



## AHP-VIKOR Bütünleşik Yaklaşımıyla Lojistik Risk Faktörlerinin ve Risk Yönetimi Araçlarının Sıralanması: Samsun İli Örneği

*Ranking of the Logistics Risk Factors and Risk Management Tools via Integrated AHP-VIKOR Approach: A Case Study of Samsun Province*

**Selçuk KORUCUK**

Giresun Üniversitesi  
Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu  
Giresun, Türkiye  
[orcid.org/0000-0003-2471-1950](https://orcid.org/0000-0003-2471-1950)  
[selcuk.korucuk@giresun.edu.tr](mailto:selcuk.korucuk@giresun.edu.tr)

**Hamit ERDAL**

Atatürk Üniversitesi  
Sosyal Bilimler Enstitüsü  
Erzurum, Türkiye  
[orcid.org/0000-0001-8352-6427](https://orcid.org/0000-0001-8352-6427)  
[hamit\\_erdal@hotmail.com](mailto:hamit_erdal@hotmail.com)

### Özet

Bu çalışmanın amacı, lojistik iş ve işlemlerin yoğun olarak gerçekleştirildiği Samsun ilinde soğuk zincir taşımacılığı yapan firmalarda lojistik risk kriterlerinin tespit edilmesi ve lojistik risk yönetiminde kullanılan araçların sıralanmasını gerçekleştirmektir. Bu doğrultuda AHP-VIKOR bütünleşik yaklaşımı ile değerlendirmeler yapılmış ve soğuk zincir taşımacılığı yapan firmalardan, akademisyenlerden, lojistik hizmet sağlayıcılardan 25 uzman görüşü alınmıştır. İlk aşamada gerçekleştirilen AHP sonuçlarına göre lojistik risk kriterlerinin en önemlisi “Ambalajlama Riskleri” ana kriteri olmuş ve onu sırası ile; “Taşıma Kaynaklı Riskler”, “Organizasyonel Riskler”, “Satın Alma Riskleri” ve “Envanter Kaynaklı Riskler” takip etmiştir. İkinci aşamada ise VIKOR yöntemi ile lojistik risk yönetiminde kullanılan araçların sıralanması yapılmıştır. Buna göre en ideal araç “İstatistiksel Süreç Kontrolü” olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Risk, Lojistik Risk, Soğuk Zincir, Soğuk Zincir Taşımacılığı, AHP, VIKOR.

### Abstract

*The aim of this study is to identify the logistic risk factors in companies which are carrying out cold chain transportation in Samsun province where logistics work and transactions are performed intensively and to perform the sorting of the tools used in logistic risk management. In this regard, an evaluation has been carried out via integrated AHP-VIKOR approach and 25 experts opinions have been received from companies that carry out cold chain transportation, academicians, and logistics service providers. According to the AHP results in the first stage, the most important logistic risk elements has been the “Packaging Risks” and this criterion followed by “Transportation Risks”, “Organizational Risks”, “Purchasing Risks” and “Inventory Risks”, respectively. In the second stage, the tools used in logistics risk management*

have been ranked by VIKOR method. Accordingly, the most ideal tool has been determined as “Statistical Process Control”.

**Keywords:** Risk, Logistics Risk, Cold Chain, Cold Chain Transportation, AHP, VIKOR.

## 1. GİRİŞ

Günümüzde uluslararası pazarda varlıklarını devam ettirmek isteyen işletmelerin tüm alanlardaki risk kriterlerinin üzerinde önemle durması gerekmektedir. Dünya’da ve Türkiye’de her geçen gün gelişen ve değişen lojistik uygulamaları çok çeşitlilik göstermekte, dolayısıyla bünyesinde risk unsurlarını fazlasıyla barındırmaktadır.

Bu kapsamda Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO) riski; “*bir durumun gerçekleşme ihtimali ile etkilerinin bütünleşmesi*” olarak ifade etmiş ve her türlü girişimi, “*negatif ve pozitif yönleri bünyesinde barındıran olaylar*” olarak tanımlamıştır (ISO, 2006: 71). Başka bir tanımlamaya göre ise risk, sonucu önceden kestirilemeyen durumların ve insana çeşitli değerlerinin tehlikede olduğu düşündürülen olaylardır (Renn ve Rohman, 2000: 14-15). Bu kavram aslında istenmeyen durumları ya da olayları içerisinde barındırmakla birlikte fırsatları da içine almakta yani risk ile fayda etkileşimli hale gelmektedir.

Lojistik ve tedarik riski, tedarik zinciri içerisinde tedarikçiden kaynaklanan ve müşteri memnuniyetini tehlikeye atan arz piyasası ile ilişkili bir durum olarak ifade edilmektedir (Zsidsin, 2003: 222). Bu kavram tedarik zinciri içerisindeki kuruluşlardan kaynaklı bilgi, ürün, para ve malzeme akışının bozulmasından kaynaklı riskleri barındırmaktadır (Juttner, 2005: 124). Goankar ve Viswanadham (2007: 265) ise lojistik riski tedarik zincirindeki olasılıklar ve nesnel değerlendirmelerden kaynaklı dağıtım, envanter, ambalajlama ve organizasyonel hatalar olarak ifade etmiştir.

Soğuk zincir, ürünün niteliğine göre nihâi alıcıya ulaşana kadar soğuk ortamda ya da dondurulmuş bir şekilde ürünün korunmasını, süreçleri ve donanımları kapsamı olarak tanımlanmıştır (Omta vd., 2001: 2). Bu açıdan bakıldığında; depolama, taşıma, elleçleme, dağıtım ve ısıya duyarlı ürünlerin izlenmesini ve kontrolünü içeren aynı zamanda faaliyetler, uygulamalar, süreçler ve ekipmanların birleştirildiği sistemin bütünü soğuk zincir olarak değerlendirilmektedir (Vesper vd., 2010: 229). Aslında soğuk zinciri sadece ürünlerin belirlenen sıcaklıkta tutulması olarak değerlendirmek eksik olarak tanımlamak anlamına gelir. Çünkü soğuk zincir tedarik zincirinin, etkinlik ve verimlilik düzeyleri ile performansını artırmasının yanında, iyi yönetilen soğuk zincir uygulamaları maliyet avantajı ile zaman yönetimine de katkısı olan bileşenlerdir. Bu uygulamaların bütünleşik ve hatasız olarak yönetilmesinde soğuk zincir lojistiği önemli bir bileşendir.

Soğuk zincir; üretim, pazarlama, ulaştırma ve nihâi tüketiciye ulaşınca kadar tüm süreçte kaliteyi muhafaza eden, kayıpları azaltan ve dondurulmuş gıdalara istenilen ıslığı sağlayan sistematik uygulamalar ile dondurma ve soğutma teknolojilerinin gelişmesi ile bilimsel bir süreç kazanan lojistik süreçtir (Ma ve Guan, 2009: 368).

Geleneksel tedarik zinciri uygulamalarından farklı olarak soğuk zincir lojistiği; ürünlerin operasyonel süreçlerinin detaylandırılması ve üretimden nihâi tüketiciye kadar soğuk zincir kapsamındaki ürünlerin bozulma riski altında olmasıdır (Wei, 2011: 12). Bu açıdan bakıldığında önemli olan konu ise sürdürülebilirliktir. Sürdürülebilirliğin sağlanmasının bir yolu da risk faktörlerinin etki düzeyinin en aza indirilmesi ya da sıfır risk bileşenlerine yönelik çalışmalarda bulunulmasıdır. Çünkü lojistik risk unsurları

soğuk zincir ve soğuk zincir taşımacılığında; rekabet, verimlilik, maliyet, müşteri memnuniyeti, etkinlik vb. noktalarda firmalara doğrudan etki eden bileşenlerdir. Bu bileşenlerin firmalarda en iyi düzeyde oluşturulma yollarından biri de lojistik risk faktörlerinden geçmektedir. Soğuk zincir lojistiğindeki risk faktörlerinin belirlenmesi ve en ideal lojistik risk yönetimi aracı ile lojistik risk faktörlerinin uyumlaştırılması firmalara başarı getiren uygulamalar olarak düşünülebilir.

Bu doğrultuda bu çalışmanın amacı; Samsun ilinde soğuk zincir taşımacılığı yapan firmalardaki lojistik risk faktörlerinin belirlenmesi ve lojistik risk yönetiminde kullanılan araçların sıralanmasıdır.

Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde sırasıyla, lojistik risk üzerine gerçekleştirilen literatür araştırması, çalışmanın yöntemlerini oluşturan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR) yöntemlerinin açıklamaları ve yöntemin Samsun ili için uygulanması şeklinde ele alınmıştır. Çalışmanın son bölümünde ise sonuç ve gelecek çalışmalara ilişkin önerilerde bulunulmuştur.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Lojistik risk ve/veya lojistik risk faktörlerine yönelik literatüre yön veren bazı çalışmalar aşağıda sunulmuştur;

Jüttner vd., (2003) tedarik riskine ilk tanımlamalardan birini getirdiği çalışmasında, ABD’de terör saldırılarında modern tedarik zinciri yönetiminin kırılganlığını ele almış ve tedarik zinciri içerisindeki risk faktörlerini; çevresel, organizasyonel ve bilgi temelli olarak üç grupta değerlendirerek, çeşitli önleyici stratejiler geliştirmiştir.

