

## **II. BÖLÜM**

### **TAHMİN YÖNTEMLERİ**

#### **II.1 Giriş**

Sağlık kurumları yöneticileri gelecekte neler olacağını bilmeksizin hemen hemen her gün kararlar almaktadırlar. Tahminler gelecekte neler olacağını önceden bilinmesini sağladığından, sağlıklı bir planlama imkânı doğmaktadır. Doğru tahminler kısa, orta ve uzun dönemli planlamanın temelini oluşturur ve her türlü hizmet sunum sisteminin temel girdisini oluşturur. Tahminlerin iki kullanım alanı vardır. Birinci kullanım alanı, sistem planlaması olup sunulacak hizmetlerin tür ve miktarının belirlenmesi, hizmet üretimi için gerekli alt yapı ve malzemelerin kararlaştırılması, en uygun kuruluş yerinin seçilmesi gibi kararları içeren sistem planlaması, aslında uzun dönemli bir planlamadır. Tahminlerin ikinci kullanım alanı ise sistem kullanım planlamasıdır. Sistem kullanım planlaması, aslında kısa ve orta dönemli planlamadır. Sistem kullanım planlaması kapsamında malzeme planlaması, insan gücü planlaması, satın alma, bütçeleme ve iş programlama gibi faaliyetler gerçekleştirilir.

Sözü edilen planların tümü tahminlere dayanmaktadır. Planlama mutlak bir bilim değildir. Tahmin sonuçlar nadiren doğrudur ve gerçekleşen sonuçlar tahmin edilen sonuçlardan genellikle farklıdır. Sağlık kurumları yöneticileri, en iyi tahmin yapılsa bile deneyimlerini ve ön sezgilerini karar alırken kullanmalıdır.

Hangi tahmin tekniği kullanılırsa kullanılsın tüm tahminlerin ortak bir noktası vardır. Bu ortak nokta, geçmişte yaşanan gelişmelerin gelecekte de devam edeceğinin varsayılmasıdır. Tesadüfî olaylar nedeniyle hatalar ortaya çıkabilir. Yani gerçekleşen sonuçlarla tahmin edilen sonuçlar arasında farklılıklar söz konusu olabilir. Bütün ile ilgili yapılan tahminler bütünü oluşturan her eleman ile ilgili yapılan tahminlerden daha doğru sonuçlar verebilmektedir. Örnek vermek gerekirse; bir hastanenin bütünü için yapılan tahminler (örneğin toplam poliklinik sayısı tahmini) sadece belli bir bölüm için yapılan tahminlerden (örneğin kardiyoloji bölümü poliklinik sayısı tahmini) daha doğru sonuçlar vermektedir. Çünkü her bir bölüm için yapılan tahminlerde ortaya çıkan tahmin hatalarının toplamı, bütün için yapılan tahminde birbirlerinin etkisini azaltmaktadır. Tahminlerin doğruluğu da tahmin edilecek süre uzadıkça azalmaktadır. Başka bir ifadeyle kısa dönemli (bir yıllık) tahminler, uzun dönemli tahminlere (örn., beş yıllık) göre daha az belirsizlik içerdiğinden daha doğru sonuçlar vermektedir. Talep miktarındaki değişmelere hızla tepki gösteren esnek sağlık kurumları, uzun dönemli tahminlere güvenen ve yapısal esnekliği az olan rakiplerine göre kısa dönemli tahminlere daha fazla önem vermektedirler.

## **II.2 Tahmin Sürecinin Aşamaları**

Gelecekte ortaya çıkacak talep miktarıyla veya başka bir konuyla ilgili tahmin yapmak isteyen sağlık kurumları yöneticilerinin kullanabileceği çok sayıda tahmin yöntemi bulunmaktadır. Bir tahmin süreci birbirini izleyen beş aşamadan meydana gelir. Aşamaların herhangi birinde meydana gelen hatalar, bir sonraki aşamanın başarısını olumsuz yönde etkilemektedir. Böylece bir tahmin sürecinin aşamaları şu şekilde verilir: 1) Tahmin amaçlarının ve gerekli kaynakların belirlenmesi, 2) tahmin edilecek sürenin belirlenmesi, 3) tahmin yönteminin seçimi, 4) tahmin yönteminin uygulanması ve 5) tahmin sonuçlarının doğruluğunun değerlendirilmesi olarak sıralanır.

### **II.2.1 Tahmin Amaçlarının Belirlenmesi**

Bu aşamada tahmin yapmanın niçin önemli olduğu, gerekli kaynakların neler olabileceği ortaya konur ve tahminin istenen doğruluk düzeyi kararlaştırılır.

### **II.2.2. Tahmin Sürenin Belirlenmesi**

Bu aşamada ise kaç yıl veya kaç dönem sonrası için tahminde bulunulacağı belirlenir. Tahmin edilecek yıl veya dönem sayısı arttıkça tahminlerin doğruluğunun azaldığı göz ardı edilmemelidir.

### **II.2.3 Tahmin Yönteminin Seçimi**

Tahmin yönteminin seçim kararı, incelenen konunun karmaşıklığı yanında bilgi işlem kapasitesi ve finansal kaynakların miktarına göre değişiklik göstermektedir.

### **II.2.4 Tahmin Aşaması**

Bu aşamada en uygun varsayımlar, en uygun veriler ve en iyi tahmin yöntemi kullanılarak gelecekle ilgili tahminler yapılır. Sağlık kurumları yöneticileri, deneyimlerine göre veya bazen deneme yanılma yoluyla varsayımlar geliştirmelidir. Tahmin aşamasında; a) konuyla ilgili geçmişe yönelik verilerin toplanması ve b) verilerdeki değişkenliğin açıklanması ve anlaşılması gerekmektedir.

### **II.2.5 Tahminin Doğruluğunun Değerlendirilmesi**

Tahmin amaçlı bir çok yöntem kullanılmaktadır. Her yöntemin uygulama şartları ve gerektirdiği veri türü birbirinden farklıdır. Bu nedenle sağlık kurumları yöneticileri, şartları ve toplanan verileri dikkatli bir biçimde inceleyerek en uygun tahmin yöntemini kararlaştırmalıdır. Yöntemlerden biri doğru sonuçlar vermiyorsa, diğer yöntemi uygulamak için hazırlıklar yapılmalıdır. Yöneticiler ayrıca özellikle de trend söz konusu ise veya veriler önemli ölçüde değişiyorsa daha dikkatli olmak zorundadır.

## II.3 Tahmin Yaklaşımları

En basit şekliyle tahminler bireysel yargılama veya grup tartışmaları şeklinde yapılabilirler. Her ne kadar bu yöntemlerin matematiksel bir zemini olmasa da bunların açıklanmasında yarar vardır. Bunlar takipte açıklandığı gibi verilir.

### II. 3.1 Yargısal Tahminler

Yargısal tahminler, üst düzey yöneticilerin görüşleri, sözleşmeler, sigorta şirketleri veya sağlık yönetim sistemi organizasyonlarının öngörüler, müşteri araştırmaları, pazar tahminleri, sezgiler, kurum dışından getirilen uzmanların, orta ve alt düzey yöneticilerin ve personelin görüşleri gibi subjektif girdiler kullanılarak yapılmaktadır. Yöneticiler danışmanları aracılığıyla da tahminler yapılmasını sağlayabilir. Yargısal tahmin yöntemlerine örnek olarak Delphi yöntemi, yönetsel jüri modeli ve basit uyarlama yöntemi verilebilir.

❖ **Delphi yöntemi:** En sık kullanılan yargısal tahmin yöntemi olan Delphi yönteminde tahmin edilecek konuyla ilgili bilgisi olan yöneticilerin veya personelin görüşleri dikkate alınmaktadır. Bu yöntemde tahminde bulunulacak konuyla ilgili yönetici ve astlardan bir dizi anket çalışmasıyla bilgiler toplanır. Anket uygulaması ortak bir fikir geliştirilene kadar devam eder. Delphi yöntemi, özellikle teknolojik değişimlerin ve bu değişimlerin sağlık kurumuna etkisini tahmin etmek için kullanılabilen bir yöntemdir. Delphi yönteminin temel amacı, belli bir olayın ne zaman ortaya çıkacağını öngörebilmektir. Delphi yönteminin bazı üstün yönleri bulunmaktadır. Yöntemde uzmanları bir araya getirmek yerine anket çalışması kullanıldığı için maliyeti düşük olur. Yani uygulaması daha ekonomiktir. Yine bu yöntemde kişiler birbirini tanımadığından veya yüz yüze gelmediğinden daha objektiftir. Zira katılımcılar anket sorularını kendi bildiği gibi ve samimiyetle cevaplamaya çalışır. Bununla birlikte Delphi yönteminin bazı sakıncaları da bulunmaktadır. Açık ve anlaşılır olmayan sorular nedeniyle varılan fikir birliği hatalı olabilir. Kimlik bilgileri gizli kaldığından, ankete seçilen kişiler sorumluluk ve yükümlülük hissetmeden anketi gelişigüzel cevaplayabilirler. Bu yöntemin uygulanması ve tamamlanması uzun süre aldığından seçilen üyelerin değişme olasılığı her zaman mümkündür. Bu yöntemle yapılan tahminlerin hatalı olup olmadığı henüz belirlenmemiştir.

❖ **Yönetse Jüri Yöntemi:** Bu yöntemde sağlık kurumunun farklı işlevsel alanlarından üst düzey yöneticilerin görüşleri arasında uzlaşma sağlanmasına çalışılmaktadır. Bu yöntem amaç, içerik ve tahmin yapılacak zaman kesiti açısından Delphi yönteminden farklıdır. Bu yöntemde kurum dışından gelen uzmanlar yerine kurum yöneticilerinin görüşlerine önem

verilmektedir. Yönetmelik Jüri Modelinde genellikle kısa dönemli tahminler geliştirilir. Tahmin geliştirirken Delphi yönteminin tersine katılımcılar arasında daha fazla karşılıklı etkileşim bulunmaktadır.

