayıcı hem de çıkarımsal istatistik sağlar. Faktörlerin sonuç değişkeni karesel ortalama hata üzerindeki etkileri için istatistiksel analizde elde edilen katsayı değerleri kullanılarak bir regresyon eşitliği yazılabilir [11]. Çizelge 7’ye göre 2^4 faktörlü tam faktöriyel deney modelinde karesel ortalama hata için yazılan regresyon eşitliği;

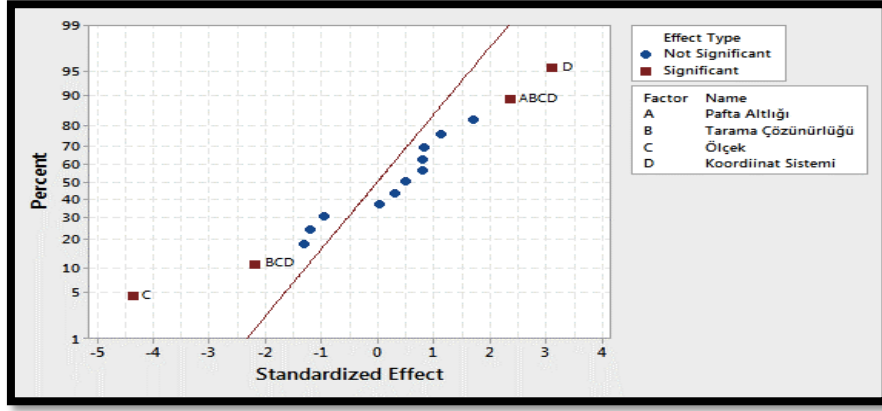
$$Y_{\text{kar.Ort.Hata}} = 0.3081 + 0.0122 * A - 0.0301 * B - 0.1084 * C + 0.0778 * D - 0.0542 * B * C * D + 0.0591 * A * B * C * D \quad (2)$$

olarak elde edilir. Bu regresyon eşitliğinde katsayıların ters işaretlisi olan faktör seviyesi karesel ortalama hatayı küçültür. Bu seviyeler pafta altlığı(A) ve koordinat sistemi(D) için (-1), tarama çözünürlüğü (B) ve ölçek (C) için (+1)’dir. Bu eşitlikte belirlenen faktörlerin düşük ve yüksek seviyeleri (+1) ve (-1) olarak 2 nolu eşitlikte yerine yazılarak yapılacak çalışmadan elde edilebilecek karesel ortalama hatalar çalışma öncesinde belirlenebilir. Örneğin; bu alüminyum altlıkta 150 Dpi tarama çözünürlüğünde, 1/2000 ölçekli lokal koordinat sistemine sahip bir paftadan elde edilebilecek karesel ortalama hata, 2 nolu eşitlikte A, B, C ve D yerine sırasıyla (+1), (-1), (-1) ve (+1) yazılarak $Y_{\text{Kar.Ort.Hata}} = 0.5415\text{m}$. olarak elde edilir. Bu kombinasyon yapılan deneyler arasında yoktur.

Ana etkiler irdelendiğinde; pafta altlığı (A), ölçek (C) ve koordinat sistemi (D) faktörlerinin yüksek ve düşük seviyeleri için yapılan deneylerden elde edilen sonuç değişkeni karesel ortalama hatanın küp grafikleri Şekil 4’de gösterilmektedir.

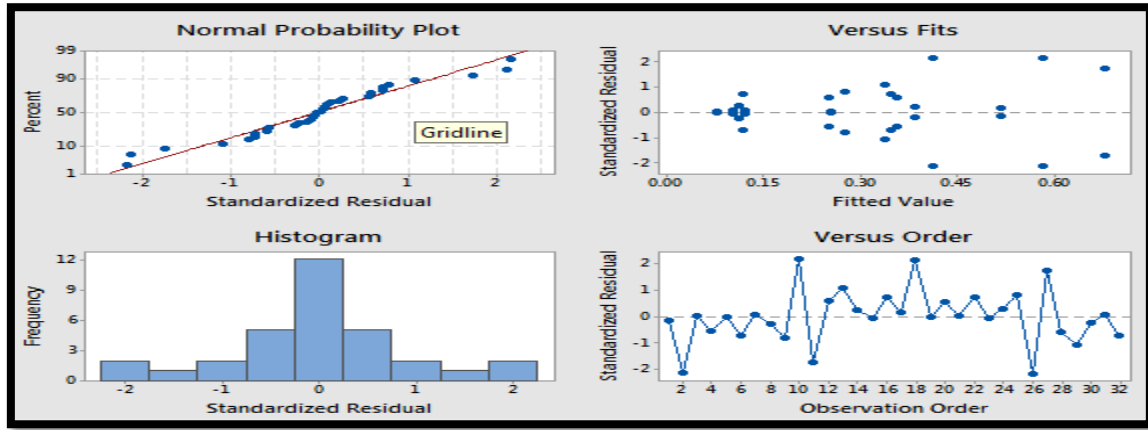
**Şekil 4.** Küp grafiği.