Cavinato (2004) tedarik zinciri risk faktörlerinin işletmelerin rekabet edebilme düzeyini etkilediğini belirlediği çalışmasında riskleri; fiziksel, finansal, bilgi, ilişkisel ve inovasyon şeklinde beş grupta incelemiştir.

Kleindorfer ve Saad (2005) tedarik zinciri bünyesindeki riskleri; doğal riskler, ekonomik riskler ve zorlayıcı sebeplerden kaynaklı riskler olarak kategorize etmiştir.

Tang (2006)’in çalışması tedarik zinciri risk yönetimi kapsamında yapılan ilk tarama çalışmalarındandır. Yazar, teori ile uygulama arasındaki boşluğun altını çizmiş ve tedarik zinciri risk faktörlerini, içsel ve dışsal faktörler olarak iki kategoride ele almıştır.

Xin vd., (2007) rotalama, envanter, planlama, yönetim ve organizasyon ile dış faktörleri lojistik risk kapsamında değerlendirmiştir.

Manuj ve Mentzer (2008) küresel tedarik zinciri yönetimindeki risk yönetimi politikalarını araştırmışlar ve küresel tedarik zinciri yönetimindeki risk faktörlerine ilişkin uygulanabilir risk yönetim teorisi geliştirmiştir.

Chen ve Wu (2009) prefabrik ev endüstrisindeki lojistik risk faktörlerini incelediği çalışmasında lojistik risk faktörlerinin çözümünde üç boyutlu bir model önerisi sunmuştur.

Enyinda vd., (2010) farmasötik tedarik zinciri yönetiminde risk azaltımına yönelik gelişmekte olan ülkelerde incelemelerde bulunmuş ve risk kriterlerini önceliklendirmiştir.

Wang (2011) lojistik risk faktörlerini; taşıma, teknoloji, süreç, yönetim, karar alma ve çevre faktörlerine göre AHP yöntemi ile önceliklendirmiştir.

Tez vd., (2012) otomotiv sektörü tedarik zinciri risk yönetimi için Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA) temelli bir çözüm metodolojisi önermiştir.

Sodhi vd., (2012) yaptıkları kapsamlı literatür taramasında tedarik zinciri düşünce liderleri ve uluslararası tedarik zinciri grup üyeleri ile tedarik zincirindeki risk yönetim faktörlerini araştırmış ve çeşitli çözüm stratejileri önermiştir.

Samvedi vd., (2013) tedarik zinciri risklerini ölçmek ve kapsamlı bir risk endeksine dönüştürmek için çok kriterli karar verme (ÇKKV) yönteminden faydalanmıştır. Ayrıca lojistik risk faktörlerini çevresel risk, talep riski ve süreç riski olarak kategorize etmişlerdir.

Fischl vd., (2014) imalat işletmelerinde tedarik zinciri içerisindeki satın alma ve fiyat riski önemi üzerinde yaptıkları çalışmada, sürdürülebilir bir tedarik zinciri yönetimi üzerine odaklanmışlardır.

Ho vd., (2015) tarafından yapılan çalışmada 2003 ile 2013 yılları arasında tedarik zinciri risk yönetimi alanı ile ilgili 224 makalenin kapsamlı bir taraması ve etkili bir tedarik zinciri risk yönetimi sınıflandırması ele alınmıştır. Yazarlar çalışmalarında ayrıca tedarik zinciri risk yönetimi konusunda tedarik zinciri risk türlerinin, risk faktörlerinin ve risk yönetim metodlarının sınıflandırıldığı yeni bir tanım önermiştir. Yazarlar çalışmalarının sonunda tedarik zinciri risk yönetimine ilişkin potansiyel araştırma boşluklarını da ortaya koymuştur.

Demirkol vd., (2015) araştırmalarında tedarik zinciri risklerinin işletme performansı üzerine olan etkisini otomotiv sanayisinde incelemişlerdir. Sonuç olarak algılanan riskler ile işletme performansı arasında birçok risk kategorisi için büyük oranda farklılık bulunduğunu belirtmişlerdir.

Kara ve Fırat (2015) tedarik zinciri risk yönetiminin gelişimine etki eden risk olayları üzerine çalışma yapmışlardır. Bu unsurları, tedarik ve talebin eşleştirilmesi, pazardaki değişimler ve potansiyel rakiplerin pazara girmesi, koordinasyon ve bilgi paylaşımı, teknolojik gelişmeler, finansal riskler ve doğal afetler olarak belirtmişlerdir.

Govindan ve Chaudhuri (2016) incelemelerinde üçüncü parti lojistik hizmet dağılayıcı firmalardaki lojistik risk faktörlerini DEMATEL yönetimi ile değerlendirmiştir.

Choi vd., (2016) lojistik risk yönetimindeki kritik risk unsurlarını tespit etmişlerdir. Bu unsurların ise; ürünün ya da malzemenin bozulma riski, operasyonel kontrol riski ve lojistik hizmet riski olduğunu belirtmişlerdir.

Kara ve Fırat (2017) tedarik zinciri risklerinin çok boyutlu bir yapıya sahip olduğunu ve talep ve tedarik değişkenliği, zayıf performansla sahip tedarikçiler, fiyat dalgalanmaları, dinamik tüketici pazarları, küresel ekonomik belirsizlikler ve hatta iş kazaları, siber saldırılar ve doğal afetler gibi beklenmedik olaylardan kaynaklanabildiğini belirtmişlerdir. Ayrıca tedarik zinciri riskleri için yeni bir sınıflandırma oluşturmuşlardır.

Bai ve Zhao (2017) prefabrik ev endüstrisindeki lojistik risk faktörlerini araştırdıkları çalışmalarında yeni bir model önermişlerdir.

Erdal (2017) çalışmasında tarihsel tecrübeler ışığında tedarik zinciri risk yönetiminin öneminin üzerinde durmuş ve tedarik zinciri risk yönetiminin uzun vadede karlı, rekabetçi ve sürdürülebilir bir tedarik zinciri için son derece gerekli olduğundan bahsetmiştir.

Prakas vd., (2017) incelemelerinde tedarik ve lojistik risklerine yönelik tedarik zinciri ağ tasarımı yapısı ve modelini önermişlerdir. Ayrıca tedarik zinciri içerisinde risk tasarımının risk değerlendirmede etkin olduğunu, ancak maliyet kaleminde ise çok fazla etkili olmadığını tespit etmişlerdir.

Kwak vd., (2018) uluslararası lojistik de risk etkileşimini tanımlamışlar ve bütünsel bir model olan dinamik tedarik zinciri lojistik risk analizi modelini önermişlerdir.

Wang (2018) Avusturya'daki kurye sektöründe tedarik zinciri riskinin lojistik performans üzerine olan etkilerini ortaya koymuş ve tedarik zincirindeki belirsizliğin önemi üzerinde durmuştur.

Erdal (2018) tedarik yönlü tedarik zinciri risk yönetimi konusunda kapsamlı bir literatür taraması yapmıştır. Yazar, tedarik zinciri risk yönetiminin kavramsal çerçevesinin ortaya koyulması için 1999-2016 yılları arasında yapılan 59 çalışma ve 2003-2016 yılları arasında yapılan nicel yöntemlerin kullanıldığı 137 tedarik yönlü çalışma olmak üzere toplam 196 çalışmayı incelemiş ve çok kapsamlı değerlendirmelerde bulunmuştur.

Yapılan literatür taramasında soğuk zincir taşımacılığı yapan firmalarda lojistik risk faktörlerinin belirlenmesi ve lojistik risk yönetimi araçlarının sıralanmasına yönelik başkaca bir çalışma tespit edilememiştir. Ayrıca tedarik zinciri risk yönetimi konusunda AHP-VIKOR bütünleşik yaklaşımının kullanıldığı bir çalışmaya da rastlanmamıştır. Bu nedenle bu çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

### 3. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Bu araştırmada soğuk zincir taşımacılığı yapan firmalarda lojistik risk faktörlerinin belirlenmesi ve en ideal lojistik risk yönetimi aracının tespitine yönelik iki aşamalı bütünleşik bir ÇKKV yaklaşımı kullanılmıştır. Kriter ağırlıkları AHP ile belirlenmiş ve belirlenen ağırlıklar kullanılarak ikinci aşamada ise VIKOR yöntemi kullanılarak alternatifler sıralanmıştır. Bu bölümde lojistik risk faktörlerinin değerlendirilmesi ve lojistik risk yönetiminde kullanılan araçların sıralanmasında kullanılan AHP ve VIKOR yöntemleri anlatılmıştır.

#### 3.1. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)

Thomas L. Saaty tarafından 1977 yılında geliştirilen AHP; karmaşık problemlerin çözümünde yaygın olarak kullanılan ÇKKV yöntemlerinden biridir. Bu yöntem birçok seçenek içerisinde karar vericinin belirlediği kriterler çerçevesinde karar alternatiflerini önem sırasına göre sıralayan bir yöntemdir (Erdal ve Akgün, 2014:93).

