

# DİNAMİK SİSTEMLERİN TANIMLANMASI

H. Erdoğan<sup>1</sup>, E. Güral<sup>2</sup>, E. Ata<sup>3</sup>, B. Akpınar<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, İstanbul, [herdogan@yildiz.edu.tr](mailto:herdogan@yildiz.edu.tr)

<sup>2</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, İstanbul, [egulal@yildiz.edu.tr](mailto:egulal@yildiz.edu.tr)

<sup>3</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, İstanbul, [ata@yildiz.edu.tr](mailto:ata@yildiz.edu.tr)

<sup>4</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, İstanbul, [bakpinar@yildiz.edu.tr](mailto:bakpinar@yildiz.edu.tr)

## ÖZET

Mühendislik yapılarından asma köprüler, barajlar ve kuleler yapım maliyeti yüksek ve inşaatı zor yapılardır. Bu yapılar sürekli olarak iç ve dış yükler altında titreşim hareketleri yapmaktadır ve deforme olmaktadır. İç kuvvetler olarak sıcaklık değişimi ve malzeme yorulması, dış kuvvetler olarak da rüzgâr yükü, trafik yükü, su seviyesinin değişimi ve deprem yapılarında etkili olmaktadır. Bu büyüklükler sistem analizinde giriş büyüklüğü, sistemin bu büyüklüklere tepkisi de çıkış büyüklüğü olarak adlandırılmaktadır. Ayrıca sistemin çıkış büyüklüğünü belirlemek için, sistemin modelinin transfer fonksiyonunun bilinmesi gerekmektedir. Transfer fonksiyonunun belirlenmesi ise beyaz kutu (white box) ve siyah kutu (black box) modellerle yapılmaktadır. Bu modellerle sistem tanımlanmakta ve model kalibre edilmektedir.

Bu çalışmada; dinamik bir sistem olan Boğaziçi Köprüsü'nün kulelerinin açıklık yönünde, sıcaklık etkisine karşılık gösterdiği tepkilerle transfer fonksiyonu zaman bölgesinde yapılan parametrik ve parametrik olmayan tanımlama ile belirlenmiştir. Böylece etki-tepki ilişkisi ve transfer fonksiyonu yardımı ile asma köprüler tanımlanabilmekte ve model kalibre edilebilmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Asma Köprü, dinamik sistem, parametrik tanımlama, non-parametrik tanımlama, model

## ABSTRACT

### DYNAMIC SYSTEM DEFINITION ON SYSTEM ANALYSIS AND SUSPENDED BRIDGES

Prime cost of engineering structures like suspended bridges, dams and towers are very high and construction of these structures are difficult. These structures are vibrated and deformed by internal and external forces. Temperature changes and material fatigue are effective as internal forces and wind, traffic loads, water level changes and earthquakes are effective as external forces on structures. These quantities are so-called as input quantities on system analysis and response of the system is so-called as output quantity on system analysis. Also transfer function of the system's model must be known to determine the output quantity which is the response of the system. Transfer function can be determined by using white box and black box models. System can be identified and model can be calibrated with these models.

In this study, transfer function have been determined by parametric and non-parametric identification in time domain and response of Bosphorus Bridge -which is a dynamic system – on the direction of tower span against to temperature effect is used for identification. So suspended bridges can be identified by cause-response relationship and transfer function, and also model can be calibrated.

**Keywords:** Suspended Bridge, transfer function, dynamic system, parametric definition, non-parametric definition.

## 1.GİRİŞ

Modellerle kimyasal, fiziksel ya da elektro-teknik bir olayın matematiksel tanımları yapılmaktadır. Aynı olayın farklı alanlardaki tanımları, pek çok farklı modellerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu tanımlamalar amaca göre değişmektedirler.

Model oluşturmada, sistem sınırlarının belirlenmesi çok önemlidir. Eğer çok geniş bir sınır seçilir ise, modelin parametrelerini kestirmek zor olmaktadır. Eğer sınırlar çok dar seçilir ise, konu ile ilgili bazı detaylar modelde yer almamaktadır.

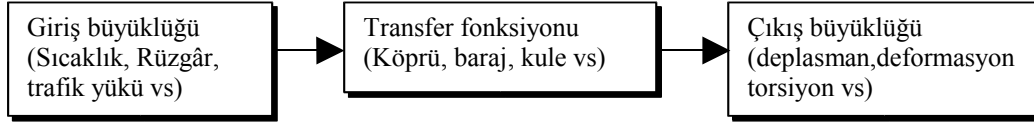
Model elde etmede çeşitli metotlar vardır. Bunlardan biride tümdengelimdir. Öncül bilgiye dayalı olarak, model elde edilebilmektedir. İşlemin öncül bilgisi, fiziksel yasalara dayanmaktadır. Fiziksel yasalar diferansiyel yada cebirsel eşitlikler yardımı ile tanımlanmaktadır. Sadece giriş-çıkış değişkenleri arasındaki ilişkiyi değil, aynı zamanda modelin yapısı da ifade edilmektedir.

