

**Makale  
(Article)**

## **GNNS İle Konum Belirlemede Deney Tasarımı Yaklaşımı**

**Yasemin ŞİŞMAN\*, Aziz ŞİŞMAN\***

\*Ondokuz Mayıs Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü, Samsun/TÜRKİYE

[ysisman@omu.edu.tr](mailto:ysisman@omu.edu.tr)

### **Özet**

Konum belirleme 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 GNNS ile konum belirlemenin doğruluğunu etkiler. Deney tasarımı ile farklı faktörlerin sonuç değişkeni üzerindeki etkileri araştırılır. Deney tasarımı yöntemlerinden biri de Full Faktöriyel Dizayndır. Bu çalışmanın amacı GNNS ile konum belirlemede seçilen faktörlerin etkilerini belirlemektir. Bu amaçla yapılan uygulamada sonuç değişkeni olarak GNNS ile konum belirlemenin karesel ortalama hatası, faktörler olarak da ölçü zamanı, ölçü süresi ve uydu yükseklik açısı seçilmiştir. Bu işlem için  $2^3$  faktöriyel deney tasarlanmış ve Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kampüs alanında oluşturulan kontrol ağının ölçüleri kullanılmıştır. Yapılan çalışma ile seçilen faktörlerin (+1) seviyelerinin sonuç değişkenini azalttığı görülmüştür ve GNNS ile konum belirlemede ölçü faktörlerinin çalışmanın amacına göre seçilerek deney tasarımı yöntemi ile analiz edilebileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** GNNS, Full Faktöriyel Dizayn (FFD), ANOVA.

## **The Experimental Design Approach in GNSS Positioning**

### **Abstract**

The GNNS 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 GNNS 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 GNNS positioning. The factors were measurement time, measurement duration, and mask angle. A  $2^3$  factorial design was utilized to analyze the role of the selected factors in the GNNS positioning. The results indicated that the high level of the all factors gave the minimum value on the GNNS positioning. The results of the study is the measurements factors of GNNS positioning must be selected and analyzed carefully according to aim of study.

**Keywords :**GNNS, Full Factorial Design (FFD), ANOVA.

## **1. GİRİŞ**

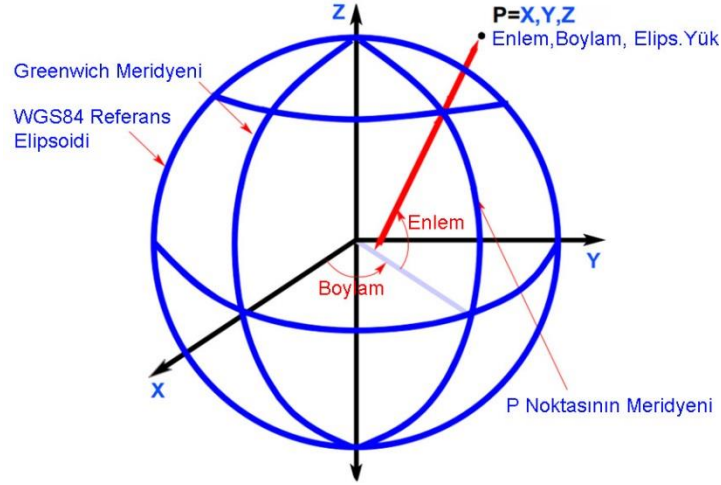
Global konum belirleme sistemi (GNSS) ile noktaların 3 boyutlu (3D) koordinatları, World Geodetic Datum-84 (WGS84) datumunda belirlenir [1-3]. 3D koordinatlar kartezyen (X,Y,Z) ya da elipsoidal ( $\phi$ ,  $\lambda$ , h) olarak belirlenebilir (Şekil 1).

