



## Gri sistem teorisi kullanılarak Türkiye'nin büyüme oranı faktörlerinin analizi

Caner Erden<sup>1\*</sup>, Emre Ceviz<sup>2</sup>

*22.01.2015 Geliş/Received, 11.06.2015 Kabul/Accepted*

### ÖZ

Bu çalışmada Gri Sistem Teorisi kullanılarak büyüme oranı faktör analizi gerçekleştirilmiştir. Türkiye'nin ekonomik büyümesini değerlendirilmesi için 2000'li yıllarda gerçekleşen makro-ekonomik ve finansal veriler kullanılmıştır. Az ve yetersiz bilgilerle kullanılabilen Gri Sistem Teorisi bu çalışma için tercih edilmiştir. Gri Sistem Teorisi 1982 yılında geliştirilmesine rağmen 2000'li yıllarda kullanım alanlarını genişletmiştir. Çalışmada Gri sistem teorisinin ekonomik analizler üzerinde etkisi üzerinde durulmuştur. Çalışmanın sonunda Gri ilişki analizi kullanılarak makro-ekonomik ve finansal verilerin birbirleri arasındaki ilişkiler belirlenmiş ve etki derecesine göre sıralanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Gri sistem teorisi, Gri ilişki analizi, büyüme oranı faktörleri

## Growth rate factor analysis of Turkey using Grey system theory

### ABSTRACT

In this study, by using Grey System Theory (GST), factors of Gross Domestic Product (GDP) growth rate was analyzed. Macro-economic and financial data in the 2000s was used to evaluate the economic growth of Turkey. GST which can be used with little or inadequate amount of data, was preferred in the analysis. Although discovered in 1982, GST increased the amount of usage and publication especially after the 2000s. The gray system theory in the study focused on the impact on economic analysis. At the end of the study of macro-economic and financial data using gray relation analysis has identified and ranked according to the degree of impact on the relationship between them.

**Keywords:** Grey system theory, Grey relational analysis, growth rate factors

---

\* Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1 Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Sakarya – cerden@sakarya.edu.tr

2 Boğaziçi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul – emreceviz@hotmail.com

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Gri sistem teorisi Julong Deng tarafından 1982 yılında geliştirilen disiplinler arası uygulama alanları bulunan bir matematiksel yöntem yaklaşımıdır [1]. Bu teori kesin olmayan bilgilerden yola çıkarak az sayıda ve eksik verilerden bilgi çıkarımını amaç edinmiştir. Çalışma sürecinde kullanılan çeşitli bilgi çıkarımı teknikleriyle az sayıda ve eksik bilgilerden oluşan veriler anlamlı ve işe yarar nitelik kazanmaktadır. Bu özelliği ile de gerçek dünyada var olan verilerin gri sistem teorisi ile aydınlatılmaya çalışılması anlamlıdır. Üretilen ya da var olan verilerin çoğu alanlarda kesin ve net olmaması bulanık ya da kaba kümelerin kullanılması gereğini ortaya çıkarmıştır. Matematiksel ve istatistiksel yöntemler ile sınıflandırılmayan ve bir şekilde anlamlandırılmayan veriler ilk olarak L. A. Zadeh tarafından 1960'lı yıllarda bulanık matematik çalışmaları ile araştırılmaya başlanmıştır [2]. Zadeh bulanık kümeleri tanıttığında kesin olarak bir kümeye ait olmayan verilerin gerçek hayatta aslında net verilerden daha fazla olabileceğini söylemiştir. Gerçekten de bir küme ile kesin ilişki kuramayan ve belirsiz ilişkiler ile birden fazla kümeye ait olabilecek verilerin işlenmesi ve bilgilerin çıkarılması çok önemli çalışmalara öncül olmuştur. Bu çalışmalar tıp, coğrafya, yapay zeka, ekonomi, çevre, mühendislik ve teknoloji gibi birbirinden farklı birçok alanda başarıyla uygulanmıştır. Zadeh'in bulanık kümelerinden sonra 1980'li yıllarda Z. Pawlak tarafından geliştirilen kaba kümeler de yine belirsiz ve eksik verilerden bilgi üretimi üzerine yapılmış önemli bir matematiksel yaklaşımdır [3].

Belirsiz ve eksik verilerden bilgi üretilmesi bilgisayar yazılımlarının geliştirilmesi ile çok daha ileri bir noktaya gelmiştir. Bazen gerçek dünyada bilgilerin küçük örneklerden çıkarılması da zaruri bir boyut almaktadır. Özellikle, geniş bir veri kümesine sahip olmadığımız az sayıda veri kümelerini temsil edeceği geniş kütleyi belirlemek veri madenciliğinin önemli çalışma alanlarından bir tanesidir. Geleneksel yöntemlerde büyük kütlede verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durumun aksine yeni geliştirilen bulanık kümeler, kaba kümeler ya da gri sistemler daha az sayıda veri ile çalışarak sonuca ulaşabilmektedirler.

Bu çalışmada yararlanılacak olan Gri sistem teorisi, mevcut bilgilerin yetersiz ya da belirsiz olduğu durumlarda tüm veri analizleri için tamamıyla çalışabilecek bir zemin hazırlamaktadır. Gri sistem teorisinde yer alan "gri" kelimesi az, zayıf, belirsiz ve yetersiz bilgiyi tanımlamaktadır [4]. Gri sistem teorisinin en önemli avantajı da bu tip eksik ya da yetersiz bilgiler ile uyumlu olmasıdır.

