

**Makale  
(Article)**

## Koordinat Dönüşümünde Deneysel Tasarım Yaklaşımı

Yasemin ŞİŞMAN\*, Aziz ŞİŞMAN\*, Sebahattin BEKTAŞ\*

\*Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fak. Harita Mühendisliği Bölümü, 55139 Samsun/TÜRKİYE  
[ysisman@omu.edu.tr](mailto:ysisman@omu.edu.tr)

### Özet

Farklı datumlarda koordinatı belirlenmiş noktaların bir arada kullanılabilmesi için koordinat dönüşümü yapılır. 2boyutlu Benzerlik ve Afin ile 3 boyutlu Benzerlik dönüşümleri jeodezik uygulamalarda çok sıklıkla kullanılır. Koordinat dönüşümü işleminde her iki koordinat sisteminde de koordinatı bilinen ortak noktalar kullanılarak iki koordinat sistemi arasındaki geometrik ilişki kurulur. Ortak nokta koordinatları, koordinat dönüşüm parametrelerinin belirlenmesi sürecinde ölçü olarak kullanılır. Gereğinden fazla sayıda ortak nokta kullanılarak, koordinat dönüşüm parametreleri dengeleme hesabı ile elde edilir. Koordinat dönüşümü işlemi birkaç faktörün bir arada değerlendirilmesiyle oluşan deneysel bir süreçtir. Farklı parametrelerin sonuç değişkeni üzerindeki etkileri deneysel tasarım yöntemleri ile irdelenebilir, bu yöntemlerden birisi Full Faktöriyel Dizayndır. Bu çalışmanın amacı  $2^3$  faktöriyel tasarım kullanarak deneysel faktörlerinin koordinat dönüşümündeki etkilerini analiz etmektir. ED50-ITRF96 datumları arasındaki dönüşümde, deneysel faktörler olarak; ortak nokta sayısı (10-20) dönüşüm yöntemi (benzerlik-afin) ve dengeleme yöntemi (En Küçük Mutlak Toplam ve En Küçük Kareler) belirlenmiştir. Deneysel faktörlerin ve seviyelerinin önemini belirlemek için deney sonuçları Minitab16 istatistiksel yazılımıyla değerlendirilmiş ve bir regresyon modeli önerilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Koordinat dönüşümü, Deneysel tasarım, Ortak Nokta, Dönüşüm Yöntemi, Dengeleme Yöntemi.

## Experimental Design Approach For Coordinate Transformation

### Abstract

The coordinate transformation is realized to use together points coordinate which have different datum. 2D similarity, 2D affine and 3D similarity coordinate transformation is often applied in geodesy. The geometrical relationship between two coordinate systems is established by the common points which their coordinates are known in two coordinate system. In this process, the common points coordinates are used as measurements. The coordinate transformation parameters are determined with more measurement than required number according to adjustment calculus. The coordinate transformation is an experimental process which the combining of several factors are evaluated. The experimental design The effect on response variable of different factors can be investigated using experimental design methods. One of these methods is Full Factorial Design. The aim of this study is to analyze the factors effects of 2D coordinate transformation on the response variable using  $2^3$  factorial design. The common point number (10-20), transformation method (similarity-affine) and adjustment method (the least square-the least absolute value) are taken as experimental factors in the coordinate transformation between ED50-ITRF96 datums. The result of experiment are evaluated by Minitab16 statistical software to determine the significance of the factors and the levels of factors and the regression equation is obtained between the factors and response variable.

**Keywords :** Coordinate Transformation, Experimental Design, Common Point, Transformation Methods, Adjustment Method.

*Bu makaleye atf yapmak için*

*Şişman Y., Şişman A., Bektaş S., "Koordinat Dönüşümünde Deneysel Tasarım Yaklaşımı. " Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi 2013, 5(1) 37-46*

*How to cite this article*

*Şişman Y., Şişman A., Bektaş S., " Experimental Design Approach For Coordinate Transformation." Electronic Journal of Map Technologies, 2013, 5 (1) 37-46*

## 1. GİRİŞ

Koordinatlar, bir noktanın belirli bir referans sisteminde konumunu tanımlayan uzunluk ve/veya açısal büyüklüklerinden elde edilen sayısal değerlerdir [1]. Jeodezik nokta koordinatları kurulan jeodezik ağlardaki ölçülerin değerlendirilmesi ile belirlenir. Bir jeodezik ağ kurulurken dünya yüzeyindeki konumunun belirlenmesi için yerleştirme ve yönlendirmesinin yapılması, yani datumunun belirlenmesi gereklidir. Bir jeodezik ağın datumu ile hem ağın temelini oluşturan referans elipsoidi hem de jeodezik ağ noktalarının koordinatının elde edileceği koordinat sistemi tanımlanmış olur. Bu nedenle iki datum arasındaki datum dönüşümü ile iki koordinat sistemi arasındaki koordinat dönüşümü aynı işlem olur [2].

