

## GRİ İLİŞKİSEL TEMELLİ TOPSIS YÖNTEMİ İLE TEDARİKÇİ SEÇİMİ VE TEDARİKÇİ RİSK DEĞERLENDİRMESİ

*Nihan KABADAYI* \*   
*Birgül KÜÇÜK ÇIRPIN* \* 

Alınma:18.11.2019; düzenlenme:13.06.2020; kabul:27.06.2020

**Öz:** Günümüzde karmaşıklaşan tedarik zinciri yapılarıyla birlikte tedarikçi ilişkileri tedarik zinciri için stratejik öneme sahip bir süreç haline gelmiştir. Tedarik zincirinde rekabet avantajı kazanabilmek için tedarikçiler ile uzun süreli ve sağlam ilişkilerin kurulması önemlidir. Ayrıca tedarikçilerin firmanın tedarik zinciri stratejilerine uygun operasyonel faaliyetlerde bulunmaları ve gerekli kriterlere sahip olmaları önemlidir. Tedarik zincirinde gerçekleştirilen faaliyetlerin başarısı tedarik zincirinde yer alan bağımsız firmaların ortak amaçlar etrafında birleşerek faaliyet göstermesine bağlıdır. Tedarik zincirinde yer alan firmalarda yaşanacak problemler zincir içerisindeki faaliyetlerin aksamasına neden olacaktır. Bu nedenle tedarikçi seçiminde firmaların tedarikçi firmalardan kaynaklanabilecek risk faktörlerini göz önünde bulundurması önemlidir. Bu çalışmada tedarikçi seçimi ve risk değerlendirilmesi probleminin çözümü için bir model önerilmiştir. Problemin çözümü için belirsizlik durumunda karar problemlerinin çözülmesinde etkin sonuç veren Gri ilişkisel temelli TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi kullanılmıştır. Yöntemin ilgili problemin çözümündeki performansını gözlemlemek amacıyla çalışmanın uygulama bölümünde Türkiye’de faaliyet gösteren bir tekstil firmasının tedarikçi seçim süreci ele alınmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Tedarik Zinciri, Tedarikçi Seçimi, Risk, Gri İlişkiler Analizi, TOPSIS

### Supplier Selection and Supplier Risk Assessment with Using Grey Relations Based TOPSIS Method

**Abstract:** In today's with the increasing complexity of supply chains, supplier relationships have gained strategic importance for supply chains. Long-term and sustainable supplier relations are important to gain a competitive advantage in the supply chain. It is also important that suppliers are selected according to KPIs, which enable the company to perform operational activities in line with supply chain strategies. To achieve a competitive advantage, all supply chain members must work collaboratively around common goals. The problems that faced by the supply chain members can cause disruption in the whole supply chain. Therefore, it is important that firms take into account the risk factors that may arise from suppliers. In this study, a model has been suggested for the solution of the supplier selection and risk evaluation problem. Grey Relational Analysis based TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) method was used to solve this problem because it is an effective method to solve uncertainty problems with discrete data. In order to evaluate the performance of the proposed method, a real-life case study is conducted in a Turkish textile company.

**Keywords:** Supply Chain, Supplier Selection, Risk, Grey Relational Analysis, TOPSIS

\* İstanbul Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Üretim Anabilim Dalı, Avcılar, İstanbul, 34320, Türkiye  
İletişim Yazarı: Nihan Kabadayı (nihank@istanbul.edu.tr)

## 1. GİRİŞ

Tedarik zinciri yönetimi işletmenin rekabet üstünlüğü elde etmesini ve bunu sürdürülebilir kılmasını amaçlar. Bu amaçla tedarikçiler ile işletme arasındaki süreçleri en iyi şekilde uyumlaştırmaya ve yönetmeye çalışır. Tedarik zinciri yönetiminin en önemli unsurlarından biri tedarikçi seçimidir. İşletmenin girdi teminini sağladığı tedarikçilerin rekabet açısından üstünlük sağlayacak derecede en iyi, en uygun tedarikçiler olması gerekmektedir. Tercih edilen tedarikçi firma, firmanın istek ve beklentilerini karşılayabilmeli ve bunu kabul edilebilir bir maliyetle yapabilmelidir.

Firmalar toplam satış gelirlerinin yaklaşık olarak %60'ını satın alma faaliyetlerine harcamaktadır (Kara ve diğ., 2018). Oldukça büyük bir orana sahip olan satın alma faaliyetlerinin getirdiği mali yük dış kaynak kullanımında hataya yer bırakmamaktadır. Sorunsuz, başarılı bir dış kaynak kullanımı büyük oranda tedarikçi seçimindeki başarıya bağlıdır. Başarılı bir tedarikçi seçimi prosedürünün ilk basamağı doğru seçim kriterlerini belirlemektir. Tedarikçi seçimi literatürüne göre kalite, maliyet, tedarik ve performans kriterleri tedarikçi değerlendirmede en sık kullanılan kriterlerdir (Cengiz ve diğ., 2017). Yapılan çalışmalarda klasik seçim kriterleri yanında, teknoloji ve yetkinlik, hizmet, Ar-Ge, lojistik performansı, tedarikçi profili, sürdürülebilirlik, risk gibi çok sayıda farklı kriterin yer aldığı görülmektedir. Kullanılan seçim kriterleri faaliyet gösterilen sektöre, temin edilecek girdinin çeşidine ve firmanın özel yapısına bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir.

Tekstil sektörü ülkemiz ekonomisinde önemli bir yere sahiptir. Küreselleşmenin yoğun şekilde yaşandığı günümüz şartlarında tekstil işletmeleri için rekabet alanı genişlemiş, ülke içi pazarlarda bile uluslararası firmalarla rekabet etme zorunluluğu doğmuştur. Rekabet üstünlüğü elde edebilmenin en temel şartlarından biri de sorunsuz bir tedarik zinciri yönetimi gerçekleştirilebilir. Bu sebeple en uygun tedarikçilerin belirlenmesi tekstil sektörü için de elzemdir.

Literatürde yer alan tedarikçi seçimi problemini ele alan çalışmalar incelendiğinde tedarikçi seçiminde risk faktörlerini de göz önünde bulunduran az sayıda çalışma bulunduğu görülmüştür. Ayrıca günümüzde küresel ticaret ve genişleyen tedarik zinciri yapıları nedeniyle tedarik zincirlerinde risk yöntemi önemli bir unsur haline gelmiştir. Firmaların tedarik zincirleri içerisinde gerçekleştirmiş oldukları operasyonel faaliyetlerin kesintiye uğramaması için birlikte çalıştıkları tedarikçi firmalardan kaynaklanabilecek riskleri minimize etmeyi amaçlamaları gerekmektedir. Bu sebeple bu çalışmada tedarikçi seçimi problemi ele alınırken tedarikçilerden kaynaklanabilecek risk faktörleri ayrıca incelenerek tercih edilecek tedarikçinin risk faktörlerine göre de değerlendirilmesi uygun bulunmuştur. Tedarikçi seçimi ve tedarikçi risk değerlendirmesi çok sayıda sözel ve sayısal kriteri içerisinde bulunduran karmaşık bir karar verme problemidir. Bu nedenle, birden fazla kriterin aynı anda ele alınarak çok sayıda alternatifin değerlendirilmesine imkân veren çok kriterli karar verme yöntemleri (ÇKKV) bu çalışmada ele alınmış olan problemin çözümü için uygundur. Tedarikçi seçimi ve risk değerlendirmesi problemi uzmanların görüş ve önerilerine dayanılarak seçim kriterlerinin ve risk faktörlerinin önem derecelerinin belirlenmesinin ardından aday tedarikçilerin bu kriterlere göre değerlendirmesini ele almaktadır. Bu tanımdan da anlaşılacağı üzere bu problem gerek uzman görüşlerinden elde edilecek olan sözel değerlendirmeleri içerisinde barındırması gerekse risk faktörlerini değerlendirmesi açısından içerisinde belirsizlik bulundurmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada çözüm yöntemi olarak eksik bilgi veya belirsizlik olduğu durumlarda problemin çözümünde etkili sonuçlar verme özelliğine sahip olan Gri ilişkisel temelli TOPSIS yöntemi uygulanmıştır. Gri ilişkisel temelli TOPSIS yöntemi, klasik TOPSIS yönteminin esnekliği ve uygulanabilirliği ile gri sayıların sözel değerlendirmelerden kaynaklanabilecek eksik veya yetersiz bilgiyi yansıtabilme özelliğini birleştiren etkili bir yöntemdir (Bai ve Sarkis, 2018). Bu çalışmada literatür araştırması sürecinde elde edilen bilgilere dayanılarak daha önce tedarikçi seçimi ve risk değerlendirmesi problemini birlikte ele alan bir çalışmada Gri ilişkisel temelli TOPSIS yönteminin uygulanmamış olması sebebi ile bu konuda literatüre katkıda bulunulmak ve

günümüzde oldukça önem kazanmış olan risk yönetimi konusunda tedarik zinciri yöneticilerine bir karar modeli örneği sunmak amaçlanmıştır.

Çalışmanın uygulama bölümünde hazır giyim ve moda sektöründe faaliyet gösteren bir firma için tedarikçi seçimi problemi ele alınmıştır. En uygun tedarikçinin belirlenebilmesi amacı ile seçim sürecinde kullanılacak kriterler ve risk faktörleri saptanmış, ardından firma tarafından tercih edilen alternatif tedarikçiler arasından seçim yapılmıştır. Kriterlerin belirlenmesi aşamasında diğer sektörlerde ve tekstil sektöründe yapılmış olan çalışmalar incelenmiş, belirlenen kriterler firmanın tedarik zinciri, satın alma ve lojistik departmanlarında çalışan dört uzmandan oluşan bir karar verici grup tarafından tekrar değerlendirilmiştir. Bu makalede ele alınan çalışmada tedarikçi seçiminde kullanılan kriterler tedarik süresi, maliyet, kalite, Ar-Ge düzeyi ve hizmet performansı olarak belirlenmiş ve tedarikçiler söz konusu kriterler açısından Gri ilişkisel temelli TOPSIS yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Bir sonraki adımda ise tedarikçilerin her biri dört risk faktörüne göre uzmanlar tarafından yedi seviyeli sözel değerlendirme ölçeğine göre değerlendirilmiş ve çözüm sonuçları ortaya konulmuştur.

## 2. TEDARİKÇİ DEĞERLENDİRME VE RİSK KRİTERLERİ

Tedarik zinciri yönetimi girdi tedariki ile başlayıp müşteriye bir değer sunulması ile sonlanan büyük zincir boyunca gerçekleştirilen süreçlerin birbiri ile uyumlu şekilde çalışmasını ve bu süreçlerin etkin şekilde yönetilmesini amaçlar. İşletmelere girdi sağlayan tedarikçilerin seçimi etkin bir tedarik zinciri yönetiminin ilk aşamalarındandır. Müşteri memnuniyeti ve rekabet üstünlüğü sağlayacak derecede en iyi, en uygun girdilerin temin edilmesi tedarikçi seçimindeki başarıya bağlıdır. Doğru tedarikçinin seçilmesi ise doğru kriterlerin belirlenmesi ve uygun tekniklerin kullanılması ile mümkündür (Thiruchelvan ve Tookey, 2011). En iyi tercihin yapılmasını sağlayabilecek uygun kriterler sektörden sektöre değişebilmektedir. Tedarikçi seçiminde kullanılacak kriterler, temin edilecek girdinin türüne, faaliyet gösterilen sektörün özelliklerine göre belirlenmelidir.