Gri sistem teorisinin literatürde iki şekilde özellikle kullanıldığını görüyoruz. Bunlardan birisi gri ilişki analizi, diğeri ise gri sistem modellemesidir [5]. Gri ilişki analizi, istatistiksel yöntemlerle kurulabilecek olan regresyon, korelasyon ya da Otoresif Birleşik Hareketli Ortalamalar modellerine yani daha çok bilinen ismiyle ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) modellerine alternatif bir yol sunmaktadır. GİA (Gri İlişki Analizi)'nin en önemli fonksiyonu iki değişken dizi arasındaki ilişkinin boyutunu çeşitli matematiksel yöntemler kullanarak belirlemektir [4]. Gri sistem modellemesi ise, var olan bilgilerin gri sistem ile yeniden tanımlanması, sınıflandırılması ve tahminlemesi olarak tanımlanabilir. Bu model ile geleneksel olarak kullanılan yöntemlerin üzerine önemli eklemeler yapılarak başarılı sonuçlar elde edilmesi sağlanmıştır.

Bu çalışmada bir ülkenin ekonomik durumunu analiz edebilmek için kullanılan birçok faktörün ülkenin büyüme oranlarına nasıl etki ettiği üzerinde durulmuştur. Büyüme oranlarına etki eden faktörler çalışma sonucunda etki derecesine göre sıralanmış ve bunun üzerine yorumlar gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde GST (Gri Sistem Teorisi) hakkında yapılmış çalışmaların derlendiği literatür çalışmasına yer verilmiştir. Üçüncü bölümde, çalışmanın yapılacağı büyüme oranları faktörlerinin neler olduğu ve ne gibi özellikler içerdiği hakkında bilgiler verilmiştir. Dördüncü bölümde, GST hakkında temel bilgiler verilerek GST yöntemlerinden bahsedilecektir. Beşinci bölümde GST ile ekonomik veriler üzerinde bir uygulama yapılarak GST'nin ekonomik alanlarda uygulanabilirliğine dair bir çalışma yapılacaktır. Son bölümde sonuçlar tartışılarak, gelecekte yapılacak çalışmalar ile ilgili öngörülerde bulunulacaktır.

## 2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI (LITERATURE REVIEW)

Bu çalışmada kullanılan gri ilişki analizi, gri sistem teorisinin, uygulama yönüyle pek çok farklı kullanım alanına sahip olan bir parçasıdır. Literatürde, gri ilişkisel analiz, havayolu ağları [6], şirketlerin finansal göstergeleri ile ilgilenen karşılaştırmalı çalışmalar [7], talep tahmini [8] gibi pek çok alanda kullanılmıştır. Gri sistem teorisinin uygulanabileceği endüstri sektörleri alanları arasında; tarım, ekonomi, enerji, ulaşım, askeri hizmetler ve finans uygulamaları vardır. Bu sektörlerde birçok başarılı uygulama gerçekleştirilmiştir [9,10].

Ho ve Wu Avustralya'da yerleşik 3 bankanın performans karşılaştırmasını 23 rasyoyu gri ilişkisel analiz ile inceleyerek gerçekleştirmişlerdir [9]. Chang, Tayvan'daki 15 ticari bankanın 2000-2002 yıllarındaki verilerini incelemiş, likidite oranları, karlılık ve sermaye yapısı gibi 20 rasyoyu kullanmış ve bu bankaların

performanslarını en çok etkileyen etkenlerin aktif karlılığı ve özkaynak karlılığı olduğu sonucuna varmıştır [10]. Özdemir ve Deste, gri ilişki analizi kullanarak otomotiv sektörü için bir tedarikçi seçimi uygulaması geliştirmişler, bu problemi bir performans değerlendirme problemi olarak ele almış ve pek çok özelliği barındıran çoklu seçenekler arasından tedarikçi seçimi yapabilen bir analiz gerçekleştirmişlerdir [11]. Girginer ve Uçkun, kamu ve özel bankaların performanslarını tanımlamayı hedefledikleri çalışmalarında, gri ilişki analizi kullanmışlardır [12]. Ecer ve Günay, hisseleri halka açık işlem gören turizm firmalarının 2008-2012 dönemindeki likidite, karlılık, finansal kaldıraç ve faaliyet göstergeleri kapsamında 17 rasyoyu kullanarak bu firmaların finansal performanslarını belirlemeye yönelik bir çalışma ortaya koymuşlar ve gri ilişki analizi yöntemini kullanmışlardır [13]. Kurt ise Likert ölçeğine sahip anketlerden elde ettiği verilerin analizinde gri ilişki analizini ve ridit çözümlemesini kullanarak bir karşılaştırma yapmıştır. Yapılan karşılaştırmanın sonunda Kurt, gri ilişki analizi ve ridit çözümü arasında çok fazla fark olmadığı sonucuna ulaşmıştır [14]. Ergonomi alanında yapılan çalışmada Akay bel hastalıklarının sınıflandırılmasında gri ilişki analizi yöntemini kullanarak başarılı bir çalışma gerçekleştirmiştir [15].

Gri ilişki analizi sıralama ve seçim problemlerinde, tahmin modellerinde, performans değerlendirmelerinde ve faktör analizlerinde de tercih edilen bir yöntem olmuştur [18,19]. Slavek ve Jovic yaptıkları çalışmada yazılım projelerine etki eden performans ölçülerini tanımlayarak faktörler arasında bir sıralama ve karşılaştırma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada, 7 yazılım projesi kalite faktörleri 10 yazılım projesinde uygulanarak gri ilişki analizi yöntemiyle yazılım projelerinin kalite faktörleri arasındaki ilişkiler belirlenmiştir. Çalışma sonucunda gri ilişki analizinin yazılım projelerinin kalite değerlendirmelerinde kullanılabilirliği ortaya konulmuştur [16]. Yine benzer alanda Mei yaptığı çalışmada yazılım güvenilirliklerinin değerlendirilmesinde gri sistem teorisini kullanarak sonuçlar elde etmiştir. Yazılım sistemlerinin güvenilirliğinin belirlenmesinde geliştirilen metod bir sistem geliştirici şirkette sayısal olarak çalıştırılmış ve başarılı olunmuştur [17].