Türkiye’de jeodezik nokta koordinatları için jeodezik datum olarak 2005 yılına kadar Avrupa Datumu-50 (ED-50) ve koordinat sistemi kullanılmıştır. ED-50 koordinat sistemindeki koordinatlarda tektonik hareketler ve depremler sonucunda bazı değişimler ve bozulmalar oluşmuştur. Ayrıca zamansal süreçte hesaplama ve ölçme yöntemlerinde de büyük değişimler meydana gelmiştir. ED-50 koordinatlarındaki problemleri ortadan kaldırmak ve sağlam ve güvenilir jeodezik ağ sistemi oluşturmak için Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA) kurulmuştur. TUTGA’nın datumu ve koordinat sistemi Uluslar Arası Yersel Referans Sistemi 1996 (International Terrestrial Reference Frame 1996 - ITRF96)’dır [3]. ED50 ve ITRF96 datumları Türkiye’nin tarihsel süreçte kullanılmış ulusal koordinat sistemleridir ve bu iki sistemde üretilmiş birçok koordinat verisi mevcuttur. Her iki sistemde üretilmiş koordinatların bir arada kullanılması için koordinat dönüşümü yapılmalıdır.

Deneysel yöntemler birçok mühendislik alanında olduğu gibi harita mühendisliği ile ilgili çalışmalarda da kullanılmaktadır [4-16]. Full faktöriyel dizayn deneylerle faktörlerin seviyelerini analiz eder [17].  $2^k$  faktör tasarımı ile oluşturulan iki seviyeli ( $x$ ) faktörlerinin ( $y$ ) sonuç değişkeni üzerindeki etkileri full faktöriyel dizayn ile açıklanabilir [18-19]. Koordinat dönüşümü işlemi de birkaç faktörün çeşitli seviyeleri ile sonuç değişkenini etkilediği bir uygulamadır. Bu durumda koordinat dönüşümü süreci de deney tasarımı ile irdelenebilir. Koordinat dönüşümünün deney tasarımı işleminde faktör olarak ortak nokta sayısı, koordinatın doğruluğu, ölçüm ve değerlendirme yöntemi, pafta sayısallaştırılıyorsa paftanın ölçeği, tarama inceliği, dönüşüm yöntemi ve çözümde kullanılan dengeleme yöntemi seçilebilir. Sonuç değişkeni olarak duyarlık ve güvenilirlik parametrelerinden herhangi biri (karesel ortalama hata, nokta konum hatası, hata elipsi, vs.) seçilebilir.

Bu çalışmada ED-50 ve ITRF96 koordinat sistemleri arasındaki koordinat dönüşümü sürecinde; ortak nokta sayısı, dönüşüm yöntemi ve dengeleme yöntemi faktörlerinin iki farklı seviyesinin sonuç değişkeni olarak alınan karesel ortalama hata (KOH) üzerindeki etkilerinin Full Faktöriyel Dizayn (FFD) ile analizi amaçlanmıştır. Faktörlerin iki seviyesinin KOH üzerindeki ana ve etkileşimli etkileri  $2^3$  faktör tasarımı ile araştırılmış ve sonuçta  $y = f(x)$  şeklinde bir regresyon eşitliği elde edilmiştir.

## 2. MATERYAL ve METOT

### 2.1. Koordinat Dönüşümü

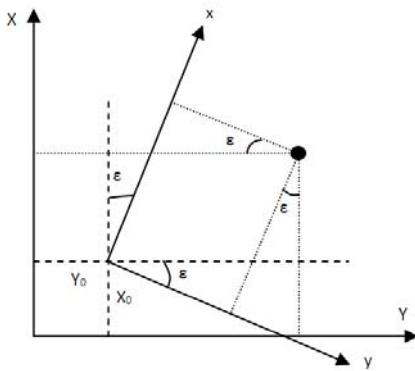
Herhangi bir dik koordinat sistemine göre koordinatları belli olan noktaların başka bir koordinat sistemindeki koordinatlarının hesaplanması işlemine “Koordinat Dönüşümü ya da Transformasyonu” denmektedir [20]. Koordinat dönüşümü, iki koordinat sistemi arasındaki geometrik ilişkiyi her iki koordinat sisteminde de koordinatı bilinen ortak noktalar kullanarak dönüşüm parametreleri ile tanımlar. Koordinat dönüşümü birçok bilim dalında uygulanır ve detayları [21]’de bulunabilir.