❖ **Basit Uyarılama Yöntemi:** Bu tahmin yönteminde ise gelecek dönemde ortaya çıkabilecek ekonomik durumlar hakkında basit varsayımlar geliştirilmekte veya mevcut gelişmelere bakarak gelecekle ilgili sübjektif çıkarımlarda bulunmaktadır.

## **II. 3.2 Matematiksel ve İstatistiksel Tahminler**

Tahminler, yargısal yöntemler yanında zaman serisi olarak bilinen tarihsel verilerin kullanıldığı objektif yapıya sahip matematiksel ve istatistiksel yöntemlerle de yapılmaktadır.

### **II.3.2.1 Zaman Serileri Yöntemi İle Tahmin**

Zaman serisi belirli bir zaman dilimlerinde (günlük, haftalık, aylık, mevsimlik veya yıllık) ortaya çıkan sonuçlar dizisi olarak ele alınabilir. Zaman serisinin en basit örneği aylar itibarıyla hastaneye yatan hasta sayısıdır. Zaman serileri yönteminin temel varsayımı, serinin gelecekte alacağı değerin, geçmişte aldığı değerler kullanılarak tahmin edilebileceğidir. Zaman serileri analizinde, zaman serisinin davranışı belirlenmektedir. Bir zaman serisinin davranışı; 1) eğilim, 2) mevsimsellik, 3) devri hareketler, 4) düzensiz değişimler, 5) tesadüfi değişimler olarak karşımıza çıkmaktadır. Trend, bir zaman serisinde yer alan değişken değerlerinin uzun dönemli ve genel hatlarıyla artması veya azalmasıdır. Mevsimsellik, kısa dönemli veya göreceli olarak sık rastlanan değişimlerdir. Sağlık kurumlarında haftalık ve hatta günlük olarak karşılaşılan mevsimsel değişimler, genellikle sert hava şartları, tatil, bayram gibi faktörlerden kaynaklanmaktadır.

Genellikle ekonomik şartlarla ilişkili olan devri hareket ise bir kaç yılda bir ortaya çıkar. Devri hareketler genellikle dalgaya benzer bir özellik gösterir. Devri hareketler, işletme döngüsüne benzemektedir. Düzensiz değişkenlik ise zaman serisi değerlerinde şansa veya beklenmeyen durumlara bağlı olarak aniden ortaya çıkan artış veya azalışlardır. Zaman serisinin olağan yapısını bozduğu için düzensiz değişiklikler belirlenmeli ve bu tür veriler ayıklanmalıdır. Tesadüfi değişkenlik ise açıklanamayan değişkenliktir. Zaman serisi, hangi tür davranış biçimi gösterirse gösterebilir, açıklanamayan değişkenlik sürekli var olacaktır.

### **◆ Ortalama Teknikleri**

Geçmişe dönük veriler genellikle belirli miktarda tesadüfi değişkenlik içerir. Bu tesadüfi değişkenlik verinin gösterdiği genel hareket biçiminin içinde gizli kalır. Tesadüflük genellikle mutlak bir kesinlikle belirlenemeyen ve aynı zamanda çok önem taşımayan faktörlerden kaynaklanır. Bu durumda en uygun çözüm, verideki tesadüflükten kaynaklanan

sapmaların tümüyle ayıklanmasıdır. Böylece sadece incelenen olayın kendisinden kaynaklanan gerçek değişkenlik incelenebilir. Ne yazık ki gerçek değişkenlik ile tesadüfi değişkenliği bir birinden ayırmak olası değildir. Bu durumda küçük değişkenliklerin tesadüfi olduğunu kabul ederek, büyük değişkenlikleri açıklamaya çalışırız. Ortalama teknikleri, çok yüksek veya çok düşük olan uç değerleri de dikkate alarak ortalamayı hesapladığı için uç değerler nedeniyle veri kümesinde ortaya çıkan dalgalanmalar düzeltilmektedir. Ortalamaya dayalı tahminler, gerçek veri kümesinden daha az değişkenlik gösterir. Böylece gerçek değişkenliği yansıttığı düşünülen büyük değişkenlik de bir dereceye kadar düzeltilmiş olur. Yalın tahmin tekniği, hareketli ortalama tekniği ve üstel düzeltme tekniği ortalama dayalı tahmin teknikleridir. Bunlar takipte örneklerle detaylı olarak verilecektir.

### **1) Yalın Tahmin Tekniği**

En basit tahmin tekniği, yalın tahmin yöntemidir. Yalın tahmin yönteminde bir sonraki dönemin tahmin edilen değeri, bir önceki dönemin gerçekleşen değeridir. Örneğin geçen hafta bir kliniğe yatırılan hasta sayısı 100 ise önümüzdeki hafta söz konusu kliniğe yatırılacak hasta sayısı 100 olarak tahmin edilir. Yalın tahmin yöntemi, mevsimsellik ve trend özelliği gösteren verilere de uygulanabilir. Örneğin geçen yıl kasım ayında 100 böbrek nakli yapılmışsa bu yıl da kasım ayında 100 böbrek nakli yapılacağı tahmin edilir.

Bu yöntem çok basit bir yöntemdir ve düşük maliyetli olma, kolay hesaplanabilirlik ve kapsamlılık gibi üstün yönleri sahiptir. Bu yöntemin en önemli sakıncası, tahminlerin doğruluk derecesinin yüksek olmamasıdır. Bir diğer sakıncası ise bir önceki döneme ait gerçekleşen sonuçların bir sonraki dönemin tahmini olarak kullanılmasıdır. Böylece herhangi bir düzeltme yapılmamaktadır. Tahmin edilen sonuçlar ile gerçekleşen sonuçlar birbirine çok yakın ise bu yöntem kullanılabilir. Yalın tahmin yöntemiyle elde edilen sonuçların doğruluğu, diğer yöntemlerin maliyet ve sonuçlarının değerlendirilmesinde bir standart olarak kullanılabilir. Yöneticiler yalın yöntemin tahmin doğruluğu ile yüksek maliyetli bir diğer yöntemin tahmin doğruluğunu karşılaştırarak ek maliyet getiren diğer yöntemin kullanılmaya değer olup olmadığına karar vermelidir.

### **2) Hareketli Ortalama Tekniği**

#### **a) Basit Hareketli Ortalama Tekniği**

Yalın yöntemde bir önceki dönemin gerçekleşen değeri, gelecek dönemin tahmin değeri olarak kullanılmaktadır. Hareketli ortalama yönteminde ise birden fazla geçmiş dönemin ortalaması gelecek dönemin tahmin değeri olarak bulunur. Hareketli ortalama yönteminde tahmin değerleri,

$$Y_{t+1} = MA_n = \sum_{i=1}^n X_i/n \quad (2.1)$$

eşitliği ile hesaplanır. Bu eşitlikte;  $Y_{t+1}$ ,  $(t + 1)$  dönemi için tahmin değerini,  $MA_n$ ,  $n$  dönemli hareketli ortalamayı,  $X_i$ ,  $i$  dönemindeki gerçekleşen değeri,  $i$ , verinin yaşını ve  $n$  hareketli ortalamanın kapsadığı dönem sayısını göstermektedir.

▪ **Örnek-2.1:** Bir kadın hastalıkları ve doğum kliniğinde yıllık poliklinik sayıları Tablo-2.1’de verildiği gibidir. Bütçeleme amaçları bakımından gelecek yıl kaç poliklinik hizmeti sunulacağını tahmin ediniz. Üç dönemlik hareketli ortalama kullanınız.

Tablo-2.1: K Hast. Ve doğum Kliniği Sayısı.

Dönem (t)	1	2	3	4	5
Veri Yaşı	5	4	3	2	1
Poliklinik Sayısı	15908	15504	14272	13174	10022

▪ **Çözüm-2.1:** Dördüncü dönem tahmini:  $Y_4 = \frac{15908+15504+14272}{3} = \frac{45684}{3} = 15228$ ;  
Beşinci dönem tahmini:  $Y_5 = \frac{15504+14272+13174}{3} = \frac{42950}{3} = 14317$  ve Altıncı dönem tahmini:  $Y_6 = \frac{14272+13174+10022}{3} = \frac{37468}{3} = 12489$  bulunur. Görüldüğü gibi bu yöntemle beş gerçek değerle üç dönemlik üç adet tahminde bulunulabilir. Burada şimdilik önemli olan altıncı dönemin (veri kümesinde olmayan) tahminidir. Yani gelecek yıl sunulacak poliklinik sayısı tahmini, 12489’dur.

Zaman serisine yeni bir değer eklendiğinde yeni bir tahmin değeri elde edilir. Bu durumda zaman serisinin en eski değeri ortalama hesaplanırken artık kullanılmaz. Böylece her yeni bir değer ortaya çıktıkça ortalama ileriye doğru hareket eder. Bu özelliğinden dolayı yönteme hareketli ortalama adı verilmiştir. Yukarıdaki örneğimizde dördüncü dönem tahmin değeri, birinci, ikinci ve üçüncü döneme ait gerçekleşen değerlerin ortalaması iken beşinci döneme ait tahmin değeri ise ikinci üçüncü ve dördüncü dönemin gerçekleşen değerlerinin ortalamasıdır.