Normallik grafiği standartlaştırılmış ana ve kesişim etkilerinin anlamlılığını gösterir. Ana ve kesişim etkilerinden çizgiden uzak olanlar istatistiksel olarak anlamlıdır (Şekil 5).



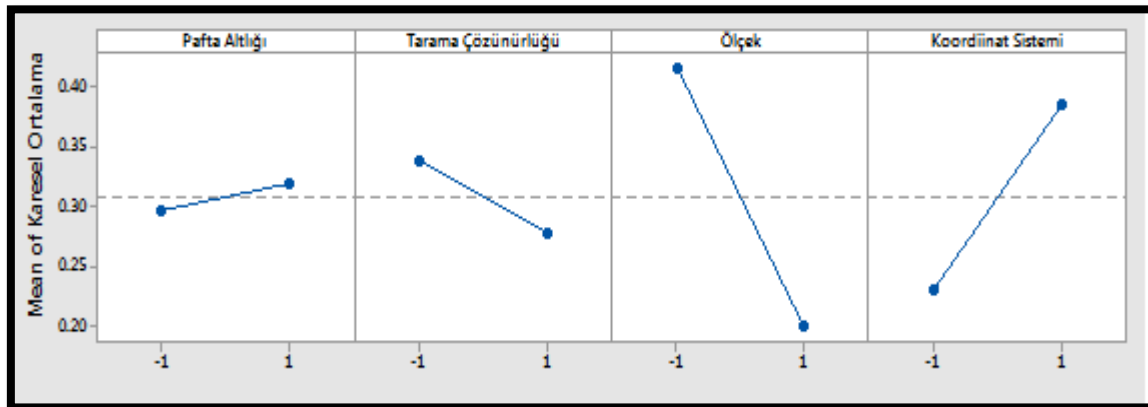
Şekil 5. Normallik grafiği

2^k FTDT'da tahmin değeri ve ölçüler arasındaki fark olan düzeltme değerlerinin her faktör seviyesi için normal dağılımda ve eşit varyanslı olduğu varsayılır [14]. Bu varsayımın kontrolü için düzeltmeler grafiği oluşturulur (Şekil 6).



Şekil 6. Düzeltmeler grafiği.

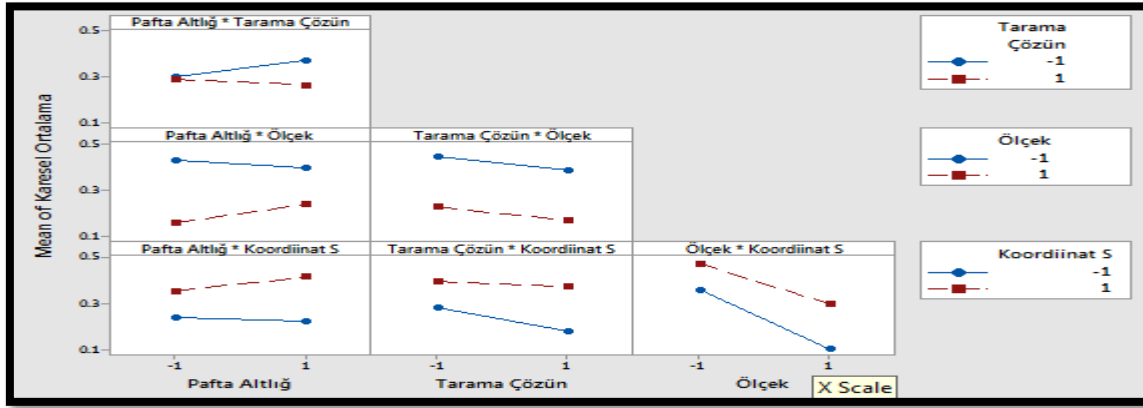
Düzeltilmeler grafiğine göre tüm düzeltmelerin doğrusal bir çizgi etrafında olduğu, negatif ve pozitif olarak eşit oranda dağıldığı ve normal dağılıma uyduğu görülmüştür. Ana etkiler grafiği faktör seviyelerindeki değişimin sonuç değişkenindeki etkilerini göstermektedir. Her faktörün sonuç değişkeni üzerindeki etkisi farklıdır. Eğer çizginin eğimi sıfıra yakınsa ana etkinin sonuç değişkeni karesel ortalama hataya etkisi küçüktür (Şekil 7).



