



Journal of Management, Marketing and Logistics

Year: 2017 Volume: 4 Issue: 2



PRIORITIZATION OF FAILURE MODES IN FOOD LOGISTIC PROCESS WITH A FUZZY APPROACH

DOI: 10.17261/Pressacademia.2017.463

JMML- V.4-ISS.2-2017(12)-p.186-201

Yelda Ayrim¹, Gulin Feryal Can²

¹Başkent University, Faculty of Engineering, Industrial Engineering Department, Ankara, Turkey. yayrim@baskent.edu.tr

²Başkent University, Faculty of Engineering, Industrial Engineering Department, Ankara, Turkey. gfcan@baskent.edu.tr

To cite this document

Ayrim Y. and G.F.Can, (2017). Prioritization of failure modes in food logistic process with a fuzzy approach. Journal of Management, Marketing and Logistics (JMML), V.4, Iss.2, p.186-201.

Permament link to this document: <http://doi.org/10.17261/Pressacademia.2017.463>

Copyright: Published by PressAcademia and limited licenced re-use rights only.

ABSTRACT

Purpose- Food logistics include food transfer activities that transport dry food, beverage and canned products etc. at any time, to anywhere and without any damage by transport companies using special equipment and expert staff support. Unless the required sensitivity for food logistics interacting with human health is not shown, it may result in situations that can damage human health and even cause death. Accordingly, it is very important to determine the failures that may arise from the beginning and to determine the risk levels related to these failures and take precautions related to these failures. In this way, failure costs and customer complaints that may occur after delivery can be reduced.

Methodology- In this study, Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) were used to determine the failures that may be encountered in food logistics and the risk levels associated with these failures. In this context considering disadvantages of traditional FMEA, weights of the risk factors related to the failure modes are determined by using Fuzzy DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) and these failure modes are prioritized by implementing Fuzzy WASPAS (Weighted Aggregated Sum Product Assessment). In addition, for identifying the consistency of failure modes ranking, comparison study is realized.

Findings- As a result of the study, it is determined that to perform regular maintenance and calibration of vehicle coolers failure mode has the first priority. Also, as a result of the comparison analysis, it is proved by the Sperman Rank Correlation Coefficient values that the proposed approach can produce consistent results.

Conclusion- In real life, the transportation of foods in the condition that will not threaten human health and provide required environmental conditions has a great importance in the food logistics. Among these conditions the fact that, the unsuitable environment temperature for the transported food is one of the most important problems in terms of deterioration of sensitive foods. Degraded food during transport will bring health problems when they are consumed by people and will cause high cost of products and loss of customers for the logistics firm.

Keywords: Multi criteria decision making, FMEA, food logistics, fuzzy DEMATEL, fuzzy WASPAS.

JEL Codes: D81, L87, L91

GIDA LOJİSTİĞİ SÜRECİNDE HATA TÜRLERİNİN BULANIK BİR YAKLAŞIMLA ÖNCELİKLENDİRİLMESİ

ÖZET

Amaç- Gıda lojistiği, nakliye firmalarının özel ekipman kullanarak ve uzman personel desteği ile kuru gıda, içecek ve konserve gibi ürünleri istenilen yere, istenilen zamanda ve gıdaya herhangi bir zarar vermeden ulaştırma faaliyetlerini kapsamaktadır. İnsan sağlığı ile etkileşim halinde olan gıda lojistiğinde gerekli hassasiyet gösterilmediği takdirde insan sağlığına zarar verecek ve hatta ölümlü sonuçlanabilecek durumlar ortaya çıkabilecektir. Buna göre yönetilen bu süreçte baştan oluşabilecek hataların tespit edilmesi, bu hatalara ilişkin risk seviyelerinin belirlenmesi ve önlemlerin alınması oldukça önemlidir. Bu şekilde, hata maliyetleri ile teslim sonrasında oluşabilecek müşteri şikâyetleri azaltılabilecektir.

Yöntem- Bu çalışmada gıda lojistiğinde karşılaşılabilecek hataların ve bu hatalara bağlı risk düzeylerinin tespiti için Hata Türleri ve Etkileri Analizi (HTEA) kullanılmıştır. Bu kapsamda, geleneksel HTEA'nın geliştirilmesi gereken yönleri de dikkate alınarak belirlenen hata türlerine ilişkin risk faktörlerinin ağırlıkları Bulanık DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) yöntemi ile elde edilmiş ve Bulanık WASPAS (Weighted Aggregated Sum Product Assessment) ile bu hatalar önceliklendirilmiştir. Ayrıca hata türlerine ilişkin elde edilen sıralamaların tutarlılığının belirlenmesi için karşılaştırma analizi gerçekleştirilmiştir.

Bulgular- Çalışma sonucunda, araç soğutucularının düzenli bakım ve kalibrasyonunun yapılmaması hata türünün birinci önceliğe sahip olduğu belirlenmiştir. Yapılan karşılaştırma analizi sonucunda ise önerilen yaklaşımın tutarlı sonuçlar ürettiği Sperman Sıra Korelasyonu katsayısı değerleriyle kanıtlanmıştır.