Hareketli ortalama yönteminde yöneticiler ortalaması alınacak dönem sayısını değiştirebilirler. Ortalama hesaplamasında kullanılacak dönem sayısı, tahmin edilen değerlerin yeni eklenen değere göre duyarlılığını belirlemektedir. Az sayıda döneme ait verilerin ortalaması alınarak yapılan tahminlerin duyarlılığı yüksektir. Tahminde hassasiyete önem veren bir yöneticinin daha az sayıda dönemin ortalamasını alması gerekmektedir. Duyarlılığı yüksek tahminler ise tesadüfi değişimlerden çok fazla etkilenmezler. Diğer taraftan ortalama hesaplamasında çok fazla döneme ilişkin veri kullanılırsa, veri daha fazla düzleşecektir. Ancak bu durumda ise gerçek değişimlerin etkisi göz ardı edilebilecektir. Bu durumda

yöneticiler, veride ortaya çıkan değişimlere daha yavaş tepki vermenin maliyeti ile tesadüfiliyetten kaynaklanan değişimlerin maliyetini karşılaştırmalıdır.

➤ **Dönem Sayısını Belirlenmesi:** Basit hareketli ortalama yöntemini kullanan sağlık kurumları yöneticileri ortalaması alınacak dönem sayısının kaç dönemden oluşacağını kararlaştırması gerekir. Şüphesiz bu karar, mevcut kaç dönemlik veri bulunduğu ve bu verilerin özelliklerine göre değişecektir. Genel olarak dönem sayısı arttıkça tahmin edilen değerler ile gerçek değerler arasında uyumluluk azalmaktadır. Bu durumu Örnek-2.2'deki problemle incelemeye çalışalım.

▪ **Örnek-2.2:** Çocuk sağlığı ve hastalıkları kliniği yöneticisi, gelecek ay polikliniğe başvuracak hasta sayısını tahmin etmek istemektedir. Yöneticinin elinde son 18 aya ait veri bulunmaktadır.

▪ **Çözüm-2.2:** Bu problemi çözmek için farklı sayıda dönem ( örneğin; üç aylık  $MA_3$ , veya beş aylık  $MA_5$  ) içeren hareketli ortalamaların hesaplanması gerekmektedir. En uygun dönem sayısını belirlemede iki yaklaşım vardır. Bunlar: a) grafik yöntemi ve b) en küçük tahmin hatası yöntemidir. Grafik yönteminde gerçek verilerle farklı dönemleri içeren hareketli ortalamaların tahmin değerleri aynı grafik üzerinde gösterilir. Yönetici dönem sayısını değiştirerek farklı dönemli hareketli ortalama tahminleri gerçekleştirir. Böylece bu farklı dönemlere dayalı eğriler ile gerçek değer eğrisini karşılaştırarak en iyi tahmin değerini veren dönem sayısını belirler. Diğer yaklaşım olan en küçük tahmin hatası yöntemi de grafik yönteme benzer bir felsefede çalışır. Tahmin hatası gerçek değer ile tahmin değeri arasındaki fark olarak tanımlanır. Bu yöntemde de yönetici dönem sayısını değiştirerek farklı dönemler için tahminler gerçekleştirir. Bu tahminler içerisinde en düşük hatayı veren hareketli ortalama dayalı dönem sayısı belirlenir.

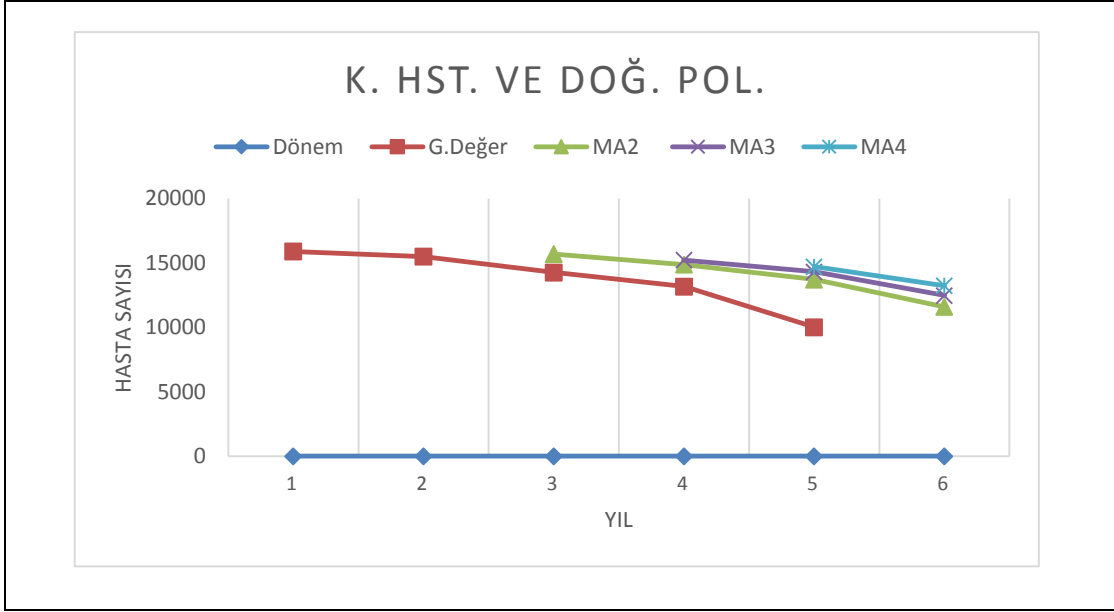
▪ **Örnek-2.3:** Örnek-2.1'deki veriye ilişkin  $MA_2$  ve  $MA_4$  hareketli ortalamaları hesaplayarak ( $MA_3$  Örnek-2.1'de hesaplanmıştı) grafikte en iyi dönem sayısını belirleyiniz.

▪ **Çözüm-2.3:** Sonuçlar Tablo-2.2'de özetlendiği gibidir.

Tablo-2.2: K Hast. Ve doğum Kliniği Sayısı.

Dönem (t)	1	2	3	4	5	6
Veri Yaşı	5	4	3	2	1	0
Poliklinik Sayısı	15908	15504	14272	13174	10022	-
$MA_2$ Tahminleri	-	-	15706	14888	13723	11598
$MA_3$ Tahminleri	-	-	-	15228	14317	12489
$MA_4$ Tahminleri	-	-	-	-	14715	13243

Gerek tahmin değerleri ve gerekse de grafik görsel sonuçları  $MA_2$ 'nin altıncı dönem tahmininin hesaplanmasında kullanılmasının daha uygun olduğunu göstermektedir.



Şekil-2.1: Örnek-2.3'ün en iyi dönem sayısının grafiklerle belirlenmesi.

#### b) Basit Ağırlıklı Hareketli Ortalama Tekniği

Hareketli ortalama tekniği basit ve kolay uygulanabilen bir yöntemdir. Hareketli ortalama yönteminde tüm değerlerin ağırlığı birbirine eşittir. Yani  $1/(\text{dönem sayısı})$  ağırlığı verilmektedir. Burada sorulması gereken soru şudur: 10 yıllık bir zaman serisinde en önceki yıla ait veri ile en son yıla ait veri eşit önemde midir? Bu sorunun cevabı sağlık kurumları yöneticisinin yüz yüze kaldığı şartlara bağlıdır. Son yıllara ait verilere daha fazla önem veren yönetici, bu verilere daha fazla ağırlık verecektir. Ağırlıklı basit hareketli ortalama yöntemi de basit hareketli ortalama yöntemine benzemektedir. Aralarındaki temel fark, basit hareketli ortalama yönteminde döneme alınan tüm verilere eşit ağırlık verilirken ağırlıklı basit hareketli ortalama yönteminde ise dönemin son değerlerine daha yüksek ağırlık verilmesidir. Örneğin üç döneme ait veriler ağırlıklandırılırken ilk veriye 0.2, ikinci veriye 0.3 ve son veriye de 0.5 ağırlığı verilebilir. Bu ağırlıklar tamamen sübjektiftir ve yöneticinin deneyimlerine göre belirlenir. Deneme yanılma yoluyla da ağırlıklar belirlenebilir. Ağırlıklı basit hareketli ortalama yöntemi basit hareketli ortalama yöntemine göre daha gerçekçi sonuçlar vermektedir. Ağırlıklı basit hareketli ortalama tahmin değerleri,

$$Y_{t+1} = WMA_n = \sum_{i=1}^n w_i X_i \quad (2.2)$$

eşitliği ile hesaplanır.

▪ **Örnek-2.4:** Örnek-2.1'de yer alan veriler, poliklinik sayısında dönemlere göre azalan bir trend olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle beşinci yılda poliklinik sayısı ciddi bir biçimde azalmıştır. Yönetici son yılın ağırlığını 0.5 olarak kararlaştırmıştır. Dönemlerin



ilk yılına 0.2 ve ikinci yılına da 0.3 ağırlıkları atamış olsun. Bu ağırlıklar yardımıyla dördüncü, beşinci ve altıncı yıllara ait ortalama poliklinik sayılarını tahmin ediniz.

▪ **Çözüm-2.4:** Dördüncü dönem tahmini:  $Y_4 = 0.2 \times 15908 + 0.3 \times 15504 + 0.5 \times 14272 = 14.969$ ; Beşinci dönem tahmini:  $Y_5 = 0.2 \times 15504 + 0.3 \times 14272 + 0.5 \times 13174 = 13969$  ve Altıncı dönem tahmini:  $Y_6 = 0.2 \times 14272 + 0.3 \times 13174 + 0.5 \times 10022 = 11818$  bulunur.

