

# GENİŞ ÖLÇEKLİ DEĞERLENDİRMELERDE OLASI DEĞERLERİN KULLANIMINA İLİŞKİN BİR ÖNERİ: GRI İLİŞKİ ANALİZİ

## ARAŞTIRMA MAKALESİ

**Seher YALÇIN<sup>1</sup>, Ömay ÇOKLUK BÖKEOĞLU<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Doç. Dr., Ankara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Fakültesi, Eğitim Bilimleri Bölümü, Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme Anabilim Dalı, yalcins@ankara.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0177-6727.

<sup>2</sup> Prof. Dr., Ankara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Fakültesi, Eğitim Bilimleri Bölümü, Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme Anabilim Dalı, cokluk@education.ankara.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3879-9204.

**Geliş Tarihi:** 08.11.2020 **Kabul Tarihi:** 19.03.2021 **DOI:** 10.37669/milliegitim.823202

**Öz:** Bu çalışmada, Türkiye'nin de katıldığı geniş ölçekli uygulamalardan biri olan PISA (Programme for International Student Assessment) 2015 uygulamasına katılan Türk öğrencilerin fen bilimleri okuryazarlığı, matematik okuryazarlığı ve okuma becerisi alanlarındaki başarı puanı için sunulan 10 olası değer (plausible value) başarı puanı olarak nasıl ele alınması gerektiğine karar vermedeki belirsizlik ele alınmıştır. Bu belirsizliğin Gri İlişki Analizi aracılığıyla çözülebilmesi için, PISA 2015 uygulamasına katılan Türk öğrencilerin fen bilimleri okuryazarlığı, matematik okuryazarlığı ve okuma becerisi alanlarındaki 10 olası değerinden üretilen gri ilişki dereceleri ve bunların olası değerlerle ilişkileri incelenmiştir. Korelasyonel nitelikte olan bu çalışmaya PISA 2015 Türkiye uygulamasına katılan tüm öğrenciler (N=5895) dâhil edilmiş ve fen bilimleri okuryazarlığı, matematik okuryazarlığı ve okuma becerisi başarı puanları kullanılmıştır. Veriler, betimsel istatistikler, gri ilişki analizi (GİA), Pearson Momentler Çarpımı Korelasyon Katsayısı ve bağımsız örneklem t-testi kullanılarak çözümlenmiştir. Analizler sonucu, üç beceri alanında da, öğrencilerin olası 10 okuma puanından kestirilen gri ilişki derecesi ile olası değerler arasındaki ilişkilerin, olası değerlerin kendi aralarındaki ilişkilerden daha yüksek ve manidar olduğu tespit edilmiştir. Bu araştırmanın bulguları, araştırmacıların GİA ile 10 olası değerden tek bir değer üreterek kullanılmasının bu değerlerden herhangi birini kullanmaktan daha iyi sonuçlar elde edildiğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** olası değerler, gri ilişki analizi, PISA

## **A RECOMMENDATION TO USE OF PLAUSIBLE VALUES IN LARGE-SCALE ASSESSMENTS: THE GREY RELATIONAL ANALYSIS**

### **Abstract:**

10 plausible values are presented for the achievement scores in the fields of science literacy, mathematics literacy and reading in the PISA 2015 (Programme for International Student Assessment) which is one of the large scale assessments and in which Turkey also participates. This study aimed at examining the uncertainty regarding how these 10 plausible values to tackle for the Turkish students participating in PISA 2015. In order to solve this uncertainty through Grey Relationship Analysis, the grey relational degrees produced from 10 plausible values in the fields of science literacy, mathematics literacy and reading skills of Turkish students in the PISA 2015 and their relations with the plausible values were examined. All students who participated in the PISA 2015 in Turkey (N=5895) were included in this correlational study and science literacy, mathematics literacy and reading achievement scores were used. The data were analysed using descriptive statistics, Grey Relational Analysis (GRA), Pearson Moment Correlation Coefficient and independent samples t-test. As a result of the analysis, it was determined that the relationships between the grey relational level predicted from the 10 plausible reading points of the students and the plausible values were higher and more significant than the relationship among the plausible values in all three skill areas. The findings of this study show that using the single value produced by the researchers among 10 plausible values via GRA provides better results than using any of these values.

**Keywords:** plausible values, grey relational analysis, PISA

### **Giriş**

Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı (Programme for International Student Assessment-PISA), Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (Organisation for Economic Co-operation and Development-OECD) tarafından üçer yıllık döngüler hâlinde uygulanan ve temelde 15 yaş grubundaki öğrencileri fen bilimleri okuryazarlığı, matematik okuryazarlığı ve okuma becerisi alanlarında değerlendiren bir **çalışmadır** (EARGED, 2010). PISA sonuçlarına göre, ülkeler eğitim politikalarında ve eğitim programlarında reformlar gerçekleştirmekte ve eğitim sistemlerine ilişkin önemli kararlar vermektedirler (Aloisi & Tymms, 2017; Hamilton, 2003; Yang & Fan, 2019). PISA'da, hem ülkelerin karşılaştırıldığı genel sonuçlar hem de ülke bazlı ayrıntılı veriler araş-

tırmacıların kullanımına sunulmaktadır. Öğrencilerin fen bilimleri okuryazarlığı, matematik okuryazarlığı ve okuma becerisine ilişkin alt test puanları; “olası değerler (OD) ya da olası puanlar (plausible values)” olarak sunulmakta, bir diğer deyişle bu alanlara ilişkin tek bir başarı puanı sunulmamaktadır. Ayrıca daha önceki PISA uygulamalarında her alan için beş olası değer sunulurken, 2015 uygulamasında ilk kez, alan başına 10 değer olmak üzere, üç alt test için toplam 30 olası değer açıklanmıştır. Bu durum her bir öğrencinin başarı göstergesi olarak 10 tane fen bilimleri okuryazarlığı, 10 tane matematik okuryazarlığı ve 10 tane okuma becerisi olası değeri olduğu anlamına gelmekte, özellikle analiz yapılacak yazılımın olası değerlerin tümünün kullanılması konusunda yetersiz olması gibi durumlarda, araştırmacılar için hangi değer ya da değerlerin başarı puanı/yetenek tahmini olarak seçilip kullanılacağına karar vermek, bir belirsizlik oluşturmaktadır.

PISA uygulamalarında olası değerler hesaplanırken bir öğrencinin yeteneğini doğrudan tahmin etmek yerine, öncelikle öğrencinin yeteneği için bir olasılık dağılımı tahmin edilir. Bir başka deyişle, yetenek için bir nokta tahmini elde etmek yerine, öğrencinin yeteneğinin olası değer tahminleri elde edilmektedir. Olası değerler, evren özelliklerini tahmin etmek için kullanılabilir ve yeteneğin nokta tahmininden daha iyi bir performans ortaya koyacağı da açıktır (Wu, 2005). Olası değerler, bir öğrencinin yeteneği için bu tahmin edilen dağılımdan rastgele çekilir ve böylelikle de dağılım sonsal (posterior) olur. Olası değerler, öğrencinin sonsal dağılımından rastgele çekildiği için de, bu değerlerden herhangi birinin öğrencinin yeteneğini raporlamada bireysel öğrenci puanı olarak kullanılmasının uygun olmadığı vurgulanmaktadır (Arıkan, Özer, Şeker, & Ertaş, 2020; Wu, 2005). Bir sınavda iki öğrencinin aynı ham puana sahip olduğu varsayıldığında, olası değerlerin sonsal dağılımdan rastgele çekilen değerler olduğu bilgisi, bu iki öğrencinin olası puanlarının farklı olma olasılıklarının bulunduğu sonucuna götürecektir.

Araştırmacıların öğrenci başarılarından söz edebilmek, farklı paket programlarında, farklı istatistiksel analizler yapabilmek için bu olası değerlerden bazen tek bir puana ulaşması ve bu puanla çalışması gerekmektedir. Ancak yukarıda da söz edildiği üzere Wu (2005), olası değerlerden herhangi birinin rastgele seçilerek başarı puanı olarak kullanılmasının ya da olası değerlerden bir ortalama hesabına gidilerek bunun kullanımını gibi yöntemlere başvurmanın uygun olmadığı yönünde uyarılarda bulunmaktadır. Bu durum araştırmacılar arasında kararsızlık oluşturmakta ve farklı çalışmalarda farklı çözümlere yöneldiklerine rastlanmaktadır. Örneğin alanyazında farklı yıllarda PISA verileri ile yapılan çalışmalar incelendiğinde, bazı çalışmalarda (Agasisti, Avvisati, Borgonovi & Longobardi, 2018; Coertjens, Boeve-De Pauw, De Maeyer & Van Petegem, 2010; LaRoche & Cartwright, 2010; Sousa, Park & Armor, 2012; Ziya, Doğan & Kelecioğlu, 2010) ilk olası değer (OD1) kullanılırken, diğer başka bazı çalışmalarda ise (González De San Román & De La Rica, 2016; Koğar, 2015; Spiezia, 2010; Uysal, 2015) analizlerin beş olası değer için tümü için tekrarlı olarak yapıldığı görülmektedir.

OECD (2012) de, olası değerlerin herhangi birinin kullanılmamasını ya da ortalamasının alınmamasını, her biri için analizlerin ayrı ayrı yapılmasını ve çıkan sonuçların ortalamasının alınmasını önerirken, alanyazında çalışmaların sıklıkla ilk olası değer üzerinden yürütüldüğüne rastlanabilir. Bazı çalışmalarda (Jerrim, Lopez-Agudob, Marcenaro-Gutierrez & Shurea, 2017; Spiezia, 2010) bunun gerekçesi olarak hangi olası değer kullanılırsa kullanılsın, elde edilen sonuçların birbirine çok yakın olduğu öne sürülmüştür. Ayrıca, olası değerlerin ortalamasını kullanmanın, olası değerlerden birini kullanmaktan daha ciddi problem yarattığı da belirtilmektedir (Rutkowski, Gonzalez, Joncas & von Davier, 2010, s. 146). Ancak, yapılan çalışmalarda aynı beceri alanında farklı olası değerlere göre istatistiksel sonuçların farklılaştığı da görülmektedir (Arıkan ve diğ., 2020, s. 52). Bu durum da araştırmacıların herhangi bir olası değeri seçmesinin de uygun olmadığını göstermektedir. Ek olarak, bazı çalışmalarda kullanılan analizlerin doğası da 10 farklı değer için analizlerin tekrarlanıp ardından çıkan sonuçların ortalamasının alınmasına olanak sağlamayabilir ya da bu durum pratik olmayabilir. Hiyerarşik doğrusal modelleme gibi bazı analizler için kullanılan paket programlar, bağımlı değişken için 10 olası değer tanımlamasına izin verirken çok düzeyli gizil sınıf modelleri gibi bazı olasılık temelli analizlerde bu durum mümkün olmayabilir. Örneğin, PISA 2015 uygulamasına katılan tüm ülkeleri fen bilimleri okuryazarlığı açısından sınıflara ayırmak isteyen bir araştırmacı, her olası değer için analizleri tekrarladığında, sınıf sayısının ya da ülkelerin o sınıfta yer alma olasılığının değişme durumuyla karşılaşabilir. Bu gibi durumlarda araştırmacılar 10 olası değerden birini ya da olası değerlerin ortalamasını alma yoluna başvurabilmektedir. Ancak çalışmalarda farklı uygulamalara başvurulması bile başlı başına bir belirsizlik yaşandığına ilişkin gösterge olarak kabul edilebilir.