Sonuç- Gerçek hayatta da gıda lojistiğinde insan sağlığını tehdit etmeyecek şekilde, gerekli ortam koşulları sağlanarak gıdaların taşınması büyük önem arz etmektedir. Bu koşullar arasında, ortam sıcaklığının taşınan gıdaya uygun olmaması hassas gıdaların bozulabilmesi açısından en önemli problemlerden birisidir. Taşıma süresince bozulan gıdalar insanlar tarafından tüketildiklerinde sağlık problemlerini de beraberinde getirecek ve lojistik firması için de yüksek bozulan ürün maliyetlerine, müşteri kaybına sebep olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Çok kriterli karar verme, FMEA, gıda lojistiği, bulanık DEMATEL, bulanık WASPAS.

JEL Kodları: D81, L87, L91

1. GİRİŞ

Gıda lojistiği, nakliye firmalarının kuru gıda, içecek ve konserve gibi ürünleri belirli sıcaklık ve hijyen koşullarında istenilen yere, istenilen zamanda ulaştırılması işlemidir. Bu işlem, özel ekipman ve bilgi sahibi personel gerektirmektedir. Gıda lojistiği, insan sağlığı ile birebir etkileşimde olan bir faaliyet olduğu için taşıma esnasında gösterilmesi gereken hassasiyet diğer taşıma faaliyetlerine göre üst düzeydedir. Taşıma esnasında gıda malzemelerinin ezilmemesi, ambalajların hasar görmemesi için titiz ve özenli bir nakliye işleminin gerçekleştirilmesi önemlidir.

Gıda lojistiğinde, taşınacak ürünlerin açık bir şekilde tanımlanması, düzenli sıcaklık, nem ve hijyen kontrollerinin yapılması, ürüne uygun depolama işlemlerinin gerçekleştirilmesine dikkat edilmelidir. Paketlemede kullanılan ambalaj malzemelerinin de birinci sınıf kaliteye sahip olması gereklidir. Ayrıca, gıda nakliyesinin son aşamasında kullanılan soğuk hava depoları da ürüne uygun olarak seçilmelidir. Bununla birlikte, ürünlere ilişkin taşıma ve saklama koşulları konunun uzmanları tarafından önceden belirlenerek planlanmalıdır. Bu kurallara önem verilmediği zaman, zehirlenmeler hatta ölümler gibi insan sağlığını tehdit eden durumlar yaşanabilir. Taşıma ve depolama öncesi planlamaların yapılmadığı durumlarda ise ürün kaybı ortaya çıkabilir. Bu durum, müşteri ve ülke ekonomisi kapsamında kayıplara yol açabilir.

Gıda lojistiğinde amaç, ürünleri taşımak ve depolamak olduğu kadar balık, et, süt gibi kısa ömürlü ürünlerin rafa en kısa zamanda ulaştırılmasını sağlamaktır. Burada performans ölçütü, soğuk raflarda en uzun süre kalabilecek şekilde taşınabilen bir ürünü elde etmektir. Bu şekilde ürünlerin yenilerini rafa koyma süresi uzayacaktır.

Türkiye'de gıda lojistiğinin büyük bir bölümü karayolu ile gerçekleştirilmektedir. Sektör, çok güçlü bir lojistik ağa ve teknolojisine sahip olmasına rağmen soğuk hava sistemlerini gerektiren araçların ve depoların eksikliğinin sıkıntısını yaşamaktadır. Gıda sektörünün büyümesi ve talebin artmasıyla gıda üretiminin en temel sorunları olan gıdaların bozulması, kalite kaybının önlenmesi ve tüketici sağlığını tehdit etmeyecek ürünlerin tüketiciye ulaştırılması için gerekli faaliyetler üzerinde önemle durulmaktadır.

Bu çalışmada, HTEA kullanılarak gıda lojistiğinde ortaya çıkabilecek hataların belirlenmesi amaçlanmıştır. HTEA, ürünlerin ve proseslerin geliştirilmesinde öncelikli olarak hata riskinin ortadan kaldırılmasına odaklanan sezgisel bir yaklaşımdır. HTEA, meydana gelebilecek hataları önceden tahmin ederek önlemeye çalışan ve meydana gelebilecek problemlerin son müşteriye olan etkilerini, analiz eden güçlü bir tekniktir. HTEA'da bir sisteme, ürüne veya hizmete yönelik ortaya çıkabilecek hata türlerine ilişkin risk seviyeleri farklı risk faktörlerine bağlı olarak değişmektedir. Bu risk faktörleri, çok kriterli karar verme (ÇKKV) yapısına göre kriterleri oluşturur. Hata türleri ise alternatifleri tanımlar. Kriterlerin hata türlerine göre değerlendirilmesi ve hata türlerinin etkilerinin belirlenmesi konunun uzmanları tarafından gerçekleştirilir. Bu kapsamda, HTEA yaklaşımı ÇKKV problemi yapısına sahiptir. Çalışmada, HTEA yaklaşımı temel alınarak Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL) ve Weighted Aggregated Sum Product Assessment (WASPAS) yöntemlerinin uygulanmasıyla gıda lojistiğinde ortaya çıkabilecek hata türleri ve bu hata türlerine ilişkin risk seviyeleri belirlenmiştir. DEMATEL 1972 ve 1976 yılları arasında Cenevre Battelle Memorial Enstitüsü, Bilim ve İnsan İlişkileri programı tarafından geliştirilmiştir (Fontela ve Gabus, 1974). Yöntem graf teori temelli olup kriterler arasındaki nedensel ilişkiyi modellemekte ve kriterleri sebep ve sonuç gruplarına bölebilmektedir (Li ve Tzeng, 2009). DEMATEL, kriterlerin birbirleri üzerindeki etkilerini dikkate alarak öncelik sıralarını belirlemektedir. Etkisi en yüksek olan kriter, en yüksek önceliğe sahiptir ve bu tür kriterler