AHP yönteminin adımları aşağıda verilmiştir (Erdal, 2014:56-62; Yapraklı ve Erdal, 2015:488-489).

**Adım 1:** Karar probleminin tanımlandığı aşamadır. Amaç, kriterler ve alternatifler verilir.

**Adım 2:** Kriterler arası karşılaştırma matrisi oluşturulur.

Bu matris,  $n \times n$  boyutlu kare bir matristir. Karşılaştırma matrisi aşağıda gösterilmiştir.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Karşılaştırma matrisinin köşegeni üzerindeki bileşenler aynı olduğunda, 1 değerini alır. Çünkü bu durumda ilgili kriter kendisi ile karşılaştırılmaktadır. Kriterlerin karşılaştırılması, birbirlerine göre sahip oldukları önem değerlerine göre birebir ve karşılıklı yapılır. Kriterlerin birebir karşılıklı karşılaştırılmasında, Tablo 1.'deki Saaty (2008: 125)'nin 1-9 önem ölçeği kullanılır. Karşılaştırmalar, matristeki tüm değerleri 1 olan köşegenin üstünde kalan değerler için yapılır.

**Tablo 1.** AHP Ölçeği Önem Dereceleri Tablosu

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit derecede önemli	Her iki faktör aynı öneme sahiptir.
3	Orta derece önemli	Tecrübe ve yargılara göre bir faktör diğerine göre biraz daha önemlidir.
5	Kuvvetli derecede önemli	Bir faktör diğerinden kuvvetle daha önemlidir.
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Bir faktör diğerine göre yüksek derecede kuvvetle daha önemlidir.
9	Mutlak derecede önemli	Faktörlerden biri diğerine göre çok yüksek derecede önemlidir.
2,4,4,8	Ara değerler	İki faktör arasındaki tercihte yukarıdaki açıklamalarda bulunan derecelerin ara değerleridir.

**Adım 3:** Kriterlerin yüzde önem dağılımları belirlenir.

Kriterlerin yüzde önem dağılımlarını belirlemek için, karşılaştırma matrisini oluşturan sütun vektörlerinden yararlanılır ve  $n$  sayıda ve  $n$  bileşenli  $B$  sütun vektörü oluşturulur.  $B$  sütun vektörlerinin hesaplanmasında Denklem (1)'den yararlanılır.

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ \vdots \\ b_{n1} \end{bmatrix}, \quad b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (1)$$

$n$  sayıda  $B$  sütun vektörü, bir matris formatında bir araya getirildiğinde ise aşağıda gösterilen  $C$  matrisi elde edilir.

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix}$$

$C$  matrisinden yararlanılarak, kriterlerin birbirlerine göre önem değerlerini gösteren yüzde önem dağılımları elde edilebilir. Bunun için Denklem (2)'de gösterildiği gibi  $C$  matrisini oluşturan satır bileşenlerinin aritmetik ortalaması alınır ve Öncelik Vektörü olarak adlandırılan  $W$  sütun vektörü elde edilir.

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}, \quad w_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad (2)$$

**Adım 4:** Kriter karşılaştırmalarındaki tutarlılık ölçülür.

AHP kendi içinde her ne kadar tutarlı bir sistematığe sahip olsa da, sonuçların gerçekçiliği, doğal olarak, karar vericinin kriterler arasında yaptığı birebir karşılaştırmalardaki tutarlılığa bağlı olacaktır. AHP, edilen Tutarlılık Oranı (*CR*) ile bulunan öncelik vektörünün ve dolayısıyla kriterler arasında yapılan birebir karşılaştırmaların tutarlılığın test edilebilmesi imkânını sağlamaktadır. Sadece AHP'nin kullanıldığı bir çalışmada hem kriterler, hem de alternatifler  $7 \pm 2$  kuralına (bu kural Saaty ve Özdemir (2003) tarafından ayrıntılı olarak açıklanmıştır.) uygun olmak zorundadır. Aksi takdirde tutarsızlığa yol açar ve kurulan AHP modelinin nihâi tutarsızlık oranları 0,10'den büyük sonuçlar verir. *CR* hesaplamasının özünü, kriter sayısı ile Temel Değer adı verilen ( $\lambda$ ) bir katsayının karşılaştırılması oluşturur.  $\lambda$ 'nın hesaplanması için öncelikle *A* karşılaştırma matrisi ile *W* öncelik vektörünün matris çarpımından *D* sütun vektörü elde edilir.

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}$$

Denklem (3)'de tanımlandığı gibi, bulunan *D* sütun vektörü ile *W* sütun vektörünün karşılıklı elemanlarının bölümünden her bir değerlendirme kriterine ilişkin temel değer (*E*) elde edilir. Bu değerlerin aritmetik ortalaması (Denklem (4)) ise karşılaştırmaya ilişkin temel değeri ( $\lambda$ ) verir.

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (4)$$

$\lambda$  hesaplandıktan sonra Tutarlılık Göstergesi (*CI*), Denklem (5) ile hesaplanır.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (5)$$

Son aşamada ise *CI*, Random Gösterge (*RI*) olarak adlandırılan standart düzeltme değerine bölünerek (Denklem (6)) *CR* değeri elde edilir.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (6)$$

Hesaplanan *CR* değerinin 0,10'den küçük olması karar vericinin yaptığı karşılaştırmaların tutarlı olduğunu gösterir. *CR* değerinin 0,10'den büyük olması ya AHP'deki bir hesaplama hatasını ya da karar vericinin karşılaştırmalarındaki tutarsızlığını gösterir.

### 3.2. VIKOR Yöntemi

VIKOR yöntemi, 1998 yılında Serafim Opricovic tarafından ortaya atılmış ve Slav kökenli ifadelerin baş harflerinin kısaltılmasıyla oluşturulmuştur (Opricovic ve Tzeng, 2004: 447). Bu yöntem; çelişkili ifadeler ile bir problemin uzlaşık çözümünün tespit edilmesi ve seçilen alternatifler kümesinin sıralanmasına odaklanarak karar vericiye nihâi bir karara ulaşmasında yardımcı olmaktadır (Opricovic ve Tzeng, 2007: 515).

VIKOR yönteminin hesaplama adımları aşağıda sunulmuştur (Opricovic ve Tzeng, 2007; 515-517; Güzel ve Erdal, 2015: 54-55);

**Adım 1.** En iyi ( $f_i^*$ ) ve en kötü ( $f_i^-$ ) değerleri belirlenir.

Karar matrisi oluşturulduktan sonra her bir kriter ( $i = 1, 2, \dots, n.$ ) için en iyi ( $f_i^*$ ) ve en kötü ( $f_i^-$ ) değerleri Denklem (7) ile belirlenir.

$$\begin{aligned} f_i^* &= \max_j f_{ij} \\ f_i^- &= \min_j f_{ij} \end{aligned} \quad (7)$$

**Adım 2.**  $S_j$  ve  $R_j$  değerlerinin hesaplanır.

$S_j$  ve  $R_j$  değerleri ( $j = 1, 2, \dots, n.$ ) için Denklem (8) ve (9) ile hesaplanır.  $S_j$  ve  $R_j$  değerleri,  $i.$  alternatif için ortalama en kötü grup skorlarını gösterir.

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-) \quad (8)$$

$$R_j = \max_i [w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-)] \quad (9)$$

**Adım 3.**  $Q_j$  değerleri hesaplanır.

$Q_j$  değerlerinin hesaplanmasında kullanılan  $S^*$ ,  $S^-$ ,  $R^*$  ve  $R^-$  parametreleri sırasıyla Denklem (10) ile hesaplanır;

$$\begin{aligned} S^* &= \min_j S_j \\ S^- &= \max_j S_j \\ R^* &= \min_j R_j \\ R^- &= \max_j R_j \end{aligned} \quad (10)$$

$Q_j$  değerinin hesaplanmasında kullanılan  $q$  parametresi ise kriterlerin çoğunluğunun ağırlığını gösterir.  $q$  değeri maksimum grup ağırlığı sağlayan strateji için ağırlığı ifade eder.  $(1 - q)$  ise karşıt görüştekilerin minimum pişmanlığının ağırlığını ifade etmektedir. Uzlaşma; “çoğunluk oyu” ( $q > 0,5$ ) ile, “konsensus” ( $q = 0,5$ ) ile veya “veto” ( $q < 0,5$ ) ile sağlanabilir.  $Q_j$  değerleri parametrelerinin dahil edildiği Denklem (11) kullanılarak hesaplanır.

$$Q_j = \frac{q(S_j - S^*)}{(S^- - S^*)} + \frac{(1 - q)(R_j - R^*)}{(R^- - R^*)} \quad (11)$$

**Adım 4.**  $S_j$ ,  $R_j$  ve  $Q_j$  değerlerine göre sıralama yapılır.



$S_j$ ,  $R_j$  ve  $Q_j$  değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanarak alternatifler arasındaki sıralamanın belirlendiği üç sıralama listesi elde edilir.