Alanyazın incelendiğinde, bu tür belirsizlik durumlarında Gri Sistem Teorisi'nin kullanılabileceği belirtilmektedir. Gri Teori ya da Gri Sistem Teorisi (GST), temelleri ilk kez 1982 yılında Ju-long Deng tarafından "Systems & Control Letters" adlı uluslararası bir dergide yayınlanan "Gri Sistemlerin Kontrol Problemleri" adlı makale ile atılmış olan bir teoridir (Ju-Long, 1982). Bu makalenin ardından Deng aynı yıl, Huazhong Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Dergisi'nde Çince bir makale daha yayınlamış ve disiplinlerarası bir teori olan Gri Sistem Teorisi dünyanın her yerinden, aralarında tanınmış bilim insanlarının da bulunduğu büyük bir grubun dikkatini çekmiştir. Ardından, Gri Sistem Teorisi ile ilgili araştırmalara birçok genç bilim insanı da aktif olarak katılmış ve yürütülen bu çalışmalarla konunun kuramsal temelleri daha da güçlendirilmiştir. Bu araştırmalardan elde edilen heyecan verici sonuçlar farklı uygulama alanlarında kullanılmış ve yürütülen bu başarılı uygulamalar uluslararası ölçekte, öğrenme dünyasının dikkatini çekmiştir. GST'nin araştırılması ve uygulanması ile ilgili olarak Çin, Amerika Birleşik Devletleri (ABD), İngiltere, Almanya, Japonya, Avustralya, Kanada, Avusturya, Rusya, Türkiye, Hollanda, İran ve diğer başka ülkelerde de yürütülmüş ya da yürütülmekte olan çok sayıda bilimsel araştırma (örn. Ayırcay, Özçalıcı, & Kaya, 2013; Delgado, & Peru, 2017; Liu ve Lin, 2011; Pan, Jian, & Liu, 2019; Panda, Sahoo, & Rout, 2016) bulunmaktadır.

Gri Sistem Teorisi, adından da anlaşılacağı üzere “gri” üzerine kuruludur. Bu nedenle de öncelikle “gri”nin ne anlama geldiği üzerinde durulması yararlı olacaktır. Aslında hayattaki birçok olay, işlem ve süreç ne tam siyah, ne de tam beyazdır. Modellerin kurulması ve kararların verilmesi, çoğu zaman eksik bir takım bilgiler ve bazı kabbuller (sayılılar) temelinde olur. GST’nin ortaya çıkış felsefesi aslında tam da bu fikre dayanmaktadır. Bir sistemin parametreleri, bu parametreler arasındaki ilişkiler, sistemin işleyiş yapısı ve şeklinin belirsiz olduğu durumlar gri sistemlerin en karakteristik özellikleridir (Üstünişik, 2007). “Gri” sözcüğü, bir sistemde tam olarak bilinmeyen bir bilginin varlığını ifade etmek için kullanılır. Bilgiye tam anlamıyla sahip olunan durumlar “beyaz”, hiçbir bilginin bulunmadığı durumlar ise “siyah” ile tanımlanır. Bu durumda “gri”, kolayca tahmin edilebileceği üzere, kısmen bilinen-kısmen bilinmeyen bilgiyi ifade eder. Bir başka deyişle, eksik ya da tamamlanmamış bir bilginin varlığı söz konusudur. Dolayısıyla böyle bir durumda amaçlananın da sistemde “siyah” durumda olan bilginin “gri” hâle getirilmesi olduğu söylenebilir (Lin, Mian-Yun ve Sifeng, 2004; Liu ve Lin, 2006). Gri bilginin ne olduğunu somutlaştırmak için şöyle bir örnek verilebilir: X kişinin boyunun “yaklaşık 180 cm” olarak ifade edildiği bir cümlede, “yaklaşık” ifadesi kişinin boyunu tanımlamakta “yetersiz” olduğundan, bu cümle “gri” bilgi içermektedir (Çelebi, 2008). Bu doğrultuda Gri Sistem, kesin olmayan, eksik, tamamlanmamış bilgiler içeren bir gerçek dünya sistemi olarak tanımlanabilir.

Erden ve Ceviz (2015), GST’nin, kısmen bilinen-kısmen bilinmeyen bilgilere ya da değişkenlere sahip sistemleri çözümleyebilme yeteneğinden dolayı oldukça popüler olduğunu vurgulamaktadır. GST özellikle gitgide daha da karmaşıklaşan sistemlerin analiz edilebilmesinde ve modellenebilmesinde tamamlanmamış veya eksik bilgiye sahip küçük örneklerde, dağılımla ilgili özel herhangi bir şart da gerektirmemesinden dolayı rahatlıkla kullanılabilir (Aydemir, Bedir ve Özdemir, 2013). Bu avantajları, endüstriyel, sosyal ve askeri sistemler, eğitim, çevre ve ekoloji, trafik uygulama sistemleri ile yönetim ve organizasyon, ekonomi gibi birçok farklı alanda uygulanma olanağına sahip olmasını sağlamıştır (Aydemir ve diğ., 2013). GST, yukarıda da vurgulandığı üzere, belirsizliğin sayısallaştırılmasında kullanılan alternatif yöntemlerden biridir ve araştırma ve uygulama metodolojisi olarak “Gri tahmin”, “Gri ilişki analizi”, “Gri karar verme” ve “Gri modelleme” gibi farklı başlıklar altında toplanmıştır (Aydemir ve diğ., 2013). Ancak bu çalışmada Gri İlişki Analizi (GİA) kullanıldığından, yalnızca bununla ilgili açıklamalara yer verilmiştir.

GİA, bir derecelendirme, sınıflama ve karar verme tekniğidir (Lin ve diğ., 2004; Liu ve Lin, 2011; Wen, 2004). Chan ve Tong (2007) da benzer bir tanımlama ile eksik ve yetersiz bilginin bulunduğu karar verme problemlerinde, seçme, sıralama ve değerlendirme yapan çok kriterli bir karar verme yöntemi olduğuna işaret etmektedir. GİA, çok kriterli karar verme problemlerinin analizinde, karar sürecinde yol gösterici olarak kullanılmaktadır (Karadağ-Albayrak, 2015). Çok kriterli karar verme aslında birçok alternatif, seçenek, eylem, politika ve aday arasından en iyisini seçmeyi amaçlar (Kuo

Taho, & Huang, 2008, 80). GİA, eksik ya da tamamlanmamış bilgilerin mevcut olduğu, çok faktörlü (parametrelî) elemanlardan oluşan sistemlerin belli yöntemlerle analizine olanak sağlar (Karadağ-Albayrak, 2015). Sonuç olarak GİA'nın, kısıtlı bilginin bulunduğu, az sayıda verinin olduğu, diğer analizlere ilişkin varsayımların karşılanmasının güç olduğu durumlarda sistemler hakkında karar vermeyi sağlayan, kolay, kullanışlı, yüksek performanslı bir analiz tekniği olduğu ifade edilebilir.

Gri İlişki Analizi ile ilgili hem yurtdışında hem de yurtiçinde yapılmış çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Yurtiçinde yapılan çalışmalardan bazı örnekler incelendiğinde; Özdemir ve Deste (2009) tarafından otomotiv sektöründe tedarikçi seçimi, Yılmaz ve Güngör (2010) tarafından farklı sertliklerde optimum takım tutucusunun belirlenmesi, Uçkun ve Girginer (2011) tarafından Türkiye'deki kamu ve özel bankaların performanslarının belirlenmesi, Elitaş, Eleren, Yıldız ve Doğan (2012) tarafından sigorta şirketlerinin performanslarının belirlenmesi, Baş ve Çakmak (2012) tarafından işletmelerde finansal başarısızlığın belirlenmesi, Çakmak, Baş ve Yıldırım (2012) tarafından bir işletmede karşılaşılan üretim hatalarının incelenmesi, Ayriçay ve diğerleri (2013) tarafından finansal kıyaslama aracı olarak kullanılması, Bektaş ve Tuna (2013) tarafından Borsa İstanbul Gelişen İşletmeler Piyasası'nda işlem gören firmaların performanslarının ölçümü, Büyükgebiz (2013) tarafından ülke performanslarının değerlendirilmesi, Doğan (2013) tarafından banka performansının ölçülmesi, Şişman ve Eleren (2013) tarafından en uygun otomobilin seçimi, Tayyar, Akcanlı, Genç ve Erem (2014) tarafından Borsa İstanbul'a (BİST) kayıtlı bilişim ve teknoloji alanında faaliyet gösteren işletmelerin finansal performanslarının değerlendirilmesi, Karaatlı, Ömürbek, Budak ve Dağ (2015) tarafından yaşanabilir illerin sıralanması, Tektaş (2014) tarafından öğretim elemanı performans değerlendirmesi, Sarar, Uğur ve Akbıyıklı (2017) tarafından uluslararası ihaleler için iş geliştirme elemanı seçimi, Şengül ve Şengül (2017) tarafından akademik performans değerlendirmesi gibi konular etrafında toplandığı ve iktisadi ve idari bilimlerin işletme, ekonomi, iktisat gibi alanlarında ya da endüstri mühendisliği vb. alanlarda daha fazla kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmaların bir kısmında GİA, nedensellik analizi, trend analizi, ridit analizi, uyum analizi gibi farklı analizlerle de karşılaştırılarak incelenmiştir. Ancak neredeyse tüm çalışmaların seçme, sıralama, performans belirleme gibi amaçlara yönelik olduğu net olarak görülmektedir. Bu çalışmalardan farklı olarak Aydemir ve diğerleri (2013) bir alanyazın taraması yaparak GST ve uygulamalarını konu alan çalışmaları incelemişlerdir. Eğitim ya da ilişkili alanlarda GİA'nın kullanıldığı tek çalışma ise, Tektaş ve Aydın (2014) tarafından yapılan gri ilişkisel analiz ile öğrencilerin teknoloji ve tasarım dersine yönelik tutumlarının incelenmesini konu edinen çalışmadır.

