

## TÜRKİYE'DEKİ TRAFİK KAZALARININ YUVARLANMA GM(1,1) MEKANİZMASI İLE TAHMİNİ

### FORECASTING TRAFFIC ACCIDENTS IN TURKEY BY ROLLING-GM(1,1) MECHANISM

*Yrd. Doç. Dr. Banu GÜNER<sup>1</sup>, Ekrem TAÇYILDIZ<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

<sup>2</sup>Anadolu Üniversitesi, FBE, Endüstri Mühendisliği ABD-YL

badogan@anadolu.edu.tr, ekremtacyildiz@anadolu.edu.tr

### ÖZET

Karar alma süreçlerinde doğru ve güvenilir tahmin değerlerinin kullanımı çok önemlidir. Doğru ve güvenilir tahminde bulunmak için uygun tahmin metodu kullanımı kilit rol oynar. Bu çalışmada belirsizlik ortamında kullanılabilir uygulamaları kolay bir yöntem olan gri tahmin metodundan faydalanılmıştır. Çalışmada, Yuvarlanma (Rolling)-GM(1,1) modeli olarak bilinen gri tahmin yöntemi tanıtılmaktadır. Yöntemle, Türkiye'deki trafik kazası istatistikleri göz önünde bulundurularak geleceğe yönelik tahminler yapılmıştır. Gerçekleşen veriler için de tahmin çalışması yapılarak yöntemin hata tahmin yüzdeleri bulunmuş ve hareketli ortalama yöntemiyle karşılaştırmalı sonuçları sunulmuştur. Tüm kaza istatistikleri için yıllık elde edilen hata tahmin yüzdeleri hareketli ortalama yöntemine göre oldukça küçük elde edilmiştir. Bu da Yuvarlanma-GM(1,1) yöntemiyle elde ettiğimiz gelecek yıllara yönelik tahminlerin daha güvenilir olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Tahmin, GM(1,1) Modeli, Hareketli Ortalama Yöntemi, Trafik Kaza İstatistikleri

### ABSTRACT

Using of accurate and reliable estimates in decision making processes is very important. The use of appropriate forecasting methods plays a key role in making accurate and reliable forecasting. In this study, it has been utilized gray forecasting method which is used under uncertainty and is easy to apply. In this study, Gray forecasting method as known Rolling-GM(1,1) model is introduced. In the method, forecasts for the future were made considering the traffic accident statistics in Turkey. A forecasting study for the past years has been carried out with Rolling GM(1,1) Method and Moving Average Method. Percentage error of the forecasts was calculated and comparative results presented. Percentage errors obtained by the Rolling GM (1.1) method are quite small compared to the moving average method. This shows that the forecast obtained by the Rolling-GM (1,1) method are more reliable.

**Keywords:** Forecast, GM(1,1) Model, Moving Average Method, Traffic Accident Statistics

## 1.GİRİŞ

Ulaşım sektörü, günümüzde insanlara demiryolu, denizyolu, havayolu gibi oldukça fazla seçenek sunmasına rağmen, ülkemizde daha çok "karayolu ulaşımı" tercih edilmektedir. Ülkemizde yolcu ve yük taşımacılığının yüzde 90 gibi bir oran ile yoğun bir şekilde kara yoluyla yapılması, buna paralel olarak güvenli bir trafik ortamının tam olarak sağlanamaması, trafik kazalarının daha sık olmasına neden olmaktadır. Trafik kazaları sonucunda da; ölümler, yaralanmalar, sakat kalmalar, büyük ekonomik kayıplar meydana gelmektedir. (Şengül,2015: 14)

Türkiye'de meydana gelen trafik kazaları ve bu kazaların sonucunda oluşan ölüm, yaralanma ve sakatlanmalar ciddi boyutlara ulaşmıştır. Öyle ki trafik kazalarının ülkemizde son yıllarda doğal afetlerden daha fazla maddi ve manevi kayba sebebiyet verdiği görülmektedir. (Şengül, 2015: 1)

Her geçen gün nüfus ve araç sayısı artmaktadır. Buna bağlı olarak trafik kazalarının giderek artması beklenmektedir. Gerekli önlemlerin alınması için gelecek yıllara ait tahmin çalışmalarının doğru yapılması oldukça önem arz etmektedir. Tahmin çalışmaları için bugüne kadar çok sayıda yöntem geliştirilmiştir. Bu çalışmada belirsizlik ortamında kullanılacak gri tahmin yöntemi tanıtılmakta ve yöntem sonucu elde edilen gelecek yıllara ait kaza tahminleri sunulmaktadır. Kullanılan gri tahmin yönteminden etkin sonuçlar elde edilebildiğini gösterebilmek amacıyla, sonuçlar uygulaması kolay ve sıkça kullanılan hareketli ortalama tahmin yöntemi ile karşılaştırılmaktadır.