Koordinat dönüşümünde elemanların her iki koordinat sisteminde de bazı geometrik özellikleri korunur. Nokta koordinatlarının tanımındaki tarihsel gelişime bağlı olarak koordinat dönüşümü de iki ve üç

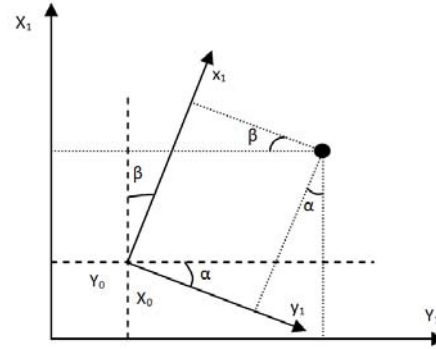
boyutlu olarak tanımlanmış ve çözülmüştür. İki ve üç boyutlu koordinat dönüşümü korunan geometrik ilişkilere göre, benzerlik dönüşümü, afin dönüşüm, projektif dönüşüm şeklinde gruplandırılabilir. Jeodezik ölçüler yapılarak elde edilmiş koordinatlar arasındaki dönüşümde benzerlik, paftaların ya da kağıt ortamında saklanan çizgisel bilgilerin dönüşümünde afin, fotoğrafların dönüşümünde ise projektif dönüşüm kullanılması tavsiye edilmektedir.

### • İki Boyutlu Benzerlik ve Afin Dönüşümleri

İki boyutlu benzerlik dönüşümünde iki koordinat sistemi arasındaki geometrik ilişki 4 parametre (iki öteleme, 1 dönüklük ve 1 ölçek faktörü) ile tanımlanırken İki boyutlu afin dönüşümünde ise 6 parametre (iki öteleme, 2 dönüklük ve 2 ölçek faktörü) ile tanımlanır (Şekil 1a, 1b).



Şekil 1a. Benzerlik dönüşümü



Şekil 1b. Afin dönüşümü

Bu şekilde bir noktanın koordinatı benzerlik dönüşümü için;

$$X_i = X_0 + k * x_i * \text{Cos}\epsilon - k * y_i * \text{Sin}\epsilon$$

$$Y_i = Y_0 + k * x_i * \text{Sin}\epsilon + k * y_i * \text{Cos}\epsilon$$

eşitliğiyle hesaplanır. Bu eşitlikte  $a = k * \text{Cos}\epsilon$ ;  $b = k * \text{Sin}\epsilon$ ;  $c = X_0$ ;  $d = Y_0$  olarak alınır

$$X_i = c + a * x_i - b * y_i$$

$$Y_i = d + b * x_i + a * y_i$$

(1)

eşitliği bulunur. Burada,  $(x_i, y_i), (X_i, Y_i), k, \alpha$  ve  $a, b, c, d$  sırasıyla 1. ve 2. koordinat sisteminde koordinatlar, ölçek faktörü, koordinat eksenindeki dönüklük ve dönüşüm parametreleridir.

Bir noktanın koordinatı afin dönüşümü için koordinatı ise;

$$X_i = k_x * x_i * \text{Cos}\alpha - k_y * y_i * \text{Sin}\beta + X_0$$

$$Y_i = k_x * x_i * \text{Sin}\alpha + k_y * y_i * \text{Cos}\beta + Y_0$$

eşitliğiyle hesaplanır. Bu eşitlikte  $a = k_x * \text{Cos}\alpha$ ;  $b = -k_y * \text{Sin}\beta$ ;  $c = X_0$ ;  $d = k_x * \text{Sin}\alpha$ ;  $e = k_y * \text{Cos}\beta$ ;  $f = Y_0$  olarak alınır;

$$X_i = a * x_i + b * y_i + c$$

$$Y_i = d * x_i + e * y_i + f$$

(2)

Burada,  $(k_x, k_y)$ ,  $(\alpha, \beta)$  ve  $a, b, c, d, e, f$  sırasıyla ölçek faktörleri, koordinat eksenlerindeki dönüklükler ve dönüşüm parametreleridir, [22].

Yeterli çözüm için benzerlik dönüşümüne 2, afin dönüşümünde 3 ortak nokta koordinatının bilinmesi yeterli olmasına karşın dönüşümünün duyarlılığını artırmak için fazla sayıdaki ortak nokta koordinatı kullanılarak dengelemeli çözüm yapılır [23].

### • Dengeleme Hesabı

Uygulamalı bilimlerde ölçülerden ve ölçü sonuçlarından elde edilen doğruluğu ve duyarlılığı artırmak için fazla sayıda ölçü yapılır. Dengeleme hesabının amacı kaba, sistematik ve uyuşumsuz ölçü içermeyen ölçü grubundan herhangi bir ölçüyü çıkarmadan bilinmeyenlerin ve bilinmeyenlerin fonksiyonlarının en uygun ve en yüksek olasılıklı değerini belirlemektir [24]. Dengeleme hesabında bilinmeyen parametreleri belirlemek için bir amaç fonksiyonuna göre çözüm yapılır.

