

GPS İLE KONUM BELİRLEMEDE DENEY TASARIMI YAKLAŞIMI

Y. ŞİŞMAN¹, A. ŞİŞMAN²

¹ Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü,
Jeodezi Anabilim Dalı, Samsun, ysisman@omu.edu.tr, asisman@omu.edu.tr

Özet

GPS ile konumlama baraj, köprü, tren yolu, kanalizasyon ve boru hattı projeleri, deformasyon ve kabuk hareketlerinin ölçümünde çok sıklıkla kullanılmaktadır. Çevresel faktörler ve ölçücü tarafından belirlenen ölçme seçenekleri GPS konumlamasının doğruluğunu etkiler. Deney tasarımı ile farklı faktörlerin sonuç değişkeni üzerindeki etkilerinin araştırılır. Deney tasarımı yöntemlerinden biri de Full Faktöriyel Dizayndır. Bu çalışmanın amacı GPS konumlamada seçilen faktörlerin etkilerini belirlemektir. Bu amaçla sonuç değişkeni olarak GPS ile konum belirlemenin karesel ortalama hatası, faktörler olarak da ölçü zamanı, ölçü süresi ve uydu yükseklik açısı seçilmiştir. Bu işlem için 2³ faktöriyel deney tasarlanmış ve Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kampüs alanında oluşturulan nirengi ağının ölçüleri kullanılmıştır. Yapılan çalışma ile seçilen faktörlerin (+1) seviyelerinin sonuç değişkenini azalttığı görülmüştür. Bu çalışma ile GPS konumlamada ölçü faktörlerinin çalışmanın amacına seçilerek deney tasarımı yöntemi ile analiz edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: GPS konumlama, Full Faktöriyel Dizayn (FFD), ANOVA.

THE EXPERIMENTAL DESIGN APPROACH IN GPS POSITIONING

Abstract

The GPS positioning is frequently used in dam, bridge, railway, sewerage and pipeline projects, deformation and the crustal movements measurement. The measurement and environmental factor affect on the GPS point positioning accuracy. The effect on response variable of different factors can be investigated using experimental design methods. One of these methods is Full Factorial Design. The main aim of this study is to determined the effects of selected factors on the GPS positioning. The factors were measurement time, measurement duration, and mask angle. A 2³ factorial design was utilized to analyze the role of the selected factors in the GPS positioning. The results indicated that the high level of the all factors gave the minimum value on the GPS positioning. The results of the study is the measurements factors of GPS positioning must be selected and analyzed carefully according to aim of study.

Keywords: GPS positioning, Full Factorial Design (FFD), ANOVA.

1. GİRİŞ

Global konum belirleme sistemi (GPS) ile noktaların 3 boyutlu (3D) koordinatları, World Geodetic Datum-84 (WGS84) datumunda belirlenir. (Leick 2004; El Rabbany 2006; URL1 2013). 3D koordinatlar kartezyen (X,Y,Z) ya da elipsoidal (φ , λ , h) olarak belirlenebilir.

GPS ile konumlanmanın duyarlılığı çevresel faktörler ve ölçü faktörlerinden etkilenir. Bu faktörler ölçü sezonu (yıl içerisinde), zamanı (gün içerisinde) ve süresi, ölçü kayıt aralığı, uydu yükseklik açısı, uydu geometrisi, baz uzunluğu, izlenebilen uydu sayısı, izlenebilen uydu türü şeklinde sıralanabilir.

