



İşletme Araştırmaları Dergisi  
Journal of Business Research-Turk  
10/4 (2018) 868-886

Journal Of  
Business Research  
Turk  
www.isarder.org

***Araştırma Makalesi***

**Otomotiv Tedarik Zincirinde Risk Değerlendirmesi için Bulanık AHP ve TOPSIS ile Bütünleşik Bir Yaklaşım**

*An Integrated Approach with Fuzzy AHP and TOPSIS for Risk Assessment in Automotive Supply Chain*

**Ahmet ÇALIK**

KTO Karatay Üniversitesi  
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi  
Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü  
Konya, Türkiye  
[orcid.org/0000-0002-6796-0052](https://orcid.org/0000-0002-6796-0052)  
[ahmetcalik51@gmail.com](mailto:ahmetcalik51@gmail.com)

**Özet**

Tedarik zinciri risk yönetimi (TZRY), tedarik zincirinin sürekliliği ve karlılığına yönelik tehditleri tanımlamak, izlemek, tespit etmek ve azaltmak için bir kuruluşun koordineli gayretleridir. Tedarik zinciri operasyonlarının genellikle dış kaynak sağlayıcılar tarafından gerçekleştirilmesi ile tehditlerin daha az görünür olmasından dolayı riskleri tanımlamak daha zor hale gelmiştir. Bu nedenle, bu çalışmada otomotiv yan sanayi sektöründeki bir firmada tedarik zinciri yönetimindeki riskleri önceliklendirmek ve analiz etmek için bütünleşik AHP ve TOPSIS yaklaşımı sağlanması amaçlanmıştır. Bu amaçla dört aşamadan oluşan bütünleşik bir çözüm yaklaşımı uygulanmıştır. İlk aşamada, TZRY’nde belirlenen kriterlerin ağırlıklarını elde edebilmek için ikili karşılaştırma matrisleri ile uzmanların görüşleri toplanmıştır. Bu aşamada, analitik hiyerarşi prosesi (AHP) kesin ve bulanık ortamda risk önceliklerini tespit etmek için kullanılmıştır. İkinci aşamada, bulanık dilsel ifadeler tedarikçilerin risk değerlendirmelerini belirlenen kriterlerine göre derecelendirmek için kullanılmıştır. Üçüncü aşamada, belirlenen risk seviye ağırlıkları ve risk değerlendirmeleri TOPSIS yönteminde kullanılarak tedarikçilerin risk puanları hesaplanmıştır. Dördüncü aşamada, elde edilen risk puanlarına göre tedarikçiler için çeşitli çıkarımlar belirlenmiştir. Son olarak, önerilen yaklaşımın etkinliğini göstermek için otomotiv yan sanayinde parça üreten bir firma üzerinde önerilen yaklaşımın uygulaması gerçekleştirilmiştir. Belirlenen altı risk kategorisi için Operasyonel Risk > Finansal Risk > Tedarik Riski > Bilgi Riski > Sosyal ve Çevresel Risk > Ürün Kurtarma Riski = Talep Riski sıralaması elde edilmiş, operasyonel risklerin en önemli kriter olduğu sonucuna varılmıştır. Sonuçlar ayrıca, kesin ve bulanık ortamda elde edilen risk önceliklerinin tedarikçilerin sıralamasında bir farklılık olmadığını göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bulanık AHP, Otomotiv sektörü, Risk analizi, TOPSIS.

**Gönderme Tarihi** 10 Temmuz 2018; **Revizyon Tarihi** 11 Aralık 2018; **Kabul Tarihi** 15 Aralık 2018

**Önerilen Atıf/ Suggested Citation:**

Çalık, A. (2018). Otomotiv Tedarik Zincirinde Risk Değerlendirmesi için Bulanık AHP ve TOPSIS ile Bütünleşik Bir Yaklaşım, *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 10 (4), 868-886.

### Abstract

*Supply chain risk management (SCRM) is the coordinated effort of an organization to identify, monitor, detect and mitigate threats to the continuity and profitability of the supply chain. It has become more difficult to identify risks as supply chain operations are often carried out by outsourcers, as threats are less visible. Therefore, in this study, it is aimed to provide an integrated AHP and TOPSIS approach to prioritize and analyse the risks in supply chain management for a company in the automotive spare part industry. For this purpose, a four-step integrated solution approach is implemented. In the first step, in order to obtain the weights of the criteria determined in the SCRM, the opinions of the experts with the pairwise comparison matrices are collected. At this step, the analytical hierarchy process (AHP) is used to identify risk priorities in a crisp and fuzzy environment. In the second step, fuzzy linguistic expressions are used to rank suppliers' risk assessments according to specified criteria. In the third step, the risk scores of the suppliers are calculated using the determined risk level weights and risk assessments in the TOPSIS method. In the fourth step, various implications are determined for suppliers according to the risk scores obtained from suppliers. Finally, in order to demonstrate the effectiveness of the proposed approach, the approach proposed for a company producing parts in the automotive sub-industry has been implemented. For the identified six risk categories, Operational Risk > Financial Risk > Supply Risk > Information Risk > Social and Environmental Risk > Product Recovery Risk = Demand Risk ranking was obtained and it was concluded that operational risks were the most important criteria. The results also show that there is no difference in the suppliers' ranking of the risk priorities obtained in the crisp and fuzzy environment.*

**Keywords:** Automotive Sector, Fuzz AHP, Risk analysis, TOPSIS.

**Received 10 July 2018; Received in revised from 11 December 2018; Accepted 15 December 2018**

### 1. Giriş

Tedarik zinciri yönetimi (TZY) tedarikçiler, üreticiler, perakendeciler ve müşteriler arasındaki karşılıklı ilişkinin etkin bir şekilde yönetilmesini sağlayan bir süreçtir. Bu süreçte ürünler doğru miktarlarda, doğru yerden, doğru yere, doğru zamanda maliyetleri en aza indirecek ve tüm TZY hizmet düzeylerinin en iyilenmesini sağlayacak şekilde süreç boyunca üretilebilir ve dağıtılabılır. Tedarik zincirlerinin karmaşıklığı özelliklerine, dinamiğine, aktörler arasındaki ilişkilere ve iletişimin yanı sıra çevrenin özelliklerine bağlıdır. Artan ürün/hizmet karmaşıklığı ve tedarik zincirinde dış kaynak kullanımı ile birlikte tedarik zincirinde risk giderek artmakta ve TZY'nde risk yönetimi giderek önem kazanmaktadır.

Risk her zaman tedarik zincirinin bir parçası olmuştur. Herhangi bir işletmenin dört duvarı içinde ve/veya dışında öngörülemeyen ancak işletmelerin faaliyetlerini etkilemesi muhtemel olaylar gerçekleşmektedir. Tedarik zinciri risk yönetimi (TZRY), şirketlerin, tedarik zinciri boyunca tedarik zincirindeki lojistik faaliyetler veya kaynakların neden olduğu belirsizliklerin üstesinden gelmek için risk unsuru barındıran olaylara karşı işbirliği yaptığı ve çözümler aradığı bir platformdur (Radivojević & Gajović, 2014). Şirketlerin gittikçe birbirine bağlı olduğu ve rekabetin daha fazla olduğu modern ekonomik bağlamda, tahmin edilmesi güç olan ve şirketin karı ve rekabetçiliği üzerinde olumsuz etkisi olabilecek risk faktörlerini değerlendirmek çok

önemlidir (Verbano & Venturini, 2011). Bu nedenle, işletmeler sadece üretim ve pazarlamada değil tedarik zinciri ağındaki faaliyetlerin tamamında risk yönetimine bütünleşmek yoluna gitmeye başlamışlardır.