$x$  bilinmeyen parametrelerin  $\ell$  ölçü grubundan dengeleme hesabı ile belirlenmesi için ölçülerle bilinmeyenler arasındaki fonksiyonel ve stokastik ilişkileri gösteren matematik model yazılır.

$$\hat{\ell} = \Phi_i(x_1, x_2, \dots, x_u) \quad Q_{\ell\ell} = P^{-1}; \quad C_{\ell\ell} = \sigma_0^2 Q_{\ell\ell} \quad (3)$$

Doğrusal matematik model olarak da bilinen Gauss-Morkoff modeli (3) eşitliği doğrusallaştırılarak elde edilir [24-25].

$$E\{\hat{\ell}\} = \underline{\ell} + \underline{v} = \underline{Ax} \quad \underline{Q}_{\ell\ell} = \underline{P}^{-1}; \quad \underline{C}_{\ell\ell} = \sigma_0^2 \underline{Q}_{\ell\ell} \quad (4)$$

(3) ve (4) eşitliğinde,  $A$  matematik modelin tasarım matrisi,  $P$ ,  $Q_{\ell\ell}$  ve  $C_{\ell\ell}$  ölçülerin ağırlık, ters ağırlık ve varyans-kovaryans matrisi,  $\sigma_0^2$  öncül varyans ve  $\hat{\ell}$  kesin ölçülerdir.

(4) eşitliğinde verilen matematik model bir amaç fonksiyonuna göre çözülür. Amaç fonksiyonu ölçü düzeltmelerinin minimum olmasına göre seçilir. En çok kullanılan dengeleme yöntemi En Küçük Kareler (EKK) olmasına rağmen bazı dezavantajları nedeniyle diğer dengeleme yöntemleri de kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden biri de En Küçük Mutlak Toplam (EKMT) yöntemidir. EKK Yöntemi  $\|Pv\| = [Pv] = \min.$ ; EKMT yöntemi  $\|pv\| = [p|v] = \min.$  amaç fonksiyonunu ile çözüm yapar. Ayrıca bu yöntemlerden EKK Yöntemi; ölçülerin tümünü kullanarak dönüşüm parametrelerini hesaplarken, EKMT yöntemi ise sadece yeterli sayıda ölçüyü kullanarak dönüşüm parametrelerini hesaplar. Bunun sonucu olarak EKK yöntemi her ölçü değerine bir düzeltme değeri hesaplarken, EKMT ise sadece yeterli koordinat parametresi hesabında kullanmadığı noktalara düzeltme değeri hesaplar. Yöntemlerin detayları [26]'da bulunabilir.

## 2.2 Deney Tasarımı ve Full Faktöriyel Dizayn Yaklaşımı

Faktöriyel deneyler iki ya da daha fazla parametrenin sonuç değişkeni üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir süreçtir. Full faktöriyel deneylerle parametrelerin ana ve kesişim etkilerinin sonuç değişkenini nasıl değiştirdiği elde edilir [18-19, 27].  $2^p$  faktöriyel deneyler faktöriyel dizaynın özel halidir. Burada  $p$  faktör numarasını göstermektedir ve tüm parametrelerin 2 seviyesi vardır [28].

Bu çalışmada, 3 faktörün 2 seviyedeki (yüksek +1, düşük -1) değerlerinin  $2^3$  FFD ile sonuç değişkeni üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Faktör olarak, ortak nokta sayısı (10-20), dönüşüm yöntemi (benzerlik-afin), ve dengeleme yöntemi (EKMT ve EKK) alınırken, sonuç değişkeni olarak da ölçülerin düzeltme değerlerinden oluşturulmuş bir değer olan  $s_0$  KOH alınmıştır.

$$s_0 = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{(2 * n - u)}} \quad (5)$$

Faktörlerin düşük ve yüksek seviye değerleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Deneysel faktörlerin seviyeleri

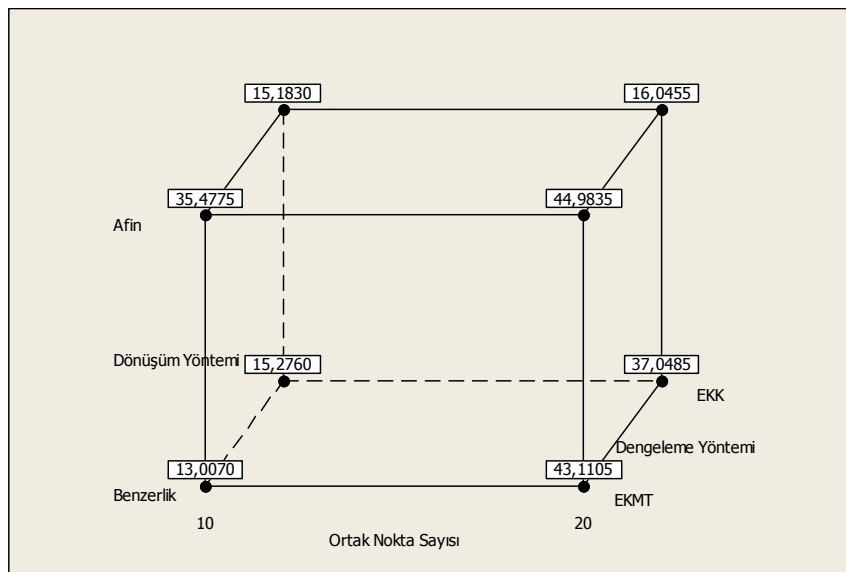
Faktör	Düşük Seviye (-1)	Yüksek Seviye (+1)
Ortak Nokta Sayısı (A)	10	20
Dönüşüm Yöntemi (B)	Benzerlik	Afin
Dengeleme Yöntemi (C)	EKMT	EKK

$2^3=8$  deneyden 2 tekrarlı şekilde elde edilen koordinat dönüşümü sonuçları Tablo 2’de gösterilmiştir.