Gri ilişki analizinde yapılan çalışmalar son yıllarda artarak devam etmektedir. Sciencedirect'te yapılan bir arama sonucunda 2015 yılında 101, 2014 237, 2013 168, 2012 181, 2011 143 ve 2010 yılında da 67 adet çalışmaya rastlanmıştır [14]. Gri ilişki analizi ile yapılan araştırmalarda 2010 yılından sonra önemli şekilde artışlar görülmektedir. Gri ilişki analizi uygulamaları bakımından oldukça geniş bir alana sahiptir. Belirsiz durumların varlığında karar vermek için gri ilişki analizi

yaklaşımından faydalanılmaktadır. E. Aydemir v.d. 2013 yılında yayınladıkları makalelerinde 2007 yılından itibaren gri ilişki analiziyle yapılan 10 adet çalışmaları kronolojik olarak derlemiştir [15].

### 3. BÜYÜME ORANINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER (FACTORS AFFECTING THE GROWTH RATE)

#### 3.1. Ekonomik Büyüklük (Economic Growth)

Ekonomik büyüklük, ülkeler çapında bakıldığında gayrisafi yurtiçi hasıla (GSYH) değeri ile ölçülür. GSYH, bir ülkenin, belirli bir dönemde (genellikle bir yılda), üretim faktörlerini kullanarak, yurtiçinde ürettiği nihai mal ve hizmetlerin piyasa değerlerinin toplamıdır [14].

#### 3.2. Para Biriminin Amerikan Doları Karşısındaki Değeri (The Value of the Currency Against the US Dollar)

Amerikan doları tüm dünya ticaretinde en çok kullanılan değer aracıdır [15]. Ülkelerin para birimlerinin dolar karşısındaki değeri ve bu değerdeki oynaklık, dış ticaretlerini dolayısıyla ekonomik büyüklüklerindeki değişimi etkileyeceği düşünülmektedir.

#### 3.3. Merkezi Hükümetlerin Dış Borçlarının GSYH'ya Oranı (The Ratio of the Central Government External Debt)

Merkezi hükümetlerin dış borçlarından kasıt, ülkelerin merkezi yönetim kapsamındaki kurum ve kuruluşlarının herhangi bir dış finansman kaynağından elde ettikleri tüm mali yükümlülüklerinin toplamıdır [14]. Birçok ülke, bu borçları altyapı yatırımları, üretimi artırıcı teşvikler vb yerlere harcayarak ekonomilerini büyütmeye çabalar. Ancak, borçların artışı, borç ile elde edilen kaynakların doğru yatırımlara yönlendirilememesi ya da cari ihtiyaçlar için kullanılması, faizlerdeki değişim gibi nedenler sebebiyle bir risk unsuruna dönüşebilen dış borçların büyümeye etkisinin olacağı öngörülmektedir.

#### 3.4. Cari Açığın GSYH'ya Oranı (Current Account Deficit to GDP Ratio)

Cari işlemler dengesi, bir ülkenin toplam mal ve hizmet ihracatı ile ithalatı arasındaki farkı ifade eder. Cari açık olarak bahsi edilen ise, bu dengenin negatif değerleridir. Böyle bir açığın varlığı, ülkenin döviz cinsi borçlanması ya da döviz yatırımlar çekmesini zorunlu kılar. Bu noktada, cari açık ekonomi için bir risk teşkil eder.

### 3.5. Enflasyon Oranı (Inflation Rate)

Enflasyon, mal ve hizmetlerin fiyatlarındaki genel artıştır. Enflasyonun büyümeye etkisi çokça irdelenmiş bir konudur. Gelişmiş ülkelerde %1-3, gelişmekte olan ülkelerde %7-13 sınırları aşıldığında ekonomik büyümenin olumsuz etkilendiği bir IMF yayının çıktısıdır [16].

### 3.6. Toplam Dış Borç Stoğu (Total External Debt Stock)

Toplam dış borç stoğu, tüm kamu kurum ve kuruluşları (Merkez Bankası dahil), özel şirketler ve kişilerin yurtdışındaki yerleşiklerden aldıkları krediler ve yurtdışına ihraç ettikleri tahvillerin toplamıdır. Bu borçlar döviz cinsinden gerçekleşmektedir.

### 3.7. Toplam Dış Borçların GSYH'ya Oranı (The Ratio of Total External Debt)

Toplam dış borç stoğunun, GSYH'a oranıdır. Bu oranın yüksek olmaması istenir. Avrupa Birliği Maastricht Kriterleri'ne göre sağlıklı bir ekonomide bu oran %60'ı geçmemelidir.

### 3.8. Büyüme Oranları (Growth Rates)

Büyüme oranları, GSYH'nın belirli dönemlerdeki oransal artışını ifade eder. Büyüme oranları genellikle yıllık ve 3 aylık dönemlerle açıklanır. Bu çalışmada yıllık büyüme oranları göz önünde bulundurulmuştur.

## 4. GRİ SİSTEM TEORİSİ (GREY SYSTEM THEORY)

Gri kelimesi kesin olmayan ve eksik olan bilgileri tanımlar. Gri sistem teorisi bilgilerin eksik olması ve yetersiz olması durumlarında çalışabilecek çok disiplinli bir yaklaşım ortaya koyar [17]. Gri kelimesi ile ilgili detaylı bilgi için Tablo 1 incelenebilir [18].