TZRY'nin amacı, tedarik zincirindeki faaliyetlerin işlemesi için riskli olayların olma olasılığını azaltmak ve risklere karşı hazır bir tavır takınmaktır. Tedarik zincirinde riskleri tanımlayıp analiz etmek ve oluşacak zarardan kurtarmak tedarik zinciri operasyonlarının tüm süreçlerini (üretim, depolama, taşıma, sigortalama, dağıtım, katma değerli işlemler, gümrükleme) zarardan korumak demektir (Öner, 2017).

TZRY'nin aşağıdaki dört temel yapısı, yönetim kavramının ilgili kritik yönlerini belirlememizi sağlar: (1) tedarik zinciri için risk kaynaklarının değerlendirilmesi; (2) en ilgili risk sonuçlarının tanımlanması ile tedarik zincirinde risk kavramının tanımlanması; (3) tedarik zinciri stratejisinde risk unsurlarının izlenmesi ve (4) tedarik zincirindeki risklerin azaltılması (Jüttner, Peck, & Christopher, 2003). TZRY stratejileri, bir işletmenin potansiyel sorunları öngörmesine ve hem bu risklere hem de öngörülemeyen tedarik zinciri kesintilerine mümkün olduğunca hızlı ve verimli şekilde uyum sağlamasına yardımcı olur.

Özellikle uluslararası faaliyet gösteren işletmeler TZRY konusunda ciddi yatırımlar ve çalışmalar yapmaktadırlar. Örneğin Dell firması envanterleri farklı taşıma seçeneklerini bulundurarak elde bulundurma maliyetlerini azaltırken aynı zamanda gecikme risklerinin de önüne geçmiş olmaktadır (Öner, 2017). Dell, Toyota, Motorola ve diğer önde gelen üreticiler tedarik zincirlerine yönelik riskleri belirleme konusunda ve potansiyel olarak olumsuz etkilerini gideren azaltma stratejileri oluşturmada çok başarılıydılar (Chopra & Sodhi, 2004). Günümüzde işletmelerin bilgi sistemlerine ve insan kaynaklarına yatırım yapmasını gerektiren kapsamlı metodolojilere sürekli ihtiyaç duyulmaktadır.

Yukarıdaki açıklamalar göz önünde bulundurulduğunda, bu çalışmada TZY'nde risklerin başarılı bir şekilde yönetilmesi sürecinde risklerin belirlenmesi ve analiz edilmesi için AHP ve TOPSIS yöntemlerine dayalı bütünleşik bir yaklaşım önerilmektedir. TZY'nde riskleri belirlemek için, Konya otomotiv yan sanayi sektöründe faaliyet gösteren bir şirket incelenmiştir. Mevcut araştırmanın ilk amacı, TZY ile ilgili çeşitli riskleri tanımlamaktır. Bu çalışmanın ikinci amacı, TZRY'nde bir analiz yöntemi önermek ve TZRY için bir risk değerlendirme yaklaşımının geliştirilmesidir.

Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde, sırasıyla, literatür araştırması, araştırmanın yöntemi ve adımları, sayısal uygulama ve elde edilen sonuçlar, sonuç kısmında ise araştırmanın genel bir gözden geçirilmesi ele alınacaktır.

## 2. Literatür Araştırması

Tedarik zinciri ağında gerçekleştirilen işlemler tamamen öngörülebilir değildir ve genellikle önemli olabilecek potansiyel risklere maruz kalmaktadırlar. Yönetimsel bakış açısından risk, tipik ve normal aktiviteleri bozmak veya bir şeyin amaçlandığı gibi gerçekleşmesini önlemek için bir şeyin olabileceğine dair bir tehdittir (Waters, 2011). TZY'nde riskler, bilgi ve malzeme hareketini etkileyebilecek öngörülmeleyen olaylardır ve ürünlerin başlangıç noktasından tüketim noktasına kadar olan akışı bozabilmektedir. Farklı uzmanlar ve araştırmacılar, TZY'nde riskleri ve kaynaklarını değerlendirmeyi denemişlerdir. Jüttner vd. (2003) arz ve talep arasındaki uyumsuzluk olasılığını tedarik zinciri riskleri olarak adlandırmışlardır. Bu riskler çevresel, organizasyonel veya tedarik zinciri ile ilgili değişkenler gibi çoklu kaynaklardan kaynaklanabilmektedir. TZRY,

potansiyel risk kaynaklarını tanımlamayı ve tedarik zincirindeki bu zafiyetleri etkisiz hale getirmek için uygun önlemleri almayı hedeflemektedir. Chopra & Sodhi (2004) potansiyel tedarik zinciri risklerini dokuz kategoriye ayırmıştır: (a) Bozulmalar, (b) Gecikmeler, (c) Sistemler, (d) Tahmin, (d) Fikri mülkiyet, (e) Tedarik, (f) Alacaklar, (g) Envanter ve (h) Kapasite. Her bir risk türüne karşı bu riskleri ve azaltma stratejisine yönlendiren olayları ve koşulları tespit etmişlerdir. TZRY stratejisi oluştururken belirtilen riskleri ele almak için, iki şeyin dikkate alınması gerekmektedir. Birincisi, tedarik zinciri riskinin kuruluş çapında anlaşılması gerekmektedir. Ardından, belirli şirketlerin koşullarına karşı riski azaltmak için yaklaşımları adapte etme metodolojisinin belirlenmesi takip edilmelidir. Gaudenzi & Borghesi (2006) tedarik zincirinin içinde veya dışında meydana gelebilecek tedarik zinciri bozulmalarını ele almışlardır. Bu çalışmada tedarik zinciri bozulmalarını beş farklı sınıfa ayırmışlardır: (1) talep tarafı; (2) tedarik tarafı; (3) düzenleyici, yasal ve bürokratik; (4) altyapı ve (5) felaket. Blackhurst, Scheibe, & Johnson (2008) tedarik zinciri riskleri arttığında bir tedarik zincirinde ortaya çıkabilecek, uzun teslimat süreleri, stoklar, müşteri talebini karşılamada yetersizlik ve maliyet artışı gibi çeşitli sorunların tedarik zincirinde bozulmalara neden olabileceğini belirtmişlerdir.

Yu, Zeng, & Zhao (2009) tedarik zincirinde talepte bozulma meydana geldiğinde tek veya ikili kaynak kullanımının, bozulma olasılığının büyüklüğüne bağlı olarak etkili olabileceği sonucuna varmışlardır. Bochao (2010) tedarik zinciri risk kaynaklarına dayalı bir risk değerlendirme endeks sistemi kurmuş ve sınıflandırmıştır. Ardından AHP ve bulanık kapsamlı değerlendirme yöntemini kullanarak tedarik zincirindeki risk göstergelerini ölçmüşlerdir. Tang & Nurmaya Musa (2011) 14 yıllık dönemde TZRY ve ilgili çalışmaları incelemişler, riskleri tanımlamışlar ve sınıflandırmışlardır. Alıntı ve kaynak gösterme yönünden yaptıkları literatür incelemesine göre en önemli riskler üç alt başlıkta tanımlanmıştır; maddi, finansal ve bilgi akışı riski. Wang, Chan, & Diaz-Rainey (2012) giyim sektörünün doğasında yer alan dalgalanmalar ve belirsizlikler için, yeşil faaliyetlerin uygulanması sırasında ortaya çıkabilecek riskleri değerlendirmede iki aşamalı bulanık AHP modelini önermişler ve önerilen modelin nasıl çalıştığını göstermek için sayısal bir örnek eklemişlerdir. Meena & Sarmah (2013) her bir tedarikçi için toplam maliyet minimizasyonunu farklı kapasite, başarısızlık olasılığı ve miktar indirimlerini göz önünde bulundurularak, tedarik bozulması riski altında birden fazla tedarikçi arasında bir üretici tarafından sipariş dağıtımını için karma tamsayı doğrusal olmayan bir programlama modeli geliştirmişlerdir. Aggarwal & Sharma (2013) tedarik zincirlerinde yer alan riskleri tanımlamanın ve değerlendirmenin çok amaçlı bir sorun olduğuna dikkat çekerek çok kriterli bir değerlendirme yöntemi önermişlerdir. Bu bağlamda, tedarik, süreç, talep, kontrol ve çevresel riskleri tanımlamış ve bu riskler arasındaki önem seviyelerini ve öncelik ilişkilerini belirlemek için bulanık AHP yaklaşımını önermişlerdir. S. K. Mangla, Kumar, & Barua (2015) yeşil tedarik zinciri uygulamalarının iş dünyasında etkin bir şekilde anlaşılması ve başarılı bir şekilde yönetilmesi amacıyla risklerin tanımlanması ve analiz edilmesini önermişlerdir. İki aşamalı bir araştırma yaklaşımı önerilmiş ve kullanılmıştır. İlk aşamada, yeşil tedarik zinciri ile ilişkili altı risk kategorisi ve yirmi beş spesifik risk tanımlanmıştır. İkinci aşamada, bulanık AHP, öncelikli konuların belirlenmesinde belirlenen riskleri analiz etmek için kullanılmıştır. S. Mangla, Kumar, & Barua (2016) risk analizi için fay ağacı analizi ve bulanık AHP ile bütünlük bir yöntem önermişlerdir. Çalışmanın uygulanmasını göstermek için bir plastik üreticisi yeşil tedarik zinciri örneği sunulmuştur. Mital, Del Giudice, & Papa (2018) tedarik zinciri risk faktörlerini dört