*Bu makaleye atıf yapmak için*

Şişman Y., Şişman A., "GNNS İle Konum Belirlemede Deney Tasarımı Yaklaşımı", Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi 2015, 7(1) 1-6, doi: 10.15659/hartek.15.01.49

*How to cite this article*

Şişman Y., Şişman A., " The Experimental Design Approach in GNSS Positioning", Electronic Journal of Map Technologies, 2015, 7(1) 1-6, doi: 10.15659/hartek.15.01.49



Şekil 1. WGS-84 referans elipsoidi

GNSS ile konum belirlemenin duyarlığı 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 belirlemede 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 modellenmesi yapılabilir, [4]. Doğru kurulmuş bir deney tasarımı ile faktörlerin sonuç değişkeni üzerindeki etkileri en az sayıda deneyle zaman, para ve çaba harcanmadan elde edilebilir [5]. Full Faktöriyel Dizayn (FFD) sonuç değişkeni üzerinde her faktörün etkisi yanı sıra, faktörler arasındaki etkileşimlerin etkilerini incelemek için kullanılacak son derece etkin bir yöntemdir. Faktörlerin alt ve üst seviyelerine göre yapılan iki seviyeli ( $2^k$ ) faktöriyel deneyler FFD özel bir uygulamasıdır, [6, 7]. Deneysel metotlar ve GNSS ile konum belirlemenin doğruluğu ile ilgili ayrı olarak yapılmış bazı çalışmalar olmasına rağmen [8-17] GNSS ile konum belirleme doğruluğu için FFD kullanımı ile ilgili literatürde sadece bir çalışma bulunmuştur [18].

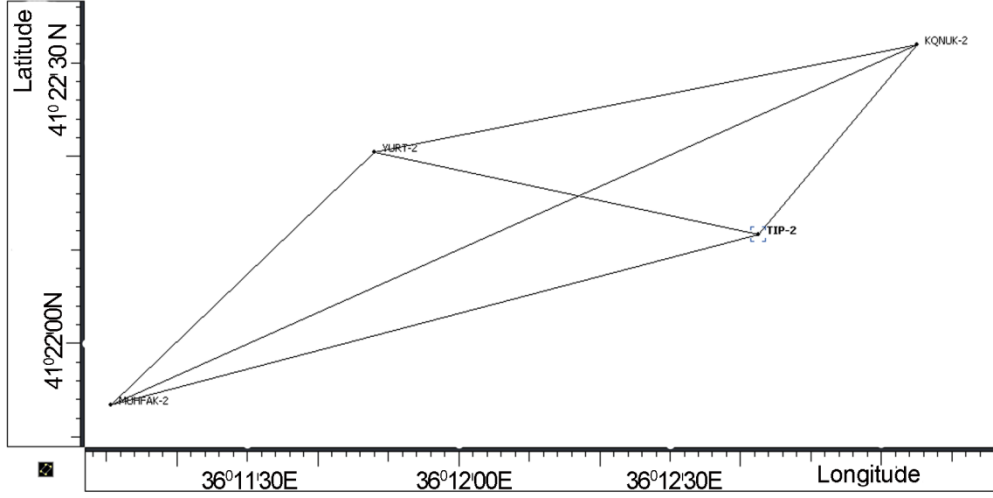
Bu çalışmanın amacı, ölçü zamanı, ölçü süresi ve uydu yükseklik açısının GNSS ile konum belirlemenin karesel ortalama hatası (KOH) üzerindeki etkilerini gerçek veriler kullanılarak araştırmaktır. Bu işlem için seçilen faktörlerle  $2^3$  FFD tasarımı yapılmış ve Ondokuz Mayıs Üniversitesi kampüsünde yapılan GNSS ölçüleri kullanılarak oluşturulan deneylerden KOH değerleri sonuç değişkeni olarak elde edilmiştir. Ayrıca, bu çalışmanın sonucunda seçilen faktörlerle KOH arasında  $y = f(x)$  şeklinde yazılan bir regresyon eşitliği de elde edilmiştir.

## 2. MATERYAL ve METOD

Uydudan, alıcıdan ve çevresel koşullardan kaynaklanan hatalar GNSS ölçmeleri ile hesaplanan Konum doğruluğunu etkiler, [2, 14]. Bu hatalara ek olarak bazı GNSS ölçü faktörleri de GNSS ile belirlenen konumun duyarlığına 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.

GNSS ile konumlamada deneysel faktörler olarak alınan 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 Ondokuz Mayıs Üniversitesi kampüs alanına tesis

edilmiş 4 noktalı kontrol ağından gerçek zamanlı veriler elde edilmiş ve bu verilerin serbest dengelenmesi ile KOH sonuç değişkeni olarak elde edilmiştir (Şekil 2).