Tablo 1. Siyah, gri ve beyaz tanımlamaları (Black, gray and white definitions)

Durum / Konsept	Siyah	Gri	Beyaz
Bilgi açısından	Bilinmeyen	Yetersiz	Kesinlikle biliniyor
Görünüş açısından	Koyu	Buğulu	Açık, net
Süreç açısından	Yeni	Değişken	Eski
Özellik Açısından	Düzensiz	Değişken	Sıralanmış
Yöntem açısından	Ret	Değişken	Kabul
Davranış açısından	Gitmesine izin verme	Toleranslı	Katı
Çıkanlar açısından	Çözümsüz	Çok çözümlü	Tek çözümlü

Tablo 1'den görülebileceği gibi "gri" kelimesi ile pek çok durum tanımlanabilir ve modellenilebilir durumdadır. Gerçek hayattaki bilgiler ile kıyasladığımızda var olan bilgiler genellikle gri bilgilerdir ve kesin olarak ifade edilmesi çoğu durumda imkansız olabilmektedir. Buna ek olarak eksik olan bilgi de gri bilgi olarak adlandırılır ve geleneksel yöntemler ile işlenmesi mümkün değildir. Eksik bilgilerin bir şekilde doldurulması ya da eksik bilgileri kabul edecek yöntemler ile çalışılması gerekmektedir. Burada eksik bilgiler 4 çeşitte karşımıza çıkmaktadır. Bunlar [18];

1. Değişkenlere ait eksik bilgiler
2. Sistemin yapısındaki eksik bilgiler
3. Sistem sınırlarının sahip olduğu eksik bilgiler
4. Sistem davranışındaki eksik bilgiler

Gri sistem teorisinin temel varsayımları kullanılarak bir çok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler hakkında kısa bilgi aşağıda verilmiştir.

Gri Modelleme (Grey Modelling): Modelleme Gri ilişki eşitliklerini ve gri diferansiyel denklemlerini oluşturmak için çalıştırılır. Bu modelleme işlemine beyazlatma (whitening) adı verilir. Gri model GM(n,h) varsayımına dayanır ve burası n. Diferansiyel denklemin h değişken için sırasını ifade eder. Bu Gri ilişki sınırlı bilgilerin kullanılmasına yarar sağlar. Birçok araştırmacı hesaplama kolaylığı açısından GM(1,1) modelini tercih eder. GM(1,1) modelleri zaman serisi kısıtlarına sahiptir. Yani buradaki model tahmin modeline mevcut eklenen yeni veri ile birlikte yenilenir. GM(1,N) modelinde ise N değişken ile ilişkilidir [21].

Gri Tahminleme (Grey Prediction): Beyazlatma adımları takip edilerek mevcut olan az sayıdaki verilerden yeni verilerin tahmin edilmesi işlemidir. Özellikle zaman serilerindeki mevcut verilerden gelecek verileri tahmin edilmeye çalışılırken Gri modellemenin tanımlamalarından yararlanır. Gri tahmin yapılırken aşağıdaki adımlar gerçekleştirilir [18].

Gri Karar (Grey Decision): Karar verme süreci alternatifler arasından birisinin seçilmesi ya da yeni bir karar verilmesi olarak bilinir. Karar verme sadece yönetim aktivitesi olarak değil aynı zamanda her insanın günlük hayatında da önemli rol oynar. Gri karar verme süreci kısaca gri tanımlamaların ve yöntemlerin kullanılması ile alakalıdır. Gri karar verme yaklaşımında özel olarak bir planın seçilmesi ve uygulanması adımları izlenir.

### 4.1. Gri İlişki Analizi (Grey Relational Analysis)

Genel olarak sistemler kurulurken sisteme etki eden faktörler ve bu faktörlerin birbirlerine olan bağımlılıkları

üzerinden sonuçlar üzerinden analizler yapılır. Faktörler arasında ilişkileri belirlemenin yanı sıra hangi faktörün öne çıktığının da önemi vardır. Örneğin regresyon analizi ile basit anlamda matematiksel yöntemler kullanarak sistem faktörleri üzerindeki etki oranları incelenir. Yine de bu ilişkiler aşağıdaki zayıf yönlere sahiptir.

- 1- Güvenilir sonuçlar elde edebilmek için geniş kütledeki örneklerin kullanılmasına ihtiyaç olması
- 2- Mevcut verilerin bir takım tipik olasılık dağılımları göstermesinin istenmesi
- 3- Hesaplamaların bilgisayarlar aracılığıyla çok fazla yapılması
- 4- Bazen nicelik olarak yapılan analizlerin nitelik olarak yapılan analizlerle aynı sonuçlar içermemesi [18]

Gri ilişki analizi bu zayıflıkların üstesinden gelerek bir sistemi oluşturan az sayıda ve eksik bilgilerden oluşan faktörler üzerine önemli bilgiler sunmaktadır. Bununla birlikte Gri ilişki analizi, belirsiz sistemlerin modellenmesi ve bilinmeyen bilgilerin tamamlanması üzerine analizler yaparak bir ilişki analizi yürütür [19].

**Adım 1:** Gri ilişki analizi için yapılması gereken ilk iş  $x_i$  sistem faktörünü belirlemektir.  $X_i(k)$   $x$ 'e ait geçmiş verilerden oluşmak üzere bir seri oluşturur.  $X_i(k) = \{x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(n)\}$   $k=1,2, \dots, n$  dizisi sistemi oluşturan faktörlerin davranış dizisi olarak adlandırılır.  $X_i(k) = \{x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(n)\}$  eğer bir zaman serisi ise  $k$  değişkeni değişen zaman aralığını temsil etmektedir.