ürün için başlatmışlar ve karar ağacı oluşturmuşlardır. Belirlenen karar verme kriterlerine dayanarak, AHP yöntemi riskin ölçülmesi için uygulanmış ve riskin tedarik zincirleri arasında değiştiğini göstermişlerdir.

Literatür araştırması sonucunda, araştırmacıların genellikle TZY’nde risklerin önceliklendirilmesine odaklandıkları, bu amaç için AHP ve bulanık AHP yöntemlerine başvurdukları görülmüştür. Özellikle bütünleşik AHP ve TOPSIS yöntemlerine dayalı çalışmalar risk yönetiminde çok az çalışılmıştır. Ayrıca, tedarikçilerin risk değerlendirme sonuçlarına göre çıkarımlar yapan çalışmalara az rastlanmaktadır. Bu noktadan hareketle, TZY’nde risk değerlendirmesi için bütünleşik bir yaklaşım önerilerek, elde edilen değerlendirmelere göre alternatifler için çıkarımlarda bulunulmuştur.

### 3. Yöntem

Otomotiv yan sanayi sektöründe tedarik zincirinde risk değerlendirmesi için önerilen çözüm yaklaşımı, tedarikçiler için özel riskleri göz önünde bulundurarak aşağıdaki ana adımlardan oluşmaktadır:

1. Tedarikçi risklerini kapsayan bir risk değerlendirme yaklaşımının geliştirilmesi
2. Tedarikçi risklerini ölçmek için kriterlerin belirlenmesi ve kriter ağırlıklarının elde edilmesi
3. Belirlenen kriterlere göre tedarikçilerin risk değerlendirmeleri için karar vericilerden bilgi toplanması
4. Belirli riskler arasında tedarikçi performanslarını sıralanması ve risk düzeylerine göre çıkarımların yapılması

Önerilen çözüm yaklaşımı dört adımdan oluşmaktadır: İlk adımda, tedarikçilerin risk seviyelerini tespit edebilmek için kullanılacak yöntemler belirlenmelidir. Bu çalışmada (bulanık) AHP ve TOPSIS yöntemleri ile bir değerlendirme yaklaşımı oluşturulmuştur. İkinci adımda, tedarikçilerin değerlendirilmesi için risk kriterleri belirlenmiş ve birbirleri arasındaki önem dereceleri (bulanık) AHP yöntemi ile elde edilmiştir. Üçüncü adımda, belirlenen risk kriterlerine göre risk değerlendirilmesi yapılmış ve risk puanlarının elde edilmesi için TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Dördüncü adımda, her bir tedarikçi için elde edilen risk puanları hesaplanmış ve risk gruplarına atanarak her bir tedarikçi için çıkarımlarda bulunulmuştur.

Uygulama aşamasında kriter ağırlıkları (bulanık) AHP ile belirlenmiş ve belirlenen ağırlıklar TOPSIS yönteminde kullanılarak tedarikçilerin risk puanları hesaplanmıştır. AHP, farklı kriterler arasındaki öncelikleri belirlemek için güçlü bir karar verme metodolojisidir. Chang (1996), genişletilmiş analiz yöntemine dayalı bir Bulanık AHP yaklaşımını önermiş ve çok kriterli karar verme problemlerinde yaygın olarak kullanılmıştır. Bu yöntem, karar vericiler tarafından verilen karşılaştırmalı kararları ifade etmek için dilsel değişkenleri kullanmaktadır. Chang (1996)’ın genişletme analizi yönteminde öncelikle *i*. amaca göre bulanık sentetik genişletmesi değeri elde edilir. Daha sonra, üçgen bulanık sayıların karşılaştırmak için olabilirlik derecesi hesaplanır. Son olarak, ağırlık vektörü normalize edilerek her bir kriterin ağırlığı elde edilmiş olur.

TOPSIS, ilk olarak Hwang ve Yoon (1981) tarafından önerilen çok kriterli bir karar verme yöntemidir. Bu yöntem, optimal çözümün pozitif ideal çözümden en yakın mesafeye ve negatif ideal çözümden en uzak mesafeye sahip olması fikrine dayanmaktadır. Bu çalışmada, otomotiv yan sanayi sektöründe tedarikçilerin risk

puanlarının hesaplanması için TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. TOPSIS yönteminin adımları şu şekildedir (Oztaysi, 2014; Seçme, Bayrakdaroğlu, & Kahraman, 2009): Birinci adımda, karar matrisi ( $D$ ) oluşturulur. İkinci adımda, normalize edilmiş karar matrisi ( $R$ ) elde edilir. Üçüncü adımda, ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi ( $V$ ) oluşturulur. Dördüncü adımda, pozitif ideal çözüm ( $A^*$ ) ve negatif ideal ( $A^-$ ) çözüm değerleri hesaplanır. Beşinci adımda, ideal çözüme olan uzaklıklar belirlenmekte son adımda ise ideal çözüme göreli yakınlık katsayıları hesaplanmaktadır.

### 3.1. Tedarik Zinciri Yönetiminde Risk Sürücülerinin Belirlemesi

Risk herhangi bir olayın ortaya çıkmasıyla ilişkili beklenmediklik ve belirsizlik olarak tanımlanabilir (Gurnani, Mehrotra, & Ray, 2012). Bir işletmenin tedarik zinciri göz önüne alındığında, zincirde bu riskleri ve risk faktörlerini yönetmek önemlidir. Aksi takdirde, sonuçlar bir işletmenin genel performansında bir düşüşe sebep olabilir ve yöneticilerin zamanında riskleri hafifletme önlemlerini hesaba katmaması durumunda daha da ciddi etkiler ortaya çıkabilir. Tedarik zinciri ile ilgili riskler yeşil, yalın, yalın&yeşil ve sürdürülebilir gibi tedarik zinciri sisteminin yapısındaki farklı araçlara ve algılara dayalı olarak sınıflandırılabilir. Tedarik zinciri riskleri, yönetsel kararlarından ortaya çıkan içsel riskler ve tedarik zincirinin dışındaki çevreden doğabilecek risklerden oluşan dışsal riskler bölünebilir (Radivojević & Gajović, 2014). Ayrıca, her risk kategorisi çok sayıda bireysel riski içerebilir. Bu çalışmada yedi ana tedarik zinciri risk kategorisi ele alınmış ve risklerin açıklamaları aşağıda verilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Tedarik zincirine özgü risklerin kaynakları ile tanımlamaları