Bazı durumlarda, işlemin bütün parametrelerini hesaplamak için yeterince öncül bilgi olmamaktadır. Bu yüzden uygun değerler bulmak için tanımlama tekniklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bir modelin parametre değerleri giriş ve çıkış sinyallerini ölçülmesi ile belirlenebilmektedir. Bu teknik, sistem derecesi, giriş ve çıkış sinyallerinin seçimi ile

ilgili olarak bazı öncül varsayımlar yapılarak uygulanabilmektedir. Sistemle ilgili bilginin bu şekilde elde edilmesine tümevarım denilmektedir.

## 2 DİNAMİK SİSTEMLER

Dinamik sistemler, sistem teorisine göre enerji depolayan ve zamanla depoladığı enerjiyi veren sistemler olarak tanımlanmaktadır. Değerlendirme sırasında geçmişteki belirli bir zaman noktasına kadar  $t - \tau$  değerlendirmeye katılmaktadır. Aşağıdaki grafiklerde görüldüğü gibi dinamik bir sistemdeki etki büyüklüğüne karşı oluşan tepki büyüklüğü ve dönüşümü (transfer fonksiyonu) ifade edilmeye çalışılmıştır.



Şekil 1: Dinamik sistem (Günel, 1999)

Dinamik sistemleri tanımlamak için matematiksel modeller kullanılmaktadır. Matematiksel modeller de statik ve dinamik modeller olarak ikiye ayrılmaktadırlar.

Dinamik modeller yardımı ile fiziksel sistemler matematiksel olarak tanımlanmaktadır. Fiziksel sistemler ise sürekli (distributed) ya da parçalı (lumped) parametre modellerden birisi ile tanımlanmaktadır. Örneğin, yapı içindeki sıcaklık transferinin tanımlanması, bütün farklı malzemeleri için farklı sıcaklık transfer parametreleri ile ifade edilmektedir. Bu işlem parametre sayısını azaltarak yapılabilmektedir. Bu işlem parametre sayısını azaltarak yapılabilmektedir. Bu işlem parametre sayısını azaltarak yapılabilmektedir. Bu işlem parametre sayısını azaltarak yapılabilmektedir.

Eğer sonlu sayıda bir konum seçilirse, sürekli konum  $x$ ,  $x_k$  gibi sonlu sayıda bir değere indirgenmektedir. Her bir  $x_k$  konumdan bağımsız bir model göstermektedir. Sonlu sayıda bir eleman ya da alt model seçimi yaklaşımı Sonlu Elemanlar Metodu (FEM- Finite Element Method) olarak adlandırılmaktadır. Her bir sonlu eleman kendi içinde eşitliklere ve değişkenlere sahip olmaktadır. Modelin büyüklüğü eleman sayıları ile lineer olarak artmaktadır. Daha çok eleman, daha doğru sonuçlar sağlanmasına rağmen, daha çok hesap zamanı gerektirmektedir (Bosch ve Klauw,2000).

### 2.1 Sistemlerin Tanımlanması

Sistem teorisinde, sistem tanımlaması, dinamik bir sistemin transfer fonksiyonunun matematiksel-fiziksel gösteriminin oluşturulması şeklinde ifade edilmektedir. Transfer fonksiyonunun oluşturulması için farklı pek çok model tanımlanmıştır. Bu tür modeller hem zaman hem de frekans bölgesinde incelenmektedir. Zaman bölgesinden frekans bölgesine geçiş ise Fourier dönüşümü ile gerçekleştirilmektedir.

Bazı durumlarda sistemin davranışı fiziksel yasalar ile ideal bileşenler dikkate alınarak matematiksel model ile tanımlanabilmektedir. Bu tanımlama bir beyaz kutu (white-box) model adını almaktadır. Bu tip model de sürecin bütün bilgisi ele alınmaktadır. Ancak, sistemin bütün bilgisini ele almak her zaman mümkün olmamaktadır.

Beyaz kutu (white box) model ile sistem tanımlamada kullanılan etkin bir kestirim metodu ise KALMAN – filtreleme tekniğidir. Hemen hemen bütün modellere uygulanabilmektedir. Temel mantığı, oluşturulan modelin sistem eşitliği ile gerçek modelin davranışlarının izlendiği gözlem eşitliğini en küçük kareler dengelemesi ile birleştirmektedir. Modelin sistem eşitliği, Sonlu Elemanlar metodu ya da benzer metotlarla nümerik olarak belirlenmektedir. Bu şekilde sistem tanımlamakta ve model kalibre edilmektedir.