**c) Basit Üstel Düzeltme Tekniği**

Basit üstel düzeltme yönteminde gelecek döneme ait tahmin, bir önceki dönemin tahmin değeri ve bir önceki döneme ait gerçek değer ile tahmin değeri arasındaki farkın (tahmin hatası) belirli bir yüzdesinin toplamı alınarak hesaplanır. Yani; Tahmin değeri= Bir önceki tahmin değeri +  $\alpha \times (\text{Gerçek Değer} - \text{Bir önceki Tahmin Değeri})$ . Yada ilgili yıldaki değer belli bir yüzde değeri ile bir önceki tahmin değerinin yüzde değerini tamamlayan değeri toplamı alınarak hesaplanır. Bu durumda da Tahmin Değeri =  $\alpha \times \text{Gerçek Değer} + (1 - \alpha) \times \text{Bir Önceki Tahmin Değeri}$  ile ifade edilir. Buradaki  $\alpha$  düzeltme katsayısıdır ve %'de şeklinde ifade edilir. Basit üstel düzeltme yönteminde tahmin değeri,

$$Y_t = Y_{t-1} + \alpha(X_{t-1} - Y_{t-1}), t > 2 \quad (2.3a)$$

eşitliği yada

$$Y_t = \alpha X_{t-1} + (1 - \alpha)Y_{t-1}, t > 2 \quad (2.3b)$$

eşitliği yardımı ile hesaplanır. Eşitliklerde;  $Y_t$ , t dönemindeki tahmin değerini;  $Y_{t-1}$ , bir önceki dönemindeki tahmin değerini;  $\alpha$ , düzeltme terimini ve  $X_{t-1}$  bir önceki döneme ait gerçek değeri göstermektedir. Bu yöntemde başlangıç tahmin değeri (yani  $t=1$  için), yalın yönteme göre belirlenebilir. Yani;  $t=1$  için  $Y_1 = X_1$  olur.

▪ **Örnek-2.5:** Örnek-2.1'deki verileri kullanarak  $\alpha = 0.3$  seçerek üstel düzeltme yöntemiyle tahminde bulununuz.

▪ **Çözüm-2.5:** (2.3a) veya (2.3b) eşitlikleri kullanılarak tahmin yapılabilir. Başlangıç tahmin değeri, yalın yönteme göre  $Y_1 = X_1$  belirlenir. Bu örneğimizde birinci dönemin gerçek değeri 15908'dir.

▪ Eşitlik (2.3a) ile tahminler: İkinci dönem tahmini:  $Y_2 = 15908 + 0.3(15908 - 15908) = 15908$ ; üçüncü dönem tahmini:  $Y_3 = 15908 + 0.3(15504 - 15908) = 15787$ ; dördüncü dönem tahmini:  $Y_4 = 15787 + 0.3(14272 - 15787) = 15332$ ; beşinci dönem tahmini:  $Y_5 = 15332 + 0.3(13174 - 15332) = 14685$  ve altıncı dönem tahmini:  $Y_6 = 14685 + 0.3(10022 - 14685) = 13286$  bulunur.

▪ Eşitlik (2.3b) ile tahminler: İkinci dönem tahmini:  $Y_2 = 0.3 \times 15908 + 0.7 \times 15908 = 15908$ ; üçüncü dönem tahmini:  $Y_3 = 0.3 \times 15504 + 0.7 \times 15908 = 15787$ ; dördüncü dönem tahmini:  $Y_4 = 0.3 \times 14272 + 0.7 \times 15787 = 15332$ ; beşinci dönem tahmini:  $Y_5 = 0.3 \times 13174 + 0.7 \times 15332 = 14685$  ve altıncı dönem tahmini:  $Y_6 = 0.3 \times 10022 + 0.7 \times 14685 = 13286$  bulunur.

Böylece elde edilen tahmin değerleri Tablo-2.3’de verildiği gibi bulunur.

Tablo-2.3: K Hast. Ve doğum Kliniği Sayısı.

Dönem (t)	1	2	3	4	5	6
Veri Yaşı	5	4	3	2	1	0
Poliklinik Sayısı	15908	15504	14272	13174	10022	-
$\alpha = 0.3$ İçin Tahminler	15908	15908	15787	15332	14685	13286
Tahmin Hatası	0	404	1515	2158	4663	-

Düzeltilme katsayısı,  $\alpha$  tahminin hatasının yüzdesi olarak görülmelidir. Her yeni tahmin bir önceki döneme ait tahmin sonucu ile bir önceki dönemin tahmin hatasının belirli bir yüzdesinin toplamına eşittir.

Düzeltilme katsayısının bire yaklaşması Tahmin hatasının yüzde yüz oranında dikkate alınmasını sağlar ve böylece veri daha fazla düzleştirilir. Düzeltilme katsayısı genellikle 0.2 ila 0.6 arasında değer almakta olup, deneme yanılma yoluyla veya deneyimlerle belirlenebilmektedir. Farklı düzeltilme katsayılarında tahminlerin durumunu görmek için Örnek-2.5’de verilen sonuçları inceleyelim.

▪ **Örnek-2.6:** Örnek-2.1’deki verileri kullanarak  $\alpha = 0.2; 0.3; 0.4; 0.5$  ve  $0.6$  seçerek üstel düzeltilme yöntemiyle tahminde bulununuz.

▪ **Çözüm-2.6:** Düzeltilme katsayısını değiştirilesi sonucu elde edilen tahmin değerleri Tablo-2.4’de verildiği gibidir.

Tablo-2.4: K Hast. Ve doğum Kliniği Sayısı.

Dönem (t)	1	2	3	4	5	6	Hata Ortalaması
Veri Yaşı	5	4	3	2	1	0	
Poliklinik Sayısı	15908	15504	14272	13174	10022	-	
$\alpha = 0.2$ İçin Tahminler	15908	15908	15827	15516	15048	14043	2331.77
$\alpha = 0.3$ İçin Tahminler	15908	15908	15787	15332	14685	13286	2185.00
$\alpha = 0.4$ İçin Tahminler	15908	15908	15746	15157	14364	12627	2050.66
$\alpha = 0.5$ İçin Tahminler	15908	15908	15706	14989	14082	12052	1928.13
$\alpha = 0.6$ İçin Tahminler	15908	15908	15666	14829	13836	11548	1816.80

Bu örnekten de kolayca anlaşılacağı gibi düzeltilme katsayısının değeri arttıkça en son veriye verilen önemin yüksek olmasından dolayı daha düzleştiği bir tahmin olacağı görülmektedir. Düzeltilme katsayısının değerinin aşırı derecede düşük tutulması durumunda

tahmin hataları hiç dikkate alınmamış olur. Böylece en eski veri tahmin değeri olarak kullanılır. Düzeltme katsayısının çok yüksek tutulması durumunda ise en son döneme ait veri tahminde kullanılacaktır. Bu ise yalın tahmin yöntemi ile aynı sonucu verecektir.

### **3) Trend Yöntemleri**

Trend ya da eğilim; nüfus, gelir ve kültürel şartlardaki değişmeler nedeniyle uzun dönemde ortaya çıkan genel hareket olarak tanımlanabilir. Bir veri kümesinde eğilim bulunduğu varsayıldığında, bu eğilim bir denklemle gösterilerek analiz edilmeye çalışılır. Eğilim doğrusal olabileceği gibi doğrusal da olmayabilir. Veriler bir serpiye ya da dağılım diyagramında gösterilirse, eğilimin gösterdiği karakter hakkında fikir edinmek mümkün olacaktır.

#### **a) Doğrusal Regresyon Tahmin Tekniği**

Regresyon analizi, verilerin dağılımını temsil eden bir doğrunun denkleminin bulunması için kullanılır. Bu doğru denklemi,

$$Y = a + bX \quad (2.4)$$

ile verilir. Denklem (2.4)'de;  $Y$  tahmin edilmek istenen bağımlı değişkeni;  $X$  tahmin edici yada bağımsız değişkeni;  $a$  doğrunun  $y$  eksenini kestiği değeri (kesim parametresinin tahminini) ve  $b$  ise eğim parametresinin tahminini göstermektedir.

Bu denklem tahmin hatalarının kareleri toplamının en küçüklenmesini sağlamaktadır. Bu nedenle yönteme en küçük kareler yöntemi de denilmektedir.  $Y = 20 + 5X$  şeklinde belirlenen regresyon denklemi düşünölsün.  $X$  değeri sıfır iken  $Y=20$  olur.  $X$  değeri bir birim arttığında  $Y$  değeri de 5 birim artacaktır. Örneğin;  $X=10$  için  $Y=20+5(10)=70$  olacaktır. Bu denklem koordinat düzleminde bir grafikte gösterilebilir. Bu denklemdeki  $a$  ve  $b$  bilinmeyenleri ise

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n(\bar{x})^2} \quad (2.5)$$

ve

$$a = \frac{(\sum y) - b(\sum x)}{n} = \bar{y} - b\bar{x} \quad (2.6)$$

eşitlikleri ile tahmin edilir.

▪ **Örnek-2.7:** Bir çoklu hastane sisteminde 12 hastane bulunmaktadır. Gelirler bağımsız değişkeni ( $X$ , on milyon TL) ve kar da bağımlı değişkeni ( $Y$ , on milyon TL) gösterebilir. Geçen yıla ait bu 12 hastanenin gelir ve kar değerleri Tablo-2.6'da verildiği gibi elde edilmiştir.

▪ **Çözüm-2.7:** Eşitlik (2.5)'den  $b = \frac{35.29 - 12(11)0.0225833}{1796 - 12(11^2)} = \frac{5.48}{344} = 0.01593$  ve  $a = \bar{y} - b\bar{x} = 0.050601$  olup tahmin denklemi,  $Y = 0.050601 + 0.01593X$  olarak bulunur. 100 milyon TL geliri olan bir hastanenin kar tahmini,  $Y = 0.050601 + 0.01593(10) = 0.209901 \times 10000000 = 2099010$  TL olarak tahmin edilmiş olur. Diğer sonuçlar Tablo-2.5'nin son sütununda 10 milyon TL ile kısaltılmış olarak verilmiştir.