Firmalar ilk yıllarda tedarikçi seçimini sadece maliyet kriterini göz önüne alınarak gerçekleştirilmiş olsa da günümüzde artan rekabet, globalleşme, çevresel ve sosyal etkenlerin etkisiyle de tedarikçi değerlendirmede kullanılan kriterlerin çeşitliliği ve sayısı artmıştır. Günümüzde tedarikçi değerlendirmede sayısal ya da sözel çok sayıda kriter kullanılmaktadır. Seçim için kullanılacak kriterlerin doğru şekilde belirlenmesi ve tedarikçilerin bu kriterlere göre doğru bir biçimde değerlendirilmesi başarılı iş sonuçları elde edilebilmesi için oldukça önemlidir. Tedarikçi seçimi konusu 1960'lı yıllardan beri literatürdeki çok fazla yayında ele alınmıştır. Yapılan çalışmaların bir kısmı literatür çalışması iken büyük kısmı ise çeşitli kriterlere ve yöntemlere göre tedarikçi seçimini gerçekleştiren yayınlardan oluşmaktadır. Bhutta (2003) tarafından yapılmış olan literatür çalışmasında bu alanda yapılmış olan 154 yayın incelenmiş ve tedarikçiler ile ilgili yapılan yayınlar tedarikçi seçimi ve tedarikçi değerlendirme olarak iki ana kategoriye ayrılmıştır. Tedarikçi seçimi konusunda yapılan çalışmalar; kavramsal, vaka çalışması, kriter, literatür taraması, matematiksel modeller ve metodoloji olmak üzere çeşitlilik göstermektedir. Ho ve diğ. (2010) tarafından gerçekleştirilmiş olan çalışmada karar vericiler tarafından en uygun tedarikçiyi seçmek amacı ile kullanılan en popüler kriterleri belirlemek için yapılan yayınlar incelenmiştir. İnceleme sonuçlarına göre, incelenen çalışmaların %87,18' ini oluşturan toplam 68 yayında ortak şekilde kullanılan en popüler kriter "kalite" olarak tespit edilmiştir. Kalite kriterini sırası ile teslimat, fiyat/maliyet, üretim yeterliliği, hizmet ve diğer kriterlerin takip ettiği saptanmıştır. Pal ve diğ. (2013) tarafından gerçekleştirilen literatür çalışmasında tedarikçi seçim kriterlerinden fiyat, kalite ve teslimat zamanının halen birçok araştırmacı tarafından en önemli kriter olarak ele alındığını belirtmiştir. Mukherjee (2016) çalışmasında kalite, maliyet, teslimat, teknoloji ve yeterlilik, hizmet ve tedarikçi profili kriterlerinin diğer kriterlere göre daha fazla sayıda yayında kullanıldığını göstermiştir. Stević (2017) tarafından yapılan çalışma literatürde yer alan makalelerin büyük bölümünde ortak şekilde

kullanılan kriterlerin tedarik süresi, fiyat, kalite, finansal statü ve lojistik kapasite olduğunu göstermektedir. Taherdoosta ve Brard' ın (2019) çalışmasında tedarikçi seçiminde kullanılan kriterler incelenmiş kalite, teslimat, maliyet ve hizmet gibi önceden tanımlanmış faktörlere müşteri memnuniyetine ilişkin birtakım faktörlerin de eklendiği belirtilmiştir. Günümüzde tedarikçi seçim kriterlerinin nicel ve nitel özelliklere ayrıldığı, hangi kriterlerin kullanılacağına ise satın alma durumuna bağlı olduğu, her işletmenin kendi standartlarına uygun kriterleri seçmesi gerektiği ifade edilmiştir.

Tedarikçi seçiminin önceden belirlenen kriterlere bağlı olarak gerçekleştirilmesi yanında tedarikçilerin tedarik riskleri açısından da değerlendirilmesi gerekmektedir. Risk bir olayın gerçekleşmesi durumuyla ilgili beklenmedik durum veya belirsizlik olarak tanımlanabilir (Çalık, 2018). Kraljic' e göre tedarikçi seçimi yalnızca ekonomik açıdan yapılmamalı, tedarik riskleri de mutlaka değerlendirilmelidir. Tedarik edilecek ürünlerin çeşidine göre stratejik tedarik pozisyonu alınmalıdır (Kraljic, 1983). Kraljic tarafından yapılan çalışmada yer alan analize göre tedarik edilecek ürünler dört kategoride incelenerek, söz konusu kategoriler kar ve tedarik riskine göre değerlendirilmiştir. Hamdi ve diğ. (2018) tedarik zinciri risk yönetimine dayalı tedarikçi seçimi konusunda 2003 ile 2014 yılları arasında yapılmış olan 124 makale ve bildiriye inceleyerek sınıflandırmışlardır. Çalışmalarına göre, en sık rastlanılan riskler sırası ile; güvenilirlik riski, müşteri isteklerinin değişkenliği, bilgi paylaşımı riski ve miktar indirimleridir. Bu riskler üretimde bozulmalar, müşteri memnuniyetsizliği, finansal kayıplar, satış kaybı, imaj kaybı ve iflas gibi çok sayıda istenmeyen sonuç doğurabilir.

Tekstil sektöründe yapılan çalışmalara bakıldığında tedarikçi seçiminde kullanılan klasik kriterlerin yanında firma amaçlarını gerçekleştirecek şekilde farklı kriterlerin de kullanılabildiği görülmektedir. Chan ve Chan (2010) tarafından yapılan çalışmada hızlı değişen moda sektörü ele alınarak tedarikçi değerlendirilmesi yapılmıştır. Tedarikçi değerlendirmesi amacı ile performans değerlendirme ve firmanın iş geçmişi-iş yapısı iki ayrı değerlendirme basamağı olarak ele alınmıştır. Tedarikçi performans değerlendirmesi için kullanılan ana kriterler; teslimat, kalite, tedarik güvencesi, esneklik ve maliyet olarak belirlenmiş ve kriterler arasında en büyük öneme sahip olanların sırası ile tedarik güvencesi ve teslimat olduğu görülmüştür. Jia ve diğ. (2015) yılında yaptıkları çalışmada moda tekstil üretimi gerçekleştiren firmalar için sürdürülebilirlik kavramını da göz önünde bulundurarak en uygun tedarikçi seçimi konusunu ele almışlardır. Tedarikçi seçimi için 12 adet kriter kullanılan çalışmada maliyet, kalite, tam zamanında teslimat, red oranı kontrolü gibi klasik kriterlerin yanında sürdürülebilirliğe dair kriterler de kullanılmıştır. Amindoust ve Saghafini (2017) tekstil sektöründe tedarikçi seçimini ele almış, literatürde yapılan çalışmaların büyük kısmının ekonomik bakış açısına sahip olduğu ifade ederek klasik seçim kriterlerine çevresel ve sosyal sürdürülebilirliğe dair kriterlerin de eklenmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Tekstil sektörü ile ilgili olarak yaptıkları çalışmada kullanılan kriterler; ekonomik, çevresel ve sosyal açıdan değerlendirme yapılacak şekilde üç başlık halinde toplanmıştır. Ekonomik açıdan yapılan değerlendirmede kullanılan faktörler; maliyet, kalite, teslimat ve stok seviyesi azaltmadır. Çalışmanın uygulama bölümünde beş tedarikçi üç ana başlık halinde belirlenmiş olan kriterlere göre değerlendirilmiş ve en uygun tedarikçiler belirlenmiştir.

Firmanın tedarik zinciri ihtiyaçlarına uygun tedarikçileri belirlemesi ve seçmesi için firmanın rekabet stratejisine uygun olarak önceden belirlenmiş olan kriterlere ihtiyaç vardır. Çalışmamızda tedarikçi seçiminde kullanılan kriterler tedarik süresi, maliyet, kalite, Ar-Ge düzeyi ve hizmet performansı olarak belirlenmiştir. Tedarik süresi, bir siparişin verilmesinden siparişin temin edilmesine kadar geçen süredir (Evans ve diğ. 1984). Firmalar girdi teminini gerçekleştirirken miktar ve kalite açısından uygunluğun yanında, istenildiği anda istenildiği miktarda girdi teminini de önemsemektedirler. Bu sebeple düşük tedarik süresi genel olarak daha olumlu kabul edilmektedir. Treville ve diğ. (2004) çalışmalarında tedarik süresindeki düşüşün talep zinciri performansına etkisini incelemiş, işletmelerin bilgi akışını iyileştirme çabaları ile çok az iyileştirme gerçekleştirebildikleri, bununla birlikte tedarik sürelerini azaltarak tedarik zincirinde başarılı bir iyileşme sağladıkları sonucuna varmışlardır. Tedarikçi seçimi aynı zamanda

işletmelere maliyetlerini düşürme fırsatı da sunar. Firmalar karlılıklarını arttırabilmek için düşük fiyatlı ürünleri tercih ederler. Bu sebeple firmalar ürün üretim maliyetini minimize edecek minimum maliyetli tedariki gerçekleştirmelidirler (Mwikali ve Kavale 2012). Ancak girdi temininde düşük fiyat tek başına belirleyici etken olamaz. Satın alma fonksiyonunun amacı; kalite gereksinimlerini karşılayacak şekilde doğru girdileri, doğru miktarda, doğru zamanda, doğru kaynaktan, doğru hizmetle ve doğru fiyattan temin etmektir (Mukherjee, 2016). Alım miktarını arttırarak ve buna bağlı şekilde kalite seviyesini arttırarak maliyetlerin düşürülmesi amaçlanır. (Ghodsypour ve O'Brien, 2001). Girdi kalitesinde arzu edilen seviyenin yakalanması amaçlanmakla birlikte ürün ve hizmet kalitesi doğrudan ölçülemediği için kalite zor değerlendirilebilen bir kriterdir (Plebankiewicz ve Kubek, 2016). Kalite değerlendirmesi yapılırken kusur oranı, güvenilirlik, standart girdi sağlayabilme gücü gibi alt kriterlere bakılabilir. Firma ile tedarikçi arasındaki bilgi entegrasyonu çok önemlidir ve Ar-Ge ile üretim ara yüzü için önemli sonuçları vardır. Rosell ve diğ. (2014) tarafından yapılan çalışmada tedarikçinin sahip olduğu bilgi ve tecrübenin ürün geliştirmeye nasıl entegre edildiği araştırılmış, alıcı-tedarikçi işbirliklerinin Ar-Ge ile üretim ara yüzünü sadece kurum içi değil kurumlar arası yönleri de içerecek şekilde genişlediği tespit edilmiştir. Hizmet performansı tedarikçi değerlendirmede kullanılan kriterlerden bir diğeridir. Tedarikçi tarafından sağlanan hizmetlerin faydalarını değerlendirmek amacı ile hizmet performans kriteri kullanılabilir (Kahraman ve diğ., 2003). Firma tarafından beklenen hizmet standartları başlangıçta net biçimde belirlenerek tedarikçinin bu standartlara karşılık verebilme düzeyi seçim aşamasında değerlendirilir.