**Tablo 2.** Koordinat dönüşümünün deneysel dizayn matrisi

Deney No.	Faktör			Karesel Ortalama Hata	
	A	B	C	I.Deneme	II.Deneme
1	-1	-1	-1	12.454	13.560
2	+1	-1	-1	42.781	43.440
3	-1	+1	-1	33.665	37.290
4	+1	+1	-1	48.065	41.902
5	-1	-1	+1	16.326	14.226
6	+1	-1	+1	43.322	30.775
7	-1	+1	+1	21.277	9.089
8	+1	+1	+1	12.608	19.483

Faktörlerin düşük ve yüksek seviyeleri için yapılan deneylerden elde edilen KOH değerlerini Küp grafiği (Şekil 2) göstermektedir.



**Şekil 2.** Küp grafiği

Şekil 2 her bir faktörün (+1) ve (-1) seviyesindeki deney sonuçları gösterilmektedir. Faktör sayısı 3 olduğu için bir küpün köşe noktaları bu değerleri temsil etmeye yeterli olmuştur.

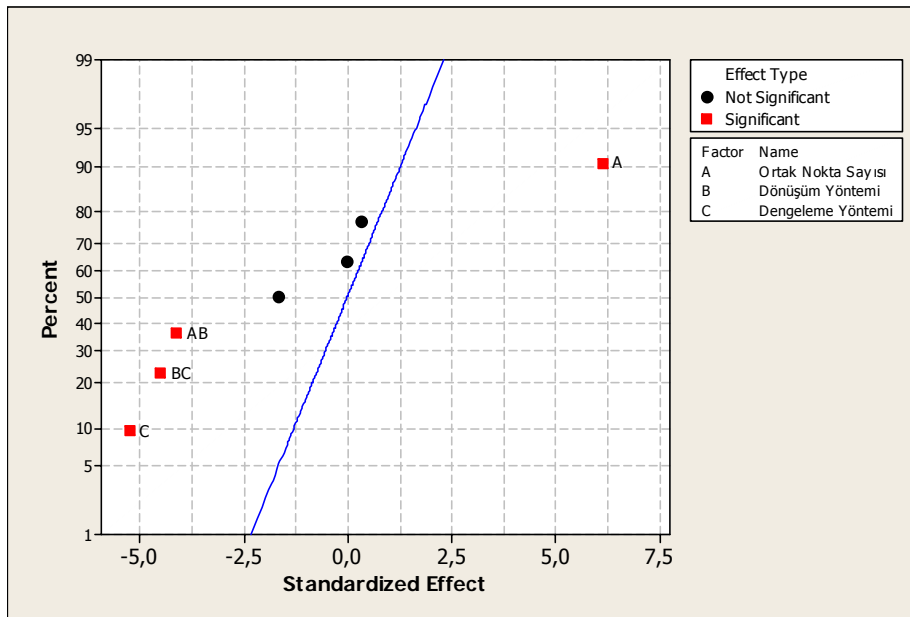
Deney tasarımı işleminin istatistiksel analizde sıfır hipotezinin geçerli olması için ana, ikili ve üçlü kesişim etkilerinin istatistiksel olarak sıfıra eşit olup olmadığı araştırılır.  $0.05$ 'den küçük  $P$  değerine sahip olan faktörler %5 anlamlılık seviyesine göre istatistiksel olarak sıfıra eşit sayılır (Tablo 3).

**Tablo 3.** KOH için katsayılar ve tahmini etkiler

Terim	Etki	Katsayı	Katsayının Std. Hatası	T	P
<i>Sabit</i>		27.516	1.266	21.73	0.000
<i>A</i>	15.561	7.781	1.266	6.14	0.000
<i>B</i>	0.812	0.406	1.266	0.32	0.757
<i>C</i>	-13.256	-6.628	1.266	-5.23	0.001
<i>A*B</i>	-10.377	-5.188	1.266	-4.10	0.003
<i>A*C</i>	-4.244	-2.122	1.266	-1.68	0.132
<i>B*C</i>	-11.360	-5.680	1.266	-4.49	0.002
<i>A*B*C</i>	-0.078	-0.039	1.266	-0.03	0.976

Tablo 3'e göre KOH için ortak nokta sayısı (*A*) ve dengeleme yöntemi (*C*) faktörlerinin ana etkileri istatistiksel olarak anlamlı, dönüşüm yöntemi (*B*) faktörü ise anlamsızdır. İkili etkilere bakıldığında, ortak nokta sayısı\*dönüşüm yöntemi (*A\*B*) ve dönüşüm yöntemi\*dengeleme yöntemi (*B\*C*) anlamlı iken ortak nokta sayısı\*dengeleme yöntemi (*A\*C*) anlamsızdır. Üçlü etki (*A\*B\*C*) anlamlı değildir.