**Tablo-2.5: Örnek-2.6 İçin Veri ve Hesaplamalar.**

Hastane	Gelir (x)	Kar (y)	xy	x <sup>2</sup>	Kar Tahmini
1	7	0.15	1,05	49	0,162111
2	2	0.10	0,2	4	0,082461
3	6	0.13	0,78	36	0,146181
4	4	0.15	0,6	16	0,114321
5	14	0.25	3,5	196	0,273621
6	15	0.27	4,05	225	0,289551
7	16	0.24	3,84	256	0,305481
8	12	0.20	2,4	144	0,241761
9	14	0.27	3,78	196	0,273621
10	20	0.44	8,8	400	0,369201
11	15	0.34	5,1	225	0,289551
12	7	0.17	1,19	49	0,162111
Toplam	132	2,71	35,29	1796	2,709972
Ortalama	11	0,225833			

#### b) Eğilim Doğrusu ve Basit Doğrusal Regresyon Tekniği

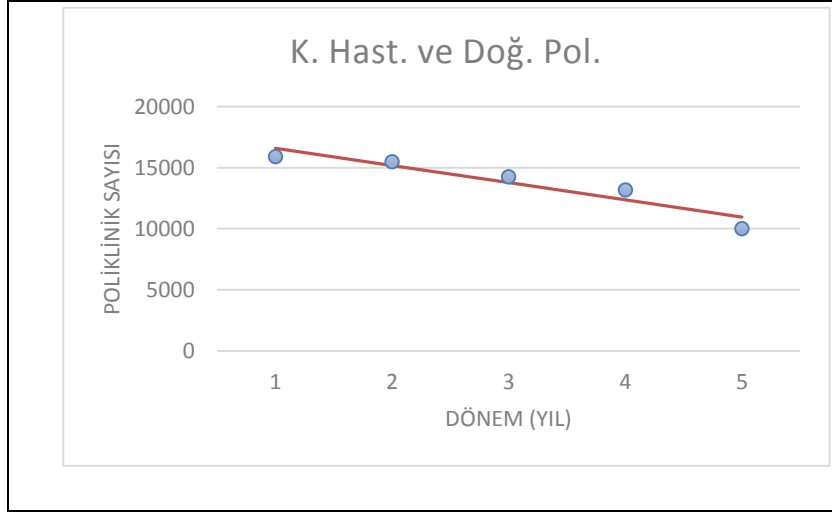
Doğrusal regresyon analizi genellikle sağlık verilerinde eğilimi tanımlamak için kullanılır. Eğilimi belirlemek için yapılan regresyon analizinin tek farkı bağımsız değişken olarak zaman değişkeninin kullanılmasıdır. Böylece eğilim doğrusunun regresyon denklemi,

$$Y = a + bt \quad (2.7)$$

eşitliği ile verilir. Eşitlik (2.7)'de;  $Y$  tahmin edilmek istene bağımlı değişkeni;  $t$  tahmin edici ya da bağımsız (zaman) değişkeni;  $a$  doğrunun  $y$  eksenini kestiği değeri (kesim parametresinin tahminini) ve  $b$  ise eğim parametresinin tahminini göstermektedir. Burada eğer  $b < 0$  ise azalan ve  $b > 0$  ise artan bir eğilim olduğu söylenir.

▪ **Örnek-2.8:** Örnek-2.1'de verinin eğilim içerip içermediğini serpm diyagramı ile araştırınız ve eğilim olduğunu düşünerek denklemi be bağımlı değişken değerlerini tahmin ediniz.

▪ **Çözüm-2.8:** Veriye ilişkin serpm diyagramı Şekil-2.2'de verildiği gibidir.



Şekil-2.2: Poliklinik Serpme Diyagramı.

Tablo-2.6 Örnek-2.6 İçin Veri ve Hesaplamalar.

Dönem	$t$	$y$	$ty$	$t^2$	Tahmin
1	1	15908	15908	1	16596
2	2	15504	31008	4	15186
3	3	14272	42816	9	13776
4	4	13174	52696	16	12366
5	5	10022	50110	25	10956
Toplam	15	68880	192538	55	
Ortalama	3	13776			

Eşitlik (2.5)'den  $b = \frac{192538 - 5(3)13776}{55 - 5(3^2)} = \frac{-14102}{10} = -1410.2$  ve  $a = 13776 + 1410.2(3) = 18006.6$  olup tahmin denklemi,  $Y = 18006.6 - 1410.2t$  olarak bulunur. Bu denklem yardımı ile elde edilen tahmin değerleri ise Tablo-2.5'in son sütununda verilmiştir. Altıncı döneme ait poliklinik tahmini ise,  $Y = 18006.6 - 1410.2(6) = 9545$  olarak tahmin edilir.

## II.4 Tahminlerin Doğruluğu

Gerçek dünyanın karmaşık doğasından dolayı, hemen hemen hiç bir şeyi tam doğru biçimde tahmin edemeyiz. Uygun olmayan yöntemin seçilmesi veya yöntemin uygun biçimde kullanılmamasından dolayı tahmin hataları ortaya çıkar. Hatalar ayrıca yöneticinin kontrolünde olmayan düzensiz değişimlerden de kaynaklanabilir. Verilerdeki tesadüfi değişimler de tahmin hatalarına neden olur. Tahmin hatası, gerçek değer ile tahmin edilen değer arasındaki farktır. Şöyle ki

$$Hata = Gerçek Değer - Tahmin Değeri, \quad (2.8)$$

şeklilde ifade edilir.

Tahmin hatası negatif ve ya pozitif olabilir. Tahmin hatası sorunu iki önemli konuda karar vermemize yardımcı olur. İlk olarak, tahmin hatalarını dikkate alarak değişik tahmin

yöntemleri arasında hangisini tercih edeceğimize karar vermeyi sağlar. İkinci olarak, tahmin hataları kullandığımız tahmin yönteminin başarı veya başarısızlığının değerlendirilmesinde bize yardımcı olur.

Tahmin hataları, tahmin yöntemleri arasında tercih yaparken bize iki şekilde yardımcı olur. Birincisi her yöntemin geçmiş verilere uygulanması durumunda ortaya çıkardığı hata miktarına bakılarak her bir yöntemin tarihsel hata performansı ölçülebilir. İkincisi ise her yöntemin ortaya çıkardığı hatalar, yöntemlerin değişen şartlarda ne kadar duyarlı olduğunu ortaya koymaktadır. En sık kullanılan tahmin hata ölçütleri, ortalama mutlak hata (MAD) ve ortalama mutlak hata yüzdesi (MAPE) ölçütleridir. MAD ve MAPE ölçütleri sırasıyla

$$MAD = \frac{\sum |Gerçek Değer - Tahmin Değeri|}{n}, \quad (2.9)$$

$$MAPE = \frac{\sum |Gerçek Değer - Tahmin Değeri|}{\sum Gerçek Değer}, \quad (2.10)$$

eşitlikleri yardımı ile hesaplanır.

MAD, tüm tahmin hatalarına eşit ağırlık verdiği için küçüldükçe tahminin doğruluğu artmaktadır. MAD ölçütü, dönem başına düşen hata miktarını ölçerken MAPE ölçütü ise hatayı, gerçek değer yüzde oranı şeklinde ölçmektedir. MAPE ölçütü, aşırı yüksek veya aşırı düşük tahmini ve gerçek değerlerin sebep olduğu hataların daha kolay belirlenmesini ve değerlendirilmesini sağlamaktadır.

▪ **Örnek-2.9:** Örnek-2.6’da Örnek-2.1’de verilen verileri kullanarak  $\alpha = 0.2; 0.3; 0.4; 0.5$  ve  $0.6$  değerleri için üstel düzeltme yöntemiyle tahminler yapılmıştı. Söz konusu tahminlere ilişkin MAD ve MAPE değerlerini hesaplayınız.

▪ **Çözüm-2.9:** Düzeltme katsayısını değiştirilesi sonucu elde edilen tahmin değerleri Tablo-2.4’de verilmişti. Tablo-2.7’de ise aynı hesaplamalara ait MAD ve MAPE sonuçları verilmektedir.

Tablo-2.7: K Hast. Ve doğum Kliniği Sayısı Tahmininde MAD ve MAPE Sonuçları.

Düzeltilme Değeri	Mutlak Toplam Hata	MAD Değeri	MAPE Değeri
$\alpha = 0.2$	9327	2331.75	0.176
$\alpha = 0.3$	8740	2185.00	0.165
$\alpha = 0.4$	8203	2050.75	0.155
$\alpha = 0.5$	7713	1928.25	0.146
$\alpha = 0.6$	7267	1816.75	0.137

Tablo-2.7’deki MAD ve MAPE değerleri Eşitlik (2.9) ve (2.10) yardımıyla örneğin;  $\alpha = 0.2$  için  $MAD = \frac{9327}{4} = 2331.75$  ve  $MAPE = \frac{9327}{52927} = 0.176$  olarak hesaplanmıştır. Diğer düzeltme değerleri için de aynı yol izlenmiştir. Birinci döneme ait tahmin olmadığından burada  $\sum Gerçek Değer = 68880 - 15908 = 52927$  olarak hesaplanmıştır.

Sağlık kurumları yöneticileri bu iki ölçütü kullanarak tahmin yöntemlerinin hangisinin daha iyi sonuç verdiğini anlayabilir. En düşük MAD ve ya MAPE değeri veren yöntem en iyi yöntemdir. En düşük MAD veya MEPE değeri veren bir tahmin yönteminin hata performansının yüksek olduğu söylenebilir. Bu yolla sağlık kurumları yöneticileri hangi yöntemin en az hatalı sonuç verdiğini bilmek yanında tahminlerin değişimlere uyma derecesini de değerlendirmektedir. Tahminlerin değişimlere uyma derecesi, hata performansından daha önemlidir. Hızlı değişen bir ortamda çalışan yöneticiler, değişimlere de hızlı uyum sağlamanın maliyeti ile gerçekte olmayan değişimlere uyum sağlamanın maliyetini karşılaştırmalıdır.