Beyaz kutu modeller ile sistem tanımlama çok faydalı bir yaklaşım olmasına rağmen, sistem çok karmaşık tanımlanabilmekte ya da yeterince öncül bilgi elde edilememektedir. Bu yüzden sistem, giriş (etki) ve çıkış (tepki) ölçülerinden faydalanılarak tanımlanmaktadır. Bu tür modeller de siyah-kutu (Black-box) model olarak adlandırılmaktadır. (1) eşitliği siyah kutu modelin genel bir ifadesidir.

$$y(k) = G(q)u(k) + H(q)e(k) \quad (1)$$

$y(k)$ ; model çıktısı (tepki),  $u(k)$ ; model girişi (etki),  $e(k)$ ; beyaz gürültü,  $G(q)$ ; transfer fonksiyonu,  $H(q)$ ; bozucu etkileri göstermektedir. Model hem deterministik  $G(q)u(k)$ , hem de stokastik  $H(q)e(k)$  bölümlerden oluşmaktadır. Siyah durum modeller parametre sayısına bağlı olarak parametrik ve parametrik olmayan modeller olarak ikiye

ayrılmaktadır (Bosch ve Klauw,2000). Eğer modeldeki parametre sayısı sonlu ise simulasyon, prediksyon yada dizayn için parametrik modeller tercih edilmektedir. Çünkü bu tür modellerle çalışmak çok daha kolay olmaktadır. Zaman bölgesinde tanımlanan parametrik modellerin genel eşitliği (2) ile tanımlanmaktadır.

$$A(q)y(k) = \frac{B(q)}{F(q)}u(k) + \frac{C(q)}{D(q)}e(k) \quad (2)$$

$$\begin{aligned} A(q) &= 1 + a_1q^{-1} + a_2q^{-2} + \dots + a_{na}q^{-na} \\ B(q) &= b_1q^{-1} + b_2q^{-2} + \dots + b_{nb}q^{-nb} \\ C(q) &= 1 + c_1q^{-1} + c_2q^{-2} + \dots + c_{nc}q^{-nc} \\ D(q) &= 1 + d_1q^{-1} + d_2q^{-2} + \dots + d_{nd}q^{-nd} \\ F(q) &= 1 + f_1q^{-1} + f_2q^{-2} + \dots + f_{nf}q^{-nf} \end{aligned}$$

Burada A(q), B(q), C(q), D(q), E(q), ve F(q), modelin polinomlarıdır. Aşağıda ifade edilen parametrik modeller (2) eşitliği ile tanımlanan genel modelin özel durumlarıdır. Model yapıları arasındaki temel fark bozucu etkilerin modellenme şekliyle kaynaklanmaktadır (Bosch ve Klauw,2000).

- Dışkaynak girişli oto-Regresif model (ARX(na nb nk)-Auto-Regressive with eXogenous Input): C(q)=D(q)=F(q)=1 ve A(q) ile B(q) ölçülere bağlı olarak belirlenen polinomlardır. Bozucu etkiler otoregresif (AR) ile filtrelenmiş beyaz gürültü olarak modellenmektedir. na ve nb parametreleri modelin derecesini, nk ise gecikmeyi ifade etmektedir.

$$y(k) = \frac{B(q)}{A(q)}u(k) + \frac{1}{A(q)}e(k) \quad (3)$$

- Dışkaynak girişli otoregresif Hareketli Ortalama model (ARMAX(na nb nc nk)- Auto-Regressive Moving Average with eXogenous Input): D(q)=F(q)=1 ve bozucu etkiler, otoregresif ortalama hareket (ARMA) ile filtrelenmiş beyaz gürültü olarak modellenmektedir. na, nb ve nc parametreleri modelin derecesini, nk ise gecikmeyi göstermektedir.

$$y(k) = \frac{B(q)}{A(q)}u(k) + \frac{C(q)}{A(q)}e(k) \quad (4)$$

- Çıkış hatalı model (OE-Output Error): A(q)=C(q)=D(q)=H(q)=1 dir.

$$y(k) = \frac{B(q)}{F(q)}u(k) + e(k) \quad (5)$$

- Box-Jenkins model (BJ-Box Jenkins): A(q)=1 dir. Bozucu etkiler, ARMA ile filtrelenmiş beyaz gürültü olarak modellenmektedir.

$$y(k) = \frac{B(q)}{F(q)}u(k) + \frac{C(q)}{D(q)}e(k) \quad (6)$$

Parametrik modellerin belirlenmesi için Prediksyon Hata Metotları (PEMs- Prediction Error Methods) kullanılmaktadır. Bu metodun temel mantığı, modelden hesaplanan tepki ile ölçülen tepki arasındaki hatanın minimum olması ilkesine dayanmaktadır. Hatanın minimum olması, en basit anlamda hataların otokorelasyon katsayılarının %95 güven düzeyinde,  $\pm 1,96/\sqrt{N}$  sınır değerleri içinde kalmasıdır (N: ölçü sayısı) (Chatfield, 1999). Hataların sınır değerleri içinde kalması, seçilen modelin yapılacak tahmin, filtreleme ve simülasyon için uygun olduğunu göstermektedir.

Siyah durum model ile sistem tanımlamasında kullanılan diğer bir metot ise parametrik olmayan tanımlamadır. Bu tür modellerde parametre sayısı sonsuz ya da çok sayıda olmaktadır. Örneğin, zaman bölgesinde tanımlanan korelasyon analizi ile sistemin impuls tepkisi y(k), (9) eşitliği ile hesaplanmaktadır.