1982 yılında Ju-long Deng tarafından geliştirilen gri sistem teorisi, zayıf bilgi ve küçük örnekler içeren problem çalışmalarına odaklanan bir metodolojidir. Gri Sistem Teorisi (GST) mevcut bilgiden, yararlı bilgiyi üretme yoluyla kısmen bilinen bilgiyle birlikte belirsiz sistemlerle ilgilenir. Sistemlerin operasyonel davranışları ve kendi yasaları doğru bir şekilde tanımlanabilir ve etkin bir şekilde takip edilebilir. Doğal dünyada, genellikle küçük örnekler ve zayıf bilgiyle birlikte belirsiz sistemler de vardır. Bu gerçek GTS uygulanabilirliğini geniş ölçüde belirlemektedir.(Liu ve Lin, 2010: 2)

## LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Gelecekle ilgili tahminler yapılırken kesin bir bilginin olmamasından dolayı geçmiş verilerden yararlanılmaktadır. Kesin bir bilginin olmaması, tahminleme sürecinin bir belirsizlik içerdiğinin kanıtıdır. Belirsizlikler gri tahminleme gibi belirsizlik altında kullanılabilen yöntemlerin geliştirilmesine neden olmuştur. Bilimsel alanda gri tahmin yöntemi farklı alanlarda uygulanmaktadır. Gri tahmin yöntemi üzerine yapılan bazı çalışmalar aşağıdaki gibidir.

Hsu ve Wen (1998) çalışmasında hızla büyüyen Asya-Pasifikteki 10 ülke çifti arasındaki trafik akışını ve toplam yolcu sayısını tahmin etmek için gri sistem modelinden GM(1,1) faydalanmışlardır. Hsu (2003) çalışmasında, küresel entegre devre endüstrisindeki talep ve satışlara dayalı örneklerin tahminlenmesinde gri tahmin modelinin hassasiyetini incelemiştir. Chiou vd. (2004) ise, Tayvan donanmasına ait malzeme ekipmanlarının planlanmasında, yedek parçaların stok kontrolü için yaptıkları çalışmada, talep miktarını belirlemek için gri tahminleme modeli kullanmışlardır. Akay ve Atak (2007) gerçekleştirdikleri çalışmada Türkiye'nin endüstriyel ve toplam elektrik tüketim talebini

## Türkiye'deki Trafik Kazalarının Yuvarlanma Gm(1,1) Mekanizması İle Tahmini

yuvarlanma mekanizması yaklaşımı ile gri tahmin gerçekleştirmişlerdir. Wang ve Hsu (2008) Tayvan'daki ileri teknoloji endüstrisinin çıktılarını ve trendlerini tahmin etmek için gri teori ve genetik algoritmaların kombine kullanımını önermişlerdir. Tayvan'ın entegre devre endüstrisinde tahmin hatalarının en küçüklenmesine dayanan tahmin modelinin parametrelerini tahmin etmek için kullanmışlardır. Lu vd. (2009) çalışmada, 2007-2025 yılları arasında Tayvan'da motorlu araç sayısı, taşıtların enerji tüketimi ve  $CO_2$  emisyonlarının gelişim eğilimlerini yakalamak için gri tahmin modeli olan GM (1,1) kullanmışlardır. Kaya ve Taşcı (2015) tarafından yapılan çalışma da bir noktanın koordinat bileşenlerinin tahmin edilmesinde GM(1,1) Gri sistem modelinden faydalanılmıştır. Boran (2015) tarafından yapılan çalışmada gelecek yıllarda Türkiye'de doğal gaz tüketimini tahmin etmek için 1987–2012 yılları arasında tüketilen gaz miktarından faydalanılarak, yuvarlanma (rolling) mekanizmalı gri tahminleme ile tahmin yapılmıştır. Yılmaz ve Yılmaz (2013) ise Türkiye'deki  $CO_2$  gazı emisyonlarını güvenilir bir yöntem olan Gri tahmin(GT) yöntemi ile 1990 – 2009 yılları arasındaki verileri kullanarak gelecek yıllar için tahmin etmişlerdir.

## 2. GRİ TAHMİNLEME

### 2.1. GM(1,1) Modeli

Gri sistem teorisinin yöneldiği temel konulardan bir tanesi, sosyal, ekonomik, ekolojik vb. sistemlerin davranışsal verilerine dayalı faktörler arasında matematiksel bir ilişki aramasıdır. GM(1,1) Modeli yaygın bir şekilde gri sistem teorisinin pratik uygulamalarında çeşitli alanlarda uygulanmıştır.(Liu ve Lin, 2006: 57)