No	Risk	Açıklama	Kaynaklar
1	Talep Riski (Demand Risk - D)	Üreticiler tarafından nihai ürünlerle ilgili taleplerdeki belirsizlikler ve kullanılmış ürünlerin toplanmasıyla ilgili risklerdir.	(S. Mangla et al., 2016; Min Ma, Fei Yao, & Huang, 2012)
2	Operasyonel Risk (Operational Risk - O)	Operasyonel (O) riskler, bir şirketin ticari faaliyetlerinde ana işlevlerin gerçekleştirilmesi ile ilgilidir. Taşımacılık riskleri, kapasite kısıtları, kalite sorunları, makine hataları, yazılım hatası, kusurlu verim, yetersiz iç prosedür ve süreçler, yetersiz bilgi yönetimi, öngörülemeyen iç veya dış olaylar bu sınıfa örnek olarak verilebilir.	(Min Ma et al., 2012; Yang & Li, 2010)
3	Tedarik Riski (Supply Risk - S)	Tedarik riskleri, öncelikli olarak tedarik zinciri ağındaki sorunları ilgilendirmektedir. Fiyat /maliyet artışları, kalite problemleri, tedarik devamsızlığı	(S. Mangla et al., 2016; S. Mangla, Madaan, & Chan, 2013)
4	Bilgi Riski (Information Risk - I)	Bu tür bir risk, tedarik zincirindeki akış ve bilgi ağı tasarımıyla ilgili konuları ifade eder. Örneğin, bilgi altyapısı arızası, sistem entegrasyonu veya yaygın sistemler ağı, ürün kurtarma için ürün bilgilerini izleme gibi.	(Min Ma et al., 2012; Sarkis, 2006)
5	Ürün kurtarma riski (Product Recovery Risk - PR)	Ürün kurtarma riski, ürünlerin iade ve geri kazanım işlemlerinde ortaya çıkan belirsizlikleri ve sorunları açıklamaktadır. Tersine tedarik ağ tasarımı, hasarlı ve kusurlu iade ürünlerinin görüntülenmesi, incelenmesi ve taranması	(S. Mangla, Madaan, & Chan, 2012; S. Mangla et al., 2013)
6	Finansal Risk (Financial Risk - F)	Tedarik zincirindeki finansal riskler, varlık sorunlarını içermektedir. Kaynak kullanımı, enflasyon ve döviz kurları gibi.	(S. K. Mangla et al., 2015; Yang & Li, 2010)
7	Sosyal ve Çevresel	Sosyal ve çevresel riskler, yönetim politikalarının	(Yang & Li,

Risk (Social and Environmental Risk - SE)	tedarik zinciri başarısızlığındaki sorumluluklarını engelleseyebilen risklerdir. Yönetim politikası başarısızlıkları, hükümet politikası riskleri, kurumsal stratejik hedeflerin eksikliği, karbon dioksit emisyonu, atık ve tehlikeli maddelerin yok edilme düzeyi	2010)
--	---	-------

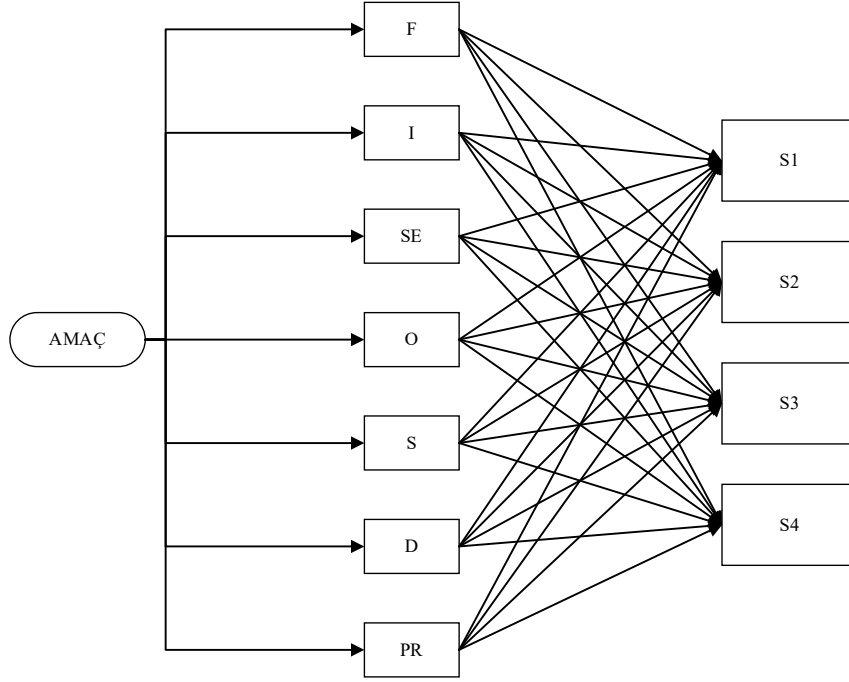
#### 4. Sayısal Uygulama

Bu bölümde, tedarikçilerinin risk perspektifinden değerlendirilmesiyle ilgilenen bir otomotiv yedek parça imalat şirketinde önerilen yaklaşımın sayısal uygulaması gösterilmiştir. Şirket, dünyanın dört bir yanındaki tedarikçilerinden malzeme tedarik etmektedir. Konya’da, otomotiv ana sanayiinde, Türk Motor Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi (TÜMOSAN) bulunmaktadır. Türkiye’de birçok şehirde, otomotiv yan sanayi sektörü gelişmiş olmakla birlikte birkaç şehirde yoğunlaşma görülmektedir. En fazla gelişme ve sektörel yoğunlaşmanın görüldüğü şehir ise Konya’dır. Sektör, 180 bin kişi ile toplam imalat sanayi istihdamında yaklaşık %5 paya sahiptir. Konya otomotiv yan sanayi sektöründe ise 400 civarında üretici firmada, 10 binin üzerinde kişiye istihdam sağlanmaktadır. Bu nedenlerle çalışmada ABC firmasının tedarikçilerini risk değerlendirmesi yapılmıştır.

Bu çalışmada veri toplama aşaması üç adımdan oluşmaktadır; ilk olarak, tedarikçilerin risk değerlendirmesiyle ilgili en yaygın risklerin belirlenmesi (bkz. Bölüm 3.1), ikincisi risk önceliklerin tespit edilmesi için (bulanık) AHP yönteminin kullanılması (bkz. Bölüm 3.2) ve son olarak tedarikçi risk puanlarının hesaplanması için TOPSIS yönteminin uygulanması (bkz. Bölüm 3.3).

Mevcut literatürün yardımıyla, tedarikçilerin değerlendirilmesine yönelik kriterler toplanarak örnek olay şirketinin karar vericilerine dağıtılmıştır. Üretim, lojistik ve satın alma departmanlarında çalışan üç uzmandan oluşan bir komite (KV1, KV2 ve KV3) oluşturularak belirlenen kriterlere gerçek dünyadaki karşılaştırması için son hali verilmiştir. Çeşitli görüşmeler gerçekleştirilerek, tedarikçilerin risk değerlendirme kriterleri Tablo 1’de gösterildiği gibi sonuçlandırılmıştır. Tablo 1’deki kriterlere dayanarak, tedarikçilerin risklerini değerlendirmek üzere yedi ana kriter geliştirilmiştir. Değerlendirme sürecinde dikkate alınan yedi kriter aşağıdaki gibidir: K1: (F) Finansal Risk; K2: (I) Bilgi Riski; K3: (SE) Sosyal ve Çevresel Risk; K4: (O) Operasyonel Risk; K5: (S) Tedarik Riski; K6: (D) Talep Riski ve K7: (PR) Ürün Kurtarma Riski.