Normallik grafiği standartlaştırılmış ana ve kesişim etkilerinin anlamlılığını gösterir. Ana ve kesişim etkilerinden çizgiden uzak olanlar istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu çalışma için oluşturulan Şekil 3'e bakıldığında yine ana etkilerde ortak nokta sayısı (*A*), dengeleme yöntemi (*C*), ortak nokta sayısı\*dönüşüm yöntemi (*A\*B*) ve dönüşüm yöntemi\*dengeleme yöntemi (*B\*C*) anlamlı olduğu görülmektedir.



**Şekil 3.** Normallik grafiği

Yapılan istatistiksel irdeleme ile Tablo 3'e göre anlamsız olan faktörler modelden çıkarılarak revize edilir. Tablo 4 KOH için istatistiksel olarak anlamlı faktörlerle modelin %5 anlamlılık seviyesine göre revize edilmiş halini göstermektedir.

**Tablo 4.** KOH için katsayılar ve tahmini etkiler (revize edilmiş)

Terim	Etki	Katsayı	Katsayının Std. Hatası	T	P
<i>Sabit</i>		27.516	1.316	20.90	0.000
<i>A</i>	15.561	7.781	1.316	5.91	0.000
<i>B</i>	0.812	0.406	1.316	0.31	0.764
<i>C</i>	-13.256	-6.628	1.316	-5.04	0.001
<i>A*B</i>	-10.377	-5.188	1.316	-3.94	0.003
<i>B*C</i>	-11.360	-5.680	1.316	-4.31	0.002

R-Sq = 90.43% R-Sq(pred) = 75.51% R-Sq(adj) = 85.65%

Tablo 4'den Dönüşüm Yöntemi faktörünün tek başına istatistiksel olarak anlamlı olmadığını fakat diğer faktörlerle etkileşiminin KOH üzerinde etkisi olduğu anlaşılmaktadır.

Faktörlerin sonuç değişkeni üzerindeki etkileri için istatistiksel analizde elde edilen katsayı değerleri kullanılarak bir regresyon eşitliği yazılabilir. 2<sup>3</sup> faktörlü bir deney için yazılabilecek regresyon eşitliği

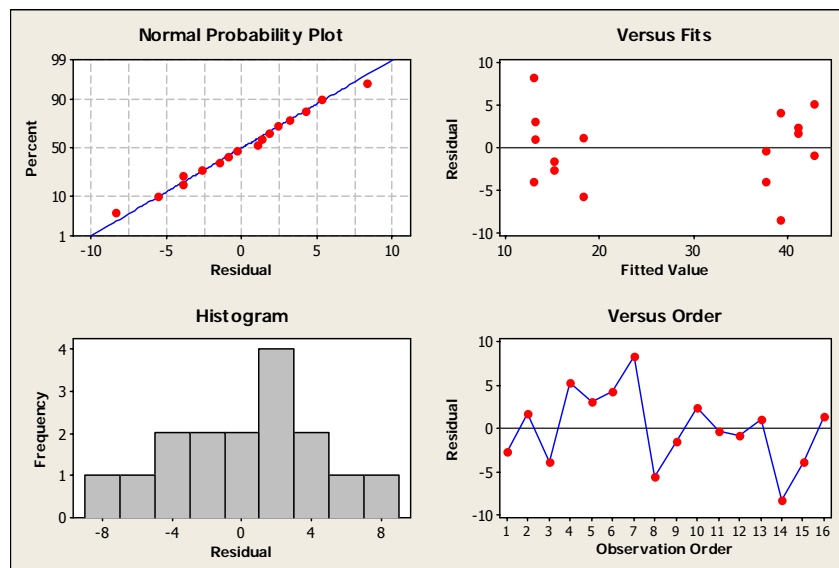
$$Y = \beta_0 + \beta_1 * A + \beta_2 * B + \beta_3 * C + \beta_{12} * A * B + \beta_{13} * A * C + \beta_{23} * B * C + \beta_{123} * A * B * C$$

şeklinindedir. Tablo 4'e göre KOH için yazılan regresyon eşitliği,

$$Y = 27.516 + 7.781 * A + 0.406 * B - 6.628 * C - 5.188 * A * B - 5.680 * B * C \quad (6)$$

olarak elde edilir. Bu eşitliğe göre katsayıların ters işaretlisi olan faktör seviyesi KOH'nın küçültür. Bu seviyeler sırasıyla ortak nokta ve dönüşüm yöntemi için (-1), dengeleme yöntemi için ise (+1)'dir.