Yurtiçinde yapılan çalışmalar yalnızca yukarıdaki anılanlarla sınırlı değildir. Tarımdan turizme, tekstilden ulaştırma sektörüne kadar farklı alanlarda yapılmış çok sayıda çalışmaya erişebilmek mümkündür. Ancak, alanyazında eğitim alanında tek bir örneği bulunan GİA'nın yine bu alanda kullanımına farklı bir örnek sunmanın da

amaçlandığı bu çalışmada, PISA uygulamasında ortaya çıkan ve araştırmacıların sorun yaşadıkları bir belirsizlik, kararsızlık durumu dikkate alınmıştır. Bu durum da aslında bu araştırmanın gerekçesini ve önemini oluşturmaktadır. Bu çalışma, olası değerlerden hangisinin öğrenci başarı puanı olarak kullanılacağına ilişkin belirsizliğe (griliğe), Gri İlişki Analizi aracılığıyla çözüm önerisi üretmeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda, olası değerlerden üretilen Gri İlişki Derecesi (GİD)'nin olası değerler ile ilişkisi ve kestirimlerdeki standart hataları kıyaslanarak olası değer yerine kullanılabilme durumu ele alınmıştır. Bu amaca yönelik olarak aşağıdaki dört soruya yanıt aranmıştır:

PISA-2015 uygulamasına katılan Türk öğrencilerin fen bilimleri okuryazarlığı, okuma becerisi ve matematik okuryazarlığı alanlarındaki;

1. Olası değerlerine ilişkin betimsel istatistikler nasıldır?
2. Olası değerlerden üretilen gri ilişki derecelerinin ranjları nasıldır?
3. Olası değerler ile üretilen gri ilişki dereceleri arasında manidar ilişkiler var mıdır?
4. Olası değerler ve olası değerlerden üretilen gri ilişki dereceleri puanları cinsiyete göre kıyaslandığında standart hatalar nasıldır?

### **Yöntem**

Bu bölümde araştırmanın modeli, evren-örneklem, verilerin elde edilmesi ve analizi hakkında bilgilere yer verilmiştir.

### **Araştırmanın Modeli**

Bu çalışma, geniş ölçekli bir araştırma olan PISA'nın 2015 uygulamasına katılan Türk öğrencilerin fen bilimleri okuryazarlığı, okuma becerisi ve matematik okuryazarlığı alanlarındaki olası değerlerinden üretilen gri ilişki dereceleri ve olası değerler ile gri ilişki dereceleri arasındaki ilişkileri incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışmada, değişkenler arasındaki ilişkileri çözümlenerek önemli bir olgu anlamaya çalışıldığından keşfedici türde korelasyonel bir çalışmadır (Fraenkel, Wallen & Hyun, 2012).

### **Evren ve Örneklem**

Çalışmaya PISA 2015 Türkiye örnekleminde yer alan tüm öğrenciler dâhil edilmiştir (n=5895). Bu bağlamda çalışmanın evreni, Türkiye'de 2015 yılında 15 yaşındaki tüm öğrencilerdir. Tabakalı örnekleme yaklaşımı ile evrenden 5895 öğrenci örnekleme seçilmiştir. Öğrencilerin 2938'i (%49.80) kız, 2957'si (%50.20) erkektir. Öğrencilerin öğrenim gördükleri sınıf düzeylerine dağılımları incelendiğinde; 16 öğrencinin (%0.27) yedinci sınıfta, 105 öğrencinin (%1.78) sekizinci sınıfta, 1273 öğrencinin (%21.59) dokuzuncu sınıfta, 4308 öğrencinin (%73.08) 10. sınıfta, 186 öğrencinin (%3.16) 11. sınıfta ve 7 öğrencinin (%0.12) ise 12. sınıfta olduğu belirlenmiştir.

### Verilerin Elde Edilmesi ve Analizi

Verilere PISA'nın resmî web sitesinden (<http://www.oecd.org/pisa/data/2015database/>) ulaşılmıştır. Bu çalışma kapsamında PISA 2015 uygulamasına katılan Türk öğrencilerin tamamının fen bilimleri okuryazarlığı, okuma becerisi ve matematik okuryazarlığı alanlarındaki 10'ar olası değeri ile çalışılmıştır. Verilerin analizinde, araştırmanın birinci alt amacına yönelik olarak, öncelikle PISA 2015 Türkiye uygulamasına katılan 5895 öğrencinin tüm alt testlere ilişkin olası değerlerinin betimsel istatistikleri incelenmiştir. Burada tüm öğrencilere ilişkin olası değerleri sunabilmek mümkün olmadığından, olası değer ranjlarının sunulması uygun bulunmuştur. Araştırmanın ikinci alt amacı için olası değerlerden yararlanarak GİA katsayıları üretilmiş ve GİA katsayılarından da Gri İlişki Dereceleri (GİD) hesaplanmıştır. GİA'nın hesaplanmasında izlenen işlem adımları şunlardır (Kuo ve diğ., 2008; Panda ve diğ., 2016):

1. Veri matrisinin oluşturulması,
2. Verilerin normalizasyonu,
3. Fark matrisinin oluşturulması,
4. Gri ilişki katsayılarının hesaplanması,
5. Gri ilişki derecelerinin hesaplanması

Üçüncü adımdaki, fark matrisi tablosundaki değerlerden yararlanarak GİD katsayıları hesaplanırken, en büyük değer 1, en küçük değer 0 olarak belirlenmektedir. Yani GİD, 0 ile 1 arasında değişen derecelerde yer almakta ve 1'e yaklaşması ele alınan özelliği daha fazla temsil ettiği anlamına gelmektedir. Yukarıdaki işlem adımları izlenerek, her bir öğrencinin her bir olası değeri için üretilen Gri İlişki Dereceleri'nin tamamını sunabilmek mümkün olmadığından, 10 öğrenci için bir örnek sunulmuştur. Ayrıca fen bilimleri okuryazarlığı alt testi için bulgular sunulurken, çalışmanın işlem adımlarını gösteren ayrıntılara yer verilmiş, matematik okuryazarlığı ve okuma becerisi alt testleri için ise 10 olası değer ve 10 GİD örneğinin sunumu ile yetinilmiştir. PISA 2015 uygulaması fen bilimleri alanı odağında olduğundan bu çalışmada da fen bilimleri alanı verilerinin daha ayrıntılı sunulması tercih edilmiştir. Araştırmanın üçüncü alt amacı için, fen bilimleri okuryazarlığı, matematik okuryazarlığı ve okuma becerisi alt testlerinin olası değerleri ile bunlardan üretilen Gri İlişki Dereceleri arasında manidar ilişkiler olup olmadığı, tüm değişkenler normal dağılım gösterdiğinden Pearson Momentler Çarpımı Korelasyon Katsayısı ile incelenmiştir. Çalışmanın son alt amacına yönelik olarak olası değerler ve olası değerlerden üretilen gri ilişki dereceleri puanları cinsiyete göre kıyaslandığında standart hatalarının nasıl olduğunu tespit etmek için bağımsız örneklem t-testi yapılmıştır. Verilerin analizinde, öğrenci örneklem ağırlığı kullanılmıştır ve SPSS ve Excel programlarında analizler gerçekleştirilmiştir.



## Bulgular

Bu bölümde araştırmann her bir alt amacına yönelik bulgularn sırasıyla sunumuna yer verilmiştir. Tablo 1’de, araştırmann birinci alt amacına yönelik olarak, öncelikle PISA 2015 Türkiye uygulamasına katılan 5895 öğrencinin fen bilimleri okuryazarlığı, matematik okuryazarlığı ve okuma becerisi alt testlerine ilişkin olası değerlerinin betimsel istatistikleri sunulmuştur.

Tablo 1 incelendiğinde, tüm alt testlerin kendi içinde olası değer ortalamalarının birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. En düşük ortalama 414.37 ile matematik okuryazarlığındaki sekizinci olası değere (OD8) ait iken, en yüksek ortalama 426.40 ile okuma becerisindeki beşinci olası değere (OD5) aittir. Standart sapmalar incelendiğinde, fen bilimleri okuryazarlığı alanındaki standart sapmaların diğer alanlardan daha düşük olduğu görülmektedir. Çarpıklık ve basıklık katsayılarının tamamının ise -1 ile +1 aralığında olduğu, bir başka deyişle üç beceri alanında da olası değerlerin normal dağılıma yakın olduğu görülmektedir.

**Tablo 1.** Öğrencilerin Fen Bilimleri Okuryazarlığı, Matematik Okuryazarlığı ve Okuma Becerisi Olası Değerlerine İlişkin Betimsel İstatistikler

Alt Testler	Olası Değerler	Ortalama	En düşük (Minimum)	En yüksek (Maksimum)	Ranj	Standart Sapma	Çarpıklık Katsayısı	Basıklık Katsayısı
Fen Bilimleri Okuryazarlığı	OD1	422.45	197.72	707.89	510.17	77.13	0.16	-0.26
	OD2	423.14	186.43	728.63	542.20	77.52	0.20	-0.30
	OD3	421.40	196.50	686.67	490.17	77.41	0.17	-0.36
	OD4	422.28	198.72	709.28	510.56	77.67	0.16	-0.31
	OD5	421.93	171.65	689.67	518.02	77.36	0.21	-0.26
	OD6	421.72	182.17	667.48	485.31	78.22	0.18	-0.31
	OD7	421.32	175.35	681.96	506.61	76.81	0.17	-0.27
	OD8	421.03	183.05	691.17	508.12	76.96	0.16	-0.28
	OD9	422.13	187.27	698.49	511.22	77.67	0.19	-0.27
	OD10	421.69	192.05	686.81	494.76	78.09	0.20	-0.30