Karar vericiler ile yapılan ön incelemeden sonra, dört potansiyel tedarikçi (S1, S2, S3, S4) risk değerlendirmesi için belirlenmiştir. Şekil 1, problemin hiyerarşik yapısını, kesinleşmiş kriterleri ve tedarikçileri göstermektedir. Tüm uzmanlara çalışmaya başlamadan önce, bu çalışmanın amaçları açıklanmış ve verilerin nasıl kullanılacağı onlarla tartışılmıştır. Uzmanlarla, bu çalışma için gerekli olan nitel ve nicel verilerin toplanması için şahsen görüşme yapılmıştır.



Şekil 1. Risk değerlendirmesi için karar verme sürecinin hiyerarşik yapısı

#### 4.1. Kriterler ağırlıklarının oluşturulması

Karar verme komitesi, kriterlerin önceliklerini oluşturmak için kriterlerin ikili karşılaştırmasını yapmışlardır. Öncelikle kesin sayılar ile kriterler ağırlıkları için üç karar verici tarafından sağlanan değerlendirme bilgileri toplanmış ve birleştirilmiş karşılaştırma matrisi Tablo 2'de sunulmuştur. Bu noktada, karar vericilerin görüşlerinin geometrik ortalaması alınarak kesin sayılar elde edilmiştir. Bu değerler klasik AHP yönteminde kullanılmış, kriter ağırlıkları ve tutarlılık oranı aşağıdaki gibi elde edilmiştir. Bu verilere göre karar vericiler için, 0.2184 önceliği ile operasyonel risk ilk sırada yer almaktadır.

Tablo 2. Kriterler için ikili birleştirilmiş karşılaştırma matrisi ve ağırlıklar

	F	I	SE	O	S	D	PR	Ağırlıklar
F	1	1.4422	1.1447	1.2599	2.1544	2.8844	2.2894	0.1972
I	0.6933	1	1.1447	1.3867	1.5874	2.7144	2.3811	0.1755
SE	0.8735	0.8735	1	0.5313	0.7469	2.6207	2.9043	0.1433
O	0.7937	0.7211	1.8820	1	1.4422	4.7622	3.5568	0.2184
S	0.4641	0.6299	1.3388	0.6933	1	3.1748	3.7797	0.1628
D	0.3466	0.3684	0.3815	0.2099	0.3149	1	0.6299	0.0538
PR	0.4367	0.4199	0.3443	0.2811	0.2645	1.5874	1	0.0610

Tutarlılık Oranı=0.0142



Tablo 3. İkili karşılaştırma matrisinde kullanılan göreceli önem ölçeği (Lin, 2010)

Dilsel Değişken	Önem Düzeyi	Bulanık Ölçek
Eşit derecede önemli	1	(1, 1, 1)
Orta	2	(1, 2, 3)
Zayıf derecede önemli	3	(2, 3, 4)
Orta	4	(3, 4, 5)
Kuvvetli derecede önemli	5	(4, 5, 6)
Orta	6	(5, 6, 7)
Çok kuvvetli derecede önemli	7	(6, 7, 8)
Orta	8	(7, 8, 9)
Kesinlikle daha önemli	9	(9, 9, 9)

Kesin sayıların bulanıklaştırılması için Tablo 3'de verilen dilsel değişkene ilişkin tanımlanan üçgensel bulanık sayılar kullanılmıştır. Karar vericilerin değerlendirmeleri bulanık sayılarda kullanılarak birleştirilmiş ve birleştirilmiş karar matrisi Tablo 4'te gösterilmiştir. Daha sonra Chang (1996)'nın genişletilmiş analiz yöntemi kullanarak belirlenen her bir risk kategorisi için öncelik ağırlıkları hesaplanarak öncelik vektörü  $W = (0.2090, 0.1884, 0.1505, 0.2605, 0.1916, 0, 0)$  olarak elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre, risk kategorilerinin öncelik sırası,  $O > F > S > I > SE > PR = D$  olarak verilebilir. Operasyonel risk kategorisi (O) ilk sırada yer almıştır ve bu nedenle diğer risk kategorilerine göre karar vericilere göre en yüksek önceliği sahiptir. TZY kapsamında operasyonel risk, yetersiz veya başarısız süreçler, operasyonlar, yöntemler, işgücü, sistemler vb. nedenlerden kaynaklanan risk olarak tanımlanabilir. Bu nedenle, yöneticiler ve planlayıcılar TZY'ndeki operasyonel riskleri yönetmek için çabalara ve eylem planlarına odaklanmalıdır.

Tablo 4. Birleştirilmiş bulanık ikili karşılaştırma matrisi

	F	I	SE	O	S	D	PR
<b>F</b>	(1.0000,1.0000)	(1.0627,1.4422, 1.8821)	(1.0000,1.1447, 1.3264)	(1.0000,1.2599, 1.0000)	(1.5874,2.1544, 2.6207)	(2.4101,2.8845, 3.3019)	(1.8899,2.2894, 2.8231)
<b>I</b>	(0.5313,0.6934,0.9410)	(1.0000,1.0000, 1.0000)	(0.8221,1.1447, 1.9129)	(0.9086,1.3867, 1.9574)	(1.2599,1.5874, 1.9574)	(2.1055,2.7144, 3.7798)	(2.0801,2.3811, 2.7589)
<b>SE</b>	(0.7539,0.8736,1.0000)	(0.5228,0.8736, 1.2164)	(1.0000,1.0000, 1.0000)	(0.4055,0.5313, 0.6934)	(1.0000,1.0000, 1.0000)	(0.5848,0.7469, 3.6593)	(2.0274,2.6207, 4.0000)
<b>O</b>	(1.0000,0.7937,1.0000)	(0.5109,0.7211, 1.1006)	(1.4422,1.8821, 2.4662)	(1.0000,1.0000, 1.0000)	(0.8736,1.4422, 2.2894)	(3.7798,4.7622, 5.6462)	(3.3019,3.5569, 3.7798)
<b>S</b>	(0.3816,0.4630,0.6300)	(0.5109,0.6300, 0.7937)	(1.0000,1.3389, 1.7100)	(0.4368,0.6934, 1.1447)	(1.0000,1.0000, 1.0000)	(1.9129,3.1748, 4.3267)	(2.6207,3.7798, 4.7622)
<b>D</b>	(0.3029,0.3449,0.4149)	(0.2646,0.3684, 0.4750)	(0.2733,0.3816, 0.4932)	(0.1771,0.2100, 0.2646)	(0.2311,0.3150, 0.5228)	(1.0000,1.0000, 1.0000)	(0.4055,0.6300, 1.0000)
<b>PR</b>	(0.3542,0.4329,0.5291)	(0.3625,0.4200, 0.4807)	(0.2500,0.3443, 0.4368)	(0.2646,0.2811, 0.3029)	(0.2100,0.2646, 0.3816)	(1.0000,1.5874, 2.4662)	(1.0000,1.0000, 1.0000)

#### 4.2. Tedarikçilerin risk puanlarının elde edilmesi

TOPSIS yöntemi, tedarikçilerin risk puanlarını elde edebilmek için (bulanık) AHP'den elde edilen ağırlıkları dikkate alarak kullanılmıştır. Elde edilen değerler, TOPSIS yönteminin nicel değerlendirmesi için ağırlık olarak kullanılmıştır. Tedarikçileri değerlendirmek için komite Tablo 5'de verilen kalitatif (dilsel) değişkenleri kullanmış ve belirlenen kriterlere göre değerlendirme tablosunu oluşturmuştur (Tablo 6).