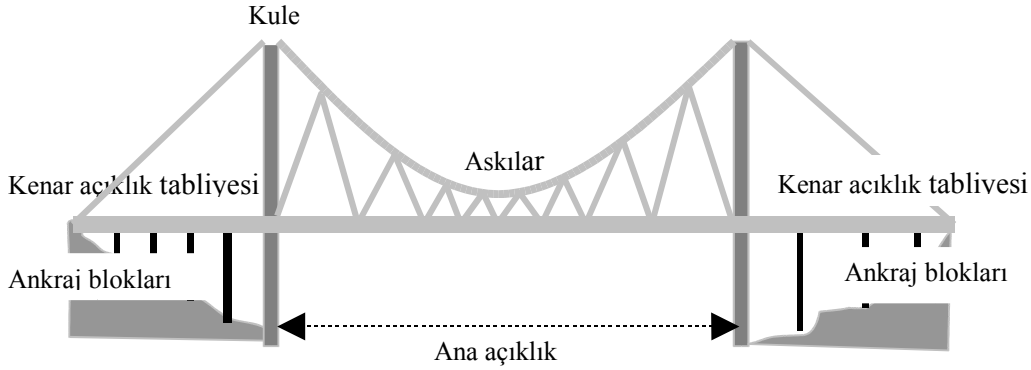
$$y(k) = \sum_{l=1}^{\infty} g_0(l)u(k-l) + v(k) \quad (7)$$

(9) eşitliğindeki  $g_0$ , impuls tepkisi,  $v(k)$ 'da filtrelenmiş beyaz gürültü olarak tanımlanmaktadır.

Sistemlerin tanımlanmasında yaygın olarak kullanılan bir başka metot ise zaman serileridir. Zaman serileri ile sistemin beklenen değeri ve otokorelasyon fonksiyonu belirlenebilmektedir. Ayrıca, zaman serilerinin modellenmesi ile sistemin ileriye yönelik tahminleri yapılabilmektedir. Etki-tepki büyüklükleri arasında gerçekleştirilecek bir çapraz-korelasyon işlemi ile de sistemin tepkisinin, etkiye göre gecikip-gecikmediği belirlenebilmektedir. Yani etkiyen büyüklük tepkiye sebep olmuş ise sistemde herhangi bir gecikme durumu meydana gelmemektedir. Eğer bir değişim söz konusu değilse sistemde gecikme meydana gelmektedir (Heunecke and Welsch, 2001).

### 3 UYGULAMA

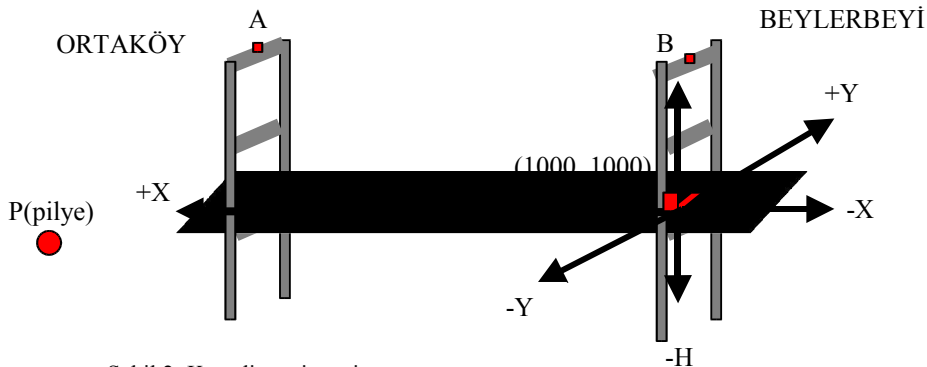
Dinamik sistem olarak seçilen, Boğaziçi Köprüsü 1074 m ana açıklıklı, sırasıyla Avrupa ve Asya yakalarında olmak üzere 231 m ve 255 m kenar açıklıklı, içi boş kapalı kutu kesit tabliyeli, narin kuleli ve eğik askılı modern bir asma köprüdür. Şekil 1: Boğaziçi Köprüsü'nün genel bir yapısını göstermektedir. Boğaz Köprüsü'nün proje esasları ise; Köprü 6 şeritli bir karayolu trafiğini taşıyacak şekilde projelendirilmiş olup iki tarafta yaya yolu düzenlenmiştir. Trafik yükü olarak ilgili İngiliz yük standardının verdiği değerler % 10 artırılarak alınmış ve 180 tonluk özel taşıt yükü de gözetilmiştir. Rüzgar yükü için maksimum rüzgar hızı 45 m/sn alınmıştır. Ayrıca İstanbul'un deprem bölgesinde olduğu düşünülerek köprü, temel zemin ivmesi yatayda 0,1 g'lik ivmesine dayanacak şekilde hesaplanmıştır. Düşey için ise 0.05 g olarak hesaplanmıştır (Celasun,1981).