Matematik Okuryazarlığı	OD1	416.14	133.56	700.85	567.29	81.55	0.08	-0.13
	OD2	415.85	92.30	699.56	607.26	80.86	0.17	-0.06
	OD3	416.28	147.70	666.91	519.21	79.67	0.10	-0.22
	OD4	415.98	155.21	690.20	534.99	80.28	0.13	-0.16
	OD5	416.07	144.27	702.32	558.05	79.75	0.13	-0.17
	OD6	414.94	142.85	715.63	572.78	81.08	0.20	-0.14
	OD7	416.14	143.60	696.41	552.81	80.97	0.16	-0.19
	OD8	414.37	131.04	709.81	578.77	82.45	0.08	-0.19
	OD9	416.41	151.09	702.72	551.63	80.92	0.15	-0.05
	OD10	415.87	163.56	676.22	512.66	79.10	0.15	-0.16
Okuma Becerisi	OD1	425.75	137.57	712.77	575.20	80.77	-0.02	-0.13
	OD2	425.08	135.97	714.36	578.39	80.49	-0.08	-0.05
	OD3	425.26	153.91	689.03	535.12	80.76	-0.08	-0.17
	OD4	425.28	99.950	717.79	617.84	80.88	-0.06	-0.11
	OD5	426.40	60.110	719.73	659.62	80.62	-0.03	-0.01
	OD6	425.64	129.21	694.12	564.91	80.22	-0.01	-0.14
	OD7	424.68	125.63	679.38	553.75	80.11	-0.11	-0.10
	OD8	425.54	155.08	737.95	582.87	79.23	-0.02	-0.07
	OD9	424.95	155.66	720.56	564.90	80.60	-0.04	-0.18
	OD10	425.60	119.93	705.41	585.48	81.28	-0.08	-0.13

Not= OD: Olası Değer

Yine Tablo 1’de, olası değerlerin geniş bir ranja sahip olduğu görülmektedir. Alt testlere ilişkin en düşük (minimum) ve en yüksek (maksimum) olası değerler incelendiğinde, fen bilimleri okuryazarlığı alt testinde en küçük değer (171.65) beşinci olası değerde (OD5), en yüksek değer (728.63) ikinci olası değerde (OD2) olduğu görülmektedir. Matematik okuryazarlığı alt testi için en düşük değer (92.30) ikinci olası değerde (OD2), en yüksek değer (715.63) altıncı olası değerde (OD6) olduğu görülmektedir. Okuma becerisi alt testinde ise en düşük değer (60.11) beşinci olası değerde (OD5), en yüksek değer (737.95) ise sekizinci olası değerde (OD8) olduğu görülmektedir. Alt testlere ilişkin olası değer ranjları incelendiğinde; fen bilimleri okuryazarlığı alt testinde en yüksek ranjin ikinci olası değerde (OD2), en düşük ranjin altıncı olası değerde (OD6), matematik okuryazarlığı alt testinde en yüksek ranjin ikinci olası değerde (OD2), en düşük ranjin ise 10. olası değerde (OD10), Okuma becerisi alt testinde en yüksek ranjin beşinci olası değerde (OD5), en düşük ranjin yedinci olası değerde (OD7) olduğu görülmektedir.

### Öğrencilerin Fen Bilimleri Okuryazarlığı, Matematik Okuryazarlığı ve Okuma Becerisi Olası Değerlerinden Üretilen Gri İlişki Dereceleri

Araştırmanın ikinci alt amacına yönelik olarak, PISA 2015 Türkiye uygulamasına katılan 5895 öğrencinin fen bilimleri okuryazarlığı, matematik okuryazarlığı ve okuma becerisi olası değerlerinden yararlanılarak gri ilişki dereceleri (GİD) hesaplanmıştır. Yukarıda da değinildiği üzere tüm öğrenciler için hesaplanan GİD'in sunulması mümkün olamayacağından, her bir alt test için 10 öğrencinin GİD değerleri örnek olarak sunulmuş, fen bilimleri okuryazarlığı alt testi ise, çalışmanın işlem adımlarının örneklendirilmesi amacıyla ayrıntılı olarak verilmiştir. İlk aşamada Tablo 2'de, 10 öğrencinin fen bilimleri okuryazarlığı alt testine ilişkin olası değerleri yer almaktadır.

**Tablo 2.** Öğrencilerin Fen Bilimleri Okuryazarlığına İlişkin Olası Değerlerinin Örneklendirilmesi

Öğrenci	OD1	OD2	OD3	OD4	OD5	OD6	OD7	OD8	OD9	OD10
Ö1	387.60	376.49	404.81	394.66	382.17	364.44	412.95	423.00	381.39	415.44
Ö2	352.05	352.09	386.43	321.61	324.88	364.61	356.45	373.91	359.60	313.69
Ö3	403.94	399.10	414.11	363.00	423.87	445.68	410.12	361.74	380.59	359.87
Ö4	331.83	334.57	370.21	353.13	336.08	334.23	304.40	365.33	320.88	313.23
Ö5	414.24	387.44	364.50	391.55	401.25	425.01	375.32	426.66	455.97	394.42
Ö6	395.67	418.30	367.43	374.13	386.66	381.89	370.68	420.43	406.91	410.78
Ö7	391.80	358.56	392.20	346.61	383.08	340.80	367.36	362.88	376.33	356.38
Ö8	348.78	342.85	325.32	340.09	392.03	353.05	368.87	361.64	307.04	375.55
Ö9	276.21	295.65	367.93	325.10	362.63	268.35	328.61	314.52	313.35	327.63
Ö10	414.28	419.96	415.74	416.88	400.30	427.67	418.79	435.64	423.82	408.09

Not: OD: Olası Değer, Ö: Öğrenci

Tablo 2 incelendiğinde, öğrencilerin olası değerlerinin birbirinden oldukça farklılaştığı görülmektedir. Örneğin birinci öğrencinin fen bilimleri okuryazarlığı olası değerleri 364.44 ile 423.00 arasında değişmektedir. 10. öğrencinin ise 400.30 ile 435.64 arasında değişmektedir. Tablo 2'de sunulan ve analizlerin ilk adımı olan "veri matrisinin oluşturulması"nın ardından, analizlerin ikinci adımı olan "veri normalizasyonu" yapılmıştır. Farklı ölçek düzeyine sahip verilerin veya çok geniş ranjlardaki serilerin daha küçük bir aralığa çekilmesi için verilerin standardize edilmesi/normalleştirilmesi gerekir. Bu bağlamda, çalışma kapsamında geniş bir ranja sahip veri seti için standartlaştırma işlemi yapılmıştır. Bu nedenle, önce her bir olası değer için en düşük (minimum) ve en yüksek (maksimum) değerler belirlenmiştir. Ardından ilk olası değer için en yüksek değerinden birinci öğrencinin ilk olası değerinin farkı alınmıştır. Bu işlem

tüm öğrenciler için tekrarlanmıştır. İlk olası değer için bu işlem bittikten sonra aynı süreç ikinci olası değer için yapılmıştır. Bu süreç 10 olası değer ve tüm öğrenciler için tamamlandıktan sonra diğer aşamaya geçilmiştir. İlk olarak her bir olası değer için en yüksek ile en düşük puanı arasındaki fark hesaplanmıştır. İkinci aşamadan elde edilen farklar (olası değeri en yüksek olandan öğrencinin puanı çıkarılarak elde edilen fark), üçüncü aşama için elde edilen farka (her bir olası değer için en yüksek ile en düşük puan arasındaki farka) bölünmüştür. Bu hesaplama sonucu fen bilimleri okuryazarlığı için olası değerlerin normalleştirilmesine ilişkin 10 öğrenciye ait örnek Tablo 3'te sunulmuştur.

**Tablo 3.** Öğrencilerin Fen Bilimleri Okuryazarlığına İlişkin Olası Değerlerinin Normalleştirilmesi

Öğrenci	OD1	OD2	OD3	OD4	OD5	OD6	OD7	OD8	OD9	OD10
Ö1	0.63	0.65	0.58	0.62	0.59	0.62	0.53	0.53	0.62	0.55
Ö2	0.70	0.69	0.61	0.76	0.70	0.62	0.64	0.62	0.66	0.75
Ö3	0.60	0.61	0.56	0.68	0.51	0.46	0.54	0.65	0.62	0.66
Ö4	0.74	0.73	0.65	0.70	0.68	0.69	0.75	0.64	0.74	0.76
Ö5	0.58	0.63	0.66	0.62	0.56	0.50	0.61	0.52	0.47	0.59
Ö6	0.61	0.57	0.65	0.66	0.59	0.59	0.61	0.53	0.57	0.56
Ö7	0.62	0.68	0.60	0.71	0.59	0.67	0.62	0.65	0.63	0.67
Ö8	0.70	0.71	0.74	0.72	0.58	0.65	0.62	0.65	0.77	0.63
Ö9	0.85	0.80	0.65	0.75	0.63	0.82	0.70	0.74	0.75	0.73
Ö10	0.58	0.57	0.55	0.57	0.56	0.49	0.52	0.50	0.54	0.56

Not= OD: Olası Değer, Ö: Öğrenci

Tablo 3'te öğrencilerin normalleştirilmiş puanları görülmektedir. Normalleştirilen değerler için öncelikle her bir olası değer için en yüksek puan belirlenmektedir. Bir önceki matematiksel hesaplamalar gereği tüm olası değerler için en yüksek değer "1"dir. "1"den sıra ile Tablo 3'teki normalleştirilen değerler çıkarılarak değerlerin sapması elde edilmiştir. Mutlak farklar veya katsayı farklılıkları olarak da geçen bu işlem, üçüncü adım olan "farklar matrisini" oluşturmak için yapılmaktadır. Elde edilen sonuçlar Tablo 4'te sunulmuştur.