**Adım 2:** Bu adımda  $D_1, D_2, D_3, D_4$  ve  $D_5$  serileri hesaplanır.

$D_1$  serisini operatör seri olarak tanımlarsak  $X_i D_1 = \{x_i(1)d_1, x_i(2)d_1, \dots, x_i(n)d_1\}$  olarak hesaplanır, yani [18];

$$x_i(k)d_1 = \frac{x_i(k)}{x_i(1)}, x_i(1) \neq 0, k = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

$D_2$  operatörü ise denklem 2'deki şekilde hesaplanır;

$$x_i(k)d_2 = \frac{x_i(k)}{X_i}, \overline{X_i} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_i(k), k = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$D_2$  operatörü ortalama operatör olarak adlandırılır ve  $X_i$  serisinin ortalama değerlerinden oluşur.  $D_3$  operatörü aşağıdaki denklemle ifade edilir.

$$x_i(k)d_3 = \frac{x_i(k) - \min x_i(k)}{\max x_i(k) - \min x_i(k)}; k = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$D_3$  operatörü  $X_i$ 'nin görüntü aralığını belirler. Eğer  $X_i$  faktörlerinin davranış dizisi  $x_i(k) \in [1,0]$ ,  $i=1,2, \dots, n$  ise  $D_4$  operatörü de aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$x_i(k)d_4 = 1 - x_i(k), k = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

$D_4$  operatörü geri operatör olarak isimlendirilir ve  $X_i$  serisinin geri görüntüsü için bir dizi oluşturur.  $D_5$  operatörü ise aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$x_i(k)d_5 = \frac{1}{x_i(k)}, x_i(k) \neq 0, k = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

$D_5$  karşılık operatörü  $X_i D_5$  serisini  $X_i$  serisinin karşılık serisi olarak oluşturur. Veri kümesi  $D = \{D_i, i=1,2,3,4,5\}$  olan  $D$  serisi gri ilişki operatörü olarak adlandırılır.  $X$  serisi tüm sistem faktörlerini temsil ederse,  $(X, D)$  veri seti sistemin gri ilişki faktörlerini belirleyen veri seti olacaktır.

**Adım 3:** Bu adımda gri ilişki katsayısı hesaplanır.

Gri ilişki analizinde hesaplanan diğer bir değişken ise Gri ilişki katsayısı olan  $\xi$  değişkenidir, bu değişken aşağıdaki formülle hesaplanır [20];

$$\xi_i(k) = \frac{\Delta \min + \rho \Delta \max}{\Delta x_i(k) + \rho \Delta \max} \quad (6)$$

**Adım 4:** Gri ilişki katsayısı hesaplandıktan sonra gri ilişki dereceleri aşağıdaki formülde gösterildiği gibi hesaplanır ve faktörler arasındaki sıralama gri ilişki derecelerine göre yapılır.

$$Y_i = \sum [\omega(k)\xi_i(k)] \quad (7)$$

## 5. SAYISAL ÇALIŞMA (NUMERICAL STUDY)

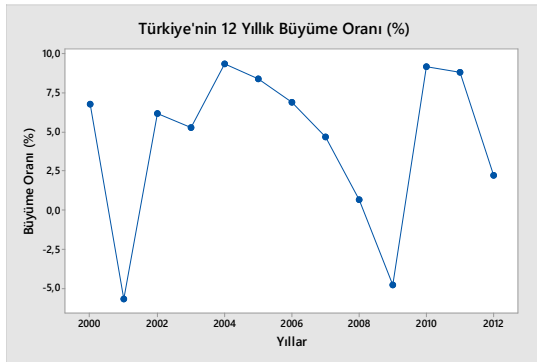
Bu çalışmada bir zaman serisi olan ekonomik büyüme oranının gri ilişki analizi yöntemi ile ekonomik faktör analizi yapılmıştır. Veriler Türkiye'nin son 12 yılındaki makro ekonomik gelişmeleri olarak belirlenmiş ve Türk ekonomisinin göstergelerinin bağımlılıkları ve farklılıkları incelenmiştir.

Makro ekonomik sistemlerin değerlendirilmesi ve tahminlenmesinin sağlıklı yapılabilmesi için sistemlere etki eden faktörlerin etki değerlerinin araştırılması gerekmektedir. Hangi faktörün makro ekonomiye hangi oranda etki ettiğinin bilinmesi ile ekonomi yöneticilerine zamanlama ve önlem alma açısından önemli kazanımlar sağlanabilir. Bu çalışmada bahsedilen büyüme oranı üzerinden gidilerek hangi faktörün ekonomik büyüme oranını daha fazla etkilediği ve başka bir açıdan, hangi faktörün ekonomik büyüme oranını kötü yönden etkilediği gibi soruların cevapları verilmiştir.

Bu çalışmada 6 adet temel ekonomik faktör ele alınmıştır. Bunlar bir önceki bölümde detaylı bir şekilde anlatılmış olup numaralandırılmış ve özetlenmiş halleri ile aşağıda listelenmiştir. 1 ekonomik büyüklük, 2 para biriminin Amerikan Doları karşısındaki değeri, 3 merkezi hükümetlerin dış borçlarının GSYH'ya oranı, 4 cari açığın GSYH'ya oranı, 5 enflasyon oranı, 6 toplam dış borç stoğu değerlerini tanımlamaktadır. Belirlenen değerler Tablo 1'de verilmiştir.

Bundan sonraki alanlarda ekonomik büyümeye etki eden faktörler yukarıdaki numaraların başına A gelecek şekilde gösterilecektir. Örneğin A1: Ekonomik Büyüklük serisini tanımlamaktadır. Diğer serilerde de yapılan sıralama geçerlidir.