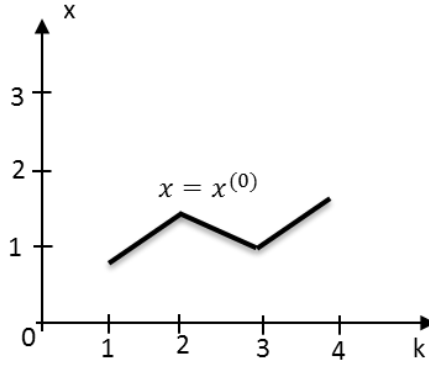
Tek değişkene sahip birinci dereceden türevlenebilir eşitliklerin yer aldığı GM(1,1) gri modelini ifade eden matematiksel işlem adımları aşağıda verilmiştir.(Liu ve Lin, 2006: 197-205)

$G$	$M$	(1,	1)
↑	↑	↑	↑
<i>Gri</i>	<i>Model</i>	<i>1. dereceden</i>	<i>1 değişkenli</i>

### 1.ADIM

Başlangıç veri seti kullanılarak,  $x^{(0)}$  orijinal veri seti aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(n)) \quad (1)$$



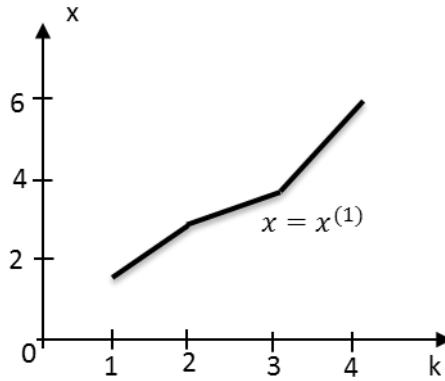
Şekil.1.  $x^{(0)}$  Başlangıç Veri Dizisi Grafiği (Liu ve Lin, 2006: 58)

## 2.ADIM

$x^{(0)}$  serisi monoton olarak artan  $x^{(1)}$  serisine dönüştürülür.  $x^{(1)}$  serisi aşağıda belirtildiği gibi elde edilir.

$$x^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), x^{(1)}(3), \dots, x^{(1)}(n)) \quad (2)$$

$$x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k (x^{(0)}(i)) \quad , \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$



Şekil.2. Birikimli  $x^{(1)}$  Dizisi Grafiği (Liu ve Lin, 2006: 59)

## 3.ADIM

GM(1,1) modelini biçimlendirmek ve katsayıları bulmak amacıyla birinci dereceden gri diferansiyel denklemi oluşturulur.

$$x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b \quad (k = 2, \dots, n) \quad (4)$$

$$z^{(1)}(k) = \alpha x^{(1)}(k) + (1 - \alpha)x^{(1)}(k - 1) \quad (5)$$

$$z^{(1)} = (z^{(1)}(2), z^{(1)}(3), \dots, z^{(1)}(n)) \quad (6)$$

Eşit ağırlıklı durulaştırma yöntemi kullanıldığından  $\alpha$  değeri 0,5 alınmıştır.

## Türkiye'deki Trafik Kazalarının Yuvarlanma Gm(1,1) Mekanizması İle Tahmini

$$z^{(1)}(k) = 1/2x^{(1)}(k) + 1/2x^{(1)}(k - 1) \quad (7)$$

### 4.ADIM

Eşitlikte yer alan gelişme katsayısı (a) ve sürücü katsayısı (b) parametre değerleri tahmin edilir.

Parametre değerlerini en küçük kareler yöntemi ile tahmin etmek için  $x^{(0)}(k) + aZ^{(1)}(k) = b$  eşitliği veri setindeki tüm değerler yeniden kullanılarak yazılır.

a, B ve Y değerlerinin matris gösterimindeki karşılıkları aşağıda gösterildiği gibidir.

$$B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} -x^{(0)}(2) \\ -x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ -x^{(0)}(n) \end{bmatrix} \quad \hat{a} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$$

GM (1,1)'in parametre değerlerine karşılık gelen  $\hat{a}$  vektörünü elde edebilmek için sırası ile aşağıda tanımlanan matris işlemleri gerçekleştirilmelidir.

$$Y = B\hat{a} \quad (8)$$

$$B^T Y = B^T B\hat{a} \quad (9)$$

$$\hat{a} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y \quad (10)$$

### 5.ADIM

$\frac{dx^{(1)}(k)}{dk} + ax^{(1)}(k) = b$  şeklinde gösterilen birinci dereceden türevlenebilir eşitliğin çözülmesi ve a ile b parametrelerinin tahmin edilen değerleri kullanılarak (k+1) deki tahmin denklemini elde edilir.

$$\hat{x}^{(1)}(k + 1) = \left(x^{(0)}(1)\right) e^{-ak} + \frac{b}{a}(1 - e^{-ak}) \quad (11)$$

$$\hat{x}^{(1)}(k + 1) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}\right) e^{-ak} + \frac{b}{a} \quad (12)$$