sebeup kriterleri olarak ifade edilir. Etkisi düşük olan kriterler düşük önceliği olan kriterlerdir ve bu tür kriterler sonuç kriterleri olarak tanımlanır (Tseng ve Lin, 2008). 2004 yılında Chakraborty ve Zavadskas tarafından geliştirilen WASPAS yöntemi Ağırlıklı Toplam Modeli (Weighted Sum Model-WSM) ile Ağırlıklı arpım Modeli (Weighted Product Model-WPM) olmak üzere iki farklı modelin sonuçlarını birleştiren bir ÇKKV yaklaşımıdır. Yöntemde söz konusu iki model kullanılarak birleşik optimallik kriterinin değeri hesaplanmakta ve bu değer alternatiflerin sıralamasında kullanılmaktadır. WASPAS işleyiş prosedürü içerisinde duyarlılık analizini de gerçekleştiren ve bu sayede alternatif sıralamalarındaki tutarlığı kontrol edebilen bir yöntemdir (Chakraborty ve Zavadskas, 2014).

2. LİTERATÜR ARAşTIRMASI

Bu bölümde, son yıllarda literatürde HTEA, DEMATEL ve WASPAS yöntemleri kullanılarak yapılan çalışmalara yer verilmiştir.

Literatürde, HTEA'nin farklı ÇKKV yöntemleri ile birlikte kullanıldığı görülmektedir. Chang (2009), ağırlıklılandırılmış geometrik ortalama operatörü ve DEMATEL kullanarak ürün HTEA uygulayarak hata türlerini önceliklendirmiştir. Abdelgawad ve Fayek (2010), inşaat sektöründe oluşabilecek risklerin değerlendirmesinde bulanık AHP kullanarak hata türlerine ilişkin sıralamayı elde etmişlerdir. Zammori ve Gabbrielli (2011), hataların önceliklendirilmesi için hiyerarşik yapıya dayalı ANP yöntemiyle Risk Öncelik Puanını (RÖP) hesaplamışlardır. Emovon vd. (2015), deniz makinesi sistemlerinde oluşabilecek hataları VIKOR (VIşekriterijumsko KOMpromisno Rangiranje) tekniği ile önceliklendirerek uzlaşık programlama ve TOPSIS (Technique For Order Preference By Similarity To An Ideal Solution) ile elde edilen çözümleri karşılaştırmışlardır.

Literatürde DEMATEL kullanılarak yapılan çalışmalara bakıldığında bir çok karar probleminde kriter ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla yöntemin uygulandığı görülmektedir. Chang vd., (2011) alışmalarında, tedarikçi seçiminde etkili olan anahtar faktörleri belirlemek için bulanık DEMATEL yöntemini uygulamışlardır. Wu (2012), başarılı bir bilgi yönetimi uygulaması için kritik faktörlerin ortaya konulması amacıyla bulanık DEMATEL yöntemini önermiştir. Tsai vd.(2015) devre kartları üretiminin çevresel performansını incelemişlerdir ve çevresel performans kriterleri arasındaki etkileşimin yönünü ve seviyesini değerlendirebilmek için bulanık DEMATEL yaklaşımını kullanmışlardır. Akyüz ve elik (2015) ham petrol tanker gemilerinde gaz boşaltma işlemi sırasında oluşabilecek tehlike kaynakları arasındaki nedensellik ilişkilerini belirlemek için bulanık DEMATEL kullanmıştır.