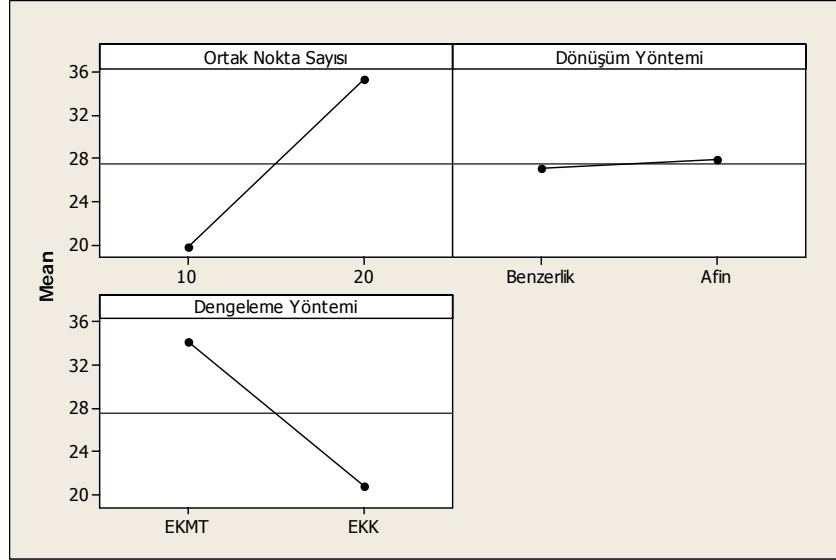
2<sup>k</sup> FFD tasarımında tahmin değeri ve ölçüler arasındaki fark olan artık değerlerinin her faktör seviyesi için normal dağılımda ve eşit varyanslı olduğu varsayılır [19]. Bu varsayımın kontrolü için artıklar grafiği oluşturulur (Şekil 4).



**Şekil 4.** Artıklar grafiği

Artıklar grafiğine göre (Şekil4) tüm düzeltmelerin doğrusal bir çizgi etrafında oluştuğu, 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 gücü küçüktür (Şekil 5).



Şekil 5. Ana etkiler grafiği

Ana etkiler grafiğine göre (Şekil 5) ortak nokta sayısı faktörünün (-1), dengeleme yöntemi faktörünün (+1) seviyelerinin KOH'yı küçülttüğü, dönüşüm yönteminin ise faktörününse çok büyük bir değişim yapmadığı görülmüştür.

### 3. SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME

Bu çalışmanın amacı koordinat dönüşümündeki parametrelerin deney tasarımı ile istatistiksel analizidir. Bu amaç için  $2^3$  FFD tasarımı yapılmış ve faktör olarak ortak nokta sayısı, dönüşüm ve dengeleme yöntemleri seçilmiştir. Modelin tasarımında sonuç değişkeni olarak ölçülerin düzeltme değerlerinin bir fonksiyonu olan KOH alınmıştır. Deneyler farklı ölçü grupları kullanılarak 2 tekrarlı şekilde yapılmıştır. Elde edilen ana sonuçlar aşağıdaki şekildedir.

- Minimum-maksimum KOH değerleri 9.089-43.322 cm.'dir.
- KOH'nın minimum değerine 10 ortak nokta, benzerlik dönüşümü ve EKK dengeleme yöntemi ile ulaşılmıştır.
- KOH'nın maksimum değerine 20 ortak nokta, afin dönüşümü ve EKMT dengeleme yöntemi ile ulaşılmıştır.
- Ortak Nokta Sayısı ve Dengeleme Yöntemi faktörlerinin ana etkileri sonuç değişkeni için %5 anlamlılık seviyesinde anlamlı iken Dönüşüm Yönteminin ana etkisi anlamlı değildir.
- İkili etkilerde ise dönüşüm yöntemi diğer faktörlerle anlamlı çıkmıştır.
- Faktörlerin üçlü etkisi anlamlı değildir.
- FFD modelinin düzeltmeleri normal dağılmakta ve eşit varyanslıdır.
- Yazılan regresyon eşitliğinde ortak nokta ve dönüşüm yöntemi için (-1), dengeleme yöntemi için (+1) yazılırsa KOH küçülür.



Bu çalışma ile deney tasarımının koordinat dönüşümünde oldukça etkin bir şekilde kullanabildiği görülmüştür ve birçok jeodezik çalışmada da uygulanabileceği düşünülmektedir.