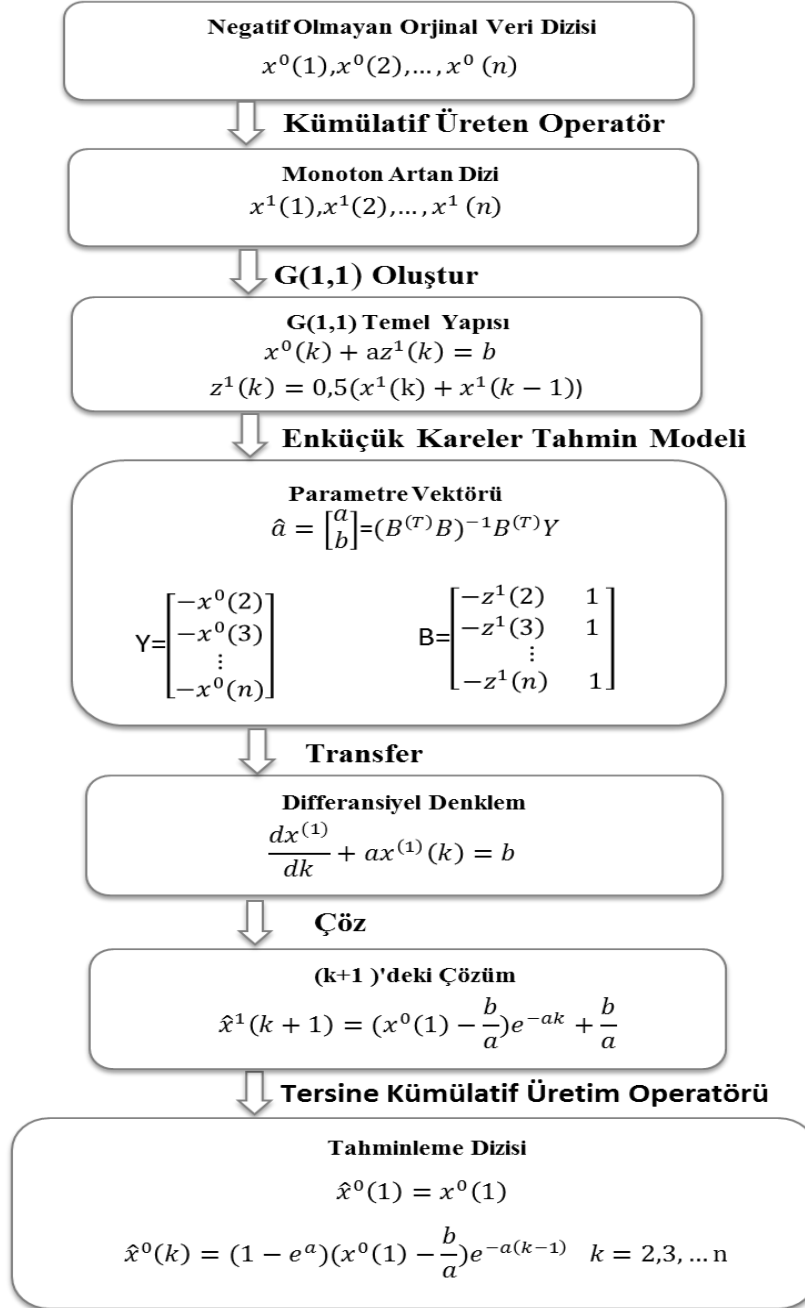
Başlangıç değer şartı  $x^{(1)}(1) = x^{(0)}(1)$  alınarak  $\hat{x}^{(1)}(k + 1)$  üzerinden tersine kümülatif operatör kullanılarak  $\hat{x}^{(0)}(k) = \hat{x}^{(1)}(k) - \hat{x}^{(1)}(k - 1)$  elde edilir.

### 6.ADIM

Gri tahmin (GT) modelinin elde edilmesi

$$\hat{x}^{(0)}(k + 1) = (1 - e^a)[x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}]e^{-ak} \quad (13)$$

GM(1,1) modeli ve adımlarının daha kolay anlaşılabilmesi için işlem adımları Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. GM(1,1) Modelinin Genel Yapısı (Zhao ve Guo 2016)

## 2.2. Yuvarlanma - GM(1, 1) Modeli

G(1,1) modeli, verilerdeki detaylı dalgalanmayı dikkate almadığından tahmin değerleri bazen daha az doğru olabilmektedir. Veri elde etme süreci için alternatif bir

## Türkiye'deki Trafik Kazalarının Yuvarlanma Gm(1,1) Mekanizması İle Tahmini

yaklaşım olan Yuvarlanma-GM(1,1) modeli kullanılabilir. Daha iyi tahmin yapmak için geçmişe yönelik verilerden en az dördüne ihtiyaç duyulur.