### 3. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Tedarikçi seçimi probleminin çözümünde birçok farklı yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemleri ÇKKV yöntemleri, matematiksel programlama ve veri madenciliği ve yapay zekâ yöntemleri olarak üç ana başlık altında toplamak mümkündür. ÇKKV yöntemlerinin uzman görüşlerini problemin çözümüne dahil etmesi ve matematiksel olarak diğer yöntemlere göre daha basit uygulanması nedeniyle tedarikçi seçimi problemlerinin çözümünde sıklıkla literatürde uygulandığı gözlemlenmektedir. Bu yöntemlerden AHP (Hosseini ve Khaled 2019, KaiFu 2019), ANP (Wan ve diğ. 2017, Abdel-Basset ve diğ. 2019), TOPSIS (Abdel-Basset ve diğ. 2019, Mishra ve diğ. 2013) ve DEMATEL (Liu ve diğ. 2018, Li ve diğ. 2020) bugüne kadar tedarikçi seçiminde en sıklıkla kullanılan yöntemler olmuştur. Chai ve diğ. (2013) tarafından yapılmış olan literatür taramasında 2008 yılından 2012 yılına kadar gerçekleştirilmiş olan 123 adet uluslararası çalışma incelenmiştir. Burada tedarikçi seçim probleminin çözümünde kullanılan 26 yöntem incelenmiştir. Aynı çalışmada belirsizlik durumunda tedarikçi seçimi problemi ele alınırken en yaygın olarak kullanılan yöntemlerin bulanık ÇKKV yöntemleri olduğu belirtilmiştir. Chai ve Ngai (2020) çalışmalarında 2013 ve 2018 yılları arasında gerçekleştirilmiş olan tedarikçi seçimi konusundaki yayınları incelemiştir. Yapılmış olan çalışmada son yıllarda tedarikçi seçimindeki belirsizlik konusunun risk analizi konusuna evirildiğini ve çalışmalarda tedarikçi seçiminde risk faktörünün ele alınmasının yaygınlaşmaya başladığını belirtmişlerdir.

Tedarikçi risk değerlendirme problemi son yıllarda yaşanan önemli tedarik zinciri kırılmaları nedeni ile önemli hale gelmiştir. Geçmişte tedarikçi seçimi konusunda sadece maliyet kriteri ağırlıklı olarak tedarikçi seçiminde kullanılırken günümüzde tedarikçi seçiminde risk faktörü de göz önüne alınan önemli kriterlerden biri haline gelmiştir. Ancak literatürdeki bu konudaki çalışmalar incelendiğinde tedarikçi seçim probleminde risk faktörünün ele alındığı çalışmalar çok fazla miktarda değildir. Chan ve Kumar (2007) risk faktörlerini ele alarak küresel tedarikçi geliştirme problemini çözmek için bulanık AHP temelli geliştirilmiş bir yaklaşım uygulamıştır. Kullu ve Talluri (2008) tedarikçi seçiminde risk değerlendirmesini ele almak için AHP ve hedef programlama yöntemlerini birlikte kullanmıştır. Üstün ve Demirtaş (2008) çalışmalarında tedarikçi seçiminde risk kriterini ele almış ve ANP yöntemini uygulamıştır. Lee (2009) çalışmasında tedarikçi seçiminde risk faktörünü göz önüne almış ve bulanık AHP yöntemi ile tedarikçi seçimi probleminin çözümü için bir model geliştirmiştir. Azadeh ve Alem (2010)

deterministik, olasılıklı ve belirsizlik durumlarında tedarikçi seçimi probleminin çözümü için veri zarflama analizinin (DEA) farklı versiyonlarını geliştirmişlerdir. Awasthi ve diğ. (2018) çok kademeli tedarikçi seçimi probleminde risk kriterini ele almış ve problemin çözümü için bulanık AHP ve bulanık VIKOR yöntemlerini kullanmıştır. Alikhani ve diğ. (2019) sürdürülebilirlik ve risk ortamında tedarikçi seçimi probleminin çözümü için bulanık tip-2 sayılar ile bir DEA modeli geliştirmiştir. Hamdi ve diğ. (2018) tarafından gerçekleştirilmiş olan literatür çalışmasında belirsizlik ortamında tedarikçi seçim probleminin çözümü için bulanık karar verme yöntemlerinin kullanıldığını belirtmiştir. Tedarikçi risk değerlendirme problemlerinin çözümünde problemin yapısından kaynaklanan belirsizlik ve risk faktörlerinin sözel değerlendirmelerini çözüme yansıtılabilmek için bu çalışmada belirsizlik durumlarında eksik veya kesikli sistemlerde çözüm üretmek amacıyla geliştirilmiş olan gri sistem teorisine dayanan Gri ilişkisel temelli TOPSIS yöntemi uygulanmıştır.

### 3.1. Gri Sistem Teorisi

Gri sayılar ve sistem teorisi Deng (1982) tarafından yapılmış olan bir çalışmada ilk defa yer almıştır. Gri sistem teorisi eksik bilgi veya kesikli verilerden kaynaklanan belirsizliklerin dezavantajını ortadan kaldırmak amacıyla uygulanmaktadır. Bu teori belirsizlik durumunda ilişkilerin analizi için etkindir. Gri sistem teorisinde kusursuz ve tam bilginin olduğu sistemler beyaz renk ile temsil edilirken, tam tersi durumdaki sistemler siyah renk ile temsil edilmektedir. Bu teoriye göre eksik bilgi veya kesikli verilerin olduğu belirsiz sistemler gri renk ile temsil edilmekte ve teori ismini buradan almaktadır (Avcı ve diğ. 2017). Gri teori literatürde farklı alanlardaki problemlerin çözümüne uygulanmıştır. Bunlardan bazıları, sistem analizi, veri işleme, modelleme, tahmin, kontrol ve karar vermedir (Lingyu ve diğ. 2009).

Gri sayı,  $\otimes x$ ,  $[\underline{x}, \bar{x}]$  şeklinde iki değer arasındaki aralık olarak ifade edilmektedir ve bir gri sayıda  $\underline{x}$  alt limit,  $\bar{x}$  üst limit değeridir. Buna göre bir gri sayı,  $\otimes x = [\underline{x}, \bar{x}] = [x' \in x | \underline{x} \leq x' \leq \bar{x}]$  şeklinde ifade edilebilir. Gri sayılar ile işlemler eşitlik [1-5] ile gibi özetlenebilir (Jadidi ve diğ., 2008; Bhattacharyya, 2015; Bai ve Sarkis, 2018).

$$\otimes x = [\underline{x}, \bar{x}] \text{ ve } \otimes y = [\underline{y}, \bar{y}] \text{ iki farklı gri sayı ise; } \otimes x + \otimes y = [\underline{x} + \underline{y}, \bar{x} + \bar{y}] \quad (1)$$

$$\otimes x - \otimes y = [\underline{x} - \underline{y}, \bar{x} - \bar{y}] \quad (2)$$

$$\otimes x \times \otimes y = [\min(\underline{x}\underline{y}, \underline{x}\bar{y}, \bar{x}\underline{y}, \bar{x}\bar{y}), \max(\underline{x}\underline{y}, \underline{x}\bar{y}, \bar{x}\underline{y}, \bar{x}\bar{y})] \quad (3)$$

$$\otimes x \div \otimes y = [\underline{x}, \bar{x}] \times \left[ \frac{1}{\underline{y}}, \frac{1}{\bar{y}} \right] \quad (4)$$

$$k \times \otimes x = [k\underline{x}, k\bar{x}] \quad (5)$$

Gri sayı değerlerinin karşılaştırılması için Li ve diğ. (2007) tarafından gri olasılıklar derecesi geliştirilmiştir. Buna göre  $\otimes x \leq \otimes y$  'nin olasılık derecesi aşağıdaki eşitlik 6'daki gibi hesaplanabilmektedir. Gri sayı değerlerinin karşılaştırılması ise eşitlik [7- 11]'e göre yorumlanabilmektedir (Bhattacharyya, 2015).

$$P(\otimes x \leq \otimes y) = \frac{\max\{0, \bar{x} + \bar{y} - \underline{x} - \underline{y} - \max\{0, \bar{x} - \bar{y}\}\}}{\bar{x} + \bar{y} - \underline{x} - \underline{y}} \quad (6)$$

$$\text{Eğer } \bar{x} = \bar{y} \text{ ve } \underline{x} = \underline{y} \text{ ise } \otimes x = \otimes y \text{ ve } P(\otimes x \leq \otimes y) = 0,5 \quad (7)$$

$$\text{Eğer } \underline{y} > \bar{x} \text{ ise } \otimes y > \otimes x \text{ ve } P(\otimes x \leq \otimes y) = 1 \quad (8)$$

$$\text{Eğer } \bar{y} < \underline{x} \text{ ise } \otimes y < \otimes x \text{ ve } P(\otimes x \leq \otimes y) = 0 \quad (9)$$

$$\text{Eğer } P(\otimes x \leq \otimes y) > 0,5 \text{ ise } \otimes y > \otimes x \quad (10)$$

$$\text{Eğer } P(\otimes x \leq \otimes y) < 0,5 \text{ ise } \otimes y < \otimes x \text{ 'dir.} \quad (11)$$

### 3.2. TOPSIS Yöntemi

TOPSIS Yöntemi Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilmiş olan çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemidir. Yöntemde alternatif çözümler pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak mesafede olmasına göre değerlendirilmektedir. TOPSIS yönteminin çözüm adımları aşağıdaki gibidir.

*1.Adım: Karar Matrisinin Oluşturulması:* Karar matrisi  $D = (x_{ij})_{n \times m}$ , karar vericilerin i satırında yer alan alternatifleri j sütunundaki kriterlere göre değerlendirdiği başlangıç matrisidir.

$$D = \begin{bmatrix} (x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1j}) \\ (x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2j}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (x_{i1} & x_{i2} & \cdots & x_{ij}) \end{bmatrix} \quad (12)$$

*2.Adım: Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması:* Bu çalışmada Bai ve Sarkis (2018) tarafından geliştirilmiş olan gri değerlendirme matrisleri kullanıldığı için bütün veri tipleri aynı gri sistem aralığında "0-1" değerler almıştır ve geleneksel TOPSIS yöntemindeki normalizasyon aşamasına gerek duyulmamıştır.

*3.Adım: Ağırlıklı standart karar matrisinin oluşturulması:* Ağırlıklı standart karar matrisinin  $V = (w_i x_{ij})_{n \times m}$  oluşturulması için öncelikle değerlendirme kriterlerinin önem derecelerini belirleyen ağırlık değerleri ( $w_i$ ) belirlenir.

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (13)$$

D matrisinin sütunlarındaki değerler ilgili değerlendirme kriterinin ağırlık değeri ile çarpılarak V matrisinin değerleri hesaplanmaktadır.