**Adım 5.** Kabul edilebilir avantaj ve kabul edilebilir istikrar koşulu test edilir.

**Koşul 1.** Kabul edilebilir avantaj koşulu test edilir.

$Q_j$  değerleri küçükten büyüğe sıralandığı durumda ilk sırada yer alan alternatif  $A^1$  ve ikinci sırada yer alan alternatif  $A^2$  olarak gösterildiğinde, kabul edilebilir avantaj Denklem (12)'de gösterilen;

$$Q_{A^{(2)}} - Q_{A^{(1)}} \geq 1/(j - 1) \quad (12)$$

koşuluna bağlıdır.

**Koşul 2.** Kabul edilebilir istikrar koşulu test edilir.

$Q_j$  değerleri küçükten büyüğe sıralandığı durumda ilk sırada yer alan  $A^1$  alternatifi,  $S_j$  ve/veya  $R_j$  değerlerine göre küçükten büyüğe yapılan sıralamada da minimum değere sahip en iyi alternatiftir. Bu durumda uzlaşık çözüm karar verme süreci istikrarlıdır. Belirtilen iki durumdan bir tanesi sağlanmaz ise uzlaşık çözüm kümesi aşağıdaki şekilde önerilir;

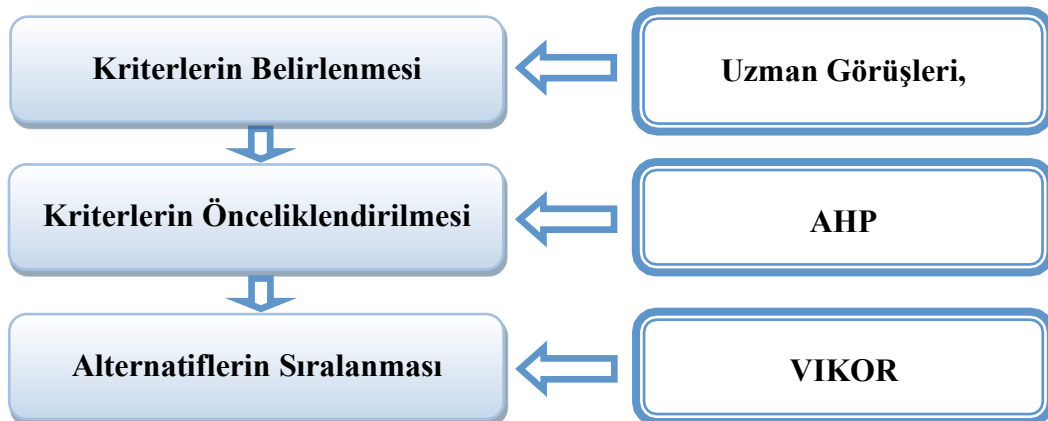
- Eğer kabul edilebilir istikrar koşulu sağlanmıyorsa  $A^1$  ve  $A^2$  alternatiflerinin her ikisi de uzlaşık ortak çözüm olarak kabul edilir.

- Eğer kabul edilebilir istikrar koşulu sağlanmıyorsa  $A^1, A^2, \dots, A^m$  alternatiflerinin tamamı uzlaşık en iyi ortak çözüm kümesinde yer alır. Burada üst sınır olan maksimum  $M$ ,  $Q_{A^{(M)}} - Q_{A^{(1)}} < 1/(j - 1)$  ilişkisine göre belirlenir.

$Q_j$  değerlerine göre sıralanan en iyi alternatif, minimum  $Q_j$  değerine sahip alternatiflerden birisidir.

#### 4. UYGULAMA

Araştırmada soğuk zincir taşımacılığı yapan firmalarda lojistik risk faktörlerinin önceliklendirilmesi ve lojistik risk yönetiminde kullanılan araçların sıralanması için iki aşamalı bir ÇKKV modeli kurulmuştur. Şekil 1.'de uygulanan bütünleşik AHP-VIKOR yaklaşımı şematik olarak gösterilmiştir. Modele göre; öncelikle uzman görüşleri ve literatür taramasından faydalanılarak lojistik risk faktörlerine ilişkin kriterler belirlenmiştir.



Şekil 1. Bütünleşik AHP-VIKOR Uygulama Aşamaları

Belirlenen kriterler eşit öneme sahip olmadığından kriterlerin ağırlıklandırılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Bu kapsamda AHP yöntemi ile uzman görüşlerine göre lojistik risk kriterleri önceliklendirilmiştir. Önceliklendirilmiş kriterler kullanılarak da VIKOR yöntemi ile en iyi lojistik risk yönetimi aracı belirlenmiştir.

Kriterler belirlenirken uzman görüşleri ve yapılan literatür taramasından yararlanılarak aşağıda verilen Tablo.2 oluşturulmuştur.

**Tablo 2.** Karar Kriterleri

Ana Kriterler	Alt Kriterler	Kaynak
Organizasyonel Riskler (K <sub>1</sub> )	İnsan Hataları (K <sub>11</sub> )	Jüttner vd., (2003); Ho vd., (2015)
	Organizasyonel Kaynaklı Riskler (K <sub>12</sub> )	Jüttner vd., (2003); Samvedi vd., (2013)
	Teknik Riskler (K <sub>13</sub> )	Giunipero ve Eltantawy (2004); Samvedi vd., (2013)
	Zorlayıcı Sebepler (K <sub>14</sub> )	Kleindorfer ve Saad (2005); Tang (2006); Ho vd., (2015)
Satın Alma Riskleri (K <sub>2</sub> )	Tedarikçi Seçim Riski (K <sub>21</sub> )	Giunipero ve Eltantawy (2004); Kleindorfer ve Saad (2005); Sodhi vd., (2012); Fischl vd., (2014)
	Sözleşme Riski (K <sub>22</sub> )	Fischl vd., (2014); Uzman Görüşleri
	Fiyat Bileşenlerinin Riski (K <sub>23</sub> )	Cavinato (2004); Enyinda vd., (2010); Fischl vd., (2014)
	Diğer Beklenmeyen Riskler (K <sub>24</sub> )	Manuj ve Mentzer (2008); Samvedi vd., (2013); Fischl vd., (2014)
Taşıma Kaynaklı Riskler (K <sub>3</sub> )	Tamamlayıcı Parçaların Riski (K <sub>31</sub> )	Cavinato (2004); Sodhi vd., (2012)
	Kayıp ve Zayi Olma Riski (K <sub>32</sub> )	Cavinato (2004); Manuj ve Mentzer (2008); Enyinda vd., (2010)
	Ekipman Kaynaklı Riskler (K <sub>33</sub> )	Manuj ve Mentzer (2008); Ho vd., (2015)
Envanter Kaynaklı Riskler (K <sub>4</sub> )	Malzeme Akış Sisteminden Kaynaklı Riskler (K <sub>41</sub> )	Jüttner vd., (2003); Cavinato (2004); Enyinda vd., (2010)
	Envanter Bulundurma Riski (K <sub>42</sub> )	Giunipero ve Eltantawy (2004); Enyinda vd., (2010)
	Bilgi Akışı Sağlamadan Kaynaklı Riskler (K <sub>43</sub> )	Jüttner vd., (2003); Ho vd., (2015)
Ambalajlama Riskleri (K <sub>5</sub> )	Yolda Bozulma Riski (K <sub>51</sub> )	Sodhi vd., (2012); Samvedi vd., (2013)
	Kötü Ambalajlama Riski (K <sub>52</sub> )	Uzman Görüşleri
	Zorlayıcı Sebepler (K <sub>53</sub> )	Cavinato (2004); Kleindorfer ve Saad (2005); Tang (2006)

Tablo 3.'de ise lojistik risk yönetiminde kullanılan araçlara ilişkin alternatifler verilmiştir. Bu araçların belirlenmesi sürecinde risk yönetimi ve risk analizi çalışmalarında bulunmuş 12 akademisyenle yüz yüze görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Söz konusu uzmanlar tarafından literatürde yaygın olarak kullanılan ve lojistik risk analizi için etkin olarak kullanılabileceği hususunda mutabakata varılan araçlar belirlenerek değerlendirme sürecine alınmıştır. Bu alternatiflerin değerlendirilmesi sürecinde işletmelerdeki tanımlama, ölçüm, kademelendirme, azaltma ve kontrol uygulamalarındaki kullanım fazlalığı dikkate alınmıştır.