Bir tahmin çalışmasında her yeni ardışık tahmin değerini bulmak için tahmin modeli yeniden oluşturulur, dizi de geçmiş gözlemleri ileriye doğru verilerle yeniden düzenlemek kritik bir adımdır. Yeni bir veri girişi olduğu zaman, eski veri model dizisindeki veri sayısını korumak ve yeni bir sayısal dizi oluşturmak için güncellenmelidir. (Yin ve Tang, 2013)

Bir sistemin gelişim süreci tahmin edilirken yeni bilgi sürekli ikmal edilmelidir. Eski bilgilerin etkisi, sistem modelleme dizisinin mevcut özelliklere daha iyi cevap vermesi için aşamalı bir şekilde azaltılmadığıdır. Bu nedenle, eski değerlerin birikimini önlemek amaçlanmaktadır. Model yapısı için son veriler benimsenmektedir. Yuvarlanma-GM (1,1) modeli, geleneksel GM (1,1) modelini iyileştirmek için ortaya çıkmıştır. GM(1,1) ve Yuvarlanma-GM(1,1) modeli arasındaki temel fark, Yuvarlanma-GM(1,1) modelinin eski bilgiyi atıp son verileri dikkate almasıdır. Örneğin, orijinal veri setinin aşağıdaki gibi olduğunu varsayalım. (Hsu, 2011)

$$x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(k)) \quad (14)$$

Yeni bir bilgi  $\hat{x}^{(0)}(k+1)$  eklendikten sonra eski bilgi,  $x^{(0)}(1)$  çıkarılır. Yeni bir dizi oluşturulur.

$$x^{(0)} = (x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), x^{(0)}(4), \dots, x^{(0)}(k+1)) \quad (15)$$

GM(1,1) tahmin süreci uygulanır ve  $\hat{x}^{(0)}(k+2)$ 'nin tahmin değeri elde edilir. Bu şekilde işleyen model Yuvarlanma-GM (1,1) modeli olarak adlandırılır.

GM(1,1) modelinde, bütün veriler tahminleme de kullanılır. Gri tahmin yuvarlanma modelinde,  $k < n$  olduğu sürece tahminleme yapılır.  $k = l, l+1, \dots, n-1$  olduğu zaman anlık  $k+1$  için GM(1,1) yüzde hata ortalamasının mutlak değeri şu formülle hesaplanır. (Yılmaz ve Yılmaz, 2013)

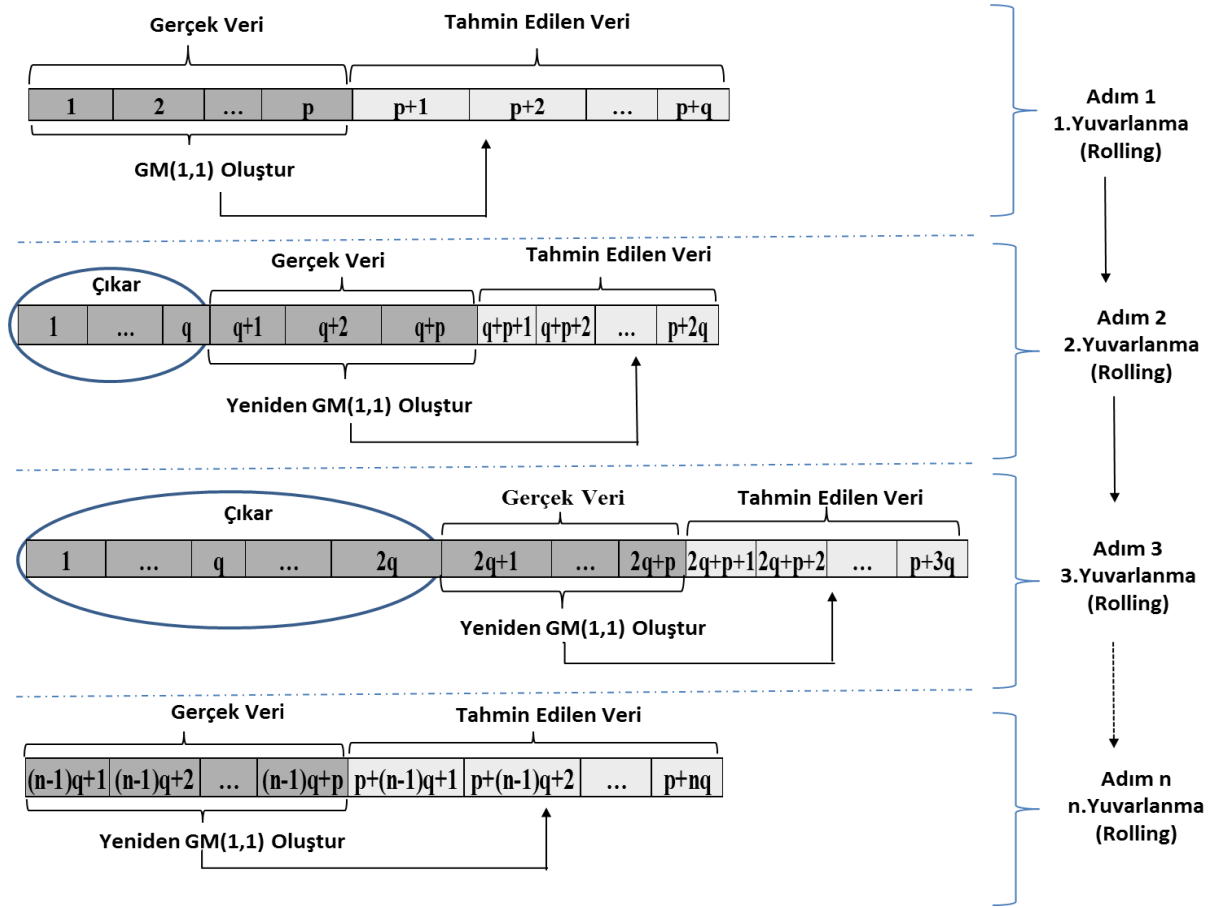
$$e(k+1) = \left| \frac{X^{(0)}(k+1) - \hat{X}^{(0)}(k+1)}{X^{(0)}(k+1)} \right| \times 100\% \quad (16)$$