Tablo 5. Sözel değerlendirmeler ve bulanık sayı karşılıkları

Sözel ifade	Bulanık karşılık
Çok Düşük (ÇD)	(0, 1, 3)
Düşük (D)	(1, 3, 5)
Orta (O)	(3, 5, 7)
İyi (İ)	(5, 7, 9)
Çok İyi (Çİ)	(7, 9, 10)

Tablo 6. Üç alternatif için sözel değerlendirmeler

	Tedarikçiler		Karar Vericiler	
		KV1	KV2	KV3
<b>F</b>	S1	D	O	D
	S2	O	O	İ
	S3	ÇD	ÇD	D
	S4	Çİ	Çİ	İ
<b>I</b>	S1	O	O	D
	S2	İ	İ	Çİ
	S3	D	ÇD	D
	S4	Çİ	İ	Çİ
<b>SE</b>	S1	ÇD	D	D
	S2	D	O	O
	S3	ÇD	D	D
	S4	İ	İ	Çİ
<b>O</b>	S1	D	D	D
	S2	O	O	İ
	S3	ÇD	ÇD	D
	S4	Çİ	Çİ	İ
<b>S</b>	S1	O	İ	İ
	S2	O	O	D
	S3	O	İ	O
	S4	Çİ	Çİ	İ
<b>D</b>	S1	O	O	O
	S2	İ	İ	İ
	S3	D	ÇD	D
	S4	İ	Çİ	İ
<b>PR</b>	S1	O	O	İ
	S2	İ	İ	O
	S3	D	D	O
	S4	Çİ	İ	Çİ

Tedarikçiler için birleştirilmiş bulanık değerlendirmeler, Denklem (1) kullanılarak elde edilmiş ve birleştirilmiş (toplam) bulanık değerlendirmeler kesin bir sayıya dönüştürülmüştür. Tablo 7, tedarikçiler için birleştirilmiş bulanık değerlendirmeler ve kesin değerlendirmeleri göstermektedir.

**NOT:**  $\tilde{x}_{ij}^K = i$ . alternatifin  $j$ . kritere göre değerini göstermek üzere,  $K$  tane karar vericiden oluşan bir grupta, alternatiflerin birleştirilmiş değerleri,

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{K} [\tilde{x}_{ij}^1 + \tilde{x}_{ij}^2 + \dots + \tilde{x}_{ij}^K] \quad (1)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır.

Tablo 7. Alternatifler için toplam bulanık karar matrisi

	Tedarikçiler	Birleştirilmiş bulanık değerlendirmeler	Kesin değerlendirmeler
<b>F</b>	S1	(1.66,3.66,5.66)	3.66
	S2	(3.66,5.66,7.66)	5.66
	S3	(0.33,1.66,3.66)	1.883
	S4	(6.33,8.33,9.66)	8.106
<b>I</b>	S1	(2.33,4.33,6.33)	4.33
	S2	(5.66,7.66,9.33)	7.55
	S3	(0.66,2.33,4.33)	2.44
	S4	(6.33,8.33,9.66)	8.106
<b>SE</b>	S1	(0.66,2.33,4.33)	2.44
	S2	(2.33,4.33,6.33)	4.33
	S3	(0.66,2.33,4.33)	2.44
	S4	(5.66,7.66,9.33)	7.55
<b>O</b>	S1	(1,3,5)	3
	S2	(3.66,5.66,7.66)	5.66
	S3	(0.33,1.66,3.66)	1.883
	S4	(6.33,8.33,9.66)	8.106
<b>S</b>	S1	(4.33,6.33,8.33)	6.33
	S2	(2.33,4.33,6.33)	4.33
	S3	(3.66,5.66,7.66)	5.66
	S4	(6.33,8.33,9.66)	8.106
<b>D</b>	S1	(3,5,7)	5
	S2	(5,7,9)	7
	S3	(0.66,2.33,4.33)	2.44
	S4	(5.66,7.66,9.33)	7.55
<b>PR</b>	S1	(3.66,5.66,7.66)	5.66
	S2	(4.33,6.33,8.33)	6.33
	S3	(1.66,3.66,5.66)	3.66
	S4	(6.33,8.33,9.66)	8.106

Elde edilen kesin değerlendirmeler TOPSIS yöntemi için karar matrisi değerleri olarak kullanılmıştır (Tablo 8). Her bir kritere göre tedarikçilerin toplanmış karar matrisi ve her bir kritere göre tedarikçilerin normalleştirilmiş bulanık matrisi kullanılarak hesaplanmıştır. Her bir tedarikçi için pozitif ideal çözüme uzaklık ( $d_i^*$ ) ve negatif ideal çözüme uzaklık ( $d_i^-$ ) değerleri hesap edilmiştir. Daha sonra tedarikçilerin ideal çözüme göreli yakınlık değeri ile hesap edilerek Tablo 9'da gösterilmiştir. Bulanık AHP yönteminden elde edilen ağırlıklar içinde benzer işlemler gerçekleştirilmiş ve Tablo 10'da verilen sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 8. Alternatif tedarikçiler için karar matrisi

Tedarikçiler	F	I	SE	O	S	D	PR
S1	3.66	4.33	2.44	3	6.33	5	5.66
S2	5.66	7.55	4.33	5.66	4.33	7	6.33
S3	1.88	2.44	2.44	1.88	5.66	2.44	3.66
S4	8.106	8.106	7.55	8.106	8.106	7.55	8.106

Tablo 9. AHP için negatif ve pozitif ideal çözümden uzaklıklar ve yakınlık değerleri

Tedarikçiler	$d^+$	$d^-$	$CC_i$	AHP için Sıralama
S1	0.1671	0.0572	0.2551	3
S2	0.0981	0.1339	0.5773	2
S3	0.2116	0.0173	0.0756	4
S4	0.0000	0.2149	1.0000	1

Tablo 10. Bulanık AHP için negatif ve pozitif ideal çözümden uzaklıklar ve yakınlık değerleri

Tedarikçiler	$d^+$	$d^-$	$CC_i$	Bulanık AHP için Sıralama
S1	0.1857	0.0614	0.2484	3
S2	0.1098	0.1463	0.5713	2
S3	0.2333	0.0204	0.0803	4
S4	0.0000	0.2375	1.0000	1

Tedarikçilerin yakınlık katsayılarına bakılarak alternatifler büyükten küçüğe doğru sıralanır. Buna göre dört aday tedarikçi arasındaki sıralama  $S4 > S2 > S1 > S3$  olarak belirlenir. Bu değerlere bakılarak  $S4$  tedarikçisinin en az riskli tedarikçi olduğu söylenebilirken, en yüksek riske sahip tedarikçi  $S3$  bulunmuştur.  $S4$  tedarikçisi için hiçbir önlem alınması gerekmemektedir, tedarikçiler 1-3 yıl içinde yeniden değerlendirilmelidir. Ancak,  $S3$  tedarikçisi için kontrol mekanizmaları hazırlanmalıdır. Örneğin, düzeltici - önleyici faaliyet planı tedarikçiler için doldurulmalı ve işletmeyle paylaştıktan sonra kayıt altına alınmalıdır. Tedarikçi, yüksek riskli faaliyetler için işletmenin gözetiminde acil eylem planları alanında yetkili denetçilerle birlikte hazırlanmalı ve her 3 ayda bir denetlenmelidir. Tedarikçilerle daha uzun süreli ve daha güvenilir bir işbirliği kurulmalıdır.

## 5. Sonuç

TZY'nde risklerinin tedarik zincirinin işleyişi üzerinde büyük etkisi vardır. Bu nedenle, tedarik zinciri risklerinin doğru değerlendirilmesi, tedarik zinciri işletim tarzının başarılı bir şekilde uygulanmasının anahtarıdır. Tedarik mekanizmasının ve tedarik zincirinin temel özelliklerinin analiz edilmesi ve en güncel literatürün gözden geçirilmesiyle, bu çalışma TZY'nde risk değerlendirmesini otomotiv yan sanayi sektöründe bir işletme için sunmaktadır. Bu perspektifte, mevcut çalışma, bir işletmedeki stratejik düzeydeki etkinliği arttırmak için TZY ile ilgili risklerin tanımlanması, anlaşılması ve önceliklendirilmesi ile literatüre katkıda bulunmaya çalışmaktadır. Bu araştırmanın bulguları, otomotiv yan sanayi sektöründe TZY risklerini analiz etme ve kötümser sonuçları azaltmada daha başarılı olmaları için faydalı olacaktır.