Şekil 7. Ana etkiler grafiği.

Ana etkiler değişim grafiğine göre tarama çözünürlüğünde (+1), ölçek (+1) ve koordinat sisteminde ise (-1) seviyelerinin sonuç değişkeni karesel ortalama hatayı küçülttüğü, pafta altlığı faktöründe ise belirgin oranda karesel ortalama hataya etki etmediği görülmektedir. Şekil 7'den ayrıca karesel ortalama hatayı en

fazla etkileyen faktörlerin sırasıyla ölçek (C) ve koordinat sistemi (D) olduğu görülmektedir. İkili etkiler grafiği Şekil 8’de görülmektedir.



Şekil 8. İkili etkiler grafiği.

İkili etkiler grafiği ile faktörlerin alt ve üst seviyelerinde (-1, +1) sonuç değişkeni üzerindeki etkileri ve iki faktör arasındaki etkileşimler belirlenebilir. Şekil 8 incelendiğinde incelendiğinde faktörler arasında ters etkileşim olmadığı görülmektedir. Pafta altlığı ve tarama çözünürlüğü (-1) seviyesinde iken karesel ortalama hata aynı iken, tarama çözünürlüğü (-1) seviyesinde iken pafta altlığı (+1) seviyesine geldiğinde karesel ortalama hatanın arttığı, tarama çözünürlüğü (+1) seviyesinde iken pafta altlığı (+1) seviyesine geldiğinde karesel ortalama hatanın çok az miktarda azaldığı görülmektedir. Aynı yorumlar diğer faktörler içinde bu grafikten kolayca yapılabilmektedir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada; paftaların sayısallaştırılmasında sonuca etki eden parametrelerin deney tasarımı ile istatistiksel analizi yapılmıştır. Bu amaç için 2^4 tam faktöriyel deney tasarımı yapılmış ve faktör olarak pafta altlığı, tarama çözünürlüğü, ölçek ve koordinat sistemi seçilmiştir. Paftaların sayısallaştırılması esasında bir koordinat dönüşümü olduğundan bahisle deney tasarımı modeli için sonuç değişkeni olarak ölçülerin düzeltme değerlerinin bir fonksiyonu olan karesel ortalama hata alınmıştır.

Deneyler farklı ölçü grupları kullanılarak 2 tekrarlı şekilde yapılmıştır. Karesel ortalama hata değerleri elde edilirken yapılan sayısallaştırma işlemi afın dönüşüm yöntemi ve 10 ortak nokta sayısı kullanılmıştır. Bu çalışma ile elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir.

- Minimum ve maksimum karesel ortalama hata değerleri 0.045 – 0.854 m’dir.
- Sonuç değişkeni karesel ortalama hatanın minimum değerine alüminyum pafta, 150 dpi çözünürlük, 1/1000’lik ölçek ve ulusal koordinat sistemi ile ulaşılmıştır.
- Sonuç değişkeni karesel ortalama hatanın maksimum değerine astrolon pafta, 300 dpi çözünürlük, 1/2000’lik ölçek ve lokal koordinat sistemi ile ulaşılmıştır.
- Ölçek ve koordinat sistemi faktörlerinin ana etkileri sonuç değişkeni için 0.05 anlamlılık seviyesinde anlamlı iken tarama çözünürlüğü ve pafta altlığının ana etkisi anlamlı değildir. Tarama çözünürlüğü ve pafta altlığının ana etkileri anlamlı değilken üçlü ve dörtlü etkilerde karesel ortalama hataya etki ettikleri görülmektedir.
- Faktörlerin ikili etkileri anlamlı değildir.
- Üçlü etkilere bakıldığında tarama çözünürlüğü, ölçek ve koordinat sistemi (B*C*D) anlamlıdır.
- Faktörlerin dörtlü etkileri (A*B*C*D) anlamlıdır.
- Tam faktöriyel deney tasarımı modelinin düzeltmeleri normal dağılmakta ve eşit varyanslıdır.
- Yazılan regresyon eşitliğinde pafta altlığı ve koordinat sistemi için (-1), tarama çözünürlüğü (B) ve ölçek (C) için (+1) seviyeleri alınırsa karesel ortalama hata değeri küçülür.