$k+1 \leq n$  koşulu ile GM(1,1)'in ortalama yuvarlanma hatası ise aşağıdaki gibidir.

$$e = \frac{1}{n-l} \sum_{k=l}^{n-1} e(k+1) \times 100\% \quad (17)$$

Yuvarlanma-GM(1,1) tahmin modeline ait işlem adımları Şekil 4'deki gibidir.

## Türkiye'deki Trafik Kazalarının Yuvarlanma Gm(1,1) Mekanizması İle Tahmini



Şekil 4. Yuvarlanma-GM(1,1) Modelinin İşlem Adımları (Zhao ve Guo, 2016)

### 3. TÜRKİYE'DEKİ TRAFİK KAZALARININ YUVARLANMA MEKANİZMASI İLE TAHMİNİ

Türkiye 'de 2002-2015 yıllarında meydana gelen maddi hasarlı kaza sayısı, ölümlü, yaralanmalı kaza sayısı ile bu kazalardaki yaralı sayıları Tablo 1' de verilmiştir.

Tablo 1. Yıllara Göre Kaza, Ölü ve Yaralı Sayısı

Yıl	Maddi hasarlı kaza sayısı	Ölümlü, yaralanmalı kaza sayısı	ölü sayısı	Yaralı sayısı
2002	374 029	65 748	4 093	116 412
2003	388 606	67 031	3 946	118 214
2004	460 344	77 008	4 427	136 437
2005	533 516	87 273	4 505	154 086
2006	632 627	96 128	4 633	169 080
2007	718 567	106 994	5 007	189 057
2008	845 908	104 212	4 236	184 468
2009	942 225	111 121	4 324	201 380



**Türkiye’deki Trafik Kazalarının Yuvarlanma Gm(1,1) Mekanizması İle Tahmini**

<b>2010</b>	989 397	116 804	4 045	211 496
<b>2011</b>	1 097 083	131 845	3 835	238 074
<b>2012</b>	1 143 082	153 552	3 750	268 079
<b>2013</b>	1 046 048	161 306	3 685	274 829
<b>2014</b>	1 030 498	168 512	3 524	285 059
<b>2015</b>	1 130 348	183 011	7 530	304 421

( [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1051](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1051) )

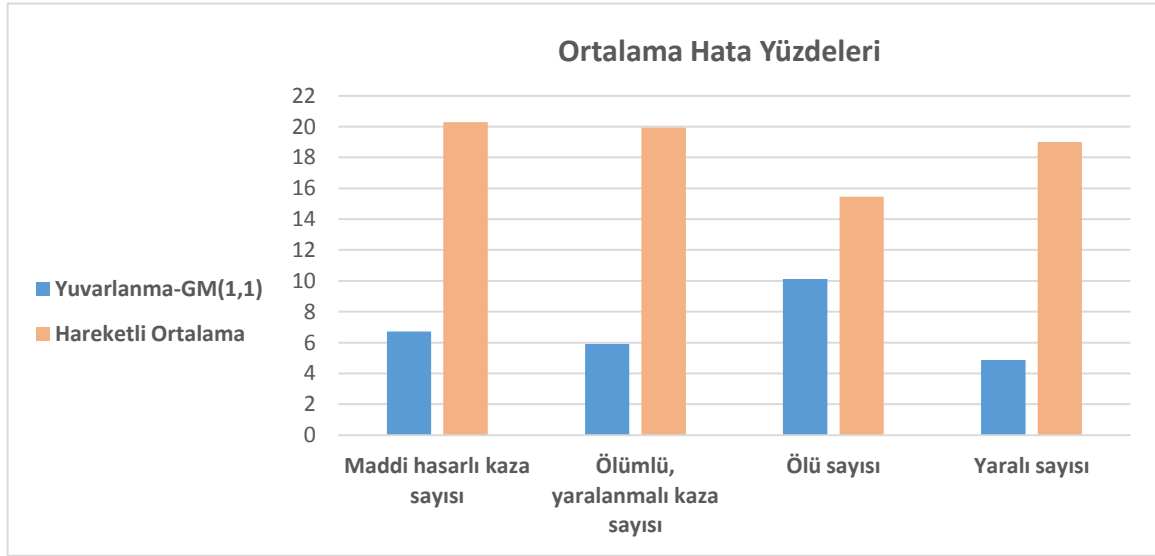
Tahminleme yapılırken son dönemde gerçekleşen değerlerin kullanılması elde edilecek sonucun güvenilirliği için oldukça önemlidir. Bu yüzden (k+1) zamanı için uygun bir k değerinin seçilmesi gerekir. Bu çalışmada gelecek yıllara ait tahminleme yapılırken k=5 alınmıştır. 2002-2006 yıllarından başlayarak beşli veriler alınarak sonraki yılların kaza, ölü ve yaralı sayıları Yuvarlanma- GM(1,1) ve hareketli ortalama tahmin yöntemleriyle elde edilmiş ve gerçek verilerle karşılaştırılmıştır. Denklem (16) kullanılarak her bir tahminin anlık hata yüzdesi hesaplanmıştır. Yuvarlanma- GM(1,1) yöntemi için ortalama yuvarlanma hatası ise denklem (17) kullanılarak elde edilmiştir. Maddi hasarlı kaza sayısı için tahmin değerleri ve anlık tahmin hata yüzdeleri Tablo 2’de verilmektedir.