*4.adım: Pozitif ideal ve Negatif ideal Çözümlerin Hesaplanması:* I sembolü değeri arttıkça gelişen pozitif yönlü fayda kriter grubunu, J sembolü değeri azaldıkça gelişen negatif yönlü maliyet kriter grubunu temsil ettiği varsayımı ile pozitif ideal ve negatif ideal çözümleri sırasıyla eşitlik (14) ve (15) kullanılarak hesaplanır.

$$S^+ = \{x_1^+, \dots, x_m^+\} = \{(maks_i x_{ij} | j \in I), (min_i x_{ij} | j \in J)\} \quad (14)$$

$$S^- = \{x_1^-, \dots, x_m^-\} = \{(min_i x_{ij} | j \in I), (maks_i x_{ij} | j \in J)\} \quad (15)$$

5. adım: *İdeal ve Negatif İdeal çözüm için uzaklık değerlerinin hesaplanması*: İdeal ve negatif ideal çözümler için uzaklık değerleri sırasıyla eşitlik 16 ve 17 kullanılarak hesaplanır.

$$\mu_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (x_{ij} - x_j^+)^2}, i = 1, \dots, n. \quad (16)$$

$$\mu_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (x_{ij} - x_j^-)^2}, i = 1, \dots, n. \quad (17)$$

6.adım: *Yakınlık ölçütü T değerinin hesaplanması*: T değeri eşitlik (18) yardımıyla hesaplanır.

$$T_i = \frac{\mu_i^-}{\mu_i^+ + \mu_i^-} \quad (18)$$

### 3.3. Gri İlişkisel Temelli TOPSIS Yöntemi

Gri ilişkisel temelli TOPSIS yöntemi ilk defa 2007 yılında Li ve diğ. tarafından yapılmış olan çalışmada kullanılmıştır. Bu yöntem eksik bilgi veya belirsizlik olduğu durumlarda ÇKKV problemlerinin çözümünde etkin bir yöntemdir. Uzmanların bilgi ve deneyimlerinin problem çözümüne aktarılmasına imkan vermektedir. Burada uzmanların sözel değerlendirmeleri gri sayılar olarak ifade edilebilmektedir. Yöntemin uygulama adımları klasik TOPSIS yöntemiyle benzerlik göstermekle beraber gri sayıların kullanılmasından kaynaklanan bazı farklı hesaplama adımları içermektedir. Gri ilişkisel temelli TOPSIS yöntemi literatürde farklı problemlerin çözümü için kullanılmıştır. Bunlar; tedarikçi seçimi (Li ve diğ., 2007; Jadidi ve diğ.,2008; Bai ve Sarkis, 2018), Ar-Ge proje portföyü seçimi (Bhattacharyya, 2015), kitle özelleştirme sistemlerinin çevikliğinin ölçülmesi (Mishra ve diğ. 2011), tamir-bakım yönetim sisteminin seçimi (Zare ve diğ. 2018) ve performans değerlendirme (Nyaoga ve diğ., 2016) problemleridir.

Gri ilişkisel temelli TOPSIS yönteminin hesaplama adımları aşağıdaki gibidir;

1.Adım: *Kriter Önem Derecelerinin belirlenmesi*: Bir grup uzman karar verici tarafından kriterlerin önem derecelerine göre değerlendirmesi yapılır. Bu yöntemde değerlendirmeler Tablo 1'deki sözel değerlendirme ölçeğine göre gerçekleştirilmektedir.

**Tablo 1. Kriter Önem Derecesi Gri Değerlendirme Ölçeği (Bai ve Sarkis, 2018)**

Ölçek	Gri Sayı Karşılığı
Hiç Önemli Değil	[0;0,1]
Önemli Değil (ÖD)	[0,1;0,3]
Az Önemli (AÖ)	[0,3;0,4]
Orta (O)	[0,4; 0,6]
Biraz Önemli (BÖ)	[0,6;0,7]
Önemli (Ö)	[0,7;0,9]
Çok Önemli (ÇÖ)	[0,9;1]

Alternatiflerin değerlendirilmesinin K adet uzmandan tarafından değerlendirildiği varsayıldığında ve  $K = \{K_1, K_2, \dots, K_N\}$  olduğunda ve  $\otimes w = \{\otimes w_1, \otimes w_2, \dots, \otimes w_M\}$  gri sayılar ile kriter ağırlık değerlerini ifade eden vektör ise, K adet uzman tarafından değerlendirilmiş olan özelliklerin önem derecelerinin ortalaması aşağıdaki eşitlik (19) yardımıyla hesaplanır.

$$\otimes w_j = \frac{1}{K} [\otimes w_j^1 + \otimes w_j^2 + \dots + \otimes w_j^K] \quad (19)$$



Buradaki  $\otimes w_j^K$ , j kriterinin önem derecesinin k uzmanının değerlendirmesine göre ağırlık değerini ifade etmektedir.  $\otimes w_j^K$  bir gri sayı olmak üzere  $\otimes w_j^K = [\underline{w}_j^K, \overline{w}_j^K]$  şeklinde ifade edilmektedir.

2. Adım: *Ortalama Karar Matrisinin Oluşturulması*: Ortalama karar matrisi K sayıdaki karar vericinin alternatiflerin ilgili kriterlere göre değerlendirilmesinden elde edilen veriler ile eşitlik (20) yardımıyla hesaplanır. Burada  $\otimes x_{ij}^K$ , k. karar vericinin i kriterine göre j alternatifini değerlendirmesini ifade etmektedir. Bu yöntemde değerlendirmeler Tablo 2’ deki sözel değerlendirme ölçeğine göre gerçekleştirilmektedir.

$$\otimes x_{ij} = \frac{1}{K} [\otimes x_{ij}^1 + \otimes x_{ij}^2 + \dots + \otimes x_{ij}^K] \quad (20)$$

**Tablo 2. Alternatifler için Gri Değerlendirme Ölçeği (Bai ve Sarkis, 2018)**

Ölçek	Gri Sayı Karşılığı
Çok Kötü	[0; 0,1]
Kötü	[0,1;0,3]
BirazKötü	[0,3; 0,4]
Orta	[0,4;0,6]
Biraz İyi	[0,6;0,7]
İyi	[0,7;0,9]
Çok İyi	[0,9;1]

Her bir alternatifin karar verici grup tarafından ilgili kriterlere göre değerlendirilmesi ile eşitlik (21)’deki gibi ortalama karar matrisi oluşturulur.

$$D = \begin{bmatrix} \otimes x_{11} & \otimes x_{12} & \dots & \otimes x_{1j} \\ \otimes x_{21} & \otimes x_{22} & \dots & \otimes x_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes x_{i1} & \otimes x_{i2} & \dots & \otimes x_{ij} \end{bmatrix} \quad (21)$$

3. Adım: *Ağırlıklandırılmış Karar Matrisini Oluşturulması*: Elde edilmiş olan bu ağırlık değerleri ortalama karar matrisi ile çarpılarak kriterlerin önem derecelerine göre alternatiflerin değerlendirildiği ağırlıklı ortalama karar matrisi hesaplanır. Bu adımda 1. adımda hesaplanan kriter önem dereceleri ( $\otimes w_j$ ) ve 2. adımda hesaplanan alternatiflerin kriterlere göre değerlendirilme değerleri ( $\otimes x_{ij}$ ) kullanılarak her bir alternatif için ilgili kriterlere göre ağırlıklandırılmış skor değerlerini ifade eden gri sayı değerleri hesaplanır. Ağırlıklandırılmış skor değerleri  $\otimes \tilde{x}_{ij}$  eşitlik (22) yardımıyla hesaplanır.

$$\otimes \tilde{x}_{ij} = \otimes w_j \times \otimes x_{ij} = [\min(\underline{\tilde{w}}_j \underline{x}_{ij}, \underline{\tilde{w}}_j \overline{x}_{ij}, \overline{\tilde{w}}_j \underline{x}_{ij}, \overline{\tilde{w}}_j \overline{x}_{ij}), \max(\underline{\tilde{w}}_j \underline{x}_{ij}, \underline{\tilde{w}}_j \overline{x}_{ij}, \overline{\tilde{w}}_j \underline{x}_{ij}, \overline{\tilde{w}}_j \overline{x}_{ij})] \quad \forall i \in n \quad (22)$$

4. Adım: *Gri Pozitif İdeal ( $S^+$ ) ve Negatif İdeal ( $S^-$ ) Değerlerin Hesaplanması*: İdeal gri pozitif  $S^+$  ( $\otimes \tilde{x}_j^+$ ) eşitlik (23) ve negatif ideal  $S^-$  ( $\otimes \tilde{x}_j^-$ ) eşitlik (24) kullanılarak hesaplanır.

$$S^+ = \{\otimes \tilde{x}_j^+\} = \{\tilde{x}_j^+, \bar{\tilde{x}}_j^+\} = \{\max_i \bar{\tilde{x}}_{ij}, \max_i \bar{\tilde{x}}_{ij}\}, j = 1, \dots, m \quad (23)$$

$$S^- = \{\otimes \tilde{x}_j^-\} = \{\tilde{x}_j^-, \bar{\tilde{x}}_j^-\} = \{\min_i \tilde{x}_{ij}, \min_i \tilde{x}_{ij}\}, j = 1, \dots, m \quad (24)$$

5.Adım: Gri ayırım ölçütlerinin hesaplanması için ideal ve negatif ideal değerlerden mesafelerin ölçülmesi: Bu adımda gri sayıların kullanıldığı ideal ve negatif ideal değerlerden uzaklıkların hesaplanabilmesi için Bai ve Sarkis (2018) tarafından geliştirilmiş olan eşitlik (25) ve (26) kullanılmıştır.

$$\otimes \mu_i^+(S^+, S_i) = \sum_{j=1}^m (\otimes \tilde{x}_j^+ - \otimes \tilde{x}_{ij}) = \sum_{j=1}^m \left( (\tilde{x}_j^+ - \bar{x}_{ij}), (\bar{\tilde{x}}_k^+ - \underline{x}_{ij}) \right) \quad (25)$$

$$\otimes \mu_i^-(S^-, S_i) = \sum_{j=1}^m (\otimes \tilde{v}_{ij} - \otimes \tilde{v}_j^-) = \sum_{j=1}^m \left( (\underline{v}_{ij} - \bar{v}_k^-), (\bar{v}_{ij} - \underline{v}_j^-) \right) \quad (26)$$

6.Adım: İdeal çözüme gri göreceli yakınlığın hesaplanması: Her bir alternatifin ideal çözüme gri göreceli yakınlığı eşitlik (27) yardımıyla hesaplanmıştır.  $\otimes T_i$ , değeri i alternatifinin ideal çözüme göreceli yakınlık derecesini ifade eden gri sayı değeridir.

$$\otimes T_i = \frac{\otimes \mu_i^-}{\otimes \mu_i^+ + \otimes \mu_i^-} = \frac{(\underline{\mu}_i^-, \bar{\mu}_i^-)}{(\underline{\mu}_i^+ + \underline{\mu}_i^-, \bar{\mu}_i^+ + \bar{\mu}_i^-)} = \left[ \frac{\mu_i^-}{(\bar{\mu}_i^+ + \bar{\mu}_i^-)}, \frac{\bar{\mu}_i^-}{(\bar{\mu}_i^+ + \bar{\mu}_i^-)} \right] \quad (27)$$

7.Adım: Olabilirlik derecelerine göre alternatiflerin derecelendirilmesi: Göreceli yakınlık değerlerinin gri sayı aralıkları şeklinde hesaplanması nedeniyle alternatiflerin değerlendirilmesi güç olmaktadır. Klasik yaklaşımda bu değerler durulaştırılarak alternatifler değerlendirilir ancak bu aşamada bazı bilgilerin kaybolması nedeniyle Bai ve Sarkis (2018) olabilirlik derecesi ölçümünü önermişlerdir. Bu çalışmada alternatiflerin uygunluk analizi için eşitlik (28) yardımıyla olabilirlik dereceleri hesaplanmıştır.