WASPAS yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalarda da farklı karar problemlerinin ele alındığı literatürden görülmektedir. Zolfani (2013), kurulması planlanan bir alışveriş merkezi için yer seçiminde Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA) yöntemini yer seçimi kriterlerinin ağırlıklandırmasında, WASPAS yöntemini ise alternatif yerlerin sıralanmasında kullanmıştır. Vafaeipour vd. (2014) güneş enerjisi projesinin uygulanmasına ilişkin bölge seçiminde SWARA ve WASPAS yöntemlerini uygulamışlardır. Chakraborty ve Zavadskas (2014) tarafından imalat kararlarının önceliklendirilmesinde WASPAS kullanılmıştır. Bitarafan vd. (2014) tarafından sensör alternatiflerinin seçiminde SWARA-WASPAS yaklaşımları uygulanmıştır. Zavadskas vd. (2014) tarafından aralık değerli sezgisel bulanık sayılar (interval-valued intuitionistic fuzzy numbers) kullanılarak terk edilmiş yapıların renovasyon önceliklerinin belirlenmesinde WASPAS uygulanmıştır. Ayrıca, esnek imalat sistemi seçimi, esnek hücresel imalat için makine seçimi, AGV seçimi, otomatik kontrol sistemi seçimi ve endüstriyel robot seçimi gibi karar problemlerinde de WASPAS kullanılmıştır (Chakraborty vd., 2015). Bulanık WASPAS (WASPAS-F) ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (FAHP) yaklaşımları Turskis vd. (2015) tarafından alışveriş merkezi yer seçiminde kullanılmıştır. Zavadskas vd. (2015) tarafından Gri WASPAS (Waspas Gray-WASPAS-G) inşaat projelerinde doğru yüklenici seçimi için uygulanmıştır.

3. HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ (HTEA)

HTEA, en yaygın kullanılan risk değerlendirme yöntemlerinden birisidir. 1960'lı yıllarda uzay endüstrisinde tasarım metodolojisi olarak geliştirilmiştir. HTEA, bilinen veya potansiyel hataların sebeplerini, sistemde veya son kullanıcıda söz konusu hataların oluşturabileceği etkileri dikkate alarak hatalarla ilişkili risklerin değerlendirilmesi ve bunların önlenmesi için öncelik sırasının belirlenmesi amacıyla geliştirilmiş sistematik bir yaklaşımdır. HTEA; bir sistemin potansiyel hata türlerini analiz etmek için hataları risk dereceleri açısından benzerliklerine göre sınıflandıran bir ürün geliştirme ve operasyon yönetim yaklaşımıdır. HTEA'nde amaçlanan hataları önceden tanımlayarak gerekli önlemleri almak ve tasarım aşamasından itibaren hataların olası nedenlerini belirlemektir (Chang KH., 2009).

HTEA'nde, alanında uzman bir ekip kurularak üründe veya sistemde ortaya çıkabilecek tüm olası hata türleri tanımlanır. Bu hata türleri olasılık, şiddet ve fark edilebilirlik risk faktörleri dikkate alınarak hata türlerine ait RÖP Eşitlik (1) 'deki gibi hesaplanır.

$$RÖP = O * Ş * F \quad (1)$$

Burada;

O: Her bir hata türünün oluşma olasılığı,

Ş: Her bir hata türünün şiddet değeri,

F: Her bir hata türünün farkedilebilirlik değeridir.

RÖP değerlerine göre hata türleri ve bunlara ilişkin alınacak önlemler sıralanır. RÖP hesaplamasında olasılık, şiddet ve fark edilebilirlik risk faktörleri için kullanılan skalalar sırasıyla Tablo 1, Tablo 2 ve Tablo 3'te vermiştir.

Tablo 1: Olasılık İçin Kullanılan Değerlendirme Skalası

HATA OLASILIĞI	HATA KÜMÜLATİF SAYISI	DERECE
Aşırı Derecede Yüksek: Kaçınılmaz Hata	½'den fazla	10
Çok Yüksek	1/3	9
Tekrarlanan Hata	1/8	8
Yüksek	1/20	7
Kısmen Orta	1/80	6
Orta	1/400	5
Nispeten Az	1/2000	4
Az	1/15000	3
Çok Az	1/150000	2
Olası Olmayan Hata	1/1500000'den düşük	1

Tablo 2: Şiddet İçin Kullanılan Değerlendirme Skalası

ETKİ	ŞİDDETİN ETKİSİ	DERECE
Uyarısız Gelen Tehlike	Felakete yol açabilecek etkiye sahip ve uyarısız gelen potansiyel hata	10
Uyarısız Gelen Tehlike	Yüksek hasara ve toplu ölümlere yol açabilecek etkiye sahip ve uyarısız gelen potansiyel hata	9
Çok Yüksek	Sistemin tamamen hasar görmesini sağlayan yıkıcı etkiye sahip ağır yaralanmalara, 3.derece yanık, akut, ölüm vb. etkiye sahip hata	8
Yüksek	Ekipmanı tamamen hasar görmesine sebep olan ve ölüme, zehirlenme, 3.derece yanık, akut ölümcül hastalık vb. etkiye sahip hata	7
Orta	Sistemin performansını etkileyen, uzuv ve organ kaybı, ağır yaralanma, kanser vb. yol açan hata	6
Düşük	Kırık, kalıcı küçük iş görmemezlik, 2.derece yanık, beyin sarsıntısı vb. etkiye sahip hata	5
Çok Düşük	İncinme, küçük kesik ve sıyrıklar, ezilmeler vb. hafif yaralanmalar ile kısa süreli rahatsızlıklara neden olan hata	4
Küçük	Sistemin çalışmasını yavaşlatan hata	3
Çok Küçük	Sistemin çalışmasında kargaşaya yol açan hata	2
Yok	Etki yok	1