Deney tasarımı, sonuç değişken üzerinde faktörlerin ve faktörlerin seviyelerinin etkilerini belirlemekte kullanılan bir uygulamadır. İstatistiksel deney analizi ile grafik ve grafik olmayan şekilde verilerin açıklayıcı analizleri yapılır. İstatistiksel analizle hataların tespiti, varsayımların kontrolü, değişkenler arasındaki ilişkilerin boyutu ve yönü, sonuç değişkeni ile faktörler arasındaki ilişkinin modeli yapılabilir, (Seltman 2013). Doğru kurulmuş bir deney tasarımı ile faktörlerin sonuç değişkeni üzerindeki etkileri en az sayıda deneyle zaman, para ve efor harcanmadan elde edilebilir (Coruh et al. 2012). Full Faktöriyel Dizayn (FFD) sonuç değişken üzerinde her faktörün etkisi yanı sıra, faktörler arasındaki etkileşimlerin etkilerini incelemek için kullanılacak son derece etkin bir yöntemdir. İki seviyeleri (2^k) faktöriyel deneyler FFD özel bir uygulamasıdır, (Navidi 2008; George et al. 2005). Deneysel metodlar ve GPS konum doğruluğu ile ilgili ayrı olarak yapılmış bazı çalışmalar olmasına rağmen engineering (Stone and Powell 1998; Yoshimura and Hasegawa 2003; Svabensky and Weigel 2004; Wing et al. 2008; Pirti 2008; Brenneman et al. 2010; Raghunath et al. 2011; Cai and Gao 2007; Pirti et al. 2010; Sisman 2014), GPS konum doğruluğu için FFD kullanımı ile ilgili literatürde sadece bir çalışma bulunmuştur (Abad and Suarez 2004). Bu çalışmanın amacı, ölçü zamanı, ölçü süresi ve uydu yükseklik açısının GPS konumlanmanın karesel ortalama hatası (KOH) üzerindeki etkilerini gerçek veriler kullanılarak araştırmaktır. Bu işlem için 2^3 FFD tasarımı yapılmış ve Ondokuz Mayıs Üniversitesi kampüsünde yapılan ölçüler kullanılarak deney sonuçları elde edilmiştir. Ayrıca, bu çalışmanın sonucunda seçilen faktörlerle KOH arasında $y = f(x)$ şeklinde yazılan bir regresyon eşitliği de elde edilmiştir.

2. Materyal ve Method

Uydu dan, alıcı dan ve çevresel koşullardan kaynaklanan hatalar GPS ile konumu etkiler, (Raghunath et al. 2011; El Rabbany 2006). Bu hatalar ek olarak bazı GPS ölçü faktörleri de GPS ile belirlenen konumun duyarlılığına etki eder. Ölçü faktörlerinin (yükseklik açısı, ölçü zamanı, ölçü süresi, ölçü metodu, değerlendirme metodu vs.) ve bu faktörlerin farklı seviyelerinin sonuç değişken üzerindeki etkileri deney tasarımı ile istatistiksel olarak araştırılabilir. Bu çalışmada deneysel faktörler olarak ölçü zamanı, ölçü süresi ve uydu yükseklik açısı belirlenirken sonuç değişken olarak belirlenen konumun karesel ortalama hatası alınmıştır. Ölçü zamanı ölçünün gün içerisinde yapıldığı zamanı, ölçü süresi bir noktada sinyal alınan zamanı ve yükseklik açısı sinyal alınabilecek uyduların ufuk düzlemi ile yaptığı açıyı temsil eder.

Bu çalışma için gerçek zamanlı veriler kullanılmıştır. Ondokuz Mayıs Üniversitesi kampüs alanına 4 noktalı bir ağ tesis edilmiş ve yapılan ölçüler serbest dengelenerek sonuç değişkenleri elde edilmiştir. Faktöriyel dizayn, faktöriyel etki olarak da adlandırılabilen ana ve etkileşimli etkileri tanımda oldukça etkilidir(Wu and Hamada 2009). FFD faktörlerin sonuç değişkeni üzerindeki etkilerini yapılan deney sonuçlarına göre analiz eden istatistiksel tahmin yöntemlerinden biridir. Bu yöntemle yapılan tahmin sonucunda faktörlerle sonuç değişkeni arasında birinci dereceden bir regresyon eşitliği de yazılır. Bir çok faktöriyel dizayn yöntemi vardır. 2^p FFD p adet faktörün iki seviyesinin kullanıldığı özel bir yöntemdir (Box et al. 2005; Ismail et al. 2008). Bu çalışmada seçilen faktörler için (ölçü zamanı (ÖZ), ölçü süresi (ÖS) ve uydu yükseklik açısı(YA)) 2^3 FFD tasarımı yapılmıştır. Bu tasarımda (+1) üst (-1) alt seviyeyi göstermektedir, (Tablo 1).