Şekil 1: Boğaziçi Köprüsü'nün genel görünümü

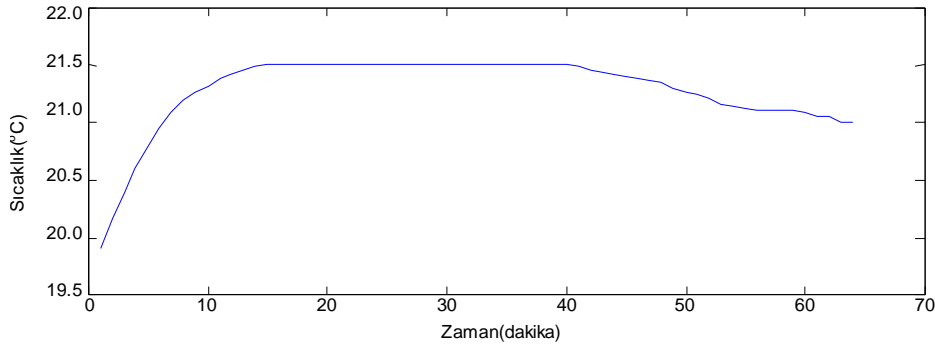
Bu tür asma köprüler, sıcaklık, rüzgar ve trafik yükü gibi büyüklüklerin etkisi altındadırlar. Özellikle sıcaklık değişimleri köprü ayaklarının tepesini açıklık doğrultusunda hareket etmeye zorlamakta ve ayakların bir konsol gibi eğilmesine neden olmaktadır (Celasun,1981).

Bu çalışmada; Boğaziçi Köprüsü'nün kulelerinin açıklık yönündeki koordinat değişimleri ile sıcaklık değişimleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Sıcaklık değişimleri kulelere etkiyen büyüklük, kulelerin açıklık yönündeki koordinat değişimleri de tepki büyüklüğü olarak ele alınmıştır. Hem etki hem de tepki büyüklükleri ölçülerek belirlenmiştir. Bunun için, köprü'nün kulelerindeki A ve B noktalarına, P (pilye) noktasından 10 dakika aralıklarla toplam 10 saat ATR (otomatik hedef tanıma) sistemi ile gözlem yapılmıştır. Bunun için Leica'nın TCA2003 serisi kullanılmıştır.



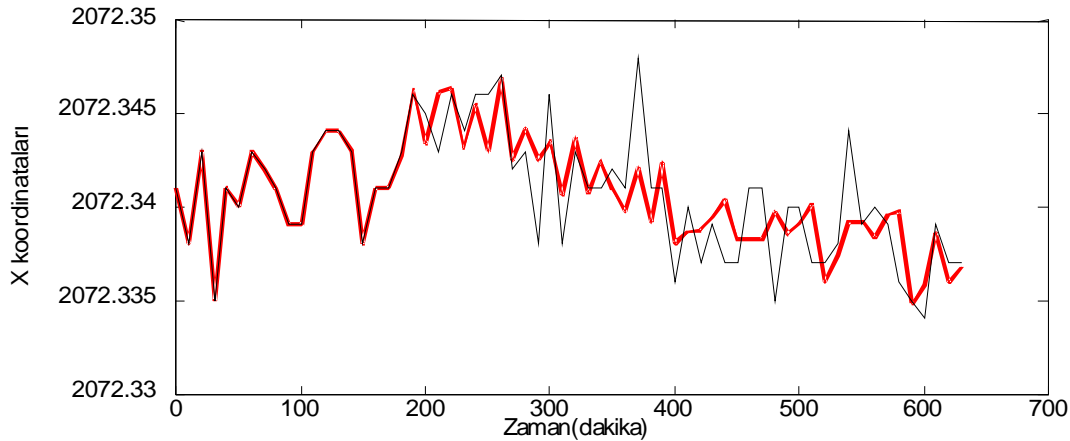
Şekil 2: Koordinat sistemi

Koordinatların hesaplanmasında öngörülen köprü koordinat sistemi Şekil 2’de görülmektedir. X; köprünün açıklık yönündeki koordinatlarını, Y’de köprünün yanal yöndeki koordinatlarını göstermektedir. Ayrıca sıcaklık değişimleri de 10 dakika aralıklarla ölçülmüştür. (şekil 3).



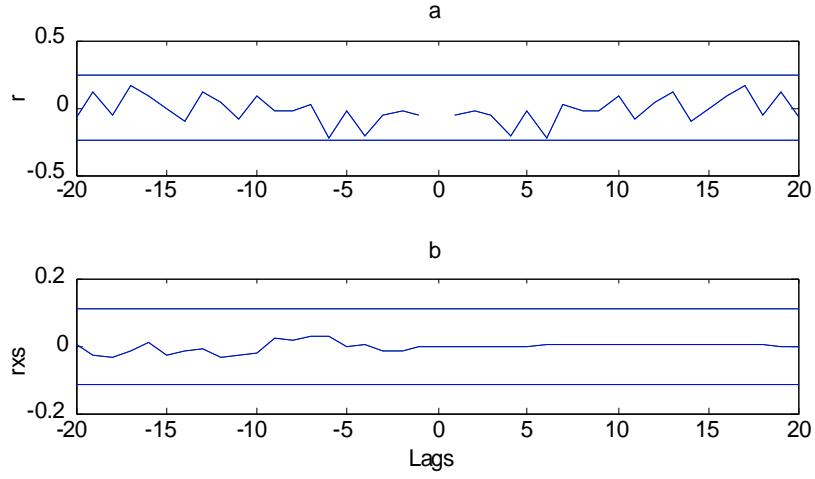
Şekil 3: A ve B noktası için ölçülen sıcaklık değişimleri (etki)