**Şekil 2.** Uygulama ağı

Faktöriyel dizayn, faktöriyel etki olarak da adlandırılabilen ana ve etkileşimli etkileri tanımada oldukça etkilidir [19]. 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.  $2^k$  FFD k adet faktörün iki seviyesinin kullanıldığı özel bir yöntemdir [20, 21]. Bu çalışmada seçilen faktörler (ölçü zamanı (ÖZ), ölçü süresi (ÖS) ve uydu yükseklik açısı(YA)) için  $2^3$  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

$2^3=8$  deneyle iki tekrarlı şekilde elde edilen veriler Tablo 2’de verilmiştir.

**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	0.7670	0.6738
7	-1	+1	+1	0.6538	0.6342
8	+1	+1	+1	0.5438	0.5307

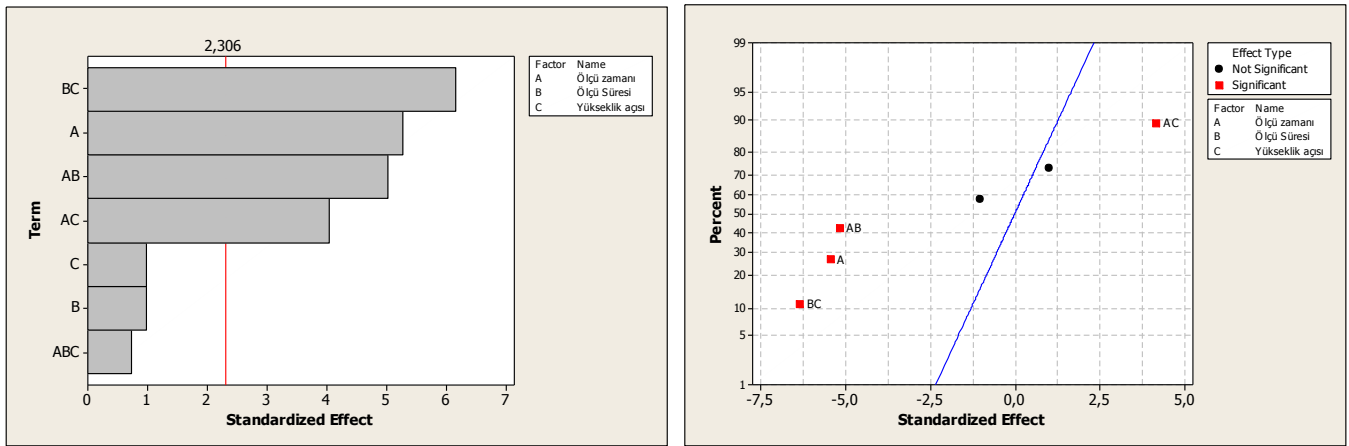
Deney sonuçları Minitab 16 istatistiksel yazılımı kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu işlemde sonuç değişkeni ile faktör seviyeleri arasındaki değişimi belirlemek için sıfır ve seçenek hipotezleri kurulur ve varyans analizi (Analysis of variance (ANOVA)) kullanılarak faktörlerin ana ve 2’li ve 3’lü keşişim

etkileri test edilir. ANOVA, istatistik bilim dalında, grup ortalamaları ve (gruplar içi ve gruplar arası varyasyon gibi) bunlara bağlı olan işlemleri analiz etmek için kullanılan bir istatistiksel modeller koleksiyonudur. Varyans analizi kullanılmaktayken belirlenmiş bir değişkenin gözlemlenen varyansı farklı değişim kaynaklarına dayandırılabilen varyans bileşenine ayrılır. En basit şekliyle "Varyans Analizi" birkaç grubun ortalamalarının birbirine istatistiksel olarak eşitliğini sınamak için kullanılır ve bu sınama iki-grup için yapılan t-test sınavasını çoklu-gruplar için genelleştirir. Bu yöntem ilk defa İngiliz istatistikçi ve genetikçi Ronald Fisher tarafından 1920'li ve 1930'lu yıllarda geliştirilmiştir. Genel olarak istatistiksel anlamlılık sınamaları içinde F-dağılımını kullanmaları ile karakterize edildikleri için bazen bu analize Fisher'in varyans analizi adı da verilmektedir [22]. Yapılan uygulamanın ANOVA sonuçları Tablo 3'de verilmiştir.