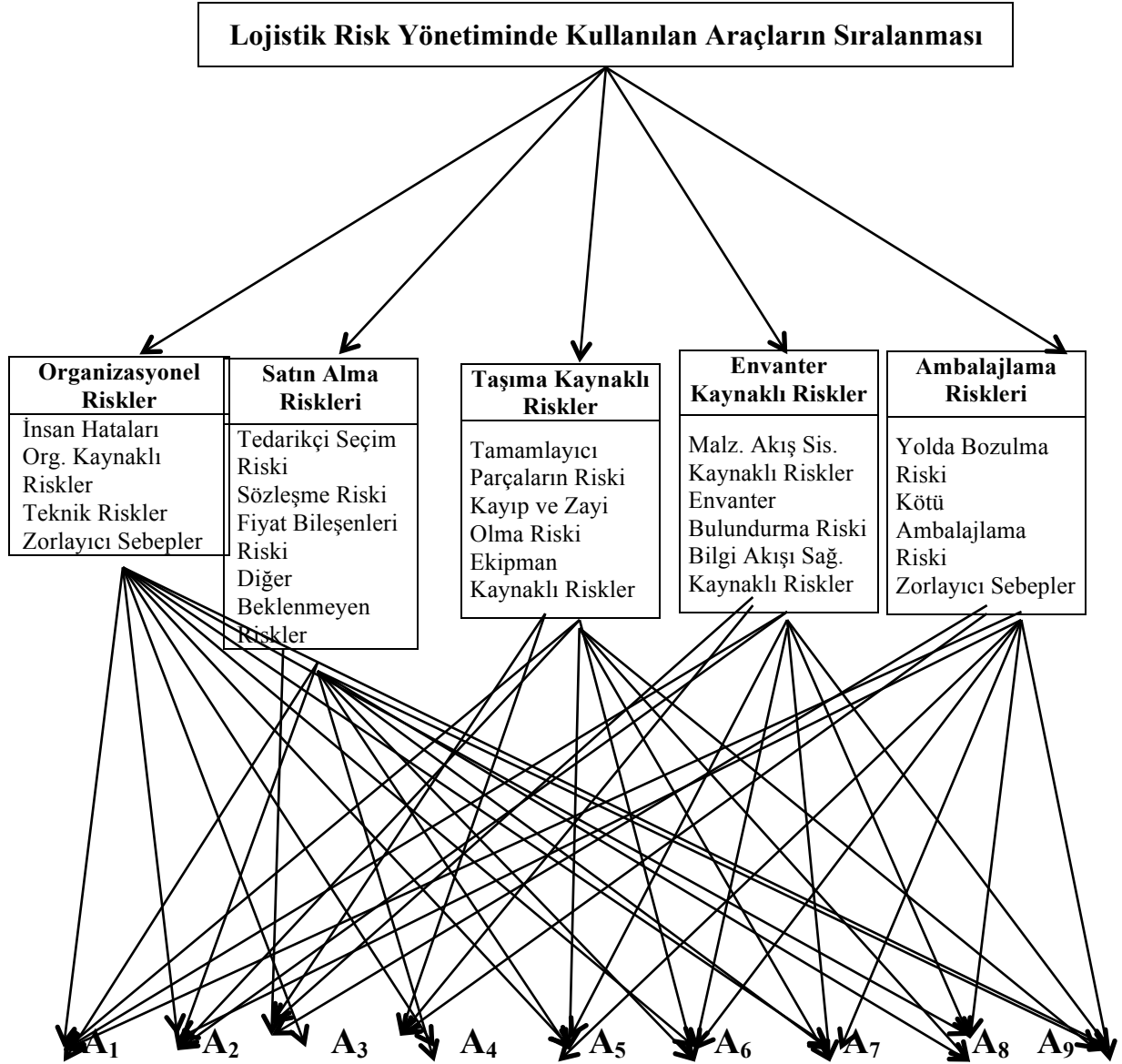
**Tablo 3.** Lojistik Risk Yönetiminde Kullanılan Araçlar

Alternatifler	Araçlar
A <sub>1</sub>	Balık Kılıçığı Analizi
A <sub>2</sub>	Süreç Kapasite Analizi
A <sub>3</sub>	Simülasyon Modelleme
A <sub>4</sub>	Kök-Sebep Analizi
A <sub>5</sub>	İstatistiksel Süreç Kontrolü
A <sub>6</sub>	Beyin Fırtınası
A <sub>7</sub>	Pareto Analizi
A <sub>8</sub>	Benchmarking
A <sub>9</sub>	Zaman Tabanlı Süreç Yerleşimi

#### 4.1. Kriterlerin Ağırlıklandırılması

Bu aşamada konunun paydaşları olan ve soğuk zincir taşımacılığı yapan firmalarda 25 uzmanla önce yüz yüze görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Uzman görüşlerinde fikir birliği sağlanamadığından ve uzman sayısının fazlalığından dolayı uzmanlara anket sunulmuştur.

Uzmanların bahse konu istatistiksel araçların tamamına vâkıf olmamaları nedeniyle araçlar hakkında detaylı açıklamalarda bulunulmuş ve anketlerin doldurulması sürecinde gelen çok sayıda soruya cevap verilmiş ve araçlar tekrar ve tekrar açıklanmıştır. AHP yöntemine uygun olarak uzmanların görüşlerinin geometrik ortalaması alınarak en yakın tamsayıya yuvarlanmış ve Expert Choice programına tek bir puan girilmiştir. Tablo 1.'de verilen AHP önem ölçeğine göre ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuş, bu matrisler yardımıyla kriterlerin ağırlıkları hesaplanmış ve Tablo 4.'de sunulmuştur. Bu doğrultuda ikili karşılaştırma matrisinin tutarlılık analizi yapılmış, modelin *CR* değeri 0,096 olarak tespit edilmiştir. *CR*'nin 0,10'dan küçük olması ise matris karşılaştırmalar sonucunun tutarlı olduğunun göstergesidir. Diğer karşılaştırma matrisleri ve *CR* değeri Ek:1-6 arasında sunulmuştur.



Şekil 2. Modelin AHP Hiyerarşisi

**Tablo 4.** Ana ve Alt Kriterlere Ait Ağırlık Değerleri

Ana Kriter	Alt Kriter	Ağırlıklar
$K_1 = 0,153$	$K_{11}$	0,073
	$K_{12}$	0,016
	$K_{13}$	0,035
	$K_{14}$	0,029
$K_2 = 0,100$	$K_{21}$	0,026
	$K_{22}$	0,011
	$K_{23}$	0,006
	$K_{24}$	0,057
$K_3 = 0,233$	$K_{31}$	0,060
	$K_{32}$	0,025
	$K_{33}$	0,148
$K_4 = 0,051$	$K_{41}$	0,005
	$K_{42}$	0,037
	$K_{43}$	0,009
$K_5 = 0,463$	$K_{51}$	0,129
	$K_{52}$	0,033
	$K_{53}$	0,301

Tablo 4.'e göre soğuk zincir taşımacılığı yapan firmalarda lojistik risk faktörlerinin en önemlisi “Ambalajlama Riski” olarak belirlenmiştir. “Taşıma Kaynaklı Riskler”, “Organizasyonel Riskler” ve “Satın Alma Riskleri” sırasıyla firmalardaki diğer risk faktörleri olarak tespit edilmiştir. “Envanter Kaynaklı Riskler” ise önem düzeyi en az olan lojistik risk faktörü olmuştur.

#### 4.2. Alternatiflerin Sıralanması

Bu bölümde alternatiflerin sıralanması için VIKOR yönteminden yararlanılmıştır. AHP ile elde edilen kriterler ağırlıkları kullanılarak VIKOR yöntemi ile lojistik risk yönetiminde en iyi aracın seçilmesi yani alternatiflerin sıralanması yapılmıştır. Daha önceden belirlenen karar kriterleri çerçevesinde her bir alternatifin değerlendirilmesi VIKOR anketi ile yapılmıştır. Değerlendirme esnasında katılımcılardan her bir alternatife 1-5 ( 1-en kötü, 5-en iyi) arasında puan vermeleri istenmiştir. Bu kapsamda ilk olarak  $f_i^*$  ve  $f_i^-$  değerleri hesaplanmış ve Ek:7’de gösterilmiştir. İlerleyen adımda ise  $S_j$  ve  $R_j$  değerleri hesaplanmıştır. Aynı zamanda bu değerler Tablo 5.’de sunulmuştur.  $S_j$  ve  $R_j$  değerlerinin hesaplamasında Tablo 4.’de verilen ağırlıklardan yararlanılmıştır.

**Tablo 5.**  $S_j$  ve  $R_j$  Değerleri

	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$	$A_7$	$A_8$	$A_9$
$S_j$	0,405	0,383	0,583	0,359	0,568	0,429	0,459	0,386	0,498
$R_j$	0,135	0,084	0,151	0,129	0,192	0,150	0,128	0,148	0,176

İzleyen aşamada ise  $Q_j$  değerleri için farklı  $v$  değerleri ( $v=0$ ,  $v=0,25$ ,  $v=0,50$ ,  $v=0,75$  ve  $v=1$ ) hesaplanmış ve Tablo 6’da verilmiştir.