Etki-tepki ilişkisinden yararlanılarak, sıcaklık değişimleri ile kulelerin X (açıklık) yönündeki koordinat değişimlerinin transfer fonksiyonları belirlenmiştir. Bunun için, zaman bölgesinde tanımlanan ARX ve ARMAX modeller tercih edilmiştir. Farklı derecelerde seçilen modeller içinde, A noktası için ARX(10 10 9), ARMAX(8 8 8 7) modelleri, B noktası için de ARX(10 10 9) ve ARMAX(8 8 8 7) modellerinin uygun olduğuna karar verilmiştir. Bunun için ölçülen tepkiler ile modelden hesaplanan tepkiler arasındaki farklar (hata) incelenmiştir. Hataların incelenmesinde otokorelasyon fonksiyonundan faydalanılmıştır. Hataların otokorelasyon katsayılarının (r) %95 güven düzeyinde  $\pm 1,96/\sqrt{N}$  sınır değerleri içinde olduğu görülmüştür (şekil 5, 7, 9 ve 11). Hem A hem de B noktası için ARX modellerin katsayıları aynıdır. Benzer durum ARMAX model içinde geçerlidir.



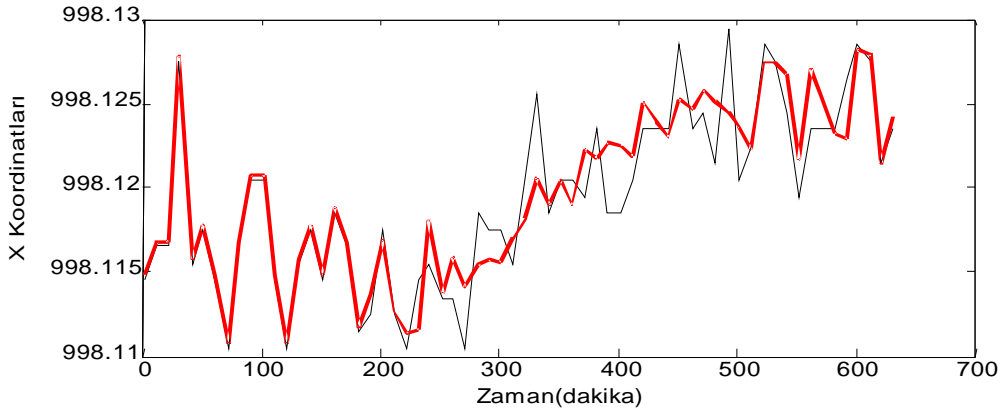
Şekil 4: A noktasının ölçülen (siyah) ve ARX(10 10 9) modelden hesaplanan tepki (kırmızı) değerleri

Aynı zamanda, modelden hesaplanan tepki değerleri ile ölçülen tepki değerlerinin uyum içinde oldukları grafiklerde de görülmektedir (Şekil 4, 6, 8 ve 10). Ancak, grafiklerde de görüldüğü gibi, bu tür modellerle fazla sayıda prediksyon yapılamamaktadır. Çünkü, prediksyon sayısı arttıkça ölçülen tepki değerleri ile modelden hesaplanan tepki değerleri arasındaki ilişki bozulmaktadır.

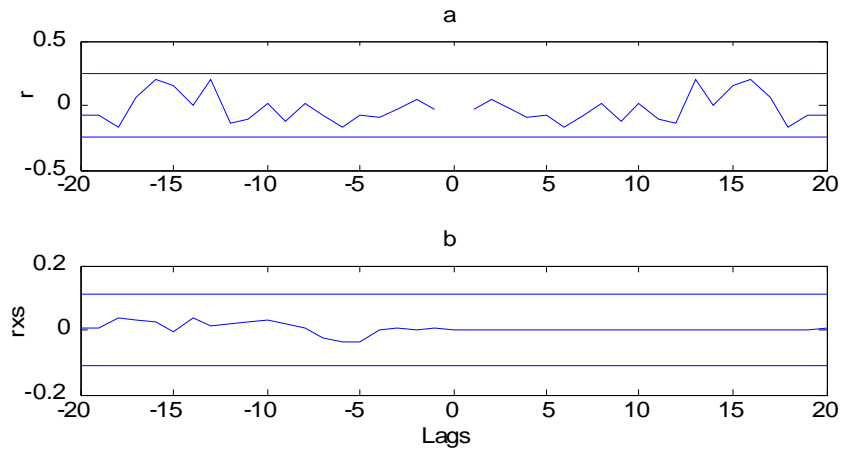


Şekil 5: A noktası hatalarının otokorelasyon katsayıları (a), etki-tepki arasındaki çapraz korelasyon katsayıları (b)