Bu çalışmada, bulanık AHP ve TOPSIS yöntemlerinin kullanımına dayalı bir yaklaşım anlatılmaktadır. Bu yöntemlerde, belirlenen risk kategorilerinin

değerlendirilmesinde uzmanların deneyim, sezgi ve öznel yargıları kullanılmıştır. İlk olarak, risk değerlendirme yönteminde göz önüne alınan kriterlerin öncelikleri, ikili karşılaştırma matrisleri oluşturularak (bulanık) AHP yöntemi ile belirlenmiştir. İkinci aşamada, tedarikçilerin risk değerlendirmeleri sözel değişkenler kullanılarak elde edilmiştir. Bu aşamada, değerlendirme puanlarını elde etmek için TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Son aşamada tedarikçilerin risk düzeylerine göre sıralamaları elde edilerek, risk düzeylerine göre çıkarımlarda bulunulmuştur.

Bu çalışmada, TZY'nde risk değerlendirmesine olanak salayan AHP ve TOPSIS yöntemlerinin kullanımına dayanan bir yaklaşım açıklanmıştır. Belirlenen altı risk kategorisi için öncelikli sıralama,  $O > F > S > I > SE > PR > D$  olarak elde edilmiştir. Yani operasyonel riskler en önemlileridir ve karar vericiler TZY dayanıklılığının artırılmasında diğer risk kategorileriyle karşılaştırıldığında daha büyük bir yönetsel kaygıya ihtiyaç duymaktadırlar.

Gelecekteki çalışmalarda, açıklanan yaklaşım, tedarik zincirlerinde risk yönetimi alanında karar destek sistemlerinin geliştirilmesi için iyi bir temel olabilir. Ayrıca, bu çalışmada, ele alınan örnek olay tek bir şehir ve tek bir sektör perspektifine dayanmaktadır. Bu nedenle, bu çalışma ile bulguları karşılaştırmak için diğer şehirler ve sektörler bağlamında gelecekteki araştırmalar yapılabilir.

### Kaynaklar

- Aggarwarl, R., & Sharma, S. (2013). Prioritization of Supply Chain Risk Assessors Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process. *2013 International Conference on Machine Intelligence and Research Advancement* (pp. 100–104).
- Blackhurst, J. V., Scheibe, K. P., & Johnson, D. J. (2008). Supplier risk assessment and monitoring for the automotive industry. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 38(2), 143–165. Retrieved from <http://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/09600030810861215>
- Bochao, L. (2010). Supply Chain Risk Assessment Based on AHP and Fuzzy Comprehensive Evaluation. *2010 International Conference on Management of e-Commerce and e-Government* (pp. 317–322).
- Chang, D.Y. (1996). Applications of the extent analysis method on Fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, 95 (3), 649-655.
- Chopra, S., & Sodhi, M. (2004). *Managing Risk to Avoid Supply-Chain Breakdown*. MIT Sloan Management Review.
- Gaudenzi, B., & Borghesi, A. (2006). Managing risks in the supply chain using the AHP method. *The International Journal of Logistics Management*, 17(1), 114–136. Retrieved from <http://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/09574090610663464>
- Gurnani, H., Mehrotra, A., & Ray, S. (2012). *Supply Chain Disruptions: Theory and Practice of Managing Risk*. Springer London. Retrieved from <https://books.google.com.tr/books?id=yf2BH067NDUC>
- Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). *Multiple attribute decision making: methods and*

- applications*. Lecture notes in economics and mathematical systems. Springer-Verlag. Retrieved from <https://books.google.com.tr/books?id=X-wYAQAIAAJ>
- Jüttner, U., Peck, H., & Christopher, M. (2003). *Supply Chain Risk Management: Outlining an Agenda for Future Research*. *International Journal of Logistics: Research & Applications* (Vol. 6).
- Lin, H.-F. (2010). An application of fuzzy AHP for evaluating course website quality. *Computers & Education*, 54(4), 877–888. Pergamon. Retrieved June 3, 2018, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131509002577>
- Mangla, S. K., Kumar, P., & Barua, M. K. (2015). Risk analysis in green supply chain using fuzzy AHP approach: A case study. *Resources, Conservation and Recycling*, 104, 375–390. Elsevier. Retrieved May 20, 2018, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344915000026>
- Mangla, S., Kumar, P., & Barua, M. (2016). *An Integrated Methodology of FTA and Fuzzy AHP for Risk Assessment in Green Supply Chain*. *International Journal of Operational Research*. 25.
- Mangla, S., Madaan, J., & Chan, F. T. S. (2012). Analysis of Performance Focused Variables for Multi-Objective Flexible Decision Modeling Approach of Product Recovery Systems. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 13(2), 77–86. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s40171-012-0007-4>
- Mangla, S., Madaan, J., & Chan, F. T. S. (2013). Analysis of flexible decision strategies for sustainability-focused green product recovery system. *International Journal of Production Research*, 51(11), 3428–3442. Taylor & Francis. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/00207543.2013.774493>
- Meena, P. L., & Sarmah, S. P. (2013). Multiple sourcing under supplier failure risk and quantity discount: A genetic algorithm approach. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 50, 84–97. Pergamon. Retrieved May 20, 2018, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1366554512000853>
- Min Ma, R., Fei Yao, L., & Huang, R. (2012). *The Green Supply Chain Management Risk Analysis*. *Advanced Materials Research* (Vol. 573–574).
- Mital, M., Del Giudice, M., & Papa, A. (2018). Comparing supply chain risks for multiple product categories with cognitive mapping and Analytic Hierarchy Process. *Technological Forecasting and Social Change*, 131, 159–170. North-Holland. Retrieved May 20, 2018, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162517307485>
- Öner, G. R. (2017). *Tedarik Zinciri Yönetimi Yapan Şirketlerin Risk Yönetimi Olgunluk Düzeylerinin Belirlenmesi*.
- Oztaysi, B. (2014). A decision model for information technology selection using AHP integrated TOPSIS-Grey: The case of content management systems. *Knowledge-Based Systems*, 70, 44–54. Elsevier. Retrieved May 19, 2018, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950705114000598>

- Radivojević, G., & Gajović, V. (2014). Supply chain risk modeling by AHP and Fuzzy AHP methods. *Journal of Risk Research*, 17(3), 337–352. Routledge. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/13669877.2013.808689>
- Sarkis, J. (2006). *Greening the Supply Chain*. Springer London. Retrieved from <https://books.google.com.tr/books?id=mZxDAAAQBAJ>
- Seçme, N. Y., Bayrakdaroğlu, A., & Kahraman, C. (2009). Fuzzy performance evaluation in Turkish Banking Sector using Analytic Hierarchy Process and TOPSIS. *Expert Systems with Applications*, 36(9), 11699–11709. Pergamon. Retrieved May 19, 2018, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095741740900253X>
- Tang, O., & Nurmaya Musa, S. (2011). Identifying risk issues and research advancements in supply chain risk management. *International Journal of Production Economics*, 133(1), 25–34. Elsevier. Retrieved May 20, 2018, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527310002215>
- Verbano, C., & Venturini, K. (2011). Development paths of risk management: approaches, methods and fields of application. *Journal of Risk Research*, 14(5), 519–550. Routledge. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/13669877.2010.541562>
- Wang, X., Chan, H. K., & Diaz-Rainey, I. (2012). A two-stage fuzzy-AHP model for risk assessment of implementing green initiatives in the fashion supply chain. *International Journal of Production Economics*, 135(2), 595–606. Elsevier. Retrieved May 20, 2018, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527311001423>
- Waters, D. (2011). *Supply Chain Risk Management: Vulnerability and Resilience in Logistics*. Kogan Page. Retrieved from <https://books.google.com.tr/books?id=L9us3-Nu2UC>
- Yang, Z. k., & Li, J. (2010). Assessment of green supply chain risk based on circular economy. *2010 IEEE 17Th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* (pp. 1276–1280).
- Yu, H., Zeng, A. Z., & Zhao, L. (2009). Single or dual sourcing: decision-making in the presence of supply chain disruption risks. *Omega*, 37(4), 788–800. Pergamon. Retrieved May 20, 2018, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305048308000510>

## **An Integrated Approach with Fuzzy AHP and TOPSIS for Risk Assessment in Automotive Supply Chain**

**Ahmet Çalık**

KTO Karatay University

Faculty of Economics and Administration Sciences

Konya, Turkey

[orcid.org/0000-0002-6796-0052](https://orcid.org/0000-0002-6796-0052)

[ahmetcalik51@gmail.com](mailto:ahmetcalik51@gmail.com)

### **Extensive Summary**

Supply Chain Management (SCM) is a process that enables efficient integration of suppliers, producers, retailers and customers. Thus, products can be produced and distributed throughout the process in the right quantities, from the right place to right place, at the right time, with the least costs and the most services. The complexity of the supply chains depends on its features, the relationships between the actors and the communication, as well as the characteristics of the environment. Risks are increasing with increasing product/service complexity and outsourcing in the supply chain, and risk management is becoming increasingly important in the SCM.