#### 4. KAYNAKLAR

1. URL1, web.ogm.gov.tr/birimler/merkez/kadastro/Projeksiyon.docx, ulaşım 15.12.2012.
2. Aksoy, A., 1999, “Jeodezide Değişimler”, Harita ve Kadastro Mühendisliği Dergisi, 86, 40-60.
3. Celik, R.N., Ayan, T., Deniz, R., Özlüdemir, M.T., 2004, “Geodetic infrastructure of Turkey for GIS, GPS and remote sensing applications”, XX. ISPRS Conference, Commission VI, WG VI/4, İstanbul.
4. Williams, P.H., 2006 “Designing Experiments for the Modern Micro Industries”, www.cepmagazines.org. 58-63.
5. Ponnusami, V., Krithika, V., Madhuran, R., Srivastava, S.N., 2007, “Biosorption of reactive dye using acid-treated rice husk: Factorial design analysis”, Journal of Hazardous Materials, 142, 397–403.
6. Moreb, A.A., Savsar, M., 2007, “Minimizing Defects in Turfing Process Using Full Factorial Design”, WSEAS Transactions on Business and Economics. 3(4), 54-57.
7. Cestari, A.R., Vieira, E.F.S., Mota, J.A., 2008, “The removal of an ionic red dye from aqueous solutions using chitosan beads-The role of experimental factors on adsorption using a full factorial design”, Journal of Hazardous Materials, 160, 337-343.
8. Jaikumar, V., Ramamurthi, V., 2009, “Statistical analysis and optimization of acid dye biosorption by brewery waste biomass using response surface methodology” Modern Applied Science, 3(4), 71-86.
9. Esmé, U., Sagbas, A., Kahraman, F., 2009, “Prediction of Surface Roughness in Wire Electrical Discharge Machining Using Design of Experiments and Neural Networks” Iranian Journal of Science and Technology Transaction B-Engineering, 33(B3) 231-240.
10. Chan, F., Calleja, H., “Design Strategy to Optimize the Reliability of Grid-Connected PV Systems” IEEE Transactions on Industrial Electronics 56(11), 4465-4472.
11. Kavak, D., 2009, “Removal of boron from aqueous solutions by batch adsorption on calcined alunite using experimental design” Journal of Hazardous Materials, 163, 3008-3014.
12. Coruh, S., Elevation, S., Senel, G., Ergun, O.N., 2011, “Adsorption of Silver from Aqueous Solution onto Fly Ash and Phosphogypsum Using Full Factorial Design” Environmental Progress & Sustainable Energy., 30(4), 609-619.
13. Mesci, B., Elevation S., 2012, “Recycling Of Chromite Waste for Concrete: Full Factorial Design Approach” International Journal of Environmental Research. 6(1), 145-150.
14. Carolina, T., 2005, “Evaluating Geographic Visualization Tools and Methods: An Approach and Experiment Based upon User Tasks”, Dykes J.; MacEachren A.M.; Kraak M.J. (Eds.) Exploring Geovisualization. 645-666.

15. Carvajal, F., Aguera, F., Aguilar, F.J., Aguilar, M.A., 2010, "Relationship between atmospheric corrections and training-site strategy with respect to accuracy of greenhouse detection process from very high resolution imagery" *International Journal of Remote Sensing*, 31(11), 2977–2994.
16. Liptak, M., Sokol, S., 2011, "Reducing The Impact of a Vertical Refraction by a Two-Regime Model" *Slovak Journal of Civil Engineering*. XIX(2), 21-26.
17. George, M.L., Rowlands, D., Price, M., Maxey, J., 2005, *Lean Six Sigma Pocket Toolbook*. McGraw-Hill, New York.
18. Navidi, W., 2008, *Statistics for Engineers and Scientist*. McGraw-Hill Companies Inc., New York.
19. Montgomery, D.C., Runger, G.C., Hubele, N.F., 2001, *Engineering Statistics*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
20. Turgut, B., İnal, C., 2003, "Nokta Konum Duyarlıklarının İki ve Üç Boyutlu Koordinat Dönüşümüne Etkisi", TUJK Bilimsel Toplantısı , <http://www.harita.selcuk.edu.tr/arsiv/calistay2003/default.htm>.
21. Ghilani, D.C., Wolf, R.P., 2006, *Adjustment Computations Spatial Data Analysis.*, John Wiley and Sons Inc., New Jersey.
22. Haberler, M., H. Kahmen, 2003, "Detection of landslide block boundaries by means of an affine coordinate transformation", *Proceedings, 11th Fig Symposium on Deformation Measurements, Santorini, Greece*.
23. Kwon, J.H., Bae, T., Choi, Y, Lee,D., Lee, Y., 2005. "Geodetic datum transformation to the global geocentric datum for seas and islands around Korea" *Journal of Geoseinces*, 9(4), 353-361.
24. Wang, Y., 1992, "A rigorous photogrammetric adjustment algorithm based on co-angularity condition" *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 29(B5), 195-202.
25. Vanicek, P., Wells D.E., 1972, *The Least Squares Approximation*. Department of Geodesy and Geomatics Engineering University of New Brunswick, Canada.
26. Bektaş S., Şişman Y., 2010, "The comparison of L1 and L2-norm minimization methods" *International Journal of the Physical Sciences*, 5(11), 1721 – 1727.
27. Ismail, A.A., El-Midany, A.A., Ibrahim, I.A., Matsunaga, H., 2008, "Heavy metal removal using SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> binary oxide: experimental design approach" *Adsorption*. 14, 21-29.
28. Gygi C., Decarlo N., Williams B., 2005, *Six sigma for dummies*. Wiley Publishing Inc., Indiana.