Tablo 3: Fark Edilebilirlik İçin Kullanılan Değerlendirme Skalası

FARK EDİLEBİLİRLİK	FARK EDİLEBİLİRLİK OLASILIĞI	DERECE
Tespit edilemez	Olası hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği mümkün değil	10
Çok Az	Olası hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği çok uzak	9
Az	Olası hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği uzak	8
Çok Düşük	Olası hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği çok düşük	7
Düşük	Olası hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği düşük	6
Orta	Olası hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği çok orta	5
Yüksek Ortalama	Olası hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği yüksek ortalama	4
Yüksek	Olası hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği yüksek	3
Çok Yüksek	Olası hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği çok yüksek	2
Hemen Hemen Kesin	Olası hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği hemen hemen kesin	1

Bununla birlikte, geleneksel HTEA prosedürünün geliştirilmesi gereken birçok yönü bulunmaktadır. Geleneksel HTEA'da sadece olasılık, şiddet ve fark edilebilirlik faktörleri dikkate alınarak hata türlerine ilişkin RÖP'nin hesaplanması, bu üç faktörün de aynı öneme sahip olduğunun varsayılması, bu faktörlere ait skala değerlerinin farklı olduğu durumlarda dahi aynı RÖP'lerinin elde edilmesi, RÖP hesabı için değişimlere fazlasıyla duyarlı olan matematiksel çarpım işleminin kullanılması ve risk faktörleri arasındaki ilişkilerin göz ardı edilmesi zayıf yönler olarak verilebilir. Bununla birlikte, üç risk faktörü için de önceden kesin bir değerlendirme yapılmasının zor olmasına rağmen faktörler için kullanılan skalaların kesin değerler içermesi geleneksel HTEA'nin güvenilirliğini azaltmaktadır.

4.BULANIK MANTIK

Bulanık mantık, 1965 yılında Lotfi A. Zadeh tarafından ortaya atılmıştır. Tam veya kesin olmayan, belirsizlik içeren bilgilere dayanarak tutarlı ve doğru kararlar vermeyi sağlayan ve bu tür bilgileri işleyerek sayısal bir şekilde modelleyebilen sisteme bulanık mantık adı verilmektedir (Allahverdi, 2002). Gerçek hayatta insan kararları belirsizlik içermektedir ve kesin sayısal değerlerle ifade edilebilmesi zordur. Bu nedenle insan kararlarını modellemede sözel değişkenleri kullanmak gerçeğe daha yakın değerlendirmeleri de beraberinde getirecektir. Bu açıdan bulanık mantık ile karar süreçlerinin entegrasyonu önem taşımaktadır (Li ve Yang, 2004).

4.1.Bulanık Küme

Bulanık küme, her bir elemanın 0 ile 1 arasında değişen ve kümeye ait olma derecesini gösteren üyelik fonksiyonu ile nitelendirmektedir (Zadeh, 1965). Burada, E evrensel kümesinde tanımlanan bulanık küme \tilde{A} 'ya ait üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{A}}$; $\mu_{\tilde{A}}: E \rightarrow [0,1]$ olarak ifade edilir. \tilde{A} 'nın herhangi bir elemanı olan x için üyelik derecesi Eşitlik (2)'deki gibi tanımlanır.

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) | x \in E\} \quad (2)$$

$\mu_{\tilde{A}}, [0,1]$ kapalı aralığında gerçek bir sayı olmakla birlikte; '0' değeri ilgili elemanın kümenin üyesi olmadığını, '1' değeri ilgili elemanın kümenin tam üyesi olduğunu gösterir. Eğer $0 < \mu_{\tilde{A}} < 1$ ise, bu değer ilgili elemanın kümeye kısmi üyeliğini belirtir (Zadeh, 1975).

4.2. Üçgensel Bulanık Sayı

Bulanık sayıların özel bir çeşidi olan üçgensel bulanık sayı, a_1, a_2, a_3 olmak üzere üç tane gerçek sayıdan oluşan parametre ile tanımlanır. Bu parametreler sırasıyla en küçük olası değeri, en olası değeri ve en büyük olası değeri ifade eder. $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$ üçgensel bulanık bir sayı olmak üzere, üyelik fonksiyonu Eşitlik (3)'teki gibi tanımlanır.