**Tablo 6.  $Q_j$  Değerleri**

$Q_1$		$Q_2$		$Q_3$		$Q_4$		$Q_5$	
$v=0$	Sıralama a	$v=0,25$	Sıralama a	$v=0,50$	Sıralama a	$v=0,75$	Sıralama a	$v=1$	Sıralama a
0,47 2	$A_1=6$	0,405	$A_1=7$	0,339	$A_1=7$	0,27 2	$A_1=6$	0,20 5	$A_1=6$
0,00 0	$A_2=9$	0,027	$A_2=9$	0,053	$A_2=9$	0,08 0	$A_2=9$	0,10 7	$A_2=8$
0,62 0	$A_3=3$	0,715	$A_3=3$	0,810	$A_3=2$	0,90 5	$A_3=2$	1,00 0	$A_3=1$
0,41 7	$A_4=7$	0,313	$A_4=8$	0,208	$A_4=8$	0,10 4	$A_4=8$	0,00 0	$A_4=9$
1,00 0	$A_5=1$	0,983	$A_5=1$	0,966	$A_5=1$	0,95 0	$A_5=1$	0,93 3	$A_5=2$
0,61 1	$A_6=4$	0,543	$A_6=4$	0,446	$A_6=4$	0,38 9	$A_6=5$	0,31 3	$A_6=5$
0,40 7	$A_7=8$	0,417	$A_7=6$	0,427	$A_7=5$	0,43 6	$A_7=4$	0,44 6	$A_7=4$
0,59 3	$A_8=5$	0,475	$A_8=5$	0,356	$A_8=6$	0,23 8	$A_8=7$	0,12 1	$A_8=7$
0,85 2	$A_9=2$	0,794	$A_9=2$	0,736	$A_9=3$	0,67 8	$A_9=3$	0,62 1	$A_9=3$

Tablo 6.'ya göre  $v=0$ ,  $v=0,25$ ,  $v=0,50$  ve  $v=0,75$  değerleri için sıralamada en önemli lojistik risk yönetimindeki araç  $A_5$  olan “İstatistiksel Süreç Kontrolü” olmuştur. En az öneme sahip lojistik risk yönetimi araç ise  $A_2$  olan, “Süreç Kapasite Analizi” olarak belirlenmiştir.

$v=1$  için ise, sıralamada en önemli lojistik risk yönetimindeki araç  $A_3$  olan “Simülasyon Modelleme” olmuştur. En az öneme sahip lojistik risk yönetimi araç ise  $A_4$  olan, “Kök-Sebeup Analizi” olduğu belirlenmiştir.

Bu bulgulara göre  $v=0,1$  senaryosu haricindeki tüm senaryolarda en önemli lojistik risk yönetimi aracı  $A_5$  olan “İstatistiksel Süreç Kontrolü” olmuş aynı zamanda en az öneme sahip lojistik risk yönetimi araç ise  $A_2$  olan, “Süreç Kapasite Analizi” olduğu tespit edilmiştir.

## 5. SONUÇ

Tüm sektörlerde olduğu gibi soğuk zincir taşımacılığı yapan firmalarda risk kavramı ve bileşenleri önemli bir yere sahiptir. Firmaların istenilen ürünü, istenilen zamanda ve müşteriden gelen talepler doğrultusunda karşılamaları sürecinde risk ve risk unsurlarını göz ardı etmek neredeyse olanaksızdır.

Bu doğrultuda bu çalışmanın amacı, Samsun ilinde soğuk zincir taşımacılığı yapan firmalarda lojistik risk faktörlerinin önceliklendirilmesi ve lojistik risk yönetiminde kullanılan araçların sıralanmasıdır. Bu kapsamda çalışma iki aşamalı bir yaklaşım uygulanmıştır. İlk aşamada, Samsun ilinde lojistik risk faktörlerinin belirlenmesi için uzman görüşleri, akademisyenler, lojistik hizmet sağlayıcılar ve literatür taramasından faydalanılarak ilgili risk kriterleri AHP yöntemi ile ağırlıklandırılmıştır. Buna göre “Ambalajlama Riskleri” (K5) en önemli ana kriter olmuştur. Bu risk kriterini, sırasıyla; “Taşıma Kaynaklı Riskler (K3)”, “Organizasyonel Riskler (K1)”, “Satın Alma Riskleri (K2)” ve son olarak da “Envanter Kaynaklı Riskler (K4)” izlemiştir. Birleştirilmiş ağırlıklara ilişkin en önemli alt kriter “Zorlayıcı

Sebepler”, en az öneme sahip alt kriter ise “Bilgi Akışı Sağlamadan Kaynaklı Riskler” olarak belirlenmiştir.

İkinci aşamada ise, Samsun ilinde soğuk zincir taşımacılığı yapan firmalarda lojistik risk yönetiminde kullanılan araçların sıralanması için işletmelerdeki tanımlama, ölçüm, kademelendirme, azaltma ve kontrol uygulamalarındaki kullanım fazlalığına göre dokuz alternatif belirlenmiştir. Alternatifler belirlendikten sonra VIKOR yöntemi ile elde edilen analizler çerçevesinde farklı v değerleri için (v=1 dışında) “İstatistiksel Süreç Kontrolü” (A5) en ideal lojistik risk yönetimi aracı ve en az ideal araç ise “Süreç Kapasite Analizi” (A2) olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada konunun tarafları olduğu düşünülen uzmanlar ile görüşülmüş ancak zaman kısıtı nedeniyle bu sayı artırılmamıştır. İleride farklı sektör ve uzmanlık alanlarından farklı uzmanlarla çalışma genişletilerek karar vericilerin karar üzerindeki etkisi incelenebilir.

Benzer şekilde bu çalışmada ele alınan soğuk zincir lojistiğinden farklı problem sahalarına önerilen yaklaşım uygulanabilir.

Ayrıca bu çalışma gelecekte diğer ÇKKV ve/veya parametrik veya parametrik olmayan yöntemler veya bulanık mantık ile geliştirilebilir ve sonuçlar karşılaştırılabilir.

## KAYNAKÇA

- Bai, X., Zhao, H., (2017), “Logistics Risk Research of Prefabricated House Construction Engineering Based On Credibility Method”, *The Civil Engineering Journal*, 2, 114-127.
- Cavinato, J.L., (2004), “ Supply Chain Logistics Risks from the Back Room to the Board Room”, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34 (5), 383-387.
- Choi, T., Chiu, C., Chan, H., (2016), “Risk Management of Logistics Systems”, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 90, 1-6.
- Demirkol, İ., Ünğan, M.C., Ayanoglu, M., (2015), “Tedarik Zinciri Risklerinin İşletme Performansı Üzerindeki Etkisi: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama”, *İşletme Bilimi Dergisi*, 3(1), 20-37.
- Erdal, H., (2014), “Mühimmat Dağıtım Ağı Optimizasyonu”. Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ankara.
- Erdal, H., (2017), “Tarihsel Tecrübeler Işığında Tedarik Zinciri Risk Yönetiminin Önemi”, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 50, 121-139.
- Erdal, H., (2018), “Tedarik Zinciri Risk Yönetimi: Kavramsal Çerçeve Ve Tedarik Yönlü Bir Literatür Araştırması”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(4), 764-796.
- Erdal, H., Akgün, İ., (2014), “Mühimmat Dağıtım Ağı Optimizasyonu ve Bir Uygulama”, *34. Ulusal Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Kongresi YAEM*, 25-27 Haziran 2014, Bursa.
- Enyinda, C., Mbah, C.H.N., Ogbuehi, A., (2010), “An Empirical Analysis of Risk Mitigation in The Pharmaceutical Industry Supply Chain: A Developing Country Perspective”, *Production and Operations Management*, 52 (1), 45-54.
- Fischl, M., Rathje, M., Friedli, T, (2014), “Digging Deeper Into Supply Risk: A Systematic Literature Review On Price Risks”, *Supply Chain Management: An International Journal*, 19 (5/6), 480-503.



- Giunipero, L.C., Eltantawy, A.L., (2003), “Securing the Upstream Supply Chain: A Risk Management Approach”, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34(9), 698-713.
- Goankar, R., Viswanadham, N., (2006), “A Conceptual and Analytical Framework for The Management of Risk in Supply Chains”, Isb.edu. Eriřim tarihi: 16 Şubat 2018.
- Govindan, K., Chaudhuri, A., (2016), “Interrelationships of Risks Faced By Third Party Logistics Service Providers: A DEMATEL Based Approach”, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 90, 177-195.
- Güzel, D., Erdal, H., (2015), “A Comparative Assesment of Facility Location Problem via Fuzzy TOPSIS and Fuzzy VIKOR: A Case Study on Security Services”, *International Journal of Business and Social Research*, 5(5), 49-61.
- Hao, C., Qing, W., (2009), “Risk Analysis of Project Logistics Based on Fuzzy Comprehensive Evaluation”, *Logistics Engineering and Management*, 31 (3), 44-46.
- Ho, W., Zheng, T., Yıldız, H., Talluri, S., (2015), “Supply Chain Risk Management: A Literature Review. *International Journal of Production Research*, 53(16), 5031-5069.
- Institute of Risk Management, A Risk Management Standart, <http://www.theirm.org/publications/PUstandard.html>. [15.12.2017]
- Jüttner, U., Peck, H., Christopher, M., (2003), “ Supply Chain Risk Management: Outlining an Agenda for Future Research”, *International Journal of Logistics: Research & Applications*, 6 (4), 197-210.
- Juttner, U., (2005), “Supply Chain Risk Management Understanding the Business Requirements from a Practitioner Perspective”, *The International Journal of Logistics Management*, 16, 120-141.
- Kara, M.E., Fırat, S.Ü.O., (2015), “Tedarik Zinciri Risk Yönetiminin Gelişmesini Tetikleyen Risk Olayları Üzerine Bir İnceleme”, *IV. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi*, 21-23 Mayıs 2015, Gümüşhane.
- Kara, M.E., Fırat, S.Ü.O., (2017), “Tedarik Zinciri Riskleri: Literatür Taraması Ve Yeni Bir Sınıflandırma”, *Beykent Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(1), 31-60.