**Tablo 3.** Varyans analizi sonuçları

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

ANOVA testi için anlamlılık seviyesi %5 alınmıştır. Bu sonuçlara 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 3).



**Şekil 3.** Deneylerin Pareto ve standartlaştırılmış etkilerin normal grafikleri

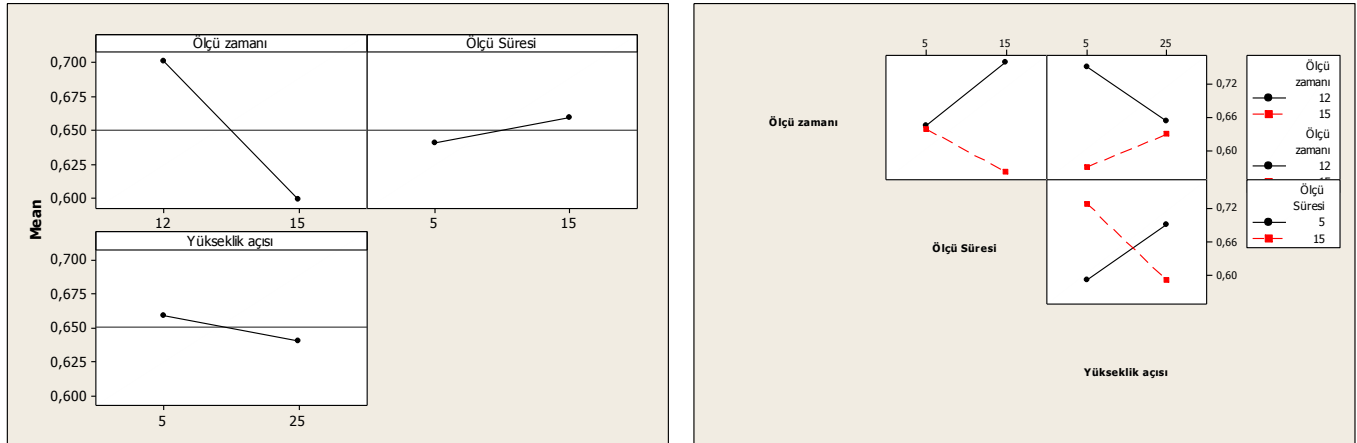
ANOVA sonuçlarından çoklu regresyon eşitliği yazılabilir. GNSS ile konum belirleme için yazılabilecek regresyon eşitliği aşağıdaki şekildedir.

$$KOH = 0.6503 - 0.0512 * \text{ÖZ} + 0.0095 * \text{ÖS} - 0.096 * \text{YA} - 0.0486 * \text{ÖZ} * \text{ÖS} + 0.0392 * \text{ÖZ} * \text{YA} - 0.0597 * \text{ÖS} * \text{YA} \quad (1)$$

Katsayıların işaretleri faktörlerin seviyelerinin sonuç değişkeni üzerindeki etkilerinin gösterir. (+1) seviyesinde artı işaretli katsayı ve (-1) seviyesinde eksi işaretli katsayı sonuç değişkenini artırırken diğer durumlarda sonuç değişkeninin değeri azalır. Bu durumlar incelenerek faktörlerin hangi seviyesinin sonuç değişkeni olarak alınan KOH'yı azalttığı belirlenebilir. (1) 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.

Faktörlerin sonuç değişken üzerindeki etkileri ana ve etkileşimleri ve ikili etkiler grafiklerinden analiz edilebilir (Şekil 4). Ana etkiler grafikleri incelendiğinde ÖZ'nin seviye değişiminin sonuç değişkeni diğer faktör seviyelerine göre daha fazla etkilediği görülebilir. ÖZ'nin üst seviyesi KOH'yı azaltmaktadır. Diğer faktörlerde farklı bir durum söz konusudur. ÖS'nin 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.