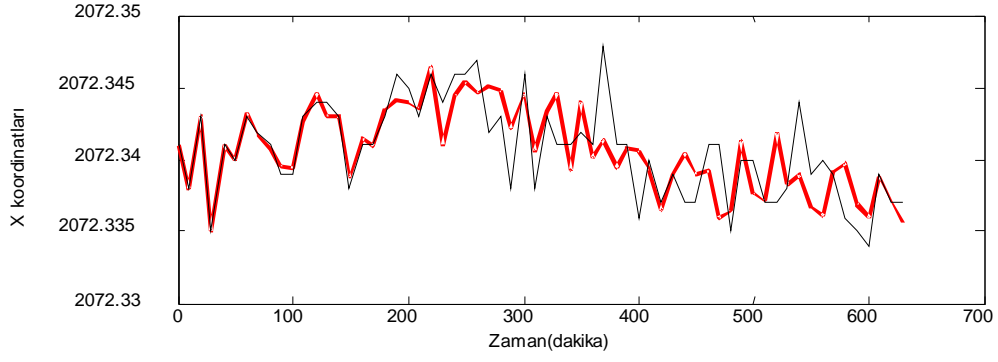
Ayrıca, A ve B noktalarında ölçülen etki ve tepki büyüklükleri arasında çapraz korelasyon katsayıları belirlenmiştir (rxs). Grafiklerde de görüldüğü gibi, sistemin etkiye karşılık tepkisinde bir gecikme gözlenmektedir. Diğer yandan lag (geciktirici) değeri artırıldığında etki-tepki arasında bir ilişki görülmektedir (Şekil 11). Ancak bu değişimde %95 güven düzeyi ile sınır değerleri içerisinde kalmaktadır.



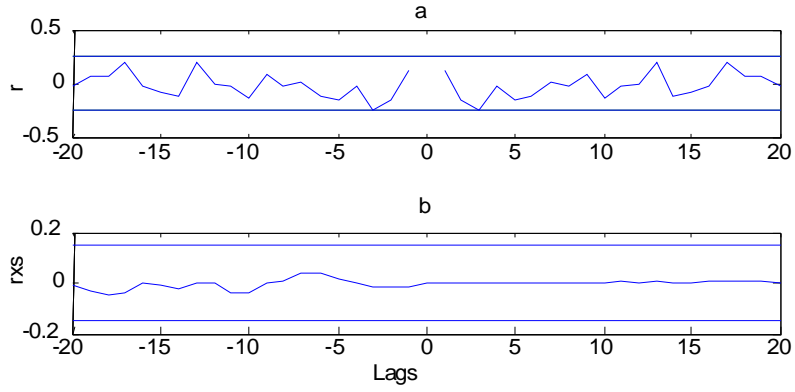
Şekil 6: B noktasının ölçülen (siyah) ve ARX(10 10 9) modelden hesaplanan tepki (kırmızı) değerleri



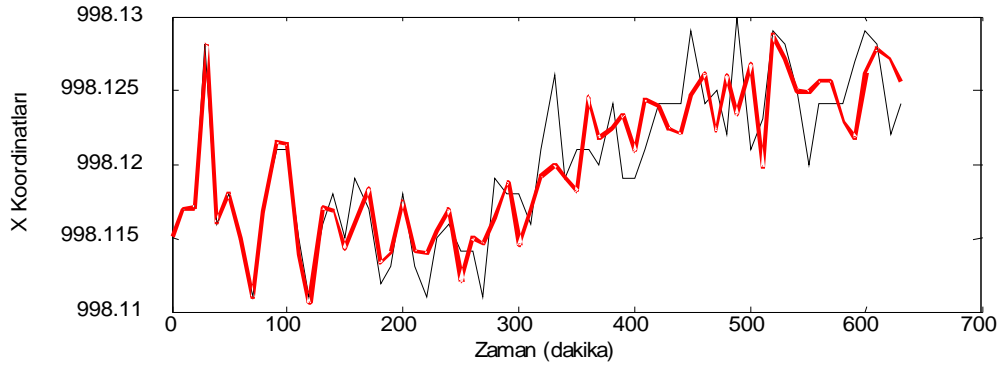
Şekil 7: B noktası hatalarının otokorelasyon katsayıları (a), etki-tepki arasındaki çapraz korelasyon katsayıları (b)



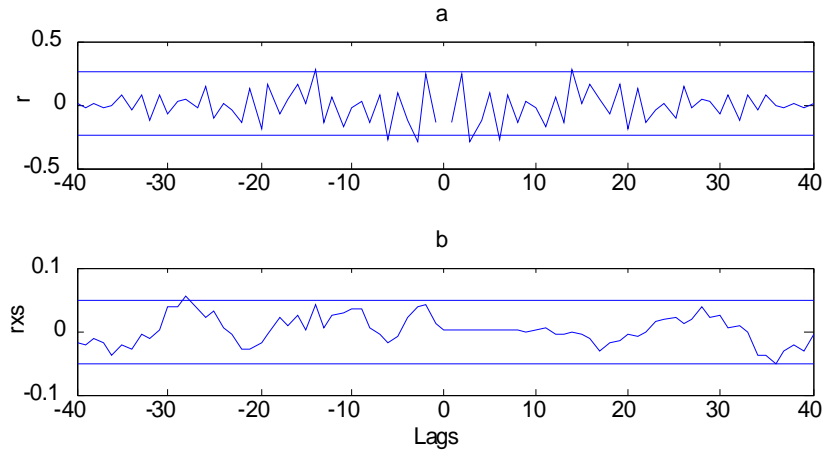
Şekil 8: A noktasının ölçülen (siyah) ve ARMAX(8 8 8 7) modelden hesaplanan tepki (kırmızı) değerleri