Tablo 1. Deneysel faktörlerin Seviyeleri

Faktör	(-1)	(+1)
Ölçü Zamanı (ÖZ)	12	15
Ölçü Süresi (ÖS)	5	15
Yükseklik Açısı (YA)	5	25

Tablo 2. Deneysel tasarım matrisi

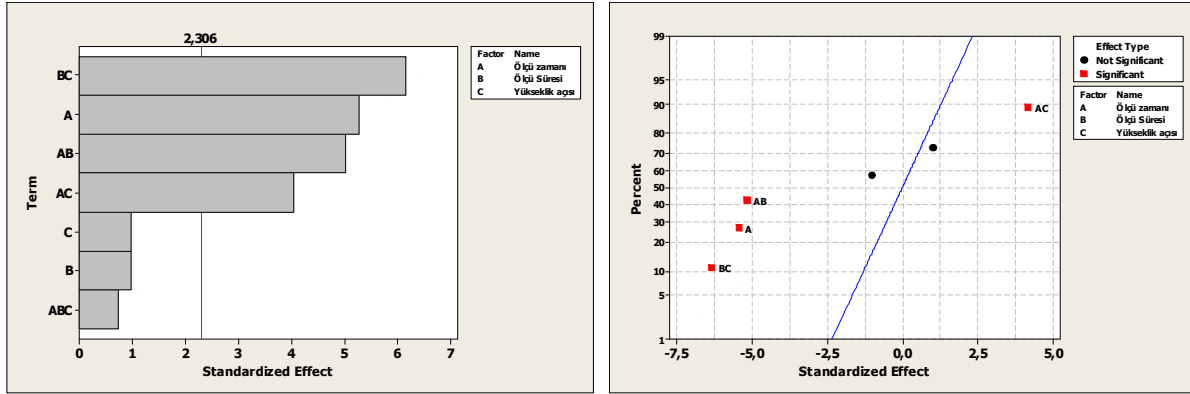
No	ÖZ	ÖS	YA	KOH	
1	-1	-1	-1	0.6625	0.5880
2	+1	-1	-1	0.5738	0.5382
3	-1	+1	-1	0.8487	0.9017
4	+1	+1	-1	0.6155	0.5503
5	-1	-1	+1	0.6765	0.6464
6	+1	-1	+1	0.76695	0.67384
7	-1	+1	+1	0.65375	0.6342
8	+1	+1	+1	0.54375	0.5307

$2^3=8$ deneyle iki tekrarlı şekilde elde edilen veriler Tablo 2’de verilmiştir. Deney sonuçları Minitab 16 istatistiksel yazılımı kullanılarak değerlendirilmiştir. Sonuç değişkeni ile faktör seviyeleri arasındaki değişim için sıfır ve seçenек hipotezleri kurulur ve varyans analizi (ANOVA) kullanılarak faktörlerin ana ve 2’li ve 3’lü kesişim etkileri test edilir. ANOVA’nın sonuçları Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Varyans Analizi Sonuçları

Kaynak	Seq SS	F	P	Kaynak	Seq SS	F	P
Ana Etkiler	(ÖZ) 0.042	27.920	0.001	2li Etki	(ÖZ*ÖS) 0.038	25.180	0.001
	(ÖS) 0.002	0.970	0.354		(ÖZ*YA) 0.025	16.410	0.004
	(YA) 0.002	0.970	0.353		(ÖS*YA) 0.057	37.990	0.000
				3’lüEtki	(ÖZ*ÖS*YA) 0.001	0.550	0.481

Anlamlılık seviyesi bu test için %5 alınmıştır. ANOVA testi sonuçlarına göre ana etkilerden sadece ÖZ'nın farklı seviyeleri ve 2'li etkileşimlerin hepsi sonuç değişkeni üzerinde etkilidir. Yapılan deneylerin pareto ve Standartlaştırılmış Etkilerin Normal grafiği ANOVA testi sonuçlarının grafik gösterimidir (Şekil 1).