**Tablo 4.** Öğrencilerin Fen Bilimleri Okuryazarlığına İlişkin Normalleştirilen Olası Değerlerin Sapma Sıralarının/Mutlak Farkların Örneklendirilmesi

Öğrenci	OD1	OD2	OD3	OD4	OD5	OD6	OD7	OD8	OD9	OD10
Ö1	0.37	0.35	0.43	0.38	0.41	0.38	0.47	0.47	0.38	0.45
Ö2	0.30	0.31	0.39	0.24	0.30	0.38	0.36	0.38	0.34	0.25
Ö3	0.40	0.39	0.44	0.32	0.49	0.54	0.46	0.35	0.38	0.34
Ö4	0.26	0.27	0.35	0.30	0.32	0.31	0.26	0.36	0.26	0.25
Ö5	0.42	0.37	0.34	0.38	0.44	0.50	0.40	0.48	0.53	0.41
Ö6	0.39	0.43	0.35	0.34	0.42	0.41	0.39	0.47	0.43	0.44
Ö7	0.38	0.32	0.40	0.29	0.41	0.33	0.38	0.35	0.37	0.33
Ö8	0.30	0.29	0.26	0.28	0.43	0.35	0.38	0.35	0.23	0.37
Ö9	0.15	0.20	0.35	0.25	0.37	0.18	0.30	0.26	0.25	0.27
Ö10	0.42	0.43	0.45	0.43	0.44	0.51	0.48	0.50	0.46	0.44

Not=OD: Olası Değer, Ö: Öğrenci

Analizlerin dördüncü adımı “gri ilişki katsayılarının hesaplanması”dır. Bu aşamada, Tablo 4’teki değerlerden, öncelikle birinci aşamada her bir olası değer için en düşük değer (0) ile en yüksek değer (1) belirlenip bu değerler toplanmıştır. Ardından, ikinci aşamada en yüksek değer ile ayırt edicilik katsayı değeri “0.5” (her bir niteliğe eşit ağırlık vermek için 0.5 olarak alınmıştır) çarpılmıştır. Daha sonra üçüncü aşamada, bu çarpım sonucu sıra ile her bir sapma puanı (Tablo 4’teki) ile toplanmıştır. Dördüncü aşamada ise, birinci aşamada elde edilen toplam, üçüncü aşamada elde edilen çarpım sonucuna bölünmüştür. Çıkan sonuçlar her öğrencinin her olası değeri için gri ilişki katsayılarıdır. 10 öğrenci için elde edilen sonuçlar Tablo 5’te sunulmuştur.

**Tablo 5.** 10 Öğrencinin Fen Bilimleri Okuryazarlığına İlişkin 10 Olası Değerin Gri İlişki Katsayısı

Öğrenci	OD1	OD2	OD3	OD4	OD5	OD6	OD7	OD8	OD9	OD10
Ö1	0.57	0.59	0.54	0.57	0.55	0.57	0.52	0.51	0.57	0.52
Ö2	0.62	0.62	0.56	0.68	0.63	0.57	0.58	0.57	0.60	0.67
Ö3	0.55	0.56	0.53	0.61	0.51	0.48	0.52	0.59	0.57	0.60
Ö4	0.66	0.65	0.59	0.62	0.61	0.62	0.66	0.58	0.66	0.67
Ö5	0.54	0.57	0.59	0.57	0.53	0.50	0.56	0.51	0.49	0.55
Ö6	0.56	0.54	0.59	0.59	0.55	0.55	0.57	0.52	0.54	0.53
Ö7	0.57	0.61	0.56	0.63	0.55	0.61	0.57	0.59	0.58	0.60
Ö8	0.63	0.63	0.66	0.64	0.54	0.59	0.57	0.59	0.68	0.57
Ö9	0.77	0.71	0.59	0.67	0.58	0.74	0.62	0.66	0.67	0.65
Ö10	0.54	0.54	0.53	0.54	0.53	0.50	0.51	0.50	0.52	0.53

Not= OD: Olası Değer, Ö: Öğrenci

Tablo 5'te elde edilen her bir öğrenciye ait 10 gri ilişki katsayısının toplanıp 10'a bölünmesiyle de her öğrenci için gri ilişki derecesi hesaplanmıştır. Beşinci ve son adım olan "gri ilişki derecelerinin hesaplanması" aşamasında, 10 öğrenciye ilişkin fen bilimleri okuryazarlığı olası değerleri için GİD sonuçları Tablo 6'da sunulmuştur.

**Tablo 6.** 10 Öğrencinin Fen Bilimleri Okuryazarlığına İlişkin 10 Olası Değerin Gri İlişki Derecesi

Öğrenci	Fen bilimleri
Ö1	.55
Ö2	.61
Ö3	.55
Ö4	.63
Ö5	.54
Ö6	.55
Ö7	.59
Ö8	.61
Ö9	.67
Ö10	.52

Not= Ö: Öğrenci

Tablo 6'da 10 öğrencinin 10 olası fen bilimleri okuryazarlığı puanından yararlanılarak oluşturulan gri ilişki dereceleri görülmektedir. Örnek verideki GİD değerlerine göre en başarılı öğrenci dokuzuncu öğrenci iken en başarısız öğrenci onuncu öğrencidir. Tüm öğrenciler için GİD ranji fen bilimleri okuryazarlığı için .339 ile .855 arasında değişmektedir. Öğrencilerin okuma becerisi ve matematik okuryazarlığı olası değerleri için de aynı süreç izlenmiştir. Okuma becerisi ve matematik okuryazarlığı sonuçları için 10 öğrencinin olası değerleri Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7'de görüldüğü gibi, öğrencilerin okuma becerisi alanındaki 10 olası değer ranji, örneğin birinci öğrenci için 369.90 ile 458.34 arasında değişmektedir. 10 öğrenci arasından 10 olası değer arasındaki farkın en yüksek olduğu (151.753) öğrenci sekizinci öğrencidir (en az: 307.94, en çok: 459.70). Ayrıca Tablo 7'te görüldüğü gibi, 10 öğrenci için matematik alanında 10 olası değer arasındaki ranjin (424.13 ile 371.38) en az olduğu (52.76) öğrenci 10. öğrencidir. En yüksek puan farkı ise sekizinci öğrenciye aittir. En düşük puan (273.23) ile en yüksek puan (425.22) arasındaki fark 151.99'dur.

**Tablo 7.** Öğrencilerin Okuma Becerisi ve Matematik Okuryazarlığı Alt Testine İlişkin Olası Değerlerinin Örneklenmesi

Öğrenci	OD1	OD2	OD3	OD4	OD5	OD6	OD7	OD8	OD9	OD10	
Okuma	Ö1	414.65	408.15	419.83	426.50	416.16	369.90	458.34	374.83	389.68	402.16
	Ö2	435.99	369.06	369.14	381.86	378.45	379.57	353.68	369.02	399.59	317.83
	Ö3	416.04	389.71	378.18	373.45	446.64	383.76	372.81	328.19	372.98	354.94
	Ö4	376.08	380.24	353.48	335.52	365.44	335.54	287.00	385.47	324.01	316.67
	Ö5	408.90	345.25	311.26	427.61	384.84	386.68	369.77	364.01	460.48	358.19
	Ö6	329.82	392.26	385.64	301.09	327.37	378.23	305.94	373.00	369.08	338.95
	Ö7	463.44	417.94	412.16	414.78	411.39	429.58	405.69	380.10	417.12	408.07
	Ö8	364.84	335.37	382.37	418.52	459.70	346.81	353.39	375.96	307.94	378.91
	Ö9	334.80	310.53	374.29	335.50	388.67	298.60	348.63	383.37	372.87	323.83
	Ö10	451.69	428.96	463.37	430.71	465.21	393.90	422.98	464.52	444.63	401.78
Matematik	Ö1	348.41	314.87	384.87	363.29	358.47	356.02	368.28	397.66	344.85	382.51
	Ö2	301.95	311.00	338.76	290.32	334.39	318.44	296.55	343.10	360.56	359.07
	Ö3	362.45	377.11	340.66	324.00	390.68	415.36	401.54	361.07	337.61	345.18
	Ö4	342.74	305.44	344.78	327.82	311.10	346.05	353.69	344.15	380.79	279.77
	Ö5	401.00	346.50	347.87	370.14	404.92	372.52	369.54	414.72	390.13	399.70
	Ö6	326.26	386.81	332.29	313.13	354.93	319.13	346.94	407.82	337.97	395.71
	Ö7	358.52	359.01	337.39	316.25	369.52	306.77	387.10	277.36	362.09	339.51
	Ö8	301.56	273.23	274.15	315.32	370.28	295.43	425.22	316.90	349.64	337.67
	Ö9	213.35	275.00	330.09	271.50	327.47	222.30	274.22	305.66	268.29	304.03
	Ö10	381.99	383.54	371.92	382.42	378.68	384.16	424.13	394.53	371.38	392.84

Not= OD: Olası Değer, Ö: Öğrenci

Tablo 7’de, iki alanda da 10 öğrenci için sunulan değerler arasındaki farklılıklar dikkati çekmektedir. Fen bilimleri okuryazarlığı alanındaki süreç takip edilerek okuma becerisi ve matematik okuryazarlığı için de gri ilişki katsayıları, her bir öğrenci için toplanıp 10’a bölünmüş ve benzer şekilde her öğrenci için gri ilişki dereceleri hesaplanmıştır. Okuma becerisi ve matematik okuryazarlığında 10 öğrenciye ilişkin GİD sonuçları Tablo 8’de sunulmuştur.

**Tablo 8.** 10 Öğrencinin Okuma Becerisi ve Matematik Okuryazarlığına İlişkin 10 Olası Değerin Gri İlişki Derecesi

Öğrenci	Okuma	Matematik
Ö1	.51	.56
Ö2	.54	.60
Ö3	.54	.56
Ö4	.57	.59
Ö5	.54	.54
Ö6	.57	.57
Ö7	.50	.58
Ö8	.55	.60
Ö9	.57	.67
Ö10	.49	.53

Not= Ö: Öğrenci

Tablo 8’de 10 öğrencinin olası okuma becerisi ve matematik okuryazarlığı puanlarından yararlanılarak oluşturulan gri ilişki dereceleri görülmektedir. Örnek verideki GİD değerlerine göre okuma becerisinde de matematik alanında da en başarılı öğrenci dokuzuncu öğrenci iken en başarısız öğrenci onuncu öğrencidir. Tüm öğrenciler için GİD ranjı okuma becerisi için .35 ile .96 arasında ve matematik okuryazarlığı için .34 ile .86 arasında değişmektedir.

#### **Öğrencilerin Fen Bilimleri, Matematik Okuryazarlığı ve Okuma Becerisi Alanlarındaki Olası Değerleri ile Gri İlişki Derecesi Arasındaki İlişkiler**

Araştırmanın üçüncü alt amacına yönelik olarak, PISA 2015 uygulamasına katılan Türk öğrencilerin fen bilimleri okuryazarlığı, matematik okuryazarlığı ve okuma becerisi alanlarındaki olası değerleri ile çalışma kapsamında üretilen gri ilişki dereceleri arasında ilişkiler her bir alan için ayrı incelenmiştir. Öğrencilerin fen bilimleri okuryazarlığı alanındaki olası değerleri ve hesaplanan gri ilişki derecesi arasındaki ilişkiler Tablo 9’da verilmiştir.