Şekil 2 Türkiye'nin 2000-2012 yılları arasındaki 12 yıllık büyümeyi göstermektedir. Türkiye ekonomisi 12 yıllık bu süre içerisinde 2001 ve 2009 yıllarına taban yapıp sonraki yıllarda tekrar yükselişe geçmiştir. Türkiye 2010 yılındaki performansı ile dünyanın en hızlı büyüyen 15. büyük ekonomisi olmuştur. Bu sıralamada Çin ve Hindistan'dan sonra gelişmekte olan ülkeler arasında önemli bir sırada yer almaktadır [22].



Şekil 2. Türkiye'nin 2000-2012 yılları arasındaki büyüme oranı (Turkey's growth rate between the years 2000-2012) [22].

Tablo 2'de 7 adet etki değeri tercih edilmiş olup bu etki faktörleri bir önceki bölümde detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Etki faktörlerinin Dünya Bankası'ndan elde edilen 12 yıllık verileri üzerinden bir Gri ilişki analizi çalışması yapılacaktır. Burada yapılacak analiz sonucunda çıkan rakamların büyük olması büyüme oranına daha fazla etki ettiği, küçük olması ise büyüme oranına daha az etki ettiği sonucuna bizi ulaştıracaktır. Tablo 1'de yer alan bazı ekonomik faktörlerin verilerindeki eksiklik Gri ilişki analizinin yapılamayacağı anlamına gelmez. Giriş bölümünde belirttiğimiz gibi Gri modelleme eksik ya da belirsiz veriler üzerinden de analiz yapılabilmektedir. Bu tabloda eksik olarak yer alan bilgiler gri bilgi olarak tanımlanmıştır. Gerçek hayatta bu türden veriler ile karşılaşmak olasıdır ve bu tip verilerin doldurulması

önceki verilerin bilinmemesi ya da verilerin dağınık bir yapıda olmasından dolayı kimi zaman imkansız olmaktadır. Tablo 7'deki verilerin standardize edilmesi ile birlikte a6 sütununda yer alan büyüme oranı ile ilgili analiz gerçekleştirilecektir.

Tablo 1. Ekonomik etki faktörleri ve büyüme oran değerleri (Economic impact factors and growth rates values) [23]

Tarih	a1 EB(GSYH milyar \$)	a2 PBA D	a3 DBGO	a4 CAGO milyar \$	a5 EO	a6 TDBS (milyar\$) BO (%)	
2000	132,88	0,62	45,27		54,92	116,79	6,77
2001	118,48	1,23			54,40	112,93	-5,70
2002	111,10	1,51			44,96	129,52	6,16
2003	168,22	1,50			25,30	142,60	5,27
2004	219,09	1,43			10,58	158,16	9,36
2005	247,05	1,36		-8,52	10,14	172,13	8,40
2006	261,01	1,44		-13,74	9,60	209,58	6,89
2007	286,17	1,31		-20,02	8,76	258,44	4,67
2008	273,14	1,30		-20,11	10,44	288,98	0,66
2009	283,99	1,54		-11,35	6,25	277,27	-4,83
2010	363,24	1,51		-10,12	8,57	299,18	9,16
2011	401,80	1,68		-13,68	6,47	305,48	8,77
2012	384,31	1,80		-24,07	8,89	337,49	2,24

Tablo 1'den okunabileceği gibi büyüme oranı en yüksek değerini 2004 yılında almıştır. 2004 yılındaki büyüme %9,36'dır. Buna etki eden 6 faktörden hiçbirisi o dönem için en yüksek değerinde değildir. Yine aynı şekilde büyüme oranının en düşük yaşandığı 2001 yılında etki eden faktörlerin hiçbirisi en düşük değerinde değildir. Buradan da görülebileceği gibi geleneksel istatistik metodları ile bu etki analizinin sağlıklı sonuçlar vermesi pek düşünülemez.

Gri ilişki analizinin yapılabilmesi için verilerin standardize edilmiş halleri Tablo 2'de gösterilmiştir. Bu tablo oluşturulurken her bir veri ilk seneki değerlerinden çıkarılmıştır.

Tablo 2. Standardize edilmiş faktör verileri ve büyüme oran değerleri (Standardized data and growth factor levels)

A1	0,0	-14,4	-21,8	35,3	86,2	114,2	128,1	153,3	140,3	151,1	230,4	268,9	251,4
A2	0,0	0,6	0,9	0,9	0,8	0,7	0,8	0,7	0,7	0,9	0,9	1,1	1,2
A3	0,0	-0,2	0,2	-0,5	0,8	-1,8	3,4	9,7	9,8	1,0	-0,2	3,4	13,8
A4	0,0	-0,5	-10,0	-29,6	-44,3	-44,8	-45,3	-46,2	-44,5	-48,7	-46,3	-48,4	-46,0
A5	0,0	-3,9	12,7	25,8	41,4	55,3	92,8	141,7	172,2	160,5	182,4	188,7	220,7
A6	0,0	0,1	0,3	-3,0	-2,4	-2,5	-1,8	-2,5	-1,6	-5,2	-4,8	-4,0	-3,6
A7	0,0	-1,1	-0,6	-1,5	2,6	1,6	0,1	-2,1	-6,1	-1,9	2,4	2,0	-4,5

Verilerin standardize edilmesinden sonra yapılan gri ilişki analizi sonuçları Tablo 3'te verilmiştir. Tablo 3'te

ayrıca hangi faktörün ilişki sıralaması da okunabilir. Etki değeri yüksek olan faktörler büyüme oranına daha fazla etki etmektedir. Etki değeri düşük olan ya da başka bir deyişle 0 değerine yakın olan faktörler ise büyüme oranına daha az etki etmektedir. Örneğin A2 faktörünün yani para biriminin Amerikan Doları karşısındaki değeri faktörünün büyüme oranına etki derecesi 0,05 bulunmuştur. A2 faktörünün etki değeri diğer faktörlere göre yüksek olduğu için en önemli faktörün A2 olduğu sonucuna varılmıştır.