Şekil 1. Deneylerin Pareto ve Standartlaştırılmış Etkilerin Normal Grafikleri

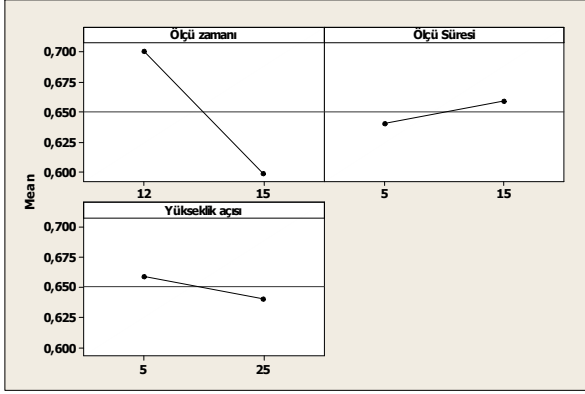
ANOVA sonuçlarından çoklu regresyon eşitliği yazılabilir. GPS konumlama için yazılabilecek regresyon eşitliği aşağıdaki şekildedir.

$$KOH = 0.6503 - 0.0512 * \text{ÖZ} + 0.0095 * \text{ÖS} - 0.096 * \text{YA} - 0.0486 * \text{ÖZ} * \text{ÖS} + 0.0392 * \text{ÖZ} * \text{YA} - 0.0597 * \text{ÖS} * \text{YA} \quad (2)$$

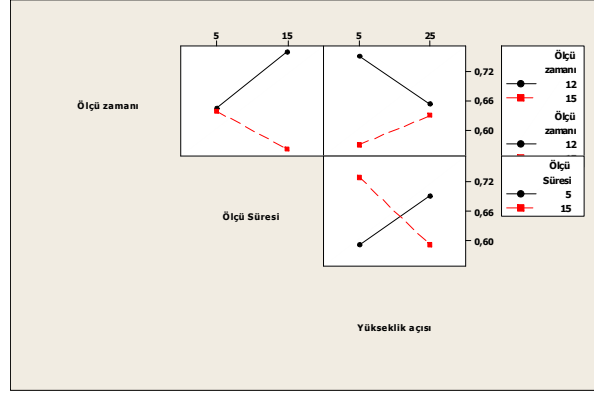
Katsayıların artı ve eksi faktörlerin seviyelerinin sonuç değişken üzerinde artış ve azalış etkilerini gösterir. (2) eşitliği incelendiğinde ÖZ'nın (1) seviyesinin KOH değerini azalttığı görülmektedir. KOH üzerindeki etkilerin katsayı büyüklükleri dikkate alınarak diğer faktörler için yapılan değerlendirmede de ÖS ve YA faktörlerinin de (+1) seviyelerinin KOH'yı azalttığı tespit edilir.

3. Sonuç ve Öneriler

Faktörlerin sonuç değişken üzerindeki etkileri ana ve etkileşimleri ve ikili etkiler grafiklerinden analiz edilebilir (Şekil 2-3).



Şekil 2. Ana Etkiler Grafiği



Şekil 3. İkili Etkiler Grafiği

Ana etkiler grafikleri incelendiğinde ÖZ'nın seviye değişiminin sonuç değişkeni diğer faktör seviyelerine göre daha fazla etkilediği görülebilir. ÖZ'nın üst seviyesi KOH'yı azaltmaktadır. Diğer faktörlerde farklı bir durum söz konusudur. ÖS'nın alt seviyesi, YA'nın üst seviyesi sonuç değişkenini azaltır. 2'li etkileşimler incelendiğinde, ÖZ ve ÖS (-1) seviyesinde iken KOH yaklaşık aynı, ÖS değiştiğinde (+1) seviyesine göre azalma, (-1) seviyesine göre artma olduğu görülür. Aynı şekilde, ÖS ve YA incelendiğinde ikisi arasında bir kesişim olduğu ikisi için uygun seviyenin bulunması için ara değişkenler kullanılması gerektiği anlaşılmaktadır. Sonuç olarak, deney tasarımının GPS konumlamada sonuçları analizinde etkili bir yöntem olduğu görülmüştür.