- Kleindorfer, P.R., Saad, G.H., (2005), “Managing Disruption Risks in Supply Chains”, *Production and Operations Management*, 14(1), 53-68.
- Kwak, D.W., Rodrigues, V.S., Mason, R., Pettit, S., Beresford, A., (2018), “Risk Interaction Identification in International Supply Chain Logistics: Developing A Holistic Model”, *International Journal of Operations & Production Management*, 38(2), 372-389.
- Ma, G., Guan, H., (2009), “The Application Research of Cold-Chain Logistics Delivery Schedule Based on JIT”, *International Conference on Industrial Mechatronics and Automation*, 368-370.
- Manuj, I., Mentzer, J.T., (2008), “Global Supply Chain Risk Management Strategies”, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 38(3), 192-223.
- Omta, S.W.F., Trienekens, J.H., Beers, G., (2001), “Chain and Network Science: A Research Framework. Hollanda”, Wageningen University and Research Centre.
- Opricovic, S., Tzeng, G.H., (2004), “Compromise Solution By MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS”, *European Journal of Operational Research*, 156, 445-455.
- Opricovic, S., Tzeng, G.H., (2007), “Extended VIKOR Method in Comparison with Other Outranking Methods”, *European Journal of Operational Research*, 178, 514-529.
- Prakash, S., Soni, G., Rother, A.P.S., (2017), “Multi-Echelon Closed-Loop Supply Chain Network Design and Configuration Under Supply Risks and Logistics Risks”, *International Journal of Logistics Systems and Management*, 28(1), 1742-7975.
- Renn, O., Rohrman, B., (2000), “Cross-Cultural Risk Perception”, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Saaty, T. L. (2008). “The Analytic Hierarchy And Analytic Network Measurement Processes: Applications To Decisions Under Risk”, *European Journal of Pure and Applied Mathematics*, 1(1), 122-196.
- Samvedi, A., Jain, V., Chan, F.T.S., (2013), “Quantifying Risks in a Supply Chain Through Integration of Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS”, *International Journal of Production Research*, 51, 2433-2442.

- Sodhi, M.S, Son, B., Tang, C., (2012), “Researchers’ Perspectives on Supply Chain Risk Management”, *Production and Operations Management*, 21(1), 1-13.
- Tang, C.S., (2006), “Perspectives in Supply Chain Risk Management”, *International Journal of Production Economics*, 103, 451-488.
- Tez, H.Ö., Tez, E., Yılmaz, A., (2012), “Tedarik Zincirinde Karşılaşılan Sorunların FMEA İle Çözümlemesi ve Yönetilmesi: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama”, *Organizasyon ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 4(2), 107-117.
- Vaidya, O.S., Kumar, S., (2006), “Analytic Hierarchy Process: An Overview of Applications”, *European Journal of Operational Research*, 169, 1-29.
- Vesper, J., Kartoglu, Ü., Bishara, R., Reeves, T., (2010), “A Case Study in Experiential Learning: Pharmaceutical Cold Chain Management on Wheels”, *Journal of Continuing Education in The Health Professions*, 30(4), 229-236.
- Wang, Q., (2011), “Discussion on The Risk Management of Engineering Project Logistics”, *Project Management Technology*, 1, 17-20.
- Wang, M., (2018), “Impacts of Supply Chain Uncertainty and Risk On The Logistics Performance”, *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 30(3), 689-704.
- Wei, Bo., (2011), “The Cold Chain Management in Supermarket Case Study on the Fresh Food Logistics in a Supermarket”, Master’s Thesis in Logistics and Innovation Management, Sweden, University of Gavle, Faculty of Engineering.
- Xin, C., Cui, Y., Zhao, J., (2007), “Research on Some Problems in The Exploration of Project Logistics”, *China Water Transport (Academic Version)*, 5, 206-208.
- Yapraklı, T.Ş., Erdal, H., (2015), “Bankacılık Sektöründe Pazarlama Karması Elemanlarının Önceliklerinin Belirlenmesi: Erzurum İli Örneği”, *The Journal of Academic Social Science Studies*, 38, 481-500.
- Zsidsin, G.A., (2003), “A Grounded Definition of Supply Risk”, *Journal of Purchasing & Supply Management*, (9), 217–224.

**EKLER****EK: 1****Ek: 1. Ana Kriterler için Karar Matrisi Ağırlıklar ve Tutarlılıklar**

	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	Ağırlıklar (W)	Tutarlılık Oranı (CR)
K <sub>1</sub>	1	3	1/2	3	3	0,153	0,0798<0,010 tutarlı
K <sub>2</sub>	1/3	1	1/3	3	1/3	0,100	
K <sub>3</sub>	2	3	1	5	1/3	0,233	
K <sub>4</sub>	1/3	1/3	1/5	1	1/5	0,051	
K <sub>5</sub>	5	3	3	5	1	0,463	

**EK:2****Ek: 2. Organizasyonel Riskler Ana Kriterine ait Alt Kriterler için Karar Matrisi ve Tutarlılık Oranları**

	K <sub>11</sub>	K <sub>12</sub>	K <sub>13</sub>	K <sub>14</sub>	Ağırlıklar (W)	Tutarlılık Oranı (CR)
K <sub>11</sub>	1	3	3	3	0,483	0,08064<0,010 tutarlı
K <sub>12</sub>	1/3	1	1/2	1/3	0,105	
K <sub>13</sub>	1/3	2	1	2	0,229	
K <sub>14</sub>	1/3	3	1/2	1	0,183	

**EK:3****Ek: 3. Satın Alma Riskleri Ana Kriterine ait Alt Kriterler için Karar Matrisi ve Tutarlılık Oranları**

	K <sub>21</sub>	K <sub>22</sub>	K <sub>23</sub>	K <sub>24</sub>	Ağırlıklar (W)	Tutarlılık Oranı (CR)
K <sub>21</sub>	1	3	5	1/3	0,257	0,08887<0,010 tutarlı
K <sub>22</sub>	1/3	1	3	1/7	0,110	
K <sub>23</sub>	1/5	1/3	1	1/5	0,062	
K <sub>24</sub>	3	7	5	1	0,571	

**EK:4****Ek: 4. Taşıma Kaynaklı Riskler Ana Kriterine ait Alt Kriterler için Karar Matrisi ve Tutarlılık Oranları**

	K <sub>31</sub>	K <sub>32</sub>	K <sub>33</sub>	Ağırlıklar (W)	Tutarlılık Oranı (CR)
K <sub>31</sub>	1	3	1/3	0,258	0,03730<0,010 tutarlı
K <sub>32</sub>	1/3	1	1/5	0,105	
K <sub>33</sub>	3	5	1	0,637	

**EK:5****Ek: 5. Envanter Kaynaklı Riskler Ana Kriterine ait Alt Kriterler için Karar Matrisi ve Tutarlılık Oranları**

	K <sub>41</sub>	K <sub>42</sub>	K <sub>43</sub>	Ağırlıklar (W)	Tutarlılık Oranı (CR)
K <sub>41</sub>	1	1/3	1/6	0,088	0,09405<0,010 tutarlı
K <sub>42</sub>	3	1	5	0,195	
K <sub>43</sub>	1/6	1/5	1	0,717	

**EK:6****EK: 6. Ambalajlama Riskleri Ana Kriterine ait Alt Kriterler için Karar Matrisi ve Tutarlılık Oranları**

	K <sub>51</sub>	K <sub>52</sub>	K <sub>53</sub>	Ağırlıklar (W)	Tutarlılık Oranı (CR)
K <sub>51</sub>	1	5	1/3	0,279	0,06239<0,010 tutarlı
K <sub>52</sub>	1/5	1	1/7	0,072	
K <sub>53</sub>	3	7	1	0,649	