Çok farklı özelliklere göre üretilmiş kadastro paftalarının sayısallaştırılması gerekmektedir. Bu işlemde deney tasarımı uygulamaları yapılarak sayısallaştırma işlemleri gerçekleştirilmeden; karesel ortalama hata değerlerinin tahmini ve dikkate alınması gerek faktörlerin belirlenmesi sağlanabilir. Bu durum paftaların sayısallaştırılması işleminde emek, zaman ve para kaybını azaltacak ve sonuçta elde edilecek duyarlılıklarla ilgili öncül bilgi edinilmesini sağlayacaktır.

Sonuç olarak bu çalışma ile tam faktöriyel deney tasarımı metodunun paftaların sayısallaştırılması işleminde hangi faktörlerin dikkate alınması gerektiği konusunda uygulayıcılara etkin bir şekilde yol gösterebileceğini ortaya koymuştur. Bu durumda, kadastro paftalarının tüm özellikleri dikkate alınarak yapılacak deney tasarımı çalışması ile tüm paftalara uygulanabilecek regresyon eşitlikleri elde edilebilir ve farklı faktörlerin bir arada bulunması durumunda elde edilebilecek karesel ortalama hatalar çalışma yapılmadan bu eşitliklerden hesaplanabilir. Böylece emek, zaman ve maliyet israfının büyük bir oranda önüne geçilebilir. Ayrıca sonuç değişkenine etki eden birçok faktörün bir arada olduğu diğer jeodezik çalışmalarda bu faktörlerin sonuç üzerinde etkileri belirlenmek istenildiğinde deney tasarımı metodunun etkin bir şekilde uygulanabileceği düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

1. Hinkelmann, K., Kempthorne, O. 2008, Design and Analysis of Experiments Volume 1, Introduction to Experimental Design, John Wiley & Sons, Inc., Publication, 2nd Ed. New Jersey,
2. Krottmaier, J., 1993, Optimizing Engineering Designs, McGraw-Hill, Inc,
3. Tülü, Ş., 2013, Türkiye'de üretilmiş kadastral altlıkların bilgi sistemi oluşturma içerikli çalışmalarda kullanılabilirliğinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
4. Kuşçu, Ş., Azar, A., Kısa, A., 1997, Arşiv Bilgi ve Belgelerinden Yararlanılarak, Grafik Kadastro Haritalarının Sayısallaştırılması ve Bir Uygulamanın Sonuçları, TMMOB, HKMO, 6.Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
5. Morgenstern, D., Riemeier, H.G., Uçar, D., 1988, Homojen Yapıda Olmayan Kadastro Haritalarının Sayısallaştırılması işlenmesi ve iyileştirilmesi, HKMO Yayını, Ankara.
6. Savaşkan, M., Taptık, Y., Ürgen, M., 2004, Deney tasarımı yöntemi ile matkap uçlarında performans optimizasyonu, İTÜ Dergisi, Cilt: 3, Sayı:6, 117-128.
7. Lazic, Z., R. 2004 "Design of Experiments in Chemical Engineering A Practical Guide" WILEY-VCH, ISBN: 978-3-527-31142-2.
8. Demirtaş, H. 2016 "Kadastro Paftalarının Sayısallaştırılmasında Deney Tasarımı ve Yapay Sinir Ağları Yöntemleri" Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
9. Breyfogle F.W., 2003, Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods, Second Edition John Wiley & Sons, Inc. 549-570.
10. Navidi, W., 2008, Statistics for engineers and Scientist McGraw-Hill Companies INC. New York
11. Şişman Y., Şişman A., Bektaş S., 2013, Koordinat Dönüşümünde Deney Tasarımı Yaklaşımı, Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi Cilt:5, No:1 37-46.
12. Sisman,Y., Elevli,S., Sisman,A., A statistical analysis of GPS positioning using experimental design, Acta Geodaetica et Geophysica, 3, 6 / 2014, 10.1007/s40328-014-0053-9.
13. Miller, J., Haden, P. (2006), Statistical Analysis with The General Linear Model, Creative Commons Attribution, San Francisco, USA.
14. Montgomery, D. C. (2001) Design and Analysis of Experiments, Wiley, NY, ISBN-10: 1118146921.