$$p(\otimes T_i > \otimes T_h) = \frac{\bar{T}_i - T_h}{\bar{T}_i - T_i + \bar{T}_h - T_h} \quad (28)$$

#### 4. UYGULAMA

Çalışmanın uygulama bölümünde, Türkiye’de hazır giyim ve moda sektöründe faaliyet gösteren bir tekstil firmasının tedarikçi seçimi ve risk değerlendirmesi problemi ele alınmıştır. Yapılan çalışmalar ve tecrübeler belirli bir tedarik prosesini değerlendirmek ve seçmek için tek bir en iyi yöntem olmadığını göstermiştir. En iyi yaklaşım bir firmadan diğerine farklılık göstermektedir (Felice ve diğ., 2015). Soyut ve somut faktörleri bir arada etkin bir şekilde değerlendirebilmeyi sağlaması ve kolay uygulanabilir olması nedeni ile problemin çözümü Gri ilişkisel temelli TOPSIS yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Firmanın birinci kalite ürünlerinin tedarikçisi olan üç firmanın uzmanlar tarafından belirlenen beş kritere göre performans değerlendirmesi yapılmıştır. Ayrıca tedarikçi seçiminde bir başka önemli unsur olan risk değerlendirmesi ile tedarikçilerin dört risk faktörüne göre risk durumları incelenmiştir. Tedarikçi performans ve risk değerlendirilmesinde kullanılacak olan kriterlerin belirlenmesi için öncelikle bir literatür çalışması gerçekleştirilmiştir. Sonrasında firmanın tedarik zinciri, satın alma ve lojistik departmanlarında çalışan dört uzmandan oluşan bir karar verici grup tarafından bu

kriterler değerlendirilmiştir. Bunun sonucunda elde edilmiş olan beş performans kriteri ve dört risk faktörü çalışmada ölçüm kriterleri olarak kullanılmıştır. Bu işlemler sonucunda firma için performans ve risk değeri bakımından en uygun tedarikçi firmanın seçimi yapılmıştır.

#### 4.1. Gri ilişkisel Temelli TOPSIS Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi

Tedarik zincirinde tedarikçi seçimi firmanın stratejik ve operasyonel süreçlerinde oldukça etkili olan bir karar sürecidir. Firmaların tedarik zinciri faaliyetlerin sürdürürken stratejik hedeflerini gerçekleştirmede yardımcı olacak tedarikçiler ile uzun süreli ve güvenilir bir ilişki kurmaları müşteri isteklerine ve pazardaki değişimlere hızlı cevap verebilmelerine yardımcı olmaktadır. Tedarikçi seçim probleminde birden fazla kritere göre tedarikçiler değerlendirildiği için ÇKKV yöntemleri bu problemin çözümünde uygundur. ÇKKV yöntemlerinden biri olan Gri ilişkisel temelli TOPSIS yöntemi bu çalışmada bir tekstil firmasının tedarikçi seçim probleminin çözümünde kullanılmıştır.

*1.Adım: Tedarikçi Seçim Kriterlerinin Belirlenmesi:* Firmanın tedarikçi seçim sürecinde etkili olan kriterler ve önem derecelerinin belirlenmesi amacıyla öncelikle literatürde tedarikçi seçiminde kullanılmış olan kriterler araştırılmıştır. Bu araştırma sonrasında belirlenmiş olan kriter seti firmada satınalma süreci ile ilişkili dört uzmanın değerlendirmesine sunulmuş ve firmanın tedarikçi seçim sürecinde etkili olabilecek beş kriter belirlenmiştir. Bu kriterler “ArGe Düzeyi”, “Maliyet”, “Kalite”, “Hizmet” ve “Tedarik Süresi” dir.

ArGe Düzeyi; tedarikçilerin tasarım, üretim ve inovasyon yetenekleri ile farklı taleplere cevap verebilme gücünü ifade etmektedir. Her bir tedarikçiye ait Maliyet ve Tedarik Süresi kriterlerine ilişkin değerler firmada mevcuttur. Kalite değerlendirmesi ise girdi kusur oranları, tedarikçilerin standart girdi sağlayabilme gücü gibi faktörleri kapsamaktadır. Tedarikçi değerlendirmede kullanılan bir diğer kriter olan Hizmet; taahhüt edilen süre ve miktarlara uygunluk, hizmet güvencesi süresi ile hizmetin kapsam ve çeşitliliğini içermektedir.

*2.Adım: Tedarikçi Seçim Kriterlerinin Önem Derecelerinin Belirlenmesi:* İlk adımda belirlenen tedarikçi seçim kriterlerinin önem derecelerinin belirlenebilmesi için uzmanların Tablo 1’deki değerlendirme ölçeğini kullanarak kriterleri değerlendirmesi istenmiştir. Buna göre Tablo 3’te uzmanların yapmış olduğu kriter önem derecesi yer almaktadır.

**Tablo 3. Tedarikçi Seçim Kriterleri Önem Derecesi**

Karar Verici	Tedarikçi Seçim Kriterleri				
	Ar-Ge Düzeyi	Maliyet	Kalite	Hizmet	Tedarik Süresi
Uzman 1	Çok Önemli	Çok Önemli	Biraz Önemli	Önemli	Önemli
Uzman 2	Önemli	Önemli	Önemli	Biraz Önemli	Önemli
Uzman 3	Önemli	Çok Önemli	Önemli	Biraz Önemli	Önemli
Uzman 4	Önemli	Çok Önemli	Önemli	Önemli	Önemli

Tedarikçi seçim kriterlerinin ortalama önem derecelerinin gri sayı değerleri eşitlik (19) kullanılarak hesaplanmıştır. Tablo 4’de tedarikçi seçim kriterlerinin ortalama önem derecelerini ifade eden gri sayı değerleri yer almaktadır.

**Tablo 4. Tedarikçi Seçim Kriterlerinin Ortalama Önem Derecesi**

Tedarikçi Seçim Kriteri	Gri Sayı Değeri
Ar-Ge Düzeyi	[0,75;0,93]
Maliyet	[0,85;0,98]
Kalite	[0,68;0,85]
Hizmet	[0,65;0,80]
Tedarik Süresi	[0,70;0,90]

3.Adım: *Tedarikçilerin Seçim Kriterlerine Göre Değerlendirilmesi*: Tedarikçilerin belirlenen tedarikçi seçim kriterlerine göre değerlendirilmesi Tablo 2’deki sözel değerlendirme ölçeği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Dört uzmanın aday tedarikçileri ilgili kriterlere göre değerlendirdiği Tablo 5 aşağıda yer almaktadır.

**Tablo 5. Sözel İfadelerle Tedarikçi Performans Değerlendirme**

Karar	Tedarikçi	Ar-GE	Maliyet	Kalite	Hizmet	Tedarik
Uzman 1	T1	Çok İyi	Orta	İyi	Çok İyi	Çok İyi
	T2	Kötü	İyi	Biraz	İyi	İyi
	T3	Biraz Kötü	İyi	Orta	İyi	İyi
Uzman 2	T1	Çok İyi	Biraz	Biraz	İyi	Çok İyi
	T2	Orta	Çok İyi	Orta	Biraz	İyi
	T3	Kötü	İyi	Orta	Biraz	Biraz İyi
Uzman 3	T1	Çok İyi	Biraz	Biraz	Biraz	İyi
	T2	Kötü	Çok İyi	Orta	Biraz	İyi
	T3	Biraz İyi	Biraz	Orta	Biraz	Biraz İyi
Uzman 4	T1	Çok İyi	Biraz	İyi	İyi	İyi
	T2	Biraz Kötü	İyi	Orta	İyi	Biraz İyi
	T3	Biraz Kötü	İyi	Biraz	Biraz	İyi

Tablo 5’deki sözel değerlendirmeler gri sayı  $\otimes x$  karşılıklarına çevrilmiş ve eşitlik (20) kullanılarak ortalama tedarikçi seçimi değerlendirme matrisi elde edilmiştir.  $\otimes x_{ij}^k$  değeri k uzmanının i tedarikçisini j kriterini karşılama derecesi için belirlemiş olduğu gri sayı değerini ifade etmektedir.

Tablo 6’da uzmanlar tarafından yapılan değerlendirmelere göre her bir tedarikçinin ilgili tedarikçi seçim kriterini karşılama derecesini ifade eden ortalama gri sayı değerleri yer almaktadır.

**Tablo 6. Ortalama Tedarikçi Değerlendirme Karar Matrisi ( $\otimes x_{ij}$ )**

	Ar-GE Düzeyi	Maliyet	Kalite	Hizmet	Tedarik Süresi
T1	[0,90;1,00]	[0,55;0,68]	[0,65;0,80]	[0,73;0,88]	[0,80;0,95]
T2	[0,23;0,40]	[0,80;0,95]	[0,45;0,63]	[0,65;0,80]	[0,68;0,85]
T3	[0,33;0,45]	[0,68;0,85]	[0,38;0,55]	[0,63;0,75]	[0,65;0,80]

4.Adım: *Tedarikçilerin Ağırlıklandırılmış Kriter Performans Değerlerinin Hesaplanması*: Bu adımda 2. adımda hesaplanan kriter önem dereceleri ( $\otimes w_j$ ) ve 3. adımda hesaplanan alternatiflerin kriterlere göre değerlendirilme değerleri ( $\otimes x_{ij}$ ) kullanılarak her bir tedarikçi için ilgili kriterlere göre ağırlıklandırılmış ortalama performans değerlerini ifade eden gri sayı değerleri hesaplanmıştır. Ağırlıklandırılmış ortalama tedarikçi performans değerleri  $\otimes \tilde{x}_{ij}$  eşitlik (22) yardımıyla hesaplanır.

Buna göre 1. Tedarikçi firmanın Ar-Ge kriterine göre ağırlıklandırılmış ortalama performans değeri ( $\otimes \tilde{x}_{11}$ ) aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\otimes \tilde{x}_{11} = \otimes w_1 \times \otimes x_{11} = [\min(0,68; 0,83; 0,75; 0,93), maks(0,68; 0,83; 0,75; 0,93)] = [0,68; 0,93]$$

Tablo 7’ de her bir tedarikçi için hesaplanmış ağırlıklandırılmış ortalama performans değerleri yer almaktadır.

**Tablo 7. Ağırlıklandırılmış Ortalama Tedarikçi Performans Değerleri**

	Ar-GE	Maliyet	Kalite	Hizmet	Tedarik
<b>T1</b>	[0,63;0,93]	[0,47;0,66]	[0,44;0,68]	[0,47;0,70]	[0,56;0,86]
<b>T2</b>	[0,17;0,37]	[0,68;0,93]	[0,30;0,53]	[0,42;0,64]	[0,47;0,77]
<b>T3</b>	[0,24;0,42]	[0,57;0,83]	[0,25;0,47]	[0,41;0,60]	[0,46;0,72]

5.Adım: *Tedarikçiler için Gri ideal ( $S^+$ ) ve negatif ideal ( $S^-$ ) değerlerin hesaplanması:* Bu adımda alternatifler için referans değerlerini içeren pozitif ideal gri tedarikçi  $S^+(\otimes \tilde{x})$  performans değerleri eşitlik (23) ve negatif ideal gri tedarikçi  $S^-(\otimes \tilde{x})$  eşitlik (24) kullanılarak hesaplanmıştır.