▪ **Örnek-2.10:** MAD ve MAPE ölçütlerinin tahmin yöntemlerinin seçimindeki rolünü, Örnek-2.1’de verilen verinin Örnek-2.3’de verilen  $MA_2$  sonuçlarını, Örnek-2.5’de verilen  $\alpha = 0.3$  için üstel düzeltme yöntemi sonuçlarını ve Örnek-2.8’de verilen eğilime dayalı basit doğrusal regresyon sonuçları yardımı ile değerlendirmeye çalışalım.

▪ **Çözüm-2.10:**  $MA_2$ ’de üç tahmin değeri olduğundan bu üç tahmin değeri üzerinde karşılaştırma yapalım.  $MA_2$  sonuçlarına göre MAD değeri, 2283 ve MAPE değeri, 0.183 bulunur. Benzer şekilde  $\alpha = 0.3$  için üstel düzeltme yöntemine göre MAD değeri, 2779 ve MAPE değeri ise 0.222 olup eğilimli EKK yöntemine göre ise MAD değeri, 746 ve MAPE değeri de 0.060 olarak hesaplanmıştır. Görüldüğü gibi bu üç tahmin yöntemi sonucuna göre hem MAD ve hem de MAPE ölçütleri en düşük hatalı sonucu EKK regresyon yöntemi vermiştir.

## **II.5 Tahmin Sonuçlarının Kontrolü**

Sağlık kurumları yöneticileri, hangi yöntemi tercih ederlerse etsin kullandıkları tahmin yönteminin tutarlı sonuçlar verip vermediğini ve gelecekte de aynı şekilde işleyip işlemeyeceğini belirlemek zorundadır. Değişik faktörler nedeniyle tahmin sonuçları kontrol dışına çıkabilir. Eğilim ve devri hareketlerde ortaya çıkan değişimler, sağlık hizmetlerinin talebini sınırlandırma yönündeki yeni yasal düzenlemeler bu faktörlere örnek olarak gösterilebilir. Veri kümesi, yeni veri ya da veriler eklenerek güncellendiğinde tahmin sonuçlarının gerçekleşen sonuçlara uygunluğunu değerlendirmek için istatistiksel kontrol yöntemlerini kullanmak gerekir. İzleme Sinyali, yapılan tahminlerin gerçekleşen sonuçlardaki artış veya azalışlara ne derece ayak uydurduğunu ortaya koymaktadır. İzleme Sinyali, toplam tahmin hatasının ortalama mutlak hataya bölünmesi ile hesaplanır ve her bir dönem için ayrı ayrı

$$\text{İzleme Sinyali} = \frac{\text{Gerçek değer} - \text{Tahmin Değeri}}{MAD}, \quad (2.11)$$

eşitliği yardımı ile hesaplanır.

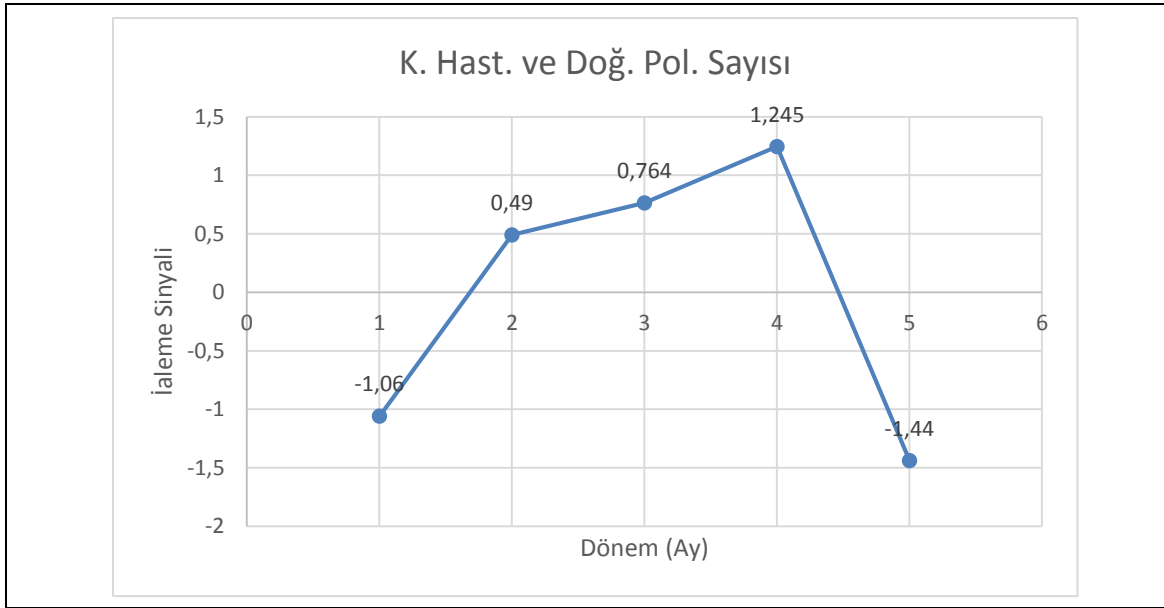
İzleme Sinyali  $\pm 3$  ila  $\pm 8$  arasında değer alabilir; ancak genellikle  $\pm 4$  kabul edilebilir sınırlardır ve bu sınır yaklaşık  $\pm 3$  standart sapma aralığına denk gelmektedir. İstatistiksel kontrol çizgileri oluşturularak tahminlerin performansı gözden geçirilebilir. İzleme sinyalinin pozitif çıkması, gerçek değer tahmin edilen değerden yüksek olması, negatif çıkması ise gerçek değer tahmin edilen değerden düşük olması anlamına gelir.

▪ **Örnek-2.11:** Örnek-2.8 sonuçlarının İzleme Sinyal grafiğini çizerek sonucu yorumlayınız.

▪ **Çözüm-2.11:** EKK tahminlerinin doğruluğunun İzleme Sinyal grafiği hesaplamaları Tablo-2.8’de ve grafiği de Şekil-2.3’de verildiği gibidir.

Tablo-2.8 K. Hast. Ve Doğum Poliklinik Sayıları Çalışması Sonuçları.

Gerçek Değer	Tahmin Değeri	Mutlak Hata	İzleme Sinyali Değeri
15908	16596	688	-1,060
15504	15186	318	0,490
14272	13776	496	0,764
13174	12366	808	1,245
10022	10956	934	-1,440
Toplam		3244	
Ortalama		648.8	



Şekil-2.3 EKK tahminlerinin İzleme Sinyal Grafiği.

Şekil-2.3’den de görülebileceği gibi tahmin değerleri arzulanan kontrol sınırları arasındadır. Birinci ve beşinci dönemlerin tahmin değerleri gerçek değerden daha düşük iken ikinci, üçüncü ve dördüncü dönemlerin tahmin değerleri ise gerçek değerden yüksek tahmin edilmiştir. Kısacası tahmin kontrol altındadır, denilebilir.



## II.6 İkinci Bölümle İlgili Çalışma Soruları

- ♦ **Çalışma Sorusu-2.1:** Tablo-ÇS2.1’de bir polikliniğe başvuran aylık hasta sayıları verilmiştir.

Tablo-ÇS2.1: Aylara Göre Poliklinik Hasta Sayısı.

Aylar ( $t$ )	Hasta Sayısı ( $X_t$ )
Temmuz	2160
Ağustos	2186
Eylül	2246
Ekim	2251
Kasım	2243
Aralık	2162

### İstenenler:

- Yalın tahmin yöntemini kullanarak Ocak ayı için hasta sayısını tahmin ediniz.
  - $MA_3$  yöntemi ile Ocak ayı için hasta sayısını tahmin ediniz.
  - $MA_4$  yöntemi ile Ocak ayı için hasta sayısını tahmin ediniz.
- ♦ **Çalışma Sorusu-2.2:** Tablo-ÇS2.2’de bir hastanede aylara göre yatan hasta sayıları verilmiştir.

Tablo-ÇS2.2: Hastanede Aylara Göre Yatan Hasta Sayısı.

Aylar ( $t$ )	Yatan Hasta Sayısı ( $X_t$ )
Ocak	543
Şubat	528
Mart	531
Nisan	542
Mayıs	558
Haziran	545
Temmuz	543
Ağustos	550
Eylül	546
Ekim	540
Kasım	535
Aralık	529

### İstenenler:

- Yalın tahmin yöntemini kullanarak Şubat ve Haziran ayları için hasta sayısını tahmin ediniz.
  - $MA_4$  yöntemi ile Ocak ayı için hasta sayısını tahmin ediniz.
  - $MA_6$  yöntemi ile Ocak ayı için hasta sayısını tahmin ediniz.
- ♦ **Çalışma Sorusu-2.3:** Çalışma Sorusu-2.2 ve Tablo-ÇS2.2’de verilen verileri kullanarak;
- 0.1, 0.2, 0.3 ve 0.4 ağırlıkları ile  $WMA_4$  yöntemini kullanarak Ocak ayı için hasta sayısını tahmin ediniz.

b) 0.1, 0.1, 0.2, 0.2 ve 0.4 ağırlıkları ile WMA<sub>5</sub> yöntemini kullanarak Ocak ayı için hasta sayısını tahmin ediniz.

♦ **Çalışma Sorusu-2.4:** Çalışma Sorusu-2.1 ve Tablo-ÇS2.1’de verilen verileri kullanarak;

a)  $\alpha = 0.3$  kabul ederek basit üstel düzeltme yöntemiyle Ocak ayı için hasta sayısını tahmin ediniz.

b)  $\alpha = 0.5$  için a şıkkındaki isteneni tekrarlayınız.

c)  $\alpha = 0.0$  için a şıkkındaki isteneni tekrarlayınız.

d)  $\alpha = 1.0$  için a şıkkındaki isteneni tekrarlayınız

♦ **Çalışma Sorusu-2.5:** Tablo-ÇS2.3’de Aralık ayının ilk haftası ile Nisan ayının ikinci haftası arasında bir acil bakım merkezine başvuran ortalama hasta sayıları verilmiştir.