Kaynaklar

Abad P, Suarez J P (2004): Bi-factorial analysis for resolution of GPS equations. J. Comput. Appl. Math., 164-165:1-10. doi:10.1016/j.cam.2003.11.006.

Box GEP, Hunter WG, Hunter JS (2005) Statistics for Experimenters: Design, Innovation, and Discovery, 2nd Edition, Wiley. ISBN 0-471-71813-0.

Brenneman MT, Morton YT, Zhou Q (2010) GPS multipath detection with ANOVA for adaptive arrays. IEEE Trans Aerosp Electron Syst 46(3):1171–1184.

Cai, C, Gao Y (2007) Precise Point Positioning Using Combined GPS and GLONASS Observations, CPGPS. 6(1): 13-22.

Coruh S, Elevli S, Geyikci F (2012) Statistical evaluation and optimization of factors affecting the leaching performance of copper flotation waste. Thescientificworldjo. ID758719, 2012, doi:10.1100/2012/758719.

El-Rabbany A (2006) Introduction to GPS The Global Positioning System, Artech House Publisher.

- George ML, Rowlands D, Price M, Maxey J (2005) Lean Six Sigma Pocket Toolbook. McGraw-Hill. New York.
- [http://publications.usace.army.mil/publications/eng-manuals/EM_1110-1-1003 pfl/](http://publications.usace.army.mil/publications/eng-manuals/EM_1110-1-1003_pfl/)
- Ismail AA El-Midany AA, Ibrahim IA, Matsunaga H (2008) Heavy metal removal using SiO₂-TiO₂ binary oxide: experimental design approach. Adsorption 14: 21-29.
- Leick A (2004) GPS Satellite Surveying. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Navidi W (2008) Statistics for Engineers and Scientist. McGraw-Hill Companies Inc. New York.
- Pirti A (2008) Accuracy analysis of GPS positioning near to forest environment. Croat J For Eng 29(2):189–197.
- Pirti A, Gumus K, Erkaya H, Hosbas RG (2010) Evaluation Repeatability of RTK GPS/GLONASS Nera/Under Forest Environment, Croat. J. F. Eng. 31(1): 23-33.
- Ragunath S, Malleswari BL, Sridhar K (2011) Analysis of GPS errors during different times in a day. IJORCS 2(1):45–48.
- Seltman HJ (2013) Experimental Design and Analysis. <http://www.stat.cmu.edu/hseltman/309/Book/Book.pdf>.
- Sisman Y (2014) The optimization of GPS positioning using response surface methodology. Arab J Geosci. 7(3):1223-1231. DOI 10.1007/s12517-013-0834-4.
- Stone JM, Powell JD (1998) Precise positioning with GPS near obstructions by augmentation with pseudolites. Proceedings of IEEE PLANS. Palm Springs. CA. 562-569.
- Svabensky O, Weigel J (2004) Optimized technology for GPS height determination. FIG Working Week, May 22-27, Athens, Greece.
- Wing MG, Eklund A, Sessions J, Karsky R (2008) Horizontal measurement performance of five mapping-grade global positioning system receiver configurations in several forested settings. West J Appl For 23(3):166–171.
- Wu CFJ, Hamada M (2009) Experiments: Planning, Analysis, and Optimization 2nd Edition, Wiley.
- Yoshimura T, Hasegawa H (2003) Comparing the precision and accuracy of GPS positioning in forested areas. J For Res JPN 8:147– 152. doi:10.1007/s10310-002-0020-0.