Risk has always been a part of the supply chain. Events that are not predictable within and / or outside of the four walls of any business, but are likely to affect the operations of the business occur. Supply chain risk management (SCRM) is a platform that cooperates and applies against risky events in order to come up from the uncertainties of the logistics activities or resources in the supply chain throughout the supply chain (Radivojević & Gajović, 2014).

In this study, it is suggested to determine and analyse the risks for successfully managing the risks in SCM. The first objective of the current research is to identify the various risks associated with the SCM. The second aim of this study is to propose an analysis procedure in the SCRM and the development of a risk assessment approach for the SCRM. In order to identify the most common risks in SCM applications in enterprises, parts manufacturing company in the automotive sub-industry in Turkey are examined.

The solution approach recommended for risk assessment in the supply chain in the automotive supplier sub-industry consists of the following main steps taking into account the specific risks for suppliers.

1. Development of a risk assessment approach covering supplier risks
2. Determination of criteria for measuring supplier risks and obtaining criteria weights
3. Gathering information on suppliers' risk performances



4. Ranking supplier performances among specific risks and making implications according to risk levels

The proposed solution approach consists of four steps: In the first step, the methods to be used to determine the risk levels of the suppliers should be determined. In this study with (fuzzy) AHP and TOPSIS methods an evaluation structure is established. In the second step, the risk criteria for the assessment of the suppliers are determined and the importance degrees between each other are obtained by the (fuzzy) AHP method. In the third stage, risk assessment is made according to determined risk criteria and TOPSIS method is used to obtain risk scores. In the fourth step, the risk scores obtained for each supplier are calculated and assigned to risk groups and made implications for each supplier.

Numerical application of the proposed structure in an automotive spare part manufacturing company dealing with the evaluation of the suppliers from the risk perspective is shown. The company supplies materials from suppliers around the world. In Konya, in the automotive main industry, Türk Motor Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi (TÜMOSAN) is located. Although the concentration is seen in several cities of the automotive industry developed in many cities in Turkey. Konya is the city with the most development and sectoral concentration. The sector has a share of approximately 5% in total manufacturing industry employment with 180 thousand people. Konya automotive subsidiary industry employs more than 10 thousand people in 400 manufacturing companies. For these reasons, risk assessment of the supplier of the ABC Company is carried out.

With the help of the current literature, the criteria for evaluating suppliers are collected and distributed to the decision makers of the case study company. A committee (DM1, DM2 and DM3) consisting of three experts working in the production, logistics and procurement departments is created and finalized for comparison in the real world. Various interpretations have been made and the risk assessment criteria of the suppliers have been finalized as shown in Table 1. Based on the criteria in Table 1, seven key criteria were developed to evaluate alternatives for selecting the best suppliers. The seven criteria considered in the evaluation process are as follows: K1: (F) Financial Risk; K2: (I) Information Risk; K3: (SE) Social and Environmental Risk; K4: (O) Operational Risk; K5: (S) Supply Risk; K6: (D) Demand Risk and K7: (PR) Product Recovery Risk.

After a preliminary review with decision makers, four potential suppliers (S1, S2, S3, S4) are identified for risk assessment. Figure 1 shows the hierarchical structure of the problem, the established criteria and the suppliers. Before starting to work with all experts, the aims of this study are explained and discussed with them on how to use the data. These experts are interviewed personally for the collection of qualitative and quantitative data required for this study.

Using Chang's extended analysis method for each determined risk category, priority weights are calculated and the priority vector is obtained as  $O > F > S > I > SE > PR = D$ . According to these results, the order of priority of risk categories can be given as  $O > F > S > I > SE > PR = D$ . Operational risk category (O) is in the first place and therefore has the highest priority according to decision makers according to other risk categories. Operational risk can be defined as the risk caused by causes, insufficient or unsuccessful processes, operations, methods, labor, systems, etc. within the scope of SCM. For this reason, managers and planners should focus on their efforts and management plans to manage the operational risks in SCM.

The TOPSIS method is used to take into account the weights of the (fuzzy) AHP in order to obtain the risk scores of the suppliers. The obtained values are used as a weight for the quantitative evaluation of the TOPSIS method. In order to evaluate the suppliers, the committee used the qualitative (linguistic) variables given in Table 5 and established the evaluation table according to the criteria.

Tedarikçilerin yakınlık katsayılarına bakılarak alternatifler büyükten küçüğe doğru sıralanır. Buna göre dört aday tedarikçi arasındaki sıralama  $S4 > S2 > S1 > S3$  olarak belirlenir. Bu değerlere bakılarak  $S4$  tedarikçisinin en az riskli tedarikçi olduğu söylenebilirken, en yüksek riske sahip tedarikçi  $S3$  bulunmuştur.  $S4$  tedarikçisi için hiçbir önlem alınması gerekmemektedir, tedarikçiler 1-3 yıl içinde yeniden değerlendirilmelidir. Ancak,  $S3$  tedarikçisi için kontrol mekanizmaları hazırlanmalıdır. Örneğin, düzeltici - önleyici faaliyet planı tedarikçiler için doldurulmalı ve işletmeyle paylaştıktan sonra kayıt altına alınmalıdır. Tedarikçi, yüksek riskli faaliyetler için işletmenin gözetiminde acil eylem planları alanında yetkili denetçilerle birlikte hazırlanmalı ve her 3 ayda bir denetlenmelidir. Tedarikçilerle daha uzun süreli ve daha güvenilir bir işbirliği kurulmalıdır.

By taking into the closeness coefficients of the suppliers, the alternatives are sorted from high to low. Accordingly, the ranking among the four candidate suppliers is  $S4 > S2 > S1 > S3$ . Looking at these values, it can be said that the supplier  $S4$  is the least risky supplier, while the supplier with the highest risk  $S3$  is found. No measures need to be taken for  $S4$  supplier, suppliers should be reassessed within 1-3 years. However, control mechanisms for the  $S3$  supplier should be prepared. For example, the corrective-preventive action plan should be filled in for suppliers and recorded after being shared with the business. The supplier shall be prepared together with authorized inspectors in the field of emergency action plans under the supervision of the operator for high risk activities and should be audited every 3 months. A longer and more reliable cooperation with suppliers should be established.

In this study, an approach based on the use of fuzzy AHP and TOPSIS methods is described. Experiential experience, intuition and subjective judgment are used in the assessment of the identified risk categories in these methods. First, the priorities of the

criteria considered in the risk assessment method are determined by the (fuzzy) AHP method by generating pairwise comparison matrices. In the second stage, the risk assessments of the suppliers were obtained using verbal variables. At this stage, the TOPSIS method is used to obtain assessment scores. At the last stage, orders according to the risk levels of the suppliers are obtained and deductions are made according to the risk levels.