Buna göre en ideal gri ve en negatif ideal gri tedarikçi performans değerleri seti aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$S^+ = \{[0,93; 0,93], [0,93; 0,93], [0,68; 0,68], [0,70; 0,70], [0,86; 0,86]\}$$

$$S^- = \{[0,17; 0,17], [0,47; 0,47], [0,25; 0,25], [0,41; 0,41], [0,46; 0,46]\}$$

6.Adım: *Gri ayırım ölçütlerinin hesaplanması için pozitif ideal ve negatif ideal değerlerden mesafelerin ölçülmesi:* Her bir tedarikçi için pozitif ideal ve negatif ideal değerlerden mesafeler ölçülerek  $\otimes \mu_i^+$  ve  $\otimes \mu_i^-$  şeklindeki gri ayırım ölçütleri eşitlik (25) ve (26) yardımıyla hesaplanmıştır.

Tablo 8’de tedarikçilerin gri ayırım ölçütlerini ifade eden  $\mu_i^+$  ve  $\mu_i^-$  değerleri yer almaktadır.

**Tablo 8. Tedarikçi Gri Ayırım Ölçüt Değerleri**

Tedarikçiler	$\mu_i^+$	$\mu_i^-$
T1	[0,27; 1,47]	[0,86; 2,07]
T2	[0,85; 2,04]	[0,30; 1,48]
T3	[1,05; 2,15]	[0,18; 1,28]

7.Adım: *İdeal çözüme gri göreceli yakınlığın hesaplanması:* Her bir tedarikçinin ideal çözüme gri göreceli yakınlığı eşitlik (27) yardımıyla hesaplanmış ve Tablo 9’da bu değerler gösterilmiştir.  $\otimes T_i$ , değeri i alternatifinin ideal çözüme göreceli yakınlık derecesini ifade eden gri sayı değeridir.

**Tablo 9. Tedarikçi Gri Göreceli Yakınlık Değerleri**

Tedarikçiler	$T_i$
T1	[0,24;0,58]
T2	[0,08;0,42]
T3	[0,12;0,88]

8.Adım: *Olabilirlik derecelerine göre tedarikçilerin derecelendirilmesi:* Tedarikçilerin olabilirlik derecelerinin hesaplanması ile birlikte TOPSIS yönteminin son adımında farklı bir yaklaşım kullanılarak gri sayı aralıkları ile hesaplanan olabilirlik derecelerine göre hangi tedarikçinin diğerine göre daha çok tercih edilebilir olduğu kararı verilmiştir. Tedarikçilere ait olabilirlik dereceleri eşitlik (28) yardımıyla hesaplanmıştır.

Buna göre Tedarikçi 1 için T1 ve Tedarikçi 2 için T2 olabilirlik dereceleri aşağıdaki gibi hesaplandığında  $0,74\% > 0,50\%$  olduğu için Tedarikçi 1'in performansı Tedarikçi 2'ye göre daha iyi olarak hesaplanmıştır.

$$p(\otimes T_1 > \otimes T_2) = \frac{\bar{T}_1 - T_2}{\bar{T}_1 - T_1 + \bar{T}_2 - T_2} = \frac{0,58 - 0,08}{0,58 - 0,24 + 0,42 - 0,08} = 0,74$$

Her bir tedarikçi için hesaplanan olabilirlik derecelerine göre tedarikçiler performansı en yüksek olandan en düşük olana  $T3 > T1 > T2$  şeklinde sıralanmaktadır. Buna göre Tedarikçi 3, diğer tedarikçilerle karşılaştırıldığında en iyi performans değerine sahip olan firmadır.

#### 4.2. Gri Temelli TOPSIS Yöntemi ile Tedarikçi Risk Değerlendirmesi

Tedarik zincirinde operasyonların sorunsuz bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için tedarikçi ilişkilerinde problem yaşanmaması önemlidir. Ancak günümüzde çeşitli iç ve dış etkenler sebebiyle firmalar tedarikçileri ile ürün alışverişinde problemler yaşayabilmektedir. Bu da tedarik zincirinde teslimat zamanında gecikmelere ve kalite problemlerine yol açabilmektedir. Bu nedenle uygun tedarikçi seçiminde tedarikçi yeterliliklerinin belirli kriterlere göre değerlendirilmesinin yanı sıra tedarikçi risklerinin de göz önüne alınması gerekmektedir. Bu çalışmada tedarikçi riskleri de değerlendirilmiştir. Gri ilişkisel temelli TOPSIS yöntemi kullanılarak yapılan çalışmanın uygulama bölümünde ele alınan firmanın tedarikçi performans değerlendirmelerinin ardından tedarikçi risk değerlendirmeleri de yapılmıştır.

*1.Adım: Tedarikçi Risk Faktörlerinin belirlenmesi:* Firmanın tedarikçiler ile ilişkilerinde karşılaşması muhtemel olan risk faktörlerinin belirlenebilmesi amacıyla öncelikle literatür araştırması yapılmış ve bu araştırma sonucunda belirlenen kriterler firma yetkililerine sunularak firma için önemli olan dört önemli risk faktörü saptanmıştır. Firma yetkilileri ile yapılmış olan görüşmeler sonucunda “Kalite”, “Teslim Süresi”, “Maliyet” ve “Temin Sürekliliği” tedarikçi risk faktörleri olarak belirlenmiştir.

*2. Adım: Risk faktörlerinin önem derecelerinin belirlenmesi:* Bir önceki aşamada belirlenmiş olan tedarikçi risk faktörlerinin önem derecelerini değerlendirmeleri için daha önce belirlenmiş olan uzmanların görüşleri alınmıştır. Tedarikçi risk faktörlerinin önem derecelerini belirlemek için Tablo 1' de yer alan yedi seviyeli sözel değerlendirme ölçeği ve gri sayı değerleri kullanılmıştır. Aşağıda yer alan Tablo 10'da firma yetkililerinin ilgili faktörlerin önem derecelerini belirlediği karar matrisi yer almaktadır.

**Tablo 10. Tedarikçi Risk Faktörü Önem Dereceleri**

Karar Verici	Tedarikçi Risk Faktörleri			
	Kalite	Teslim Süresi	Maliyet	Temin Sürekliliği
Uzman 1	Önemli	Çok Önemli	Biraz Önemli	Önemli
Uzman 2	Çok Önemli	Önemli	Önemli	Önemli
Uzman 3	Önemli	Çok Önemli	Önemli	Önemli
Uzman 4	Önemli	Önemli	Biraz Önemli	Biraz Önemli

Tablo 11'de eşitlik (19) kullanılarak hesaplanmış olan tedarikçi risk faktörlerinin ortalama önem derecelerini ifade eden gri sayı değerleri yer almaktadır.

**Tablo 11. Tedarikçi Risk Faktörü Ortalama Önem Derecesi**

Tedarikçi Risk Faktörü	Gri Sayı Değeri
Kalite	[0,75;0,93]
Teslim Süresi	[0,80;0,95]
Maliyet	[0,58;0,73]
Temin Sürekliliği	[0,68;0,85]

3. Adım: *Tedarikçilerin risk faktörlerine göre değerlendirilmesi*: Bu adımda tedarikçilerin her biri uzmanlar tarafından risk faktörlerine göre değerlendirilmiştir. Her bir uzman çok düşük ve çok yüksek arasında değişen sözel değerlendirme ölçeklerini kullanarak her bir tedarikçiyi ilgili risk faktörüne sahip olma olasılık derecesine göre değerlendirmiştir. Tablo 12’ de bu çalışmada kullanılan yedi seviyeli sözel değerlendirme ölçeği ve gri sayı karşılıkları yer almaktadır.

**Tablo 12. Risk Faktörleri Değerlendirme Ölçeği**

Ölçek	Gri Sayı Karşılığı $\otimes v$
Çok Yüksek	[0; 0,1]
Yüksek	[0,1;0,3]
Biraz Yüksek	[0,3; 0,4]
Orta	[0,4;0,6]
Biraz Düşük	[0,6;0,7]
Düşük	[0,7;0,9]
Çok Düşük	[0,9;1]

Tablo 13’deki sözel değerlendirmeler gri sayı  $\otimes v$  karşılıklarına çevrilmiş ve eşitlik (29) kullanılarak ortalama tedarikçi risk değerlendirme matrisi elde edilmiştir.  $\otimes v_{ij}^k$  değeri, k uzmanı tarafından yapılan değerlendirmeye göre, i tedarikçisinin j risk faktörüne sahip olma olasılığının gri sayı değerini ifade etmektedir.

$$\otimes v_{ij} = \frac{1}{K} [\otimes v_{ij}^1 + \otimes v_{ij}^2 + \dots + \otimes v_{ij}^K] \quad (29)$$

**Tablo 13. Tedarikçilerin Risk Faktörlerine göre değerlendirmesi**

Karar Verici	Tedarikçi	Kalite	Teslim	Maliyet	Temin
Uzman 1	T1	Çok Düşük	Biraz Düşük	Biraz Düşük	Düşük
	T2	Orta	Düşük	Düşük	Biraz Yüksek
	T3	Biraz Düşük	Biraz Düşük	Düşük	Düşük
Uzman 2	T1	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Düşük
	T2	Biraz Düşük	Düşük	Orta	Yüksek
	T3	Yüksek	Yüksek	Biraz Düşük	Biraz Düşük
Uzman 3	T1	Düşük	Biraz Düşük	Orta	Biraz Düşük
	T2	Orta	Çok Düşük	Biraz Düşük	Çok Yüksek
	T3	Orta	Biraz Düşük	Çok Düşük	Düşük
Uzman 4	T1	Biraz Düşük	Orta	Düşük	Düşük
	T2	Biraz Düşük	Düşük	Çok Düşük	Yüksek
	T3	Biraz Düşük	Biraz Yüksek	Biraz Düşük	Düşük

Tablo 14’de uzmanlar tarafından yapılan değerlendirmelere göre her bir tedarikçinin ilgili risk faktörüne sahip olma derecesini ifade eden ortalama gri sayı değerleri yer almaktadır.

**Tablo 14. Ortalama Gri Sayı Değerleri ( $\otimes v_{ij}$ )**

	<b>Kalite</b>	<b>Teslim Süresi</b>	<b>Maliyet</b>	<b>Temin Sürekliliği</b>
T1	[0,73;0,88]	[0,43;0,58]	[0,30;0,48]	[0,73;0,88]
T2	[0,50;0,65]	[0,75;0,93]	[0,65;0,80]	[0,13;0,28]
T3	[0,50;0,65]	[0,48;0,60]	[0,70;0,83]	[0,68;0,85]

4. Adım: *Tedarikçilerin Ağırlıklandırılmış Risk Faktör Performans Değerlerinin Hesaplanması*: Bu adımda 2. adımda hesaplanan risk faktörü önem dereceleri ( $\otimes w_j$ ) ve 3. adımda hesaplanan tedarikçi risk faktörü değerleri ( $\otimes v_{ij}$ ) kullanılarak her bir tedarikçi için ilgili kriterlere göre ağırlıklandırılmış risk faktör skor değerlerini ifade eden gri sayı değerleri hesaplanır. Ağırlıklandırılmış risk faktör skor değerleri  $\otimes \tilde{v}_{ij}$  eşitlik (30) yardımıyla hesaplanmıştır”tır.

$$\otimes \tilde{v}_{ij} = \otimes w_j \times \otimes v_{ij} = [\min(\underline{\tilde{w}}_j \underline{v}_{ij}, \underline{\tilde{w}}_j \bar{v}_{ij}, \bar{\tilde{w}}_j \underline{v}_{ij}, \bar{\tilde{w}}_j \bar{v}_{ij}), \max(\underline{\tilde{w}}_j \underline{v}_{ij}, \underline{\tilde{w}}_j \bar{v}_{ij}, \bar{\tilde{w}}_j \underline{v}_{ij}, \bar{\tilde{w}}_j \bar{v}_{ij})] \quad \forall i \in n \quad (30)$$

Tablo 15’ de tedarikçiler için hesaplanmış ağırlıklandırılmış risk faktör değerleri yer almaktadır.