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ \frac{(x-a_1)}{(a_2-a_1)}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{(a_3-x)}{(a_3-a_2)}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & x > a_3 \end{cases} \quad (3)$$

$\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$ ve $\tilde{B} = (b_1, b_2, b_3)$ iki pozitif bulanık sayı olmak üzere aşağıda verilen aritmetik işlemler gerçekleştirilebilir (Li ve Yang, 2004).

$$\tilde{A} + \tilde{B} = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3) \quad (4)$$

$$\tilde{A} - \tilde{B} = (a_1 - b_3, a_2 - b_2, a_3 - b_1) \quad (5)$$

$$\tilde{A} \times \tilde{B} = (a_1 b_1, a_2 b_2, a_3 b_3) \quad (6)$$

$$\tilde{A} \times k = (a_1 k, a_2 k, a_3 k) \quad (7)$$

$$\tilde{A} \div \tilde{B} = (a_1/b_3, a_2/b_2, a_3/b_1) \quad (8)$$

$$\tilde{A}^{-1} \approx \left(\frac{1}{a_3}, \frac{1}{a_2}, \frac{1}{a_1} \right) \quad (9)$$

5. ÖNERİLEN YAKLAŞIM

Çalışmada geleneksel HTEA'nın geliştirilmesi gereken yönleri dikkate alınarak; DEMATEL ve WASPAS yöntemlerinin kullanılmasıyla oluşturulan iki aşamalı bir yaklaşım önerilmiştir. Birinci aşamada, Bulanık DEMATEL yöntemi uygulanarak kriter önem ağırlıkları, kriterler arasındaki ilişkiler gözetilerek belirlenmiştir. İkinci aşamada ise Bulanık WASPAS yöntemi uygulanarak hata türlerine ilişkin öncelik sıralaması elde edilmiştir. Önerilen yaklaşıma ait adımlar aşağıda verilmiştir.

Adım 1: Kriterleri etkileşim düzeylerine göre değerlendirir.

l adet karar verici KV_k ; ($k = 1, \dots, l$), n adet kriteri K_j ; ($j = 1, \dots, n$) Tablo 4 ile verilen Bulanık Etki Skalasını kullanarak değerlendirir. Bu değerlendirme sonucunda her bir KV_k için Bulanık Direkt İlişki Matrisi \tilde{P}_k Eşitlik (10)'daki gibi elde edilir ve $\tilde{p}_{ij}^k = (a_{ij1}, a_{ij2}, a_{ij3})$ üçgensel bulanık sayısı, KV_k tarafından belirlenen i . faktörün j . faktörü etkileme düzeyini gösterir.

Tablo 4: Bulanık Etki Skalası

Puan	Tanım	TFN		
1	Etkisiz (E)	0,00	0,00	0,25
2	Düşük Etki (DE)	0,00	0,25	0,50
3	Orta Etki (OE)	0,25	0,50	0,75
4	Yüksek Etki (YE)	0,50	0,75	1,00
5	Çok Yüksek Etki (ÇYE)	0,75	1,00	1,00

$$\tilde{P}_k = \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ \vdots \\ C_n \end{matrix} \begin{bmatrix} \tilde{p}_{11}^k & \tilde{p}_{12}^k & \tilde{p}_{13}^k & \dots & \tilde{p}_{1n}^k \\ \tilde{p}_{21}^k & \tilde{p}_{22}^k & \tilde{p}_{23}^k & \dots & \tilde{p}_{2n}^k \\ \tilde{p}_{31}^k & \tilde{p}_{32}^k & \tilde{p}_{33}^k & \dots & \tilde{p}_{3n}^k \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{p}_{n1}^k & \tilde{p}_{n2}^k & \tilde{p}_{n3}^k & \dots & \tilde{p}_{nn}^k \end{bmatrix} \quad (10)$$

Adım 2: Birleştirilmiş Direkt İlişki Matrisini oluşturun.

Her bir KV_k için oluşturulan \tilde{P}_k , Eşitlik (11)'de verilen Bulanık Ağırlıklandırılmış Geometrik Ortalama (Fuzzy Weighted Geometric Mean-FWGM) operatörü kullanılarak birleştirilir ve Birleştirilmiş Direkt İlişki Matrisi \tilde{P} Eşitlik (12)'deki gibi elde edilir (Rituparna vd., 2011).

$$\tilde{p}_{ij} = \prod_{i=1}^n \tilde{p}_{ij}^{\alpha_k} / \sum_{j=1}^n \alpha_k \quad (11)$$

Burada,

$\alpha_k = (\alpha_{k1}, \alpha_{k2}, \alpha_{k3})$ k . KV 'ye deneyimine dayalı olarak atanan bulanık önem ağırlığını gösterir. Her bir KV için önem ağırlığı Tablo 5 kullanılarak belirlenir.

$$\tilde{P} = \begin{matrix} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \\ \vdots \\ K_n \end{matrix} \begin{bmatrix} \tilde{p}_{11} & \tilde{p}_{12} & \tilde{p}_{13} & \dots & \tilde{p}_{1n} \\ \tilde{p}_{21} & \tilde{p}_{22} & \tilde{p}_{23} & \dots & \tilde{p}_{2n} \\ \tilde{p}_{31} & \tilde{p}_{32} & \tilde{p}_{33} & \dots & \tilde{p}_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{p}_{m1} & \tilde{p}_{m2} & \tilde{p}_{m3} & \dots & \tilde{p}_{mn} \end{bmatrix} \quad (12)$$

Tablo 5. Karar Verici Önem Ağırlıkları

Puan	Tanım	TFN		
1	Deneyimsiz	0,00	0,00	0,25
2	1-5 yıl	0,00	0,25	0,50
3	5-10 yıl	0,25	0,50	0,75
4	10-15 yıl	0,50	0,75	1,00
5	15 yıldan fazla	0,75	1,00	1,00

α_k Eşitlik (13)'deki gibi durulaştırılarak $\alpha_{k_{def}}$ elde edilir ve kriter önem ağırlıklarının elde edilmesi sürecinde kullanılır.

$$\alpha_{k_{def}} = \frac{1}{4}(\alpha_{k1} + 2\alpha_{k2} + \alpha_{k3}) \quad (13)$$

Adım 3: Normalize direkt ilişki matrisini oluşturun.