Gri ilişki adımları 4.1 numaralı bölümde açıklanmıştır ve bu adımlar Microsoft Excel 2013 programı yardımıyla hesaplanarak aşağıdaki tabloya aktarılmıştır.

Tablo 3. İlişki yüzdeleri ve faktör sıralamaları (Relationship percent and factor rankings)

Faktör	Derece	Etki değeri	Sıra
s1-s7	1404,2	0,00071	5
s2-s7	16,4	0,05734	1
s3-s7	39,5	0,02471	3
s4-s7	424,7	0,00235	4
s5-s7	1186,8	0,00084	6
s6-s7	22,2	0,04301	2

Sıralama aynı zamanda Tablo 4'te belirtilmiştir. Bu çalışmada ölçülen değerler sadece 2000-2012 yılındaki değerler göz önüne alınarak hesaplanmıştır. Bir sonraki hesaplamada değişik sonuçların bulunması durumu söz konusu olabilir. Başka bir deyişle kullanılan faktörlerin etkilerin değişmesi durumunda ekonomik faktör etki değerlerinin de değişeceği söylenebilir.

Tablo 4. Ekonomik faktörlerin sıralanması (Sequencing of economic factors)

Sıralama	1	2	3	4	5	6
Faktör	A2	A6	A3	A4	A1	A5

## 6. TARTIŞMA (DISCUSSION)

Gri sistem teorisinin en önemli avantajlarından birisi olan az sayıda ve belirsiz bilgiler içeren veri kümeleri ile çalışabilmek birçok gerçek hayat uygulamasına zemin hazırlamaktadır. Günümüzde var olan bilgilerin eksik olması ya da bilinmeyen yönleri sahip olması gri sistem teorisi, bulanık küme teorisi ya da kaba küme teorisi gibi yaklaşımlara ihtiyacı artırmaktadır. Bu ihtiyacı karşılamak için Gri sistem teorisi eksik ya da bilinmeyen bilgiyi gri bilgi olarak tanımlar ve üzerinde matematiksel işlemler yapabileceğimiz daha doğru ve nesnel bilgi haline çevirir.

Gri sistem teorisi çeşirli alanlarda başarılı analizlerin yapılmasına zemin oluşturmuş güçlü bir teoridir.

Geleneksel metodlar genellikle büyük veri kütleleri ile çalışmada başarılı olurken Gri sistem teorisi ile küçük sayıda veri içeren ve eksik bilgi tablolarından sağlıklı bilgilerin çıkarılması işlemi yapılabilmektedir. Gri sistem teorisi ayrıca eski verilerden yola çıkarak veri tahminlemesi yapabilmesi ile öne geçen bir yaklaşım olmuştur [23].

Çalışma için kullanılan veriler gerçek verilerdir, ele alınan senaryo Türkiye ekonomisinin gerçekliklerini yansıtmaktadır. Türkiye'nin çok geniş bir çerçevede değişen büyüme oranları bu çalışmada etki edilen sistem değişkeni olarak ele alınmıştır. Büyüme oranına etki eden en önemli faktör olarak A2 faktörü belirlenmiştir. A5 faktörü ise Türkiye'nin büyüme oranına etkisi en az faktör olmuştur. Faktörler arasındaki sıralama çalışmanın son bölümünde bulunarak çalışma bitirilmiştir.

Bu çalışmada sonuç olarak bulunan faktör sıralaması ve bu faktörlerin etki değerleri makro ekonomik yorumlarda değerlendirilebilir bir yorum geliştirmiştir. Gri sistem teorisinin ürettiği bu bilgiler ışığında yapılacak olan ekonomik faktör analizi çalışmaları desteklenebilir ya da eleştirilebilir. Çalışma sonucu ekonomik faktör analizlerinin Gri ilişki analizi ile yapılabileceğini göstermektedir. Bu çalışmanın ardından araştırmacılar Gri ilişki analizi ile ilişki analizi yapabilen diğer metodları kıyaslayarak bir performans analizi yapabilirler. Ayrıca çalışma içerisinde bahsedilen Gri sistem teorisinin yöntemleri kullanılarak büyüme oranları ile alakalı sağlıklı veri tahminlemesi yapılabilir, bu yolla üretilen tahmini veriler başka tahminler ile kıyaslanarak doğru yöntemlerin geliştirilmesine neden olabilir.

## KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] D. JL., "Grey system fundamental method", China: Huazhong University of Science and Technology Wuhan, 1982.
- [2] L. A. Zadeh, "Fuzzy Sets," *Information and control*, 338-353, 1965.
- [3] Z. Pawlak, "Rough Sets," *International Journal of Computer and Information Sciences*, 11(5), 342-356, 1982.
- [4] J. C. Huang, "The key factor of the internet information technology on the quality of life for the elderly: application of grey system theory," *IEEE SMC – eNewsletter*, 33, 2010.
- [5] L. Meng ve W. Kees, "Grey System Theory and Applications: A way Forward," *The Journal of Grey System*, 10, 47-54, 2007.