**Tablo 9.** Fen Bilimleri Alanındaki Olası Değerler ile Hesaplanan Gri İlişki Derecesi Arasındaki İlişkiler

Değişkenler	OD1	OD2	OD3	OD4	OD5	OD6	OD7	OD8	OD9	OD10	GİD-OD
OD1	1										
OD2	.88**	1									
OD3	.88**	.88**	1								
OD4	.88**	.89**	.88**	1							
OD5	.88**	.88**	.88**	.88**	1						
OD6	.88**	.88**	.88**	.88**	.88**	1					
OD7	.88**	.89**	.88**	.88**	.88**	.88**	1				
OD8	.88**	.88**	.88**	.88**	.88**	.88**	.88**	1			
OD9	.88**	.88**	.88**	.88**	.88**	.88**	.88**	.88**	1		
OD10	.88**	.89**	.88**	.88**	.88**	.88**	.88**	.88**	.88**	1	
GİD-OD	.93**	.93**	.93**	.93**	.93**	.93**	.93**	.93**	.93**	.93**	1

Not= OD: Olası Değer, GİD: Gri ilişki derecesi, \*\*p<.01

Tablo 9’da görüldüğü gibi, öğrencilerin fen bilimleri okuryazarlığı için kestirilen 10 olası değer kendi arasındaki ilişkileri .88 ile .89 arasında değişmektedir ve tüm ilişkiler manidardır (p<.01). Öğrencilerin olası 10 fen bilimleri puanından kestirilen Gri ilişki derecesi ile 10 olası değer arasındaki ilişkilere bakıldığında, tüm korelasyonların .93 ve manidar olduğu (p<.01) görülmektedir. Tablo 9’da da görüldüğü gibi öğrencilerin olası 10 fen bilimleri puanından kestirilen Gri ilişki derecesi ile olası değerler arasındaki ilişkiler daha yüksektir. Bu durum, olası değerlerden birini seçmek yerine üretilen gri ilişki derecesine göre yapılacak hesaplamaların daha tutarlı olabileceğine işaret etmektedir. Öğrencilerin okuma becerisi olası değerleri ile gri ilişki derecesi arasındaki ilişkiler Tablo 10’da verilmiştir.

**Tablo 10.** Okuma Becerisi Olası Değerleri ile Gri İlişki Derecesi Arasındaki İlişkiler

Değişkenler	OD1	OD2	OD3	OD4	OD5	OD6	OD7	OD8	OD9	OD10	GİD-OD
OD1	1										
OD2	.84**	1									
OD3	.84**	.84**	1								
OD4	.84**	.84**	.85**	1							
OD5	.84**	.84**	.84**	.84**	1						
OD6	.85**	.84**	.84**	.84**	.84**	1					
OD7	.84**	.84**	.84**	.85**	.85**	.84**	1				
OD8	.84**	.84**	.84**	.84**	.84**	.84**	.84**	1			
OD9	.84**	.84**	.85**	.84**	.84**	.84**	.85**	.84**	1		
OD10	.84**	.84**	.85**	.84**	.84**	.84**	.84**	.84**	.84**	1	
<b>GİD-OD</b>	<b>.91**</b>	<b>.91**</b>	<b>.91**</b>	<b>.91**</b>	<b>.91**</b>	<b>.91**</b>	<b>.91**</b>	<b>.91**</b>	<b>.91**</b>	<b>.91**</b>	<b>1</b>

Not= OD: Olası Değer, Ö: Öğrenci, GİD: Gri ilişki derecesi, \*\*p<.01

Tablo 10'da görüldüğü gibi, öğrencilerin okuma becerisi için kestirilen 10 olası değer kendi aralarındaki ilişkileri .84 ile .85 arasında değişmektedir ve tüm ilişkiler manidardır (p<.01). Öğrencilerin olası 10 okuma beceri puanından kestirilen gri ilişki derecesi ile 10 olası değer arasındaki ilişkilere bakıldığında, tüm korelasyonların .91 ve manidar olduğu (p<.01) görülmektedir. Tablo 10'da da görüldüğü gibi öğrencilerin olası 10 okuma becerisi puanından kestirilen Gri ilişki derecesi ile olası değerler arasındaki ilişkiler daha yüksektir. Bu durum, olası değerlerden birini seçmek yerine üretilen gri ilişki derecesine göre yapılacak hesaplamaların daha tutarlı olabileceğine işaret etmektedir. Öğrencilerin matematik okuryazarlığı 10 olası değer kendi arasında ve hesaplanan gri ilişki derecesi arasındaki ilişkiler Tablo 11'de verilmiştir.

**Tablo 11.** Matematik Okuryazarlığı Olası Değerleri ile Gri İlişki Derecesi Arasındaki İlişkiler

Değişkenler	OD1	OD2	OD3	OD4	OD5	OD6	OD7	OD8	OD9	OD10	GİD-OD
OD1	1										
OD2	.81**	1									
OD3	.81**	.81**	1								
OD4	.81**	.81**	.81**	1							
OD5	.81**	.81**	.81**	.81**	1						
OD6	.82**	.82**	.81**	.81**	.81**	1					
OD7	.82**	.82**	.82**	.81**	.81**	.81**	1				
OD8	.82**	.82**	.81**	.82**	.82**	.82**	.82**	1			
OD9	.82**	.82**	.82**	.82**	.81**	.82**	.82**	.83**	1		
OD10	.81**	.82**	.81**	.81**	.81**	.82**	.81**	.82**	.82**	1	
<b>GİD-OD</b>	<b>.90**</b>	<b>.89**</b>	<b>.90**</b>	<b>.90**</b>	<b>.89**</b>	<b>.90**</b>	<b>.90**</b>	<b>.91**</b>	<b>.90**</b>	<b>.90**</b>	<b>1</b>

Not= OD: Olası Değer, Ö: Öğrenci, GİD: Gri ilişki derecesi, \*\*p<.01

Tablo 11’de görüldüğü gibi, öğrencilerin matematik okuryazarlığı için kestirilen 10 olası değer kendi arasındaki ilişkileri .81 ile .83 arasında değişmektedir ve tüm ilişkiler manidardır ( $p<.01$ ). Öğrencilerin olası 10 matematik okuryazarlığı puanından kestirilen Gri ilişki derecesi ile 10 olası değer arasındaki ilişkilere bakıldığında, korelasyonların .89 ile .91 arasında değiştiği ve tamamının manidar olduğu ( $p<.01$ ) görülmektedir. Tablo 11’de de görüldüğü gibi öğrencilerin olası 10 matematik okuryazarlığı puanından kestirilen Gri ilişki derecesi ile olası değerler arasındaki ilişkiler daha yüksektir. Bu durum, olası değerlerden birini seçmek yerine üretilen gri ilişki derecesine göre yapılacak hesaplamaların daha tutarlı olabileceğine işaret etmektedir.

### Öğrencilerin Üç Beceri Alanlarındaki Olası Değerleri ve GİD Puanlarını Cinsiyete Göre Karşılaştırma

Öğrencilerin üç beceri alanlarındaki olası değerleri ve olası değerlerden üretilen gri ilişki dereceleri puanları cinsiyete göre kıyaslandığında standart hatalarının nasıl olduğunu tespit etmek için bağımsız örneklem t testi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 12’de sunulmuştur.

**Tablo 12.** Olası Değerler ve Gri İlişki Derecesi Puanlarının Cinsiyete Göre Ortalamalarının Kıyaslanması

	Olası değerler	Kadın (SH)	Erkek (SH)	Ortalamalar arasındaki fark (SH)	t	Eta-kare
<b>Fen Bilimleri</b>	OD1	429.36 (.12)	421.81 (.12)	7.54 (.16)	46.07**	.00
	OD2	429.17 (.11)	424.39 (.12)	4.78 (.16)	29.11**	.00
	OD3	428.58 (.12)	421.01 (.12)	7.57 (.16)	45.96**	.00
	OD4	428.23 (.12)	423.52 (.12)	4.71 (.17)	28.53**	.00
	OD5	429.47 (.12)	421.83 (.12)	7.64 (.16)	46.55**	.00
	OD6	428.74 (.12)	422.62 (.12)	6.12 (.17)	36.93**	.00
	OD7	428.17 (.11)	421.42 (.12)	6.65 (.16)	40.60**	.00
	OD8	428.31 (.11)	421.17 (.12)	7.14 (.16)	43.74**	.00
	OD9	428.87 (.12)	422.75 (.12)	6.12 (.17)	36.97**	.00
	OD10	427.74 (.12)	422.76 (.12)	4.98 (.17)	30.00**	.00
	<b>GİD-OD</b>	.53 (.00)	.53 (.00)	.00 (.00)	42.91**	.00
<b>Matematik</b>	OD1	416.47 (.12)	425.22 (.12)	-8.75 (.17)	-51.02**	.00
	OD2	417.38 (.12)	423.51 (.12)	-6.13 (.17)	-35.88**	.00
	OD3	418.44 (.12)	423.91 (.12)	-5.48 (.17)	-32.72**	.00
	OD4	417.53 (.12)	423.32 (.12)	-5.79 (.17)	-34.18**	.00
	OD5	416.64 (.12)	424.19 (.12)	-7.55 (.17)	-44.87**	.00
	OD6	417.40 (.12)	422.40 (.12)	-4.99 (.17)	-29.10**	.00
	OD7	419.34 (.12)	422.02 (.12)	-2.68 (.17)	-15.60**	.00
	OD8	416.91 (.12)	421.17 (.12)	-4.26 (.17)	-24.63**	.00
	OD9	416.71 (.12)	425.35 (.12)	-8.63 (.17)	-50.54**	.00
	OD10	418.43 (.12)	422.67 (.12)	-4.25 (.17)	-25.36**	.00
	<b>GİD-OD</b>	.51 (.00)	.51 (.00)	.00 (.00)	36.63**	.00
<b>Okuma Becerisi</b>	OD1	442.22 (.12)	415.47 (.12)	26.75 (.17)	158.06**	.03
	OD2	443.81 (.12)	412.14 (.12)	31.67 (.17)	188.48**	.04
	OD3	440.34 (.12)	415.36 (.12)	24.99 (.17)	147.33**	.02
	OD4	441.41 (.12)	416.21 (.12)	25.19 (.17)	148.28**	.02
	OD5	443.70 (.12)	415.53 (.12)	28.7 (.17)	167.32**	.03
	OD6	443.05 (.12)	414.11 (.12)	28.94 (.17)	171.88**	.03
	OD7	441.65 (.12)	414.00 (.12)	27.64 (.17)	164.17**	.03
	OD8	442.42 (.12)	413.48 (.12)	28.93 (.17)	173.54**	.03
	OD9	441.29 (.12)	413.95 (.12)	27.35 (.17)	161.17**	.03
	OD10	442.57 (.12)	414.14 (.12)	28.43 (.17)	167.09**	.03
	<b>GİD-OD</b>	.49 (.00)	.52 (.00)	-.03 (.00)	-176.03**	.03