**Tablo 15. Ağırlıklandırılmış Ortalama Risk Faktör Değerleri**

	<b>Kalite</b>	<b>Teslim Süresi</b>	<b>Maliyet</b>	<b>Temin Sürekliliği</b>
T1	[0,54;0,81]	[0,34;0,55]	[0,17;0,34]	[0,49;0,74]
T2	[0,38;0,60]	[0,60;0,88]	[0,37;0,58]	[0,08;0,23]
T3	[0,38;0,60]	[0,38;0,57]	[0,40;0,60]	[0,46;0,72]

5. Adım: *Gri ideal ( $S^+$ ) ve negatif ideal ( $S^-$ ) değerlerin hesaplanması*: Pozitif ideal gri tedarikçi  $S^+$  ( $\otimes \tilde{v}$ ) risk faktör değerleri eşitlik (31)’ e göre hesaplanmıştır. Bunun için risk faktörü maliyet (en küçük en iyi) kriter grubunda yer almasına rağmen sözel değerlendirme ölçeği tedarikçi risk faktörleri değerlendirilirken en düşük risk faktörüne sahip olan tedarikçi daha yüksek puan alacak şekilde düzenlenmiş olduğu için ideal gri değerlerin hesaplanması fayda kriter grubuna göre hesaplanmıştır.

$$S^+ = \{\otimes \tilde{v}_j^+\} = \{\underline{\tilde{v}}_j^+, \bar{\tilde{v}}_j^+\} = \{\max_i \bar{\tilde{v}}_{ij}, \max_i \underline{\tilde{v}}_{ij}\}, \quad j = 1, \dots, \dots, m \quad (31)$$

Buna göre en ideal gri tedarikçi risk faktörü değerleri seti aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$S^+ = \{[0,81; 0,81], [0,88; 0,88], [0,60; 0,60], [0,74; 0,74]\}$$

Negatif ideal gri tedarikçi  $S^-$  ( $\otimes \tilde{v}$ ) risk faktör değerleri eşitlik (32) kullanılarak hesaplanmıştır.



$$S^- = \{\otimes \tilde{v}_j^-\} = \{\tilde{v}_j^-, \bar{v}_j^-\} = \{\min_i \tilde{v}_{ij}, \min_i \bar{v}_{ij}\}, j = 1, \dots, m \quad (32)$$

Buna göre en negatif ideal gri tedarikçi risk faktörü değerleri seti aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$S^- = \{[0,38; 0,38], [0,34; 0,34], [0,17; 0,17], [0,08; 0,08]\}$$

6. Adım: Gri ayırım ölçütlerinin hesaplanması için ideal ve negatif ideal değerlerden mesafelerin ölçülmesi: Bu adımda gri sayıların kullanıldığı ideal ve negatif ideal değerlerden uzaklıkların hesaplanabilmesi için Bai ve Sarkis (2018) tarafından geliştirilmiş olan eşitlik (33) ve (34) kullanılmıştır.

$$\otimes \mu_i^+(S^+, S_i) = \sum_{j=1}^m (\otimes \tilde{v}_j^+ - \otimes \tilde{v}_{ij}) = \sum_{j=1}^m \left( (\tilde{v}_j^+ - \bar{v}_{ij}), (\bar{v}_k^+ - \underline{v}_{ij}) \right) \quad (33)$$

$$\otimes \mu_i^-(S^-, S_i) = \sum_{j=1}^m (\otimes \tilde{v}_{ij} - \otimes \tilde{v}_j^-) = \sum_{j=1}^m \left( (\underline{v}_{ij} - \bar{v}_k^-), (\bar{v}_{ij} - \tilde{v}_j^-) \right) \quad (34)$$

Tablo 16’ da tedarikçilerin gri ayırım ölçütlerini ifade eden  $\mu_i^+$  ve  $\mu_i^-$  değerleri yer almaktadır.

**Tablo 16. Tedarikçi Gri Ayırım Ölçüt Değerleri**

Tedarikçi	$\mu_i^+$	$\mu_i^-$
T1	[0,59;1,48]	[0,57,1,47]
T2	[0,74;1,60]	[0,46;1,32]
T3	[0,54;1,42]	[0,64;1,52]

7. Adım: İdeal çözüme gri göreceli yakınlığın hesaplanması: Her bir tedarikçinin gri göreceli yakınlık değerleri eşitlik (20) yardımıyla aşağıdaki Tablo 17’deki gibi hesaplanmıştır.  $\otimes T_i$ , değeri i tedarikçisinin riskli olma durumuna göre ideal çözüme göreceli yakınlık derecesini ifade eden gri sayı değeridir.

**Tablo 17. Tedarikçilerin İdeal Çözüme Gri Göreceli Yakınlık Dereceleri**

Tedarikçi	$T_i$
T1	[0,19;0,50]
T2	[0,16;0,45]
T3	[0,22;0,52]

8. Adım: Olabilirlik derecelerine göre tedarikçilerin derecelendirilmesi: Tedarikçilere ait olabilirlik dereceleri eşitlik (28) yardımıyla hesaplanmıştır. Buna göre T1 ve T2 için olabilirlik dereceleri aşağıdaki gibi hesaplandığında  $0,57\% > 0,50\%$  olduğu için T1 tedarikçisinin T2 tedarikçisine göre daha az riskli bir tedarikçi olduğu hesaplanmıştır.

$$p(\otimes T_1 > \otimes T_2) = \frac{\bar{T}_1 - \underline{T}_2}{\bar{T}_1 - \underline{T}_1 + \bar{T}_2 - \underline{T}_2} = \frac{0,50 - 0,19}{0,50 - 0,19 + 0,45 - 0,16} = 0,57$$

Her bir tedarikçi için hesaplanan olabilirlik derecelerine göre tedarikçiler en az riskli olandan en fazla riskli olana doğru  $T3 > T1 > T2$  şeklinde sıralanmaktadır. Buna göre T3 diğer tedarikçilerle karşılaştırıldığında çalışılması daha az riskli bir tedarikçi olarak değerlendirilebilmektedir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tedarik zinciri, birden fazla bağımsız firmanın oluşturmuş olduğu karmaşık yapıya sahiptir. Tedarik zincirinde ürün ve hizmetlerin, nihai müşterinin istek ve ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde, akışının sorunsuz sağlanabilmesi için tedarikçiler ile uzun süreli ve karşılıklı güvene dayalı ilişkilerin kurulması önemlidir. Bunun yanı sıra tedarik zinciri faaliyetlerinin kesintiye uğramasını önlemek amacıyla tedarikçi kaynaklı risk faktörlerinin de dikkate alınması gerekmektedir. Tedarikçi seçimi probleminin amacı, firmaların üretim ve operasyon süreçlerinde ihtiyaç duymuş oldukları ürün veya hizmetleri mümkün olan en yüksek seviyede ve en ekonomik şekilde karşılanmasını sağlamaktır. Gerçekleştirilecek çözümde, ileride oluşabilecek, tedarikçi kaynaklı risk faktörlerinin de göz önünde bulundurulması sayesinde tedarik zincirinde faaliyetlerin kesintiye uğraması ihtimali azaltılabilmektedir. Bu nedenle, en uygun tedarikçinin belirlenmesi kararı alınırken tedarikçinin, firmanın belirlemiş olduğu seçim kriterlerine uygunluğunun yanı sıra düşük risk değerine sahip olup olmadığının da değerlendirilmesi önemlidir.

Çalışmada tedarikçi seçimi ve risk değerlendirmesi probleminin çözümü için alternatif bir uygulama yöntemi sunulması ve bu yöntemin uygulanabilirliğinin bir gerçek hayat problemi üzerinde test edilmesi amaçlanmıştır. Tedarikçi seçimi ve risk değerlendirme probleminin yapısından kaynaklı belirsizliklerin bulunması nedeniyle, belirsizlik durumundaki karar problemlerinin çözümünde etkin sonuçlar üreten Gri ilişkisel temelli TOPSIS yöntemi çözüm yöntemi olarak kullanılmıştır. Çalışmanın uygulama bölümünde, Türkiye’de hazır giyim sektöründe faaliyet gösteren bir firma için tedarikçi seçimi ve risk değerlendirmesi problemi çözülerek çözüm yönteminin uygulanabilirliğinin test edilmesi amaçlanmıştır. Değerlendirme sonuçlarına göre üç potansiyel tedarikçi firma arasından T3 tedarikçisinin, kritik başarı faktörü kriterlerini karşılama konusunda en başarılı firma olduğu belirlenmiştir. Başarılı bir tedarikçi seçimi için kritik başarı kriterlerini karşılamanın tek başına yeterli olmayacağı görüşüyle uygulamanın ikinci bölümünde aynı tedarikçi firmalarının risk faktörlerine göre değerlendirilmesi yapılmıştır. Gerçekleştirilen çözüme göre T3 tedarikçisinin diğer firmalara kıyasla en düşük risk oranına sahip olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar hem kritik başarı kriterlerini yüksek oranda karşılması, hem de düşük risk oranına sahip olması nedeniyle T3 tedarikçisi ile çalışılmasının uygun olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada hem başarı faktörleri hem de risk faktörleri açısından T3 tedarikçisi uygun olmasına rağmen gerçek hayat uygulamalarında iki unsurun aynı anda karşılanmaması gibi durumlara karşılaşmak mümkündür. Bu durumda örneğin kritik başarı faktörleri açısından en başarılı olan firma aynı zamanda riskli bir firma olarak değerlendirildiğinde karar vericiler satın alınan ürünün kritiklik derecesi, ikame tedarikçinin bulunurluğu ve ihtiyacın kritiklik düzeyi gibi unsurları göz önünde bulundurarak firmanın stratejik hedeflerine uygun bir karar vermelidir.

Bu çalışma tedarikçi seçim kararlarında tedarikçi risk faktörlerini de göz önünde bulunduran alternatif bir çözüm önerisi sunmaktadır. Gri ilişkisel temelli TOPSIS yöntemi belirsizlik durumunda karar problemlerinin çözümünde etkin ve kolay uygulanabilir bir yöntemdir. Bu nedenle tedarikçi seçimi ve risk değerlendirme probleminin çözümü için yöneticilerin kullanabileceği sistematik bir alternatif yöntem olarak önerilmesi mümkündür.