Tablo-ÇS2.3: Acil Servise Baş Vuran Günlük Ortalama Hasta Sayıları.

Haftalar (t)	Ortalama Günlük Hasta Sayısı ( $X_t$ )
1 Aralık	11
2 Aralık	14
3 Aralık	17
4 Aralık	15
1 Ocak	12
2 Ocak	11
3 Ocak	9
4 Ocak	9
1 Şubat	12
2 Şubat	8
3 Şubat	13
4 Şubat	11
1 Mart	15
2 Mart	14
3 Mart	19
4 Mart	13
1 Nisan	17
2 Nisan	13

**İstenenler:**

a) Doğrusal regresyon yöntemini kullanarak Nisan ayının üçüncü haftasından Mayıs ayının dördüncü haftasına kadar günlük ortalama hasta sayısını tahmin ediniz.

b) Aralık ayının ilk haftasından Nisan ayının ikinci haftasına kadar olan dönemler için hasta sayısını tahmin ediniz. Gerçek değerlerle tahmin değerlerini MAD ve MAPE ölçütleri yardımıyla karşılaştırınız.

♦ **Çalışma Sorusu-2.6:** Bir hastane eczanesi hasta yatış sürelerine bağlı olarak gelişen alerjiye karşı kullanılacak ilaçlar için bütçe hazırlamak istemektedir. Tablo-ÇS2.4’de 17 aylık bir dönemde toplam alerji ilaç maliyetleri ve hasta yatış süreleri verilmiştir.

Tablo-ÇS2.4: Çalışma Sorusu-2.6 İçin Veriler.

Dönem ( <i>t</i> )	Maliyet (TL)	Hasta Yatış Süresi
Ekim: Yıl-1	32996	516
Kasım: Yıl-1	34242	530
Aralık: Yıl-1	27825	528
Ocak: Yıl-2	29807	517
Şubat: Yıl-2	28692	500
Mart: Yıl-2	34449	514
Nisan: Yıl-2	33335	515
Mayıs: Yıl-2	38217	509
Haziran: Yıl-2	36690	524
Temmuz: Yıl-2	35303	524
Ağustos: Yıl-2	33780	539
Eylül: Yıl-2	32843	551
Ekim: Yıl-2	37781	543
Kasım: Yıl-2	27716	528
Aralık: Yıl-2	31876	531
Ocak: Yıl-3	31463	542
Şubat: Yıl-3	29829	558

**İstenenler:**

- Maliyetleri tahmin etmek için doğrusal regresyon modeli geliştiriniz.
- Hasta yatış süreleri 520, 530, 540 ve 550 gün olursa maliyetlerin ne olacağını tahmin ediniz.

♦ **Çalışma Sorusu-2.7:** Çalışma Sorusu-2.1'deki veriler için yalın,  $MA_3$  ve  $MA_4$  yöntemleriyle elde edilen tahminler için MAD ve MAPE değerlerini hesaplayınız. Hangi tahmin yöntemi sonuçları daha doğru görünüyor, tartışınız.

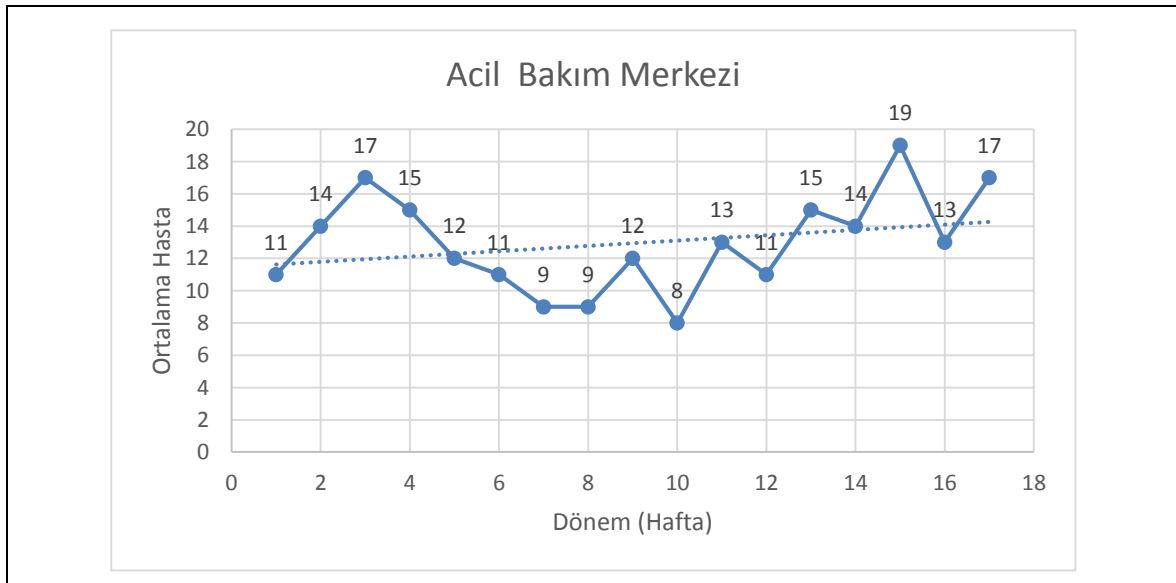
♦ **Çalışma Sorusu-2.8:** Çalışma Sorusu-2.2'deki veriler için yalın,  $MA_4$  ve  $MA_6$  yöntemleriyle elde edilen tahminler için MAD ve MAPE değerlerini hesaplayınız. Hangi tahmin yöntemi sonuçları daha doğru görünüyor, tartışınız.

♦ **Çalışma Sorusu-2.9:** Çalışma Sorusu-2.1'deki veriler için  $\alpha = 0.3$  ve  $\alpha = 0.5$  düzeltme katsayısı değerleri basit üstel düzeltme yöntemiyle elde edilen tahminler için MAD ve MAPE değerlerini hesaplayınız. Hangi düzeltme katsayısı değerlerinin tahmin sonuçları daha doğru görünüyor, tartışınız.

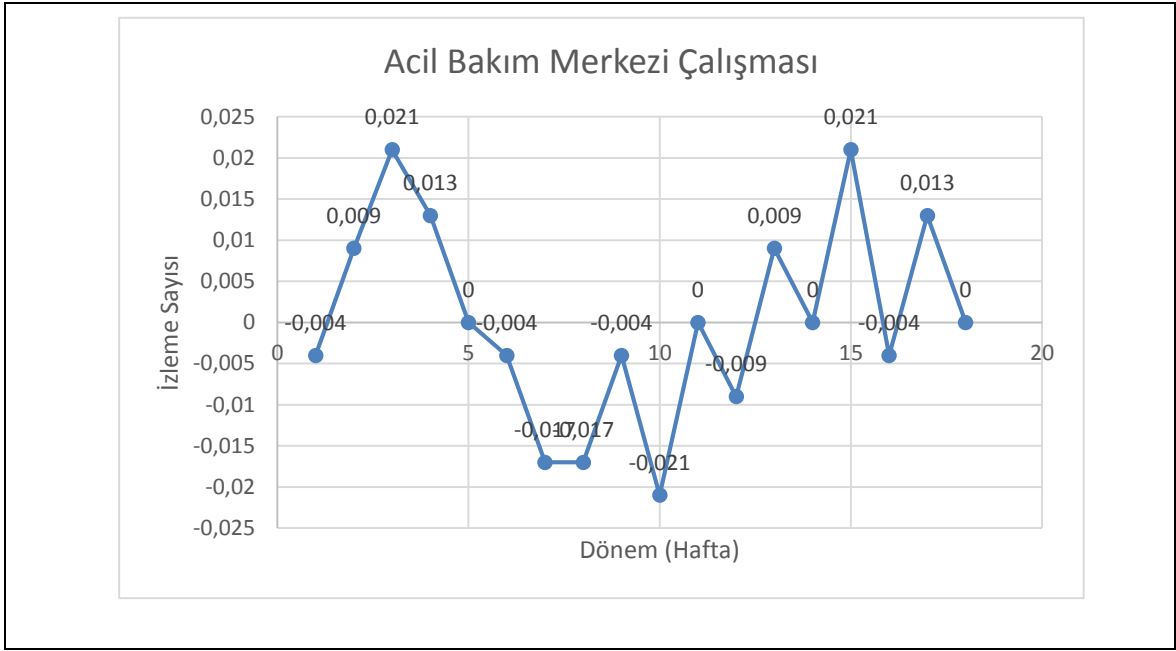
♦ **Çalışma Sorusu-2.10:** Çalışma Sorusu-2.2'deki veriler için  $MA_4$  ve  $MA_6$  yöntemleriyle elde edilen tahminler için izleme sinyallerini hesaplayınız ve grafiklerle gösteriniz.