Şekil 4. Ana etkiler ve ikili etkiler grafiği

### 3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmanın sonucunda,

- Minimum-maksimum KOH değerleri 0,5307-0,9017'dir.
- KOH'nın minimum değerine Ölçü zamanı 15<sup>s</sup>; Ölçü süresi 15<sup>dak</sup> ve yükseklik açısı 25<sup>o</sup> ile ulaşılmıştır.
- Ölçü zamanı faktörünün ana etkileri sonuç değişkeni için 5% anlamlılık seviyesinde anlamlı iken Ölçü süresi ve Yükseklik açısının ana etkisi anlamlı değildir.
- Faktörlerin ikili etkilerin tümü KOH üzerinde anlamlı çıkmıştır.
- Faktörlerin üçlü etkisi anlamlı bulunmamıştır.
- FFD modelinin düzeltmeleri normal dağılmakta ve eşit varyanslıdır.
- Yazılan regresyon eşitliğinde Ölçü zamanı, Ölçü süresi ve Yükseklik açısı için (+1) yazılırsa KOH küçülür.

Sonuç olarak, deney tasarımının GNSS ile konum belirlemede sonuçları analizinde etkili bir yöntem olduğu görülmüştür. Bu çalışmanın daha çok faktör ve bilimsel GNSS değerlendirme yazılımları ile daha etkin sonuçlar vereceği düşünülmektedir.

#### NOT

Bu çalışma, Hitit Üniversitesinde 15-17 Ekim 2014 tarihleri arasında gerçekleştirilen 7. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumunda sunulan "GNSS İle Konum Belirlemede Deney Tasarımı Yaklaşımı" başlıklı çalışmanın revize edilmiş ve genişletilmiş halidir.

#### 4. KAYNAKLAR

1. Leick, A., 2004, "GPS Satellite Surveying", John Wiley and Sons, Inc. New York
2. El-Rabbany, A., 2006, "Introduction to GPS The Global Positioning System", Artech House mobile communications series
3. [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/)
4. Seltman, H.J., 2013, "Experimental Design and Analysis", <http://www.stat.cmu.edu/hseltman/309/Book/Book.pdf>
5. Coruh, S., Elevli, S., Geyikci, F., 2012, "Statistical evaluation and optimization of factors affecting the leaching performance of copper flotation waste", Thescientificworldjo. ID758719, doi:10.1100/2012/758719
6. Navidi, W., 2008, "Statistics for Engineers and Scientist", McGraw-Hill Companies Inc. New York.
7. George, M.L., Rowlands, D., Price, M., Maxey, J., 2005, "Lean Six Sigma Pocket Toolbook", McGraw-Hill. New York
8. Stone, J.M., Powell, J.D., 1998, "Precise positioning with GPS near obstructions by augmentation with pseudolites", Proceedings of IEEE PLANS, Palm Springs. CA. 562-569
9. 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
10. Svabensky, O., Weigel, J., 2004, "Optimized technology for GPS height determination", FIG Working Week, May 22-27, Athens, Greece
11. Wing, M.G., 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.
12. Pirti, A., 2008, "Accuracy analysis of GPS positioning near to forest environment", Croat J For Eng, 29(2), 189–197
13. Breneman, M.T., Morton, Y.T., Zhou, Q., 2010, "GPS multipath detection with ANOVA for adaptive arrays", IEEE Trans Aerosp Electron Syst, 46(3), 1171–1184.
14. Raghunath, S., Malleswari, B.L., Sridhar, K., 2011, "Analysis of GPS errors during different times in a day", IJORCS, 2(1), 45–48
15. Cai, C., Gao, Y., 2007, "Precise Point Positioning Using Combined GPS and GLONASS Observations", CPGPS, 6(1), 13-22.
16. Pirti, A., Gumus, K., Erkaya, H., Hosbas, R.G., 2010, "Evaluation Repeatability of RTK GPS/GLONASS Nera/Under Forest Environment", Croat J F Eng, 31(1), 23-33
17. 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
18. 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.
19. Wu, C.F.J., Hamada, M., 2009, "Experiments: Planning, Analysis, and Optimization" 2nd Edition, Wiley, ISBN: 978-0-471-69946-0
20. Box, G.E.P., Hunter, W.G., Hunter, J.S., 2005, "Statistics for Experimenters: Design, Innovation, and Discovery", 2nd Edition, Wiley. ISBN 0-471-71813-0
21. 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
22. [http://tr.wikipedia.org/wiki/Varyans\\_analizi](http://tr.wikipedia.org/wiki/Varyans_analizi), ulaşım: 14.11.2014.