Not= SH: Standart hata, OD: Olası değer, GİD: Gri ilişki derecesi, \*\*p&lt;.01

Tablo 12’de görüldüğü gibi, üç beceri alanındaki her bir olası değer ve bu olası değerlerden hesaplanan GİD puanlarının cinsiyete göre anlamlı farklılık gösterdiği görülmektedir ( $p < .01$ ). Öğrencilerin cinsiyete göre ortalama puanlarına ilişkin standart hatalar üç beceri alanında da birbirine oldukça yakın (.11 ile .12) ve GİD puanları için hesaplanan standart hata değerlerinden (.00) daha yüksektir. Eta-kare değerleri incelendiğinde ise istatistiksel olarak anlamlı olan bu farkların pratik etkisinin fen bilimleri ve matematik alanında olmadığı, okuma becerisinde ise oldukça az olduğu göz önünde bulundurulduğunda, gruplar arasındaki istatistiksel açıdan anlamlı olan bu farkların örneklem büyüklüğünün fazla olmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

### Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada, hem eğitim bilimleri alanında çok bilinmeyen GİA’nın bir örnek üzerinden uygulamalı olarak tanıtılması hem de olası değerlerden hangisinin öğrenci başarı puanı olarak kullanılacağına ilişkin belirsizliğe (griliğe), Gri İlişki Analizi aracılığıyla çözüm önerisi üretmek amaçlanmıştır. Araştırmacılar, GİA’yı kesin olmayan durumlarda, çok kriterli karar verme problemlerinin analizinde, karar sürecinde yol gösterici (Karadağ-Albayrak, 2015) ve bir derecelendirme, sınıflama ve karar verme tekniği olarak (Lin ve diğ., 2004; Liu ve Lin, 2011; Wen, 2004) kullanabilirler. Dağılımla ilgili özel herhangi bir şart gerektirmemesi de kullanımını ayrıca kolaylaştırmaktadır. Bu çalışmanın ayrıca, geniş ölçekli PISA 2015 uygulamasına katılan Türk öğrencilerin fen bilimleri, okuma ve matematik alanlarındaki 10 olası değerinden üretilen gri ilişki derecelerinin olası değerler ile ilişkisi ve kestirimlerdeki standart hataları kıyaslanarak olası değer yerine kullanılabilme durumu ele alınmıştır. PISA sonuçlarına göre, ülkeler eğitim politikalarında ve eğitim programlarında reformlar gerçekleştirmekte eğitim sistemlerine ilişkin önemli kararlar vermektedirler (Aloisi & Tymms, 2017; Hamilton, 2003; Yang & Fan, 2019). Bu bağlamda, PISA sonuçlarına göre elde edilen puanların doğru bir şekilde kullanılması ve yorumlanması önem taşımaktadır. Bu çalışmanın hem eğitim bilimleri alanında başka araştırmacılara GİA’yı tanıtması hem de olası değerlerden hangisinin kullanılmasına yönelik bir çözüm önerisi üretmesi bakımından alana ve araştırmacılara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

PISA 2015 uygulamasında daha önceki uygulamalarda, beş olası değer sunulurken ilk kez, her bir alt test için 10 tane olmak üzere, “olası değerler”, başarı puanı kestirimleri sunulmuştur. Bu durum, farklı paket programlarında, farklı istatistiksel analizler yapabilmek için bu olası değerlerden bazen tek bir puana ulaşılması ve bu puanla çalışılması gerektiğinde araştırmacılar için hangi değer ya da değerlerin başarı puanı olarak seçilip kullanılacağını belirleme sorununu doğurmakta ve araştırmacıları hangi puanın seçilip kullanılacağı konusundaki belirsizliklerini daha da arttırmaktadır. Bu duruma bir çözüm önerisi sunmak için yapılan analizler sonucunda, ilk olarak gri ilişki derecelerinin nasıl hesaplandığı 10 öğrencinin fen bilimleri puanı üzerinden aşama aşama gösterilmiştir. Öğrenci bazında üç alandaki 10 olası değerlerin ranj değişimi, okuma alanında en geniş, matematik alanında ise en küçük olduğu saptanmıştır. Tüm

öğrenciler için hesaplanan GİD'e ilişkin her bir alandaki ranj değerleri incelendiğinde, yine okuma becerilerinde en geniş ranjin olduğu tespit edilmiştir. Ancak GİD açısından en düşük ranj fen bilimleri okuryazarlığı alanındadır. Ranj açısından, GİD sonuçları ile ham veri sonuçları kıyaslandığında okuma becerilerindeki sonuçlar tutarlı iken fen bilimleri okuryazarlığı ve matematik okuryazarlığı alanlarında tutarlı olmadığı tespit edilmiştir.

PISA 2015 uygulamasına katılan Türk öğrencilerin fen bilimleri, matematik okuryazarlığı ve okuma becerisi alanlarındaki 10 olası değeri ile bunlardan üretilen gri ilişki dereceleri arasındaki ilişkiler incelendiğinde, üç beceri alanında da, öğrencilerin olası 10 okuma puanından kestirilen gri ilişki derecesi ile olası değerler arasındaki ilişkiler, olası değerlerin kendi aralarındaki ilişkilerden daha yüksek ve manidar bulunmuştur. Bu durum, olası değerlerden birini seçmek yerine üretilen gri ilişki derecesine göre yapılacak hesaplamaların daha tutarlı olabileceğine işaret etmektedir. Hem olası değerlerin kendi aralarında hem de üretilen GİD ile en yüksek ilişkileri incelendiğinde, fen bilimleri okuryazarlığı alanında en yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum GİD açısından fen bilimleri okuryazarlığının ranjinin küçük olması ile de ilişkili olabilir. Hem olası değerlerin kendi aralarında hem de üretilen GİD ile en düşük ilişkileri ise matematik okuryazarlığı alanındadır. Yani, öğrencilerin matematik okuryazarlığı olası puanlarının birbiriyile daha tutarsız olduğu yorumu yapılabilir.

Üç beceri alanındaki her bir olası değer ve bu olası değerlerden hesaplanan GİD puanlarının cinsiyete göre anlamlı farklılık gösterdiği tespit edilmiştir ancak eta-kare değerleri incelendiğinde ise istatistiksel olarak manidar olan bu farkların pratik etkisinin fen bilimleri ve matematik alanında olmadığı, okuma becerisinde ise oldukça az olduğu görülmüştür. PISA 2015 Türkiye sonuçlarına ilişkin raporlarda ise, öğrencilerin fen bilimleri ve matematik okuryazarlığı puanlarında cinsiyete göre anlamlı fark yokken okuma puanlarında cinsiyete göre manidar fark olduğu tespit edilmiştir (OECD, 2016; Özgürlük, Ozarkan, Arıcı ve Taş, 2016). Bu bulgular, etki büyüklüğü sonuçlarıyla değerlendirildiğinde tutarlı olduğu ifade edilebilir. Ayrıca, öğrencilerin cinsiyete göre ortalama puanlarına ilişkin standart hatalar üç beceri alanında da birbirine oldukça yakın ve GİD puanları için hesaplanan standart hata değerlerinden daha yüksektir. Sonuç olarak, yapılan analizlerin sınırlılığında, araştırmacıların GİA ile 10 olası değerden üretilen tek bir değeri kullanmasının, bu değerlerden herhangi birinin seçilerek kullanılmasından daha iyi sonuçlar verdiği ortaya konulmuştur. Ancak burada dikkat edilmesi gereken nokta, eğer kullanılacak istatistiksel teknik (hiyerarşik doğrusal modelleme gibi), bağımlı değişken için 10 olası değer de eşzamanlı kullanımına olanak veriyorsa, alanyazında da (Arıkan ve diğ., 2020; OECD, 2012; Wu, 2005) önerildiği gibi, elbette ki 10 olası değer tümünü hesaba katarak analizleri yapmak gerekmektedir. Ancak çok düzeyli gizil sınıf modelleri gibi bazı olasılık temelli analizlerde bu durum mümkün olmadığında, hangi olası değeri kullanacağı kararsızlığı yaşandığında, 10 olası değerden üretilen GİD gibi bir katsayının kullanılması önerilebilir. Ek olarak, bu

çalışma, gerçek veriler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda, ilgilenen araştırmacılar simülasyon çalışmaları ile de elde edilen sonuçları karşılaştırabilir ya da bazı çalışmalarda (Jerrim ve diğ., 2017; Spiezia, 2010) ifade edildiği gibi hangi olası değer kullanılırsa kullanılsın, elde edilen sonuçların birbirine çok yakın olup olmadığı da simülasyon ve gerçek veri sonuçları (farklı ülkeler ve geniş ölçekli uygulama verileri için) ile karşılaştırılarak incelenebilir.

### Kaynakça

- AGASISTI, T., AVVISATI, F., BORGONOVI, F. & LONGOBARDI, S. (2018). Academic Resilience: What Schools and Countries Do to Help Disadvantaged Students Succeed in PISA. OECD Working Paper No. 167.
- ALOISI, C. & TYMMS, P. (2017). "PISA trends, social changes, and education reforms." **Educational Research and Evaluation**, 23(5-6), 180-220. DOI: 10.1080/13803611.2017.1455290.
- ARIKAN, S., ÖZER, F., ŞEKER, V., & ERTAŞ, G. (2020). "Comparative findings of the study showed that without using sample weights and plausible values there is a high probability to get incorrect results." **Journal of Measurement and Evaluation in Education and Psychology**, 11(1), 43-60.
- AYDEMİR, E., BEDİR, F. ve ÖZDEMİR, G. (2013). "Gri sistem teorisi ve uygulamaları: Bilimsel yazın taraması." **Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 18, 187-200.
- AYRIÇAY, Y., ÖZÇALICI, M. ve KAYA, M. (2013). "Gri ilişkisel analiz finansal kıyaslama aracı olarak kullanılması: IMKB-30 endeksindeki finansal olmayan firmalar üzerine bir uygulama." **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, 10(1), 223-227.
- BAŞ, M. & ÇAKMAK, Z. (2012). "Gri ilişkisel analiz ve lojistik regresyon analizi ile işletmelerde finansal başarısızlığın belirlenmesi ve bir uygulama." **Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, 12(3), 63-81.
- BEKTAŞ, H. & TUNA, K. (2013). "Borsa İstanbul gelişen işletmeler piyasasında işlem gören firmaların gri ilişkisel analiz ile performans ölçümü." **Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 3(2), 185-198.
- BÜYÜKGEBİZ, E. (2013). Ülke Performanslarının Gri İlişkisel Analiz Yöntemi İle Değerlendirilmesi, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta, Türkiye.
- CHAN, J. W. K. & TONG, T. K. L. (2007). "Multi-criteria material selections and end-of-life product strategy: Grey relational analysis approach." **Materials and Design**, 28(5), 1539-1546. doi:10.1016/j.matdes.2006.02.016
- COERTJENS, L., BOEVE-DE PAUW, J., DE MAEYER, S., & VAN PETEGEM, P. (2010). "Do schools make a difference in their students' environmental attitudes and awareness? Evidence from PISA 2006." **International Journal of Science and Mathematics Education**, 8, 497-522.