$[\tilde{P}]$ 'de yer alan bütün $a_{ij1}, a_{ij2}, a_{ij3}$ 'ler için Eşitlik (14) kullanılarak sütun toplamı alınır. Sütun toplamları arasından en büyüğü seçilir ve bu değer r olarak ifade edilir. Daha sonra $[\tilde{P}]$ 'nin bütün elemanları Eşitlik (15)'deki gibi r 'ye bölünür ve Normalize Direkt İlişki Matrisi $\tilde{Z} = [\tilde{z}_{ij}]_{n \times n}$ elde edilir.

$$r = \max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n a_{ij3} \quad (14)$$

$$\tilde{z}_{ij} = \frac{\tilde{p}_{ij}}{r} = \left(\frac{p_{ij1}}{r}, \frac{p_{ij2}}{r}, \frac{p_{ij3}}{r} \right) \quad (15)$$

Adım 4: Toplam İlişki Matrisini oluşturun.

Normalize Direkt İlişki Matrisi \tilde{Z} elde edildikten sonra Eşitlik (16) kullanılarak Toplam İlişki Matrisi $\tilde{T} = [\tilde{t}_{ij}]_{n \times n}$ oluşturulur.

$$\tilde{T} = \tilde{Z}^1 + \tilde{Z}^2 + \dots = \sum_{i=1}^{\infty} \tilde{Z}^i = \tilde{Z}(I - \tilde{Z})^{-1} \quad (16)$$

Adım 5: Gönderici ve alıcı grupları belirle.

\tilde{T} matrisinde satır toplamları Eşitlik (17) kullanılarak alınır ve \tilde{D} hesaplanır. Aynı matrisde, Eşitlik (18) kullanılarak sütun toplamlarını temsil eden \tilde{R} bulunur.

$$\tilde{D} = \sum_{i=1}^n \tilde{t}_{ij} \quad (17)$$

$$\tilde{R} = \sum_{j=1}^n \tilde{t}_{ij} \quad (18)$$

Her bir kriter için $K_j; j = 1, \dots, n$ için, $\tilde{D} - \tilde{R} = (s_{ij1}, s_{ij2}, s_{ij3})$ ve $\tilde{D} + \tilde{R} = (u_{ij1}, u_{ij2}, u_{ij3})$ değerleri hesaplanır.

$\tilde{D} - \tilde{R}$ ve $\tilde{D} + \tilde{R}$ değerleri üçgensel bulanık sayılar oldukları için Eşitlik (19) ve Eşitlik (20) kullanılarak durulaştırma yapılır ve $(\tilde{D} + \tilde{R})_{def}$ ve $(\tilde{D} - \tilde{R})_{def}$ değerleri elde edilir.

$$(\tilde{D} + \tilde{R})_{def} = \frac{1}{4}(s_{ij1} + 2s_{ij2} + s_{ij3}) \quad (19)$$

$$(\tilde{D} - \tilde{R})_{def} = \frac{1}{4}(u_{ij1} + 2u_{ij2} + u_{ij3}) \quad (20)$$

Burada, bazı kriterler $(\tilde{D} - \tilde{R})_{def}$ değeri için pozitif değerlere sahiptir. Bu kriterler diğerleri üzerinde daha yüksek etkiye sahiptirler ve daha yüksek önceliğe sahip oldukları kabul edilir. Bu tip kriterler gönderici olarak adlandırılır. $(\tilde{D} - \tilde{R})_{def}$ değeri için negatif değere sahip olan kriterler ise diğer kriterlerden daha fazla etkilenirler. Daha düşük önceliğe sahip olduğu kabul edilen bu kriterler alıcı olarak adlandırılır. Diğer taraftan $(\tilde{D} + \tilde{R})_{def}$ değerleri her bir kriterin diğer kriterlerle arasındaki ilişkiyi gösterir ve $(\tilde{D} + \tilde{R})_{def}$ değeri yüksek olan kriterler diğer kriterler ile daha çok ilişkilidir, düşük olanların ise diğerleriyle ilişkisi azdır (Aksakal ve Dağdeviren, 2010).

Adım 6: Kriter ağırlıklarını bul.