- [6] Hsu ve Wen, "Application of Grey Theory and Multiobjective Programming Towards Airline Network Design," *European Journal of Operational Research*, 127(1), 44-68, 2000.
- [7] C. M. Feng ve R. T. Wang, "Performance Evaluation for Airlines Including the Consideration of Financial Ratios," *Journal of Air Transport Management*, 6, 133-142, 2000.
- [8] C. Lin ve P. Hsu, "Forecast of NonAlcoholic Beverage Sales in Taiwan Using the GreyTheory," *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 14(4), 3-12, 2002.
- [9] D. K. A. J. M. J. F. Jovic, "Evaluation of Grey Prediction Method of Energy Consumption," %1 içinde *Proceedings of the 28th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics MIPRO*, Opatija, Croatia, 2007.
- [10] J. F. L. Sifen, "The Current Developing Status on Grey System Theory," *The Journal of Grey System*, 2(1), 111-123, 2007.
- [11] C. T. Ho ve Y. S. Wu, "Benchmarking Performance Indicators for Banks Benchmarking," *An International Journal*, 13(1), 147-159, 2006.
- [12] C. P. Chang, "Managing Business Attributes and Performance for Commercial Banks," *The Journal of American Academy of Business*, 9, (1), 104-109, 2006.
- [13] A. İ. Özdemir ve M. Deste, "Gri İlişkisel Analiz ile Çok Kriterli Tedarikçi Seçimi: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama.," *Istanbul University Journal of the School of Business Administration*, 38(2), 147-156, 2009.
- [14] N. Uçkun ve N. Girginer, "Türkiye'deki Kamu ve Özel Bankaların Performanslarının Gri İlişki Analizi İle İncelenmesi," *Akdeniz İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21, 46-66, 2011.
- [15] F. Ecer ve S. Dündar, "Gri İlişkisel Analiz Yaklaşımıyla Türkiye'deki Özel Sermayeli Mevduat Bankalarının Performanslarının Ölçümü," %1 içinde *13.Uluslararası Ekonometri Yöneyem Araştırması ve İstatistik Sempozyumu*, Gazimağusa, K.K.T.C., 2012.
- [16] G. Kurt, "Gri ilişki çözümlemesi ve ridit çözümlemesi kullanılarak üniversite öğrencilerinin çeşitli kaygılarının değerlendirilmesi," *Akademik Bakış*, 14, 1-10, 2008.
- [17] D. Akay, "Grey Relational Analysis Based on Instance Based Learning Approach for Classification of Risks of Occupational Low Back Disorders," *Safety Science*, 49(8-9), 1277-1282, 2011.
- [18] T. Chih-Hung ve C. L. C. Ching-Liang, "Applying Grey Relational Analysis to the Vendor Evaluation Model," *International Journal of the Computer, The Internet and Management*, 11(3), 45-53, 2003.
- [19] C. L. Chang, C. H. Tsai ve L. Chen, "Applying Grey Relational Analysis to the Decathlon Evaluation Model," *International Journal of the Computer, The Internet and Management*, 11(3), 54-62, 2003.
- [20] N. Slavek ve A. Jovic, "Application of Grey System Theory to Software Projects Ranking," *ATKAFI*, 53(3), 284-293, 2012.
- [21] D. Mei, "Software Reliability Estimation in Grey System Theory," %1 içinde *IEEE International Conference on Grey Systems and Intelligent Services*, Nanjing, China, 2007.
- [22] Sciencedirect, "Sciencedirect Search," 01 01 2015. [Çevrimiçi]. Available: [http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleListURL&\\_method=list&\\_ArticleListID=764567965&\\_sort=r&\\_st=13&view=c&md5=5e02a1d0aa4b541fa7de27e8452ba9b2&searchtype=a](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleListURL&_method=list&_ArticleListID=764567965&_sort=r&_st=13&view=c&md5=5e02a1d0aa4b541fa7de27e8452ba9b2&searchtype=a). [Erişildi: 30 03 2015].
- [23] E. Aydemir, F. Bedir ve G. Özdemir, "Gri Sistem Teorisi ve Uygulamaları: Bilimsel Yazın Taraması," *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(3), 187-200, 2013.
- [24] Üretim ve Harcama Yöntemi ile Gayri Safi Yurtiçi Hasıla Tahminleri Kavram, ANKARA: TÜİK, 2012.
- [25] G. Galati ve P. Wooldridge, "The euro as a reserve currency: a challenge to the pre-eminence of the US dollar?," *Int. J. Fin. Econ.*, 14, 1-23, 2009.
- [26] M. S. Khan ve A. S. Senhadji, "Threshold Effects in the Relationship Between Inflation and Growth," *IMF Working Paper*, 110, 1-10, 2000.



- [27] L. Sifen ve J. Forrest, "The Current Developing Status on Grey System Theory," *The Journal of Grey System*, 2, 111-123, 2007.
- [28] S. Liu ve Y. Lin, *Grey Systems Theory and Applications*, Berlin: Springer, 2010.
- [29] S. Liu ve Y. Liu, *Grey information: Theory and Practical Application*, London: Springer-Verlag, 2006.
- [30] J. L. Deng, "The control problems of grey system," *Journal of Systems & Control Letters*, 5, 288-294, 1982.
- [31] Y. Xiong, "Grey Relational Evaluation of Financial Situation of Listed Company," *Journal of Modern Accounting and Auditing*, 3(2), 41-44, 2007.
- [32] W. Bank, "World Bank," 1 1 2015. [Çevrimiçi]. Available: [http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG?order=wbapi\\_data\\_value\\_2010+wbapi\\_data\\_value+wbapi\\_data\\_value-first&sort=desc..](http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG?order=wbapi_data_value_2010+wbapi_data_value+wbapi_data_value-first&sort=desc..) [Erişildi: 1 1 2015].
- [33] T. K. Bakanlığı, "Ekonomik Göstergeler," 01 01 2015. [Çevrimiçi]. Available: <http://www.kalkinma.gov.tr/Pages/TemelEkonomikGostergeler.aspx>. [Erişildi: 2015 01 01].
- [34] J. H. Stock, *Time Series: Economic Forecasting* in N. J. Smelser, P. B. Baltes, eds., *International Encyclopedia*, Elsevier, 2001, 15721-15724.