- ÇAKMAK, Z., BAŞ, M. & YILDIRIM, E. (2012). "Gri İlişkisel analiz ve uyum analizi ile bir işletmede karşılaşılan üretim hatalarının incelenmesi." **Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 17(1), 123-142.
- ÇELEBİ, N. (2008). "Gri İlişkisel Analiz Yöntemiyle Personel Seçimi." VIII. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu, İstanbul, ss. 21-29.
- DELGADO, A. & PERU, L. (2017). "Why do any Secondary Students Prefer the Mathematics? A Response Using Grey Systems." International Symposium on Engineering Accreditation (ICACIT). Doi: 10.1109/ICACIT.2017.8358082.
- DOĞAN, M. (2013). "Gri ilişkisel analiz yöntemi ile banka performansının ölçülmesi: Türkiye örneği." **Ege Akademik Bakış**, 13(2), 215-225.
- EĞİTİMİ ARAŞTIRMA ve GELİŞTİRME DAİRESİ BAŞKANLIĞI (EARGED). (2010). *PISA 2009 ulusal ön rapor*. Ankara: Milli Eğitim Basımevi.
- ELİTAŞ, C., ELEREN, A., YILDIZ, F., & DOĞAN, M. (2012). "Gri İlişkisel Analiz İle Sigorta Şirketlerinin Performanslarının Belirlenmesi." 16. Finans Sempozyumu, 521-530.
- ERDEN, C., & CEVİZ, E. (2015). "Gri sistem teorisi kullanılarak Türkiye'nin büyüme oranı faktörlerinin analizi." **Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 19(3), 361-369.
- FRAENKEL, J. R., WALLEN, N. E., & HYUN, H. H. (2012). *How to Design and Evaluate Research in Education* (Eight Edition). New York: McGraw-Hill.
- GONZÁLEZ DE SAN ROMÁN, A. & DE LA RICA, S. (2016). "Gender gaps in PISA test scores: The impact of social norms and the mother's transmission of role attitudes." **Estudios De Economía Aplicada**, 34(1), 79 -108.
- HAMILTON, L. (2003). "Assessment as a policy tool." **Review of research in education**, 27(1), 25-68.
- JERRIM, J., LOPEZ-AGUDOB, L. A., MARCENARO-GUTIERREZB, O. D., & SHUREA, N. (2017). "What happens when econometrics and psychometrics collide? An example using the PISA data." **Economics of Education Review**. 61, 51- 58.
- JU-LONG, D. (1982). "Control problems of grey systems." **Systems & Control Letters**, 1(5), 288-294. [https://doi.org/10.1016/S0167-6911\(82\)80025-X](https://doi.org/10.1016/S0167-6911(82)80025-X).
- KARAATLI, M., ÖMÜRBEK, N., BUDAK, İ. & DAĞ, O. (2015). "Çok kriterli karar verme yöntemleri ile yaşanabilir illerin sıralanması." **Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, 33, 215-228.
- KARADAĞ-ALBAYRAK, Ö. (2015). *Gri İlişkisel Analizi Yöntemi İle Personel Değerlendirme Üzerine Bir Çalışma*, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Kafkas Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı. Kars.
- KOĞAR, H. (2015). "PISA 2012 matematik okuryazarlığını etkileyen faktörlerin aracılık modeli ile incelenmesi." **Eğitim ve Bilim**, 40(179), 45-55.
- KUO, Y., TAHO, Y., & HUANG, G. (2008). "The use of grey relational analysis in solving multiple attribute decision-making problems." **Computer & Industrial Engineering**, 55, 80-93.



- LAROCHE, S. & CARTWRIGHT, F. (2010). Independent Review of the 2009 PISA Results for Ireland. Report prepared for the Educational Research Centre. Dublin: Department of Education and Skills.
- LİN, Y., MİAN-YUN, C. & SİFENG, L. (2004). Theory of Grey Systems: Capturing Uncertainties of Grey Information, Grey Systems Theory and Applications, Mian-Yun, Chen, Sifeng, Liu ve Yi, Lin, (Ed.), Kybernetes, The International Journal of Systems and Cybernetics, 33(2), 196-218.
- LİU, S., & LİN, Y. (2006). Grey Systems Theory and Applications. Springer-Verlag, London Ltd, London.
- LİU, S. & LİN, Y. (2011). Grey Systems: Theory and Applications. Chapter I: Introduction to Grey Systems Theory. Berlin, Heidelberg: Springer.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). (2012). PISA Data Analysis Manual: SPSS. Paris: OECD Publishing.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). (2016). PISA 2015 Results (volume I): Excellence and Equity in Education. Paris: OECD Publishing.
- ÖZDEMİR, A. İ. ve DESTE, M. (2009). "Gri ilişkisel analiz ile çok kriterli tedarikçi seçimi: Otomotiv sektöründe bir uygulama." İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, 38(2), 147-156.
- ÖZGÜRLÜK, B., OZARKAN, H. B., ARICI, Ö. & TAŞ, U. E. (2016). Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı-PISA 2015 Ulusal Raporu. Milli Eğitim Bakanlığı Ölçme, Değerlendirme ve Sınav Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- PAN, W., JIAN, L. & LIU, T. (2019). "Grey system theory trends from 1991 to 2018: A bibliometric analysis and visualization." *Scientometrics*, 121, 1407-1434. <https://doi.org/10.1007/s11192-019-03256-z>
- PANDA, A., SAHOO, A. K., & ROUT, A. K. (2016). "Multi-attribute decision making parametric optimization and modeling in hard turning using ceramic insert through grey relational analysis: A case study." *Decision Science Letters*, 5, 581-592.
- RUTKOWSKI, L., GONZALEZ, E., JONCAS, M., & VON DAVIER, M. (2010). "International large-scale assessment data: Issues in secondary analysis and reporting." *Educational Researcher*, 39(2), 142-151. <https://doi.org/10.3102/0013189X10363170>
- SARAR, Y., UĞUR, L. O., & AKBIYIKLI, R. (2017). "Uluslararası İhaleler için İş Geliştirme Elemanı Seçimi: Bir Gri İlişkisel Analiz Yaklaşımı Uygulaması." Uluslararası Katılımlı 7. İnşaat Yönetimi Kongresi Bildirileri, 475-486.
- SOUSA, S., PARK, E. J. & ARMOR, D. J. (2012). "Comparing effects of family and school factors on cross-national academic achievement using the 2009 and 2006 PISA surveys." *Journal of Comparative Policy Analysis: Research and Practice*, 14(5), 449-468. DOI: 10.1080/13876988.2012.726535.

- SPIEZIA, V. (2010). Does Computer Use Increase Educational Achievements? Student-Level Evidence from PISA. *OECD Journal: Economic Studies*.
- ŞENGÜL, Ü., ve ŞENGÜL, A. B. (2017). "Akademik Performans Değerlendirmesinde Gri İlişkisel Analiz Yöntemi." 3rd International Congress on Political, Economic and Social Studies (ICPESS), 09-11 November 2017.
- ŞİŞMAN, B., ve ELEREN, A. (2013). "En uygun otomobilin gri ilişkisel analiz ve electre yöntemleri ile seçimi." *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(3), 411-429.
- TAYYAR, N., AKCANLI, F., GENÇ, E. ve EREM, I. (2014). "BİST'e kayıtlı bilişim ve teknoloji alanında faaliyet gösteren işletmelerin finansal performanslarının analitik hiyerarşi prosesi (AHP) ve gri ilişkisel analiz (GİA) yöntemiyle değerlendirilmesi." *Muhasebe Finansman Dergisi*, 61, 19-40.
- TEKTAŞ, N. (2014). "Performance evaluation of instructors through grey relational analysis method." *International Journal of Social Science*, 23, 465-475.
- TEKTAŞ, N. ve AYDIN, M. (2014). "Gri ilişkisel analiz ile öğrencilerin teknoloji ve tasarım dersi tutumları." *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 7(31), 714-19.
- UÇKUN, N. ve GİRĞİNER, N. (2011). "Türkiye'deki kamu ve özel bankaların performanslarının gri ilişki analizi ile incelenmesi." *Akdeniz İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21, 46-66.
- UYVAL, Ş. (2015). "Factors affecting the mathematics achievement of Turkish students in PISA 2012." *Educational Research and Reviews*, 10(12), 1670-1678. Doi: 10.5897/ERR2014.2067.
- ÜSTÜNİŞİK, N. Z. (2007). Türkiye'deki İller ve Bölgeler Bazında Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırması: Gri İlişkisel Analiz Yöntemi ve Uygulaması, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği. Ankara.
- WEN, K. L. (2004). "The grey system analysis and its application in gas breakdown and var compensator finding." *International Journal of Computational Computing*, 2(1), 21-44.
- WU, M. (2005). "The role of plausible values in large-scale surveys." *Studies in Educational Evaluation*, 31, 114-128.
- YANG, W. & FAN, G. (2019). "Post-PISA education reforms in China: Policy response beyond the digital governance of PISA." *ECNU Review of Education*, 2(3), 297-310. <https://doi.org/10.1177/2096531119878557>
- YILMAZ, E. ve GÜNGÖR, F. (2010). "Gri İlişkisel Analiz Yöntemine Göre Farklı Sertliklerde Optimum Takım Tutucusunun Belirlenmesi." 2. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi, Balıkesir Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi. Balıkesir, Türkiye (pp.1-9).
- ZİYA, E., DOĞAN, N. & KELECİOĞLU, H. (2010). "What is the predict level of which computer using skills measured in PISA for achievement in mathematics." *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 9(4), 185-191.