**EK:7****Ek:7. f<sub>i</sub>\* ve f<sub>i</sub><sup>-</sup> Değerleri Tablosu**

Kriterler	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>8</sub>	A <sub>9</sub>	F <sub>i</sub> *	F <sub>i</sub> <sup>-</sup>
K <sub>11</sub>	4,45	3,95	4,05	3,15	2,35	1,75	2,45	2,75	2,00	4,45	1,75
K <sub>12</sub>	4,75	4,15	4,35	2,80	2,15	1,80	2,30	2,40	1,70	4,75	1,70
K <sub>13</sub>	3,05	3,50	3,80	2,40	4,05	2,15	2,10	2,05	2,75	4,05	2,05
K <sub>14</sub>	3,55	4,05	4,25	2,05	2,15	1,55	3,00	3,10	1,95	4,25	1,55
K <sub>21</sub>	4,35	3,35	3,15	2,70	2,45	2,40	2,55	2,85	4,00	4,35	2,40
K <sub>22</sub>	1,95	2,15	4,15	3,15	3,00	2,45	3,55	3,95	3,50	4,15	1,95
K <sub>23</sub>	3,85	3,05	2,40	2,20	4,05	3,15	4,15	4,25	1,85	4,25	1,85
K <sub>24</sub>	2,10	3,00	2,30	1,70	3,30	4,50	4,10	3,40	2,15	4,50	1,70
K <sub>31</sub>	3,10	2,05	4,10	4,00	3,80	3,50	2,45	2,85	4,50	4,50	2,05
K <sub>32</sub>	3,65	4,00	4,40	2,85	2,25	2,40	2,00	2,55	3,50	4,40	2,00
K <sub>33</sub>	4,15	2,15	3,50	3,20	3,35	3,55	4,05	4,35	4,10	4,35	2,15
K <sub>41</sub>	3,40	2,50	3,35	2,60	1,85	1,95	2,45	4,05	3,10	4,05	1,85
K <sub>42</sub>	2,40	4,00	2,55	2,65	2,30	1,55	1,65	2,75	3,10	4,00	1,55
K <sub>43</sub>	3,10	3,00	2,75	2,30	3,75	2,95	3,20	2,40	2,50	3,75	2,30
K <sub>51</sub>	4,00	3,50	3,40	4,10	3,75	3,55	3,65	3,25	2,45	4,10	2,45
K <sub>52</sub>	3,90	2,30	3,55	3,25	4,40	2,40	4,50	2,45	4,15	4,50	2,30
K <sub>53</sub>	4,05	2,75	3,15	2,25	3,40	3,15	2,80	3,10	2,55	4,05	2,25

## **Ranking of the Logistics Risk Factors and Risk Management Tools via Integrated AHP-VIKOR Approach: A Case Study of Samsun Province**

**Selçuk KORUCUK**

Giresun University  
School of Applied Sciences  
Giresun, Turkey  
[orcid.org/0000-0003-2471-1950](https://orcid.org/0000-0003-2471-1950)  
[selcuk.korucuk@giresun.edu.tr](mailto:selcuk.korucuk@giresun.edu.tr)

**Hamit ERDAL**

Atatürk University  
Social Sciences Institute  
Erzurum, Turkey  
[orcid.org/0000-0001-8352-6427](https://orcid.org/0000-0001-8352-6427)  
[hamit\\_erdal@hotmail.com](mailto:hamit_erdal@hotmail.com)

### **Extensive Summary**

#### **Introduction**

Today, firms that want to survive in the international market need to pay more attention to the risk criteria in all fields. Developing and changing logistics applications at both World and Turkey has becoming diverse day by day and therefore contain a lot of risk factors.

Unlike traditional supply chain applications, cold chain logistics, is at risk because of the operational processes of the products are elaborated and the products within the cold chain from production to end consumer is perishable (Wei, 2011: 12). From this point of view, the one of the important issues is sustainability. One way of achieving sustainability is to reduce the level of impact of risk factors to the minimum, or to work on zero risk components. Because the logistic risk factors at cold chain and cold chain transportation are components that directly affect the firm at points of competition, efficiency, cost, customer satisfaction, effectiveness etc. One of the best ways to create these components at firms is through logistic risk factors.

The identification of the risk factors in cold chain logistics and the harmonization of logistics risk factors with the ideal logistics risk management tool can be considered as applications that bring success to the firms.

Accordingly , the aim of this study is to identify the logistic risk factors in firms, which are carrying out cold chain transportation in Samsun province and to rank the tools used in logistic risk management.

To the best our knowledge, it is the first study for identifying logistic risk factors and for ranking logistic risk management tools in firms that are involved in cold chain transportation. Also to the best our knowledge, it is the first study that is utilized the AHP-VIKOR integrated approach for supply chain risk management. For this reason, it is evaluated that this study will contribute to the literature.

In the following sections of the study, respectively, the literature research on logistic risk, the Analytical Hierarchy Process (AHP) and the Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR) methods, which are the methods of the study, and the application of the method to Samsun province are handled. The last section draws conclusions and comments on future study directions.

## Method

In this study, a two-stage integrated multi-criteria decision making (MCDM) approach was used to identify logistic risk factors and the most ideal logistic risk management tool for firms that carry out cold chain transportation. The weights of criteria were determined by AHP and at the second stage the alternatives were ranked by using the obtained weights and by utilizing the VIKOR method.

### Analytic Hierarchy Process (AHP)

AHP, developed by Thomas L. Saaty in 1977, is one of the widely used MCDM methods to solve complex problems. This method ranks the decision alternatives in order to importance within the criteria determined by the decision maker in many options (Erdal and Akgün, 2014:93).

The computational steps of AHP can be summarized as follows: (Erdal, 2014:56-62; Yapraklı and Erdal, 2015:488-489).

Step 1: State the problem. Structure the problem in a hierarchy of different levels constituting goal, criteria, sub-criteria and alternatives.

Step 2: Compare each element in the corresponding level and calibrate them on the numerical scale.

Step 3: Calculate the mean relative weights.

Step 4: Calculate the degree of consistency.

### VIKOR Method

The VIKOR method was presented in 1998 by Serafim Opricovic and was formed by abbreviating the initials of Slavic expressions (Opricovic and Tzeng, 2004: 447). This method; helping the decision maker to achieve a final decision by focusing on the identification of a compromise solution of a problem with contradictory expressions and the ranking of a set of selected alternatives (Opricovic and Tzeng, 2007: 515).

The computational steps of VIKOR method can be summarized as follows (Opricovic and Tzeng, 2007; 515-517; Güzel and Erdal, 2015: 54-55);

Step 1: Determine the best ( $f_i^*$ ) and the worst ( $f_i^-$ ) values of all criterion ratings.

Step 2: Compute the values  $S_j$  and  $R_j$ .

Step 3: Compute the values  $Q_j$ .

Step 4: Rank the alternatives, sorting by the values  $S_j$ ,  $R_j$  and  $Q_j$  in decreasing order.

Step 5: Determine a compromise solution, the alternative  $A^1$ , which is the best ranked by the measure  $Q_{\min}$ . If the following two conditions are satisfied.

• Acceptable advantage:  $Q_{A^{(2)}} - Q_{A^{(1)}} \geq 1/(j - 1)$ , where  $A^2$ , is the alternative with second position according to the ranking list by  $Q_j$ ;

• Acceptable stability in decision making: The alternative  $A^1$ , must also be the best ranked by  $S_j$  or/and  $R_j$ . This compromise solution is stable within a decision making process, which could be: “voting by majority rule” (when  $v > 0,5$  is needed), or “by consensus” ( $v=5$ ), or “with veto” ( $v < 5$ ).

## Results

### Weighting The Criteria

In this section of the AHP method, a questionnaire for the comparison of 25 experts was conducted to evaluate the criteria. Consistency analysis of the model was performed and the CR value was computed as 0.096. If CR is less than 0.10, the matrix comparison is an indication that the result is consistent.

As a result of the AHP calculations, the most important logistic risk factors was determined as “Packaging Risks” in cold chain transportation firms. “Transportation Risks”, “Organizational Risks” and “Purchasing Risks” were determined as other risk factors in the firms, respectively. “Inventory Risks” was the least important logistic risk factor.

### Ranking The Alternatives

In this section, the VIKOR method was utilized for sorting the alternatives. By using the weights of the criteria obtained by AHP, VIKOR method was utilized to select the best tool for logistic risk management. Assessment of each alternative in the framework of previously determined decision criteria was made with the VIKOR questionnaire. According to the method, the  $f_i^*$ ,  $f_i^-$ ,  $S_j$ ,  $R_j$ , and the  $Q_j$  values were calculated, respectively.

As a result of the calculations, the most important logistic risk management tool was “Statistical Process Control (A5)”. The logistics risk management tool with the least precaution was designated as “Process Capacity Analysis (A2)”.

## Conclusion

In this study, logistic risk factors were prioritized for the firms that carry out cold chain transportation in Samsun province and the tools used in logistic risk management were ranked.

In this context, a two-stage approach was applied. At the first stage, related risk criteria were weighted by AHP method by using expert opinions, academicians, logistics service providers and literature review to determine logistic risk factors in Samsun province. As a result of calculations, “Packaging Risks (K5)” became the most important main criterion.

At the second stage, logistic risk management tools were ranked. “Statistical Process Control (A5)” was determined the most ideal logistic risk management tool, and the least ideal was “Process Capacity Analysis (A2)”.

This work was discussed with 25 experts who are considered to be parties to this subject, but this number couldn't been increased due to time constraints. Future works can be extended with different experts from different sectors and fields of expertise to examine the impact of decision-makers on the decision.

Similarly, the proposed integrated approach for the cold chain logistics problem can be applied to different problem fields. In addition, this study can be extended in future works with other MCDM methods, and/or parametric or nonparametric methods or fuzzy logic and the results can be compared.