**Tablo 2. Gerçekleşen Maddi Hasarlı Kaza Sayısı**

<b>Yıllar</b>	<b>Gerçekleşen Yaralı Sayısı</b>	<b>Yuvarlanma- GM(1,1) Tahmin</b>	<b>Hata Tahmin Yüzdeleri</b>	<b>Hareketli Ortalama Tahmin</b>	<b>Hata Tahmin Yüzdeleri</b>
<b>2002</b>	116 412				
<b>2003</b>	118 214				
<b>2004</b>	136 437				
<b>2005</b>	154 086				
<b>2006</b>	169 080	<b>k=5</b>		<b>n=5</b>	
<b>2007</b>	189 057	191 659	1,376	138 846	26,559
<b>2008</b>	184 468	209 986	13,833	153 375	16,856
<b>2009</b>	201 380	202 999	0,804	166 626	17,258
<b>2010</b>	211 496	210 108	0,656	179 614	15,074
<b>2011</b>	238 074	218 865	8,069	191 096	19,732
<b>2012</b>	268 079	255 424	4,721	204 895	23,569
<b>2013</b>	274 829	292 945	6,592	220 699	19,696
<b>2014</b>	285 059	306 872	7,652	238 772	16,238
<b>2015</b>	304 421	304 842	0,138	255 507	16,068
		<b>Ort. Hata Yüzdeleri</b>	<b>4,871</b>		<b>19,006</b>

Analizler için 2007-2015 yıllarına ait tahminler Yuvarlanma–GM(1,1) ve Hareketli Ortalama yöntemleri kullanılarak hesaplanmıştır. Yuvarlanma-GM(1,1) yöntemi ile yapılan tahmin çalışmasında gerçek değerlere daha yakın sonuçlar elde edilmiştir. İki yonteme ait maddi hasarlı kaza sayısı, Ölümlü-yaralanmalı kaza sayısı, ölü sayısı ve yaralı sayısı verileri için elde edilen ortalama hata yüzdeleri Grafik 1’de verilmiştir.

## Türkiye'deki Trafik Kazalarının Yuvarlanma Gm(1,1) Mekanizması İle Tahmini



**Grafik 1. Yuvarlanma-GM(1,1) ve Hareketli Ortalamaya Ait Ortalama Hata Yüzdeleri**

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda Yuvarlanma-GM(1,1) yönteminin hareketli ortalama yöntemine göre daha iyi tahmin sonuçları verdiği görülmektedir. Bu durumda gelecek yıllara ait tahminleme çalışmasında Yuvarlanma-GM(1,1) yönteminin kullanılması daha doğru bir tercih olacaktır. Bu nedenle 2016-2021 yıllarına ait tahmin değerleri Yuvarlanma-GM(1,1) yöntemi kullanılarak elde edilmiş ve Tablo 3'de sunulmuştur.