## KAYNAKLAR

1. Abdel-Basset M., Chang V., Gamal A., Smarandache F., (2019), An integrated neutrosophic anp and vikor method for achieving sustainable supplier selection: a case study in importing field. *Computers in Industry*, 106, 94-110. [doi:10.1016/j.compind.2018.12.017](https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.12.017)
2. Abdel-Basset, M., Saleh M., Gamal A., Smarandache F., (2019). An approach of TOPSIS technique for developing supplier selection with group decision making under type-2 neutrosophic number. *Applied Soft Computing*, 77, 438-452. [doi:10.1016/j.asoc.2019.01.035](https://doi.org/10.1016/j.asoc.2019.01.035)
3. Amindoust, A., & Saghafinia, A. (2017). Textile supplier selection in sustainable supply chain using a modular fuzzy inference system model. *The Journal of The Textile Institute*, 108(7), 1250–1258. [doi:10.1080/00405000.2016.1238130](https://doi.org/10.1080/00405000.2016.1238130)
4. Alikhani, R., Torabi, S. A., & Altay, N. (2019). Strategic supplier selection under sustainability and risk criteria. *International Journal of Production Economics*, 208, 69-82. [doi:10.1016/j.ijpe.2018.11.018](https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.11.018)
5. Azadeh, A., & Alem, S. M. (2010). A flexible deterministic, stochastic and fuzzy Data Envelopment Analysis approach for supply chain risk and vendor selection problem: Simulation analysis. *Expert Systems with Applications*, 37(12), 7438-7448. [doi:10.1016/j.eswa.2010.04.022](https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.04.022)
6. Awasthi, A., Govindan, K., & Gold, S. (2018). Multi-tier sustainable global supplier selection using a fuzzy AHP-VIKOR based approach. *International Journal of Production Economics*, 195, 106-117. [doi:10.1016/j.ijpe.2017.10.013](https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.10.013)
7. Bhattacharyya, R. (2015). A grey theory based multiple attribute approach for R&D project portfolio selection. *Fuzzy Information and Engineering*, 7(2), 211-225. [doi:10.1016/j.fiae.2015.05.006](https://doi.org/10.1016/j.fiae.2015.05.006)
8. Bhutta, M. K. S. (2003). Supplier selection problem: methodology literature review. *Journal of International Information Management*, 12(2), 5.
9. Cengiz, A.; Aytakin, O.; Ozdemir, I.; Kusan, H.; Cabuk, A. A Multi-Criteria Decision Model for Construction Material Supplier Selection. *Procedia Eng.* 2017, 196, 294–301 [doi:10.1016/j.proeng.2017.07.202](https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.202)
10. Chai, J., Liu, J. N., & Ngai, E. W. (2013). Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature. *Expert systems with applications*, 40(10), 3872-3885. [doi:10.1016/j.eswa.2012.12.040](https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.12.040)
11. Chai, J., & Ngai, E. W. (2020). Decision-making techniques in supplier selection: Recent accomplishments and what lies ahead. *Expert Systems with Applications*, 140, 112903. [doi:10.1016/j.eswa.2019.112903](https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.112903)
12. Chan F.T.S., & Chan H.K. (2010). An AHP model for selection of suppliers in the fast changing fashion market. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 51, 1195–1207. [doi:10.1007/s00170-010-2683-6](https://doi.org/10.1007/s00170-010-2683-6)
13. Chan, F. T., & Kumar, N. (2007). Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP-based approach. *Omega*, 35(4), 417-431. [doi:10.1016/j.omega.2005.08.004](https://doi.org/10.1016/j.omega.2005.08.004)
14. Çalık, A. (2018). Otomotiv Tedarik Zincirinde Risk Değerlendirmesi için Bulanık AHP ve TOPSIS ile Bütünleşik Bir Yaklaşım, *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 10(4), 868-886.

15. De Felice, F., Deldoost, M. H., & Faizollahi, M. (2015). Performance measurement model for the supplier selection based on AHP. *International Journal of Engineering Business Management*, 7(Godışte 2015), 7-17. [doi:10.5772/61702](https://doi.org/10.5772/61702)
16. Er Kara, M., & Oktay Fırat, S. (2018). Supplier Risk Assessment Based on Best-Worst Method and K-Means Clustering: A Case Study. *Sustainability*, 10(4), 1066. [doi:10.3390/su10041066](https://doi.org/10.3390/su10041066)
17. Ghodsypour, S.H. and O'Brien, C. (2001), "The total cost of logistics in supplier selection, under conditions of multiple sourcing, multiple criteria and capacity constraint", *International Journal of Production Economics*, Vol. 73, pp. 15-27.pg 16 [doi:10.1016/S0925-5273\(01\)00093-7](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(01)00093-7)
18. Hamdi, F.; Ghorbel, A.; Masmoudi, F.; Dupont, L. Optimization of a supply portfolio in the context of supply chain risk management: Literature review. *J. Intell. Manuf.* 2018, 29, 763–788. [doi:10.1007/s10845-015-1128-3](https://doi.org/10.1007/s10845-015-1128-3)
19. Ho, W., Xu, X., Dey, P.K., 2010. Muticriteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: a literature review. *European Journal of Operational Research* 202 (1), 16–24. [doi:10.1016/j.ejor.2009.05.009](https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.05.009)
20. Hosseini, S., Khaled A.A., (2019). A hybrid ensemble and AHP approach for resilient supplier selection. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 30(1), 207-228. [doi:10.1007/s10845-016-1241-y](https://doi.org/10.1007/s10845-016-1241-y)
21. Jadidi, O., Yusuff, R. M., Firouzi, F., & Hong, T. S. (2008). Improvement of a grey based method for supplier selection problem. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 31(2), 770-777.
22. Jia, P., Govindan, K., Choi, T. M., & Rajendran, S. (2015). Supplier selection problems in fashion business operations with sustainability considerations. *Sustainability*, 7(2), 1603-1619. [doi:10.3390/su7021603](https://doi.org/10.3390/su7021603)
23. Kahraman, C., Cebeci, U., & Ulukan, Z. (2003). Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP. *Logistics information management*, 16(6), 382-394.
24. Kraljic, P. 1983. Purchasing must become supply management. *Harvard Business Review*, 61(5): 109-117.
25. KaiFu, Y., (2019). An integrated approach to catering supplier selection using AHP-ARAS-MCGP methodology. *Journal of Air Transport Management*, 75, 164-169. [doi:10.1016/j.jairtraman.2019.01.011](https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2019.01.011)
26. Lee, A. H. (2009). A fuzzy supplier selection model with the consideration of benefits, opportunities, costs and risks. *Expert systems with applications*, 36(2), 2879-2893. [doi:10.1016/j.eswa.2008.01.045](https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.01.045)
27. Li, G. D., Yamaguchi, D., & Nagai, M. (2007). A grey-based decision-making approach to the supplier selection problem. *Mathematical and computer modelling*, 46(3-4), 573-581. [doi:10.1016/j.mcm.2006.11.021](https://doi.org/10.1016/j.mcm.2006.11.021)
28. Li, Y., Diabat, A. & Lu, C., (2020). Leagile supplier selection in Chinese textile industries: a DEMATEL approach. *Ann Oper Res* 287, 303–322 [doi:10.1007/s10479-019-03453-2](https://doi.org/10.1007/s10479-019-03453-2)
29. Lingyu, H., Bingwu, L., & Juntao, L. (2009, August). An ERP system selection model based on fuzzy grey TOPSIS for SMEs. In 2009 Sixth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (Vol. 3, pp. 244-248). IEEE.

30. Liu T., Deng Y., Chan F., (2018). Evidential supplier selection based on DEMATEL and game theory. *International Journal of Fuzzy Systems*, 20(4), 1321-1333. [doi:10.1007/s40815-017-0400-4](https://doi.org/10.1007/s40815-017-0400-4)
31. Mukherjee, K. (2016). Supplier selection criteria and methods: past, present and future. *International Journal of Operational Research*, 27 (1/2), 356-373 [doi:10.1504/IJOR.2016.078470](https://doi.org/10.1504/IJOR.2016.078470)
32. Mishra, S., Datta, S., & Mahapatra, S. S. (2013). Grey-based and fuzzy TOPSIS decision-making approach for agility evaluation of mass customization systems. *Benchmarking: An International Journal*, 20(4), 440-462. [doi:10.1108/BIJ-07-2011-0050](https://doi.org/10.1108/BIJ-07-2011-0050)
33. Mwikali, R., and Kavale, S. (2012). "Factors affecting the selection of optimal suppliers in procurement management." *Int. J. Human. Social Sci.*, 2(14), 189–193. Pg.191
34. Nyaoga, R., Magutu, P., & Wang, M. (2016). Application of Grey-TOPSIS approach to evaluate value chain performance of tea processing chains. *Decision Science Letters*, 5(3), 431-446. [doi:10.5267/j.dsl.2016.1.002](https://doi.org/10.5267/j.dsl.2016.1.002)
35. Pal, O., Gupta, A. K., & Garg, R. K. (2013). Supplier selection criteria and methods in supply chains: A review. *International Journal of Social, Management, Economics and Business Engineering*, 7(10), 1403-1409.
36. Plebankiewicz, E., & Kubek, D. (2015). Multicriteria selection of the building material supplier using AHP and fuzzy AHP. *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(1), 04015057. [doi:10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001033](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001033)
37. Rosell, D.T., Lakemond, N. and Wasti, S.N. (2014), "Integrating knowledge with suppliers at the R&D-manufacturing interface", *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 25 No. 2, p. 6. [doi:10.1108/JMTM-12-2013-0171](https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2013-0171)
38. Stević, Ž. (2017). Criteria for supplier selection: A literature review. *International Journal of Engineering, Business and Enterprise Applications*, 19(1), 23-27. [doi:10.1016/j.jal.2016.11.016](https://doi.org/10.1016/j.jal.2016.11.016)
39. Taherdoosta, H., Brard, A., (2019). Analyzing the Process of Supplier Selection Criteria and Methods. *Procedia Manufacturing*, (32), 1024–1034. [doi:10.1016/j.promfg.2019.02.317](https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.317)
40. Thiruchelvam, S., & Tookey, J. E. (2011). Evolving trends of supplier selection criteria and methods. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*, 4(1), 437-454. [doi:10.15282/ijame.4.2011.6.0036](https://doi.org/10.15282/ijame.4.2011.6.0036)
41. Ustun, O., & Demı, E. A. (2008). An integrated multi-objective decision-making process for multi-period lot-sizing with supplier selection. *Omega*, 36(4), 509-521. [doi:10.1016/j.omega.2006.12.004](https://doi.org/10.1016/j.omega.2006.12.004)
42. Wan, S.P., Xu, G.L., Dong, & J.Y., (2017). Supplier selection using ANP and ELECTRE II in interval 2-tuple linguistic environment. *Information Sciences*, 385, 19-38. [doi:10.1016/j.ins.2016.12.032](https://doi.org/10.1016/j.ins.2016.12.032)
43. Zare, A., Feylizadeh, M., Mahmoudi, A., Liu, S., 2018. Suitable computerized maintenance management system selection using grey group TOPSIS and fuzzy group VIKOR: A case study. *Decision Science Letters*, 7(4), 341-358. [doi:10.5267/j.dsl.2018.04.001](https://doi.org/10.5267/j.dsl.2018.04.001)