Şekil 9: A noktası hatalarının otokorelasyon katsayıları (a), etki-tepki arasındaki çapraz korelasyon katsayıları (b)



Şekil 10 B noktasının ölçülen (siyah) ve ARMAX(8 8 8 7) modelden hesaplanan tepki (kırmızı) değerleri



Şekil 11: B noktası hatalarının otokorelasyon katsayıları (a), etki-tepki arasındaki çapraz korelasyon katsayıları (b)

## 4. SONUÇ

Mühendislik yapıları iç ve dış kuvvetlerin etkisi altında sürekli olarak deforme olmaktadır. Bu yüzden mühendislik ölçmeleri bu etkilerin ve tepkinin ölçülmesi açısından önemli olmaktadır. Mühendislik yapıları birer dinamik sistemlerdir. Dinamik sistemler oldukça karmaşık ve çalışılması zor sistemlerdir.

Bu çalışmada kulelerin açıklık yönünde ölçülen koordinat değişimleri ile sıcaklık değişimleri arasındaki matematiksel ilişki belirlenmiştir. Yani, etki-tepki büyüklükleri ile yapının transfer fonksiyonu hem ARX (10, 10, 9) hem de ARMAX(8, 8, 8, 7) modellerle belirlenmiştir. Bu modellerle hesaplanan tepki değerleri, ölçülen tepki değerleri ile uyumlu çıkmıştır. Böylece, bu modellerin prediksyon, simulasyon ve filtreleme için uygun olduğu görülmüştür. Ancak ARMAX modelin derecesi, ARX modelin derecesinden daha düşüktür. Buna karşılık ARMAX modelin yapısı ARX modelin yapısından daha karmaşıktır. Bu nedenle tek bir model seçiminde, yüksek derecede bir ARX model her zaman tercih edilmektedir. Ayrıca, etki-tepki arasında yapılan çapraz korelasyon ile de etkiye karşılık sistemin tepkimesinin geciktiği, daha sonraki değişimlerinde istatistik olarak anlamsız olduğu görülmektedir.

## KAYNAKLAR

**Bosch, J.**, 2000. Modeling Identification and Simulation of dynamical Systems, CRC Press, 4-59 p.

**Celasun, H.**, 1981. Asma Köprüler, İ.D.M.M.A. Yayınları, sayfa:177

**Chatfield, C.**, 1999. The Analysis of Time Series, Chapman & Hall Science/CRC, 62 p.

**Gülal, E.**, 1999. Deformasyon Ölçülerinin Analizinde Dinamik Modelleme, YTÜ Dergisi, sayı: 2, sayfa:11

**Heunecke, O., Welsch, W.M.**, 2001. Models and Terminology for The Analysis of Geodetic Monitoring Observations, FIG Publication, No: 25, ISBN:87-90907-10-8, Frederiksberg, Denmark



**Hediye ERDOĞAN**

## **ÖZGEÇMİŞ**

1972 yılında Aksaray’ da doğdu. 1993 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü’nde lisans öğrenimini, 1998 yılında aynı bölümde yüksek lisans öğrenimini tamamladı. Halen Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı Geomatik programında doktora öğrenimini sürdürmektedir. 1996 yılında Niğde Üniversitesinde Araştırma Görevlisi olarak göreve başlamış, 2000 yılından itibaren Yıldız Teknik Üniversitesinde geçici görevlendirme ile Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.

## **İLETİŞİM BİLGİLERİ**

**Adı –Soyadı** : Hediye ERDOĞAN

**Yazışma Adresi** :Yıldız Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, İstanbul

**Telefon** : 0 212 259 70 70 / 2833

**Fax** :0 212 261 07 67

**e-posta** : herdogan@yildiz.edu.tr

**Adı –Soyadı** : V. Engin GÜLAL

**Yazışma Adresi** :Yıldız Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, İstanbul

**Telefon** : 0 212 259 70 70 / 2220

**Fax** :0 212 261 07 67

**e-posta** : egulal@yildiz.edu.tr

**Adı –Soyadı** : Ercenk ATA

**Yazışma Adresi** :Yıldız Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, İstanbul

**Telefon** : 0 212 259 70 70 / 2712

**Fax** :0 212 261 07 67

**e-posta** : ata@yildiz.edu.tr

**Adı –Soyadı** : Burak AKPINAR

**Yazışma Adresi** :Yıldız Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, İstanbul

**Telefon** : 0 212 259 70 70 / 2491

**Fax** :0 212 261 07 67

**e-posta** : bakpinar@yildiz.edu.tr