## II.7 İkinci Bölümle İlgili Çalışma Soruları Çözümleri

- ♦ **Çözüm-ÇS2.1:** a)  $Y_{Ocak} = 2162$ ; b)  $Y_{Ocak} = MA_3 = \frac{2251+2242+2162}{3} = \frac{6655}{3} = 2218$  ve c)  $Y_{Ocak} = MA_4 = \frac{2246+2251+2242+2162}{4} = \frac{8901}{4} = 2225$
- ♦ **Çözüm-ÇS2.2:** a)  $Y_{Şubat} = 528$  ve  $Y_{Haziran} = 545$ ; b)  $Y_{Ocak} = MA_4 = \frac{546+540+535+529}{4} = \frac{2150}{4} = 538$  ve c)  $Y_{Ocak} = MA_6 = \frac{543+550+546+540+535+529}{6} = \frac{5243}{6} = 541$
- ♦ **Çözüm-ÇS2.3:** a)  $Y_{Ocak} = WMA_4 = 0.1(546) + 0.2(540) + 0.3(535) + 0.4(529) = 535$  ve b)  $Y_{Ocak} = WMA_5 = 0.1(550) + 0.1(546) + 0.2(540) + 0.2(535) + 0.4(529) = 536$
- ♦ **Çözüm-ÇS2.4:** a)  $\alpha = 0.3$  için  $Y_{Ocak} = 0.3X_{Aralık} + 0.7Y_{Aralık} = 0.3(2162) + 0.7(2219) = 2202$ ; b)  $\alpha = 0.5$  için  $Y_{Ocak} = 0.5X_{Aralık} + 0.5Y_{Aralık} = 0.5(2162) + 0.7(2236) = 2199$ ; c)  $\alpha = 0.0$  için  $Y_{Ocak} = X_{Temmuz} = 2160$  ve d)  $\alpha = 1.0$  için  $Y_{Ocak} = X_{Aralık} = 2162$
- ♦ **Çözüm-ÇS2.5:** a) Model denklemi;  $Y = a + bt$  olup tahmini ise  $Y = 11.621 + 0.139t$  olarak bulunur. Buradan  $t=19, 20, 21, 22, 23, 24$  değerleri için tahmin değerleri sırası ile 14, 14, 15, 15, 15, 15 bulunur. b) Aralık ayının ilk haftasından Nisan ayının ikinci haftasına kadar olan tahmin değerlerine ilişkin  $MAD = 2.167$  ve  $MAPE = \frac{39}{233} = \%16.7$  olarak bulunur. Sonuçlara ilişkin gerçek değerler ve tahmin doğrusu grafiği Şekil-ÇS2.5a'da ve izleme sinyal grafiği de Şekil-ÇS2.5b'de verildiği gibidir.



Şekil-ÇS2.5a: Çalışma Sorusu-2.5'in Serpme Diyagramı EKK Tahminleri



Şekil-ÇS2.5b: Çalışma Sorusu-2.5’in EKK Tahmin Değerlerinin İzleme Sinyali Grafiği.

Not: Tahmin değerleri ise ilk altı tanesi 12; sonraki yedi tanesi 13 ve daha sonraki beş tanesi de 14 değerine sahiptir. Serpme diyagramı grafiği verinin eğilime yakın bir karakter gösterdiği ve izleme sinyali grafiği tahminlerin kontrol altında olduğunu göstermektedir.

♦ **Çözüm-ÇS2.6:** a) Model tahmin denklemi,  $M = 37565.57 - 9.11614YHS$  olarak bulunur. b) Hasta yatış süreleri 520, 530, 540 ve 550 gün olursa maliyetlerin tahmini sırasıyla; 32825.18; 32734.01; 32642.85 ve 32551.69 olarak bulunur.

♦ **Çözüm-ÇS2.7:** Yöntemlere ilişkin MAD ve MAPE sonuçları Tablo-ÇS2.7’de verildiği gibidir.

Tablo-ÇS2.7: Çalışma Sorusu-2.7 İçin Çözümler.

Yöntem	MAD	MAPE
Yalın	42.500	%1.9*
MA <sub>3</sub>	50.000	%2.3
MA <sub>4</sub>	50.875	%2.3

♦ **Çözüm-ÇS2.8:** Yöntemlere ilişkin MAD ve MAPE sonuçları Tablo-ÇS2.8’de verildiği gibidir.

Tablo-ÇS2.8: Çalışma Sorusu-2.8 İçin Çözümler.

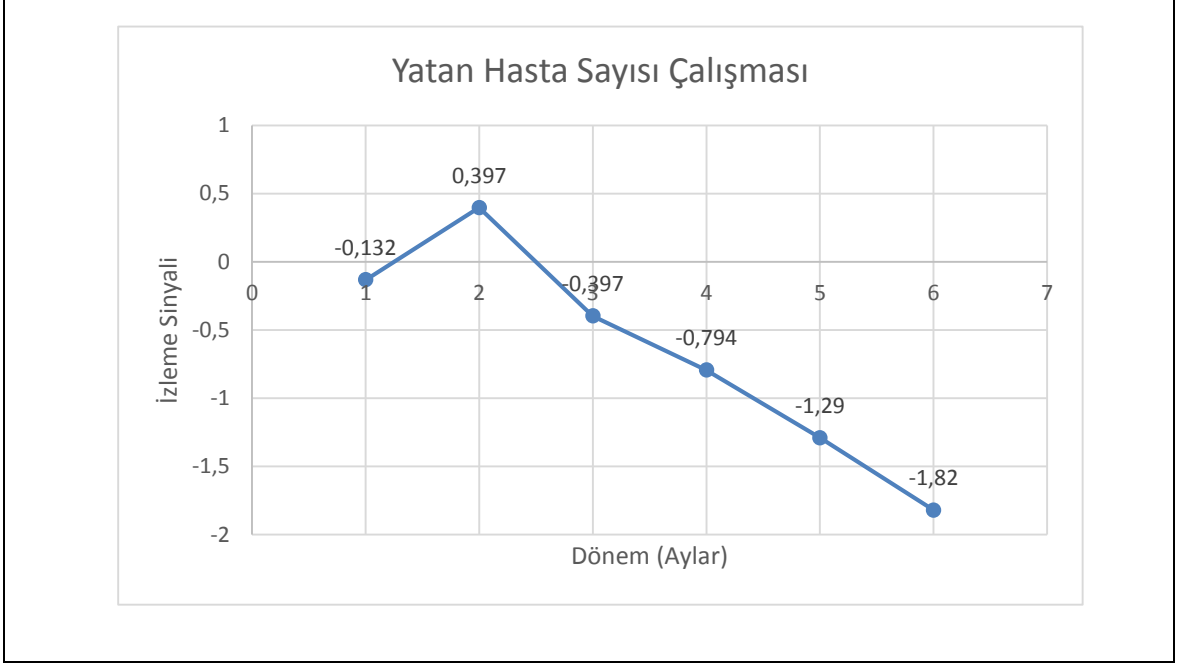
Yöntem	MAD	MAPE
Yalın	35.0	%1.08*
MA <sub>4</sub>	36.5	%1.13
MA <sub>6</sub>	45.3	%1.40

- ◆ **Çözüm-ÇS2.9:** Düzeltme katsayısının değerine ilişkin MAD ve MAPE sonuçları Tablo-ÇS2.9’de verildiği gibidir.

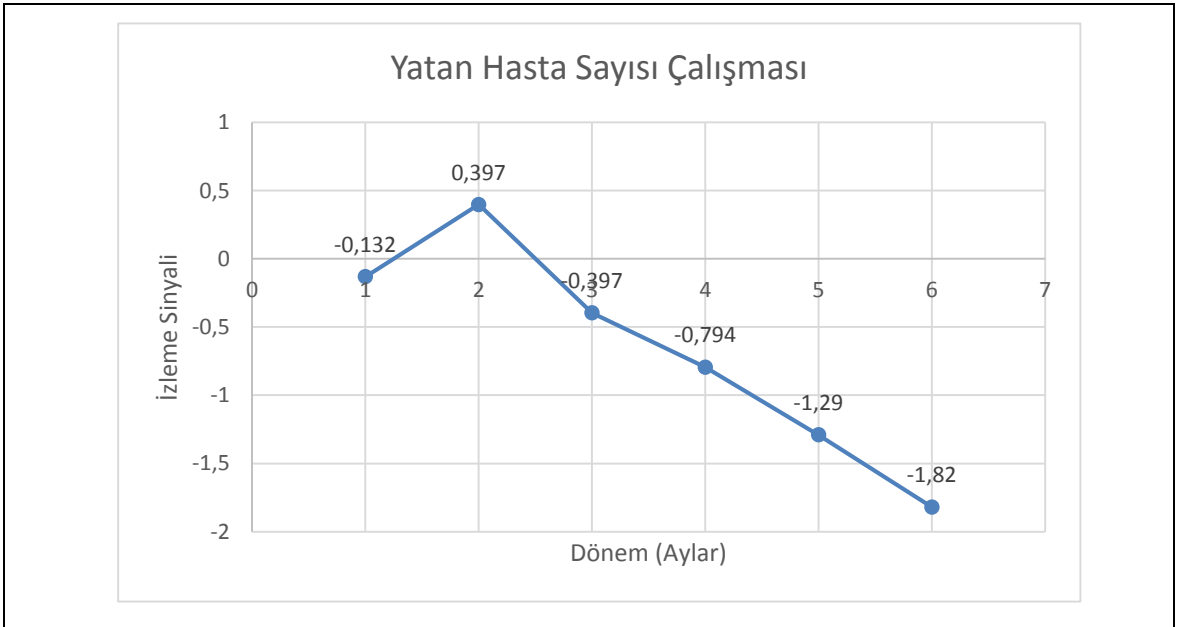
◆ Tablo-ÇS2.9: Çalışma Sorusu-2.9 İçin Çözümler.

Düzeltme Terim Değeri	MAD	MAPE
$\alpha = 0.3$	51.0171	%2.30
$\alpha = 0.5$	45.8122	%2.07*

- ◆ **Çözüm-ÇS2.10:** Yöntemlerin izleme sinyal grafikleri Şekil-ÇS2.10a ve Şekil-ÇS2.10b verildiği gibidir. Her iki grafikten de tahminlerin kontrol altında olduğu söylenebilir.



Şekil-ÇS2.10a: MA<sub>4</sub> İçin İzleme Sinyali Grafiği.



Şekil-ÇS2.10b: MA<sub>6</sub> İçin İzleme Sinyali Grafiği