**Tablo.3. Gelecek Yıllara Ait Tahmin Değerleri**

Yıl	Maddi Hasarlı Kaza Sayısı	Ölümlü, Yaralanmalı Kaza Sayısı	Yaralı Sayısı	Ölü Sayısı
2016	1 073 625	192 030	314 410	8 658
2017	1 116 165	204 503	330 766	12 256
2018	1 138 087	217 969	347 065	17 096
2019	1 131 325	230 529	361 942	22 256
2020	1 163 942	245 408	380 038	30 100
2021	1 171 984	260 441	397 476	39 689

## 4. SONUÇ

Geleceğe yönelik tahminlerin doğru ve güvenilir yapılması tüm sektörlerde büyük önem arz etmektedir. Üretim sektörü için hangi ürünün, ne zaman ve ne kadar üretileceği kararları tahmin sonuçlarında hareketle alınır. Hizmet sektöründe kaç hizmet sunan çalıştırılacak, kaç kişiye hizmet verilecek gibi önemli kararlar yine tahmin değerlerinden hareketle verilir. Kamu sektörü için de tahmin değerleri yapılacak tüm planlamalar için önemlidir. Tablo 6'daki gelecek yıllara ait tahminler incelendiğinde kaza sayısının, yaralı ve ölü sayılarının gelecek yıllarda artacağı görülmektedir. Kaza sayısının azaltılması için gerekli çalışma ve önlemlerin alınmasının gerekliliği bir kez daha ortaya koyulmuştur. Bu artışları

## Türkiye'deki Trafik Kazalarının Yuvarlanma Gm(1,1) Mekanizması İle Tahmini

önlemek için yapılabilecek planlamaların yanı sıra, bu kazaların gerçekleşmesi durumundaki müdahale planlarının da önceden yapılması gerekir. Bu nedenle önceden doğru ve güvenilir tahmin değerlerine ulaşmak oldukça önemlidir.

Bu çalışmada hata tahmin yüzdesi hareketli ortalamaya göre oldukça düşük çıkmış olan Yuvarlanma-GM(1,1) modelinin metodolojisi ve kaza istatistiklerine uygulama sonuçları sunulmuştur. Elde edilen sonuçlar, Yuvarlanma-GM(1,1) modelinin, hareketli ortalamalar yönteminden daha iyi tahmin değerleri verdiği hata yüzdeleri karşılaştırıldığında açıkça görülmektedir. Yuvarlanma- GM(1,1) modeli, birçok sektörde belirsizlik içeren durumlarda uygulanabilecek anlaşılması kolay bir yöntem olduğu bu çalışmayla gösterilmektedir.

### KAYNAKÇA

Akay D. ve Atak, M., (2007), Grey prediction with rolling mechanism for electricity demand forecasting of Turkey. *Energy*, 32 (2007) 1670–1675.

Boran, F.E., (2015), Forecasting natural gas consumption in turkey using grey prediction. *Energy Sources, Part B*, 10: 208–213, 2015.

Chiou, H.K. , Tzeeng, G.H. , Cheng, C.K. ve Liu, C.S. (2004). Grey prediction model for forecasting the planning material of equipment spare parts in navy of Taiwan. *Automation Congress*, 17, 315-320.

Hsu, L.C.(2011). Using improved grey forecasting models to forecast the output of opto-electronics industry. *Expert Systems with Applications*, 38 (11), 13879–13885.

Hsu, L.C.(2003). Applying the Grey prediction model to the global integrated circuit industry. *Technological Forecasting & Social Change*, 70 (2003) 563–574.

Hsu, C.I. ve Wen, Y.H. (1998). Improved grey prediction models for the trans-pacific air passenger market. *Transportation Planning and Technology*, 22:2, 87-107.

Kaya, K. and Taşçı, L.(2015). TUTGA ve C dereceli nokta koordinatlarının gri sistem ile tahmin edilmesi. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 25-28 Mart: Ankara.

Liu, S ve Lin, Y.(2006). *Grey information theory and practical applications*. London: Springer.

Liu, S ve Lin, Y.(2010). *Grey Systems Theory and Applications*. Almanya: Springer.

Lu, I.J., Lewis, C., ve Lin, S.J. (2009). The forecast of motor vehicle, energy demand and CO<sub>2</sub> emission from Taiwan's road transportation sector. *Energy Policy*, 37(2009)2952–2961.

Şengül, A.(2015). *Trafik Kazalarında Gerçek Verilerin Oluşturulması Ve Trafik Kazalarının Önlenmesine Yönelik Etkin Eğitim Faaliyetlerinin İncelenmesi*. YÜKSEK LİSANS TEZİ, İstanbul: Bahçeşehir Üniversitesi.

Yılmaz, H. ve Yılmaz, M. ( 2013). Forecasting CO<sub>2</sub> emissions for turkey by using the grey prediction method. *Sigma* 31, 141-148, 2013.

## Türkiye'deki Trafik Kazalarının Yuvarlanma Gm(1,1) Mekanizması İle Tahmini

Yin, M.S. ve Tang, H.V. , (2013). On the fit and forecasting performance of grey prediction models for China's labor formation, *Mathematical and Computer Modelling*, (57) 3–4, 357–365.

Zhao, H. ve Guo, S.(2016). An optimized grey model for annual power load forecasting. *Energy*, 107 (C), 272-286.

Wang, C.H. ve Hsu, L.C. (2008). Using genetic algorithms grey theory to forecast high technology industrial output. *Applied Mathematics and Computation*, 195 (2008) 256–263.

[http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1051](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1051)), Erişim tarihi: 16.07.2016