Eşitlik (21) ve (22) kullanılarak her bir kriter K_j ; ($j = 1, \dots, n$) için önem ağırlığı w_j bulunur.

$$W_j = \sqrt{(\tilde{D} + \tilde{R})_{def}^2 + (\tilde{D} - \tilde{R})_{def}^2}, (j = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (21)$$

$$w_j = \frac{W_j}{\sum_{j=1}^n W_j} \quad (22)$$

Adım 7: Her bir kriter için WASPAS yöntemini kullanarak alternatifleri değerlendir.

KV_k ; ($k = 1, \dots, l$) tarafından, her bir kriter K_j ; ($j = 1, \dots, n$) için her bir alternatif A_i ; ($i = 1, 2, 3, \dots, m$) Tablo 3 ve 4'de verilen skalalar kullanılarak değerlendirilir. Her bir KV_k için alternatiflerin kriterlere göre değerlendirme matrisi \tilde{X}_k Eşitlik (23)'deki gibi oluşturulur. $[\tilde{X}_k]$ 'nin her bir elemanı $\tilde{x}_{ij}^k = (x_{ij1}, x_{ij2}, x_{ij3})$ üçgensel bulanık sayısı ile ifade edilir.

$$\tilde{x}_{ij}^k = \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11}^k & \tilde{x}_{12}^k & \tilde{x}_{13}^k & \dots & \tilde{x}_{1n}^k \\ \tilde{x}_{21}^k & \tilde{x}_{22}^k & \tilde{x}_{23}^k & \dots & \tilde{x}_{2n}^k \\ \tilde{x}_{31}^k & \tilde{x}_{32}^k & \tilde{x}_{33}^k & \dots & \tilde{x}_{3n}^k \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1}^k & \tilde{x}_{m2}^k & \tilde{x}_{m3}^k & \dots & \tilde{x}_{mn}^k \end{bmatrix} \quad (23)$$

Adım 8: Alternatiflerin Kriterlere göre Birleştirilmiş Değerlendirme Matrisini oluştur.

l adet karar verici KV_k ; ($k = 1, \dots, l$) için elde edilen değerlendirme matrisleri Eşitlik (11)'de verilen FWGM yaklaşımı ile birleştirilir ve Birleştirilmiş Alternatiflerin Kriterlere göre Değerlendirme Matrisi Eşitlik (24)'deki gibi $\tilde{X} = [\tilde{x}_{ij}]_{m \times n}$ oluşturulur.

$$\tilde{X} = \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \tilde{x}_{13} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \tilde{x}_{23} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \tilde{x}_{31} & \tilde{x}_{32} & \tilde{x}_{33} & \dots & \tilde{x}_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \tilde{x}_{m3} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad (24)$$

Adım 9: Normalize matrisi oluştur.

$[\tilde{X}]$, fayda temelli (F_j) kriterler için Eşitlik (25) ve maliyet temelli (M_j) kriterler için Eşitlik (26) kullanılarak normalize edilir ve normalize matris $\tilde{\tilde{X}} = [\tilde{\tilde{x}}_{ij}]_{m \times n}$ oluşturulur.

F_j için normalizasyon;

$$\tilde{\tilde{x}}_{ij} = \frac{\tilde{x}_{ij}}{\max_i \tilde{x}_{ij}} \quad (25)$$

M_j için normalizasyon;

$$\tilde{\tilde{x}}_{ij} = \frac{\min_i \tilde{x}_{ij}}{\tilde{x}_{ij}} \quad (26)$$

Adım 10: Ağırlıklı Toplam Modelini (WSM) uygula.

Her bir alternatif için birinci göreceli toplam önem değeri, $Q_i^{(1)} = (q_{ij1}^{(1)}, q_{ij2}^{(1)}, q_{ij3}^{(1)})$ Ağırlıklı Toplam Modeli (WSM)'ne göre Eşitlik (27) kullanılarak hesaplanır.

$$Q_i^{(1)} = \sum_{j=1}^n \bar{x}_{ij} \times w_j \quad (27)$$

Adım 11: Ağırlıklı Çarpım Modelini (WPM) uygula.

Her bir alternatif için ikinci göreceli çarpım önem değeri, $Q_i^{(2)} = (q_{ij1}^{(2)}, q_{ij2}^{(2)}, q_{ij3}^{(2)})$ Ağırlıklı Çarpım Modeli (WPM)'ne göre Eşitlik (28) kullanılarak hesaplanır (Šaparauskas vd., 2011, Zavadskas vd., 2012).

$$Q_i^{(2)} = \prod_{j=1}^n (\bar{x}_{ij})^{w_j} \quad (28)$$

$Q_i^{(1)}$ ve $Q_i^{(2)}$ bulanık sayı olduğu için Eşitlik (29) ve Eşitlik (30) kullanılarak durulaştırılır.

$$Q_i^{(1)} = \frac{1}{4}(q_{ij1}^{(1)} + 2q_{ij2}^{(1)} + q_{ij3}^{(1)}) \quad (29)$$

$$Q_i^{(2)} = \frac{1}{4}(q_{ij1}^{(2)} + 2q_{ij2}^{(2)} + q_{ij3}^{(2)}) \quad (30)$$

Adım 12: Fayda fonksiyonunu oluştur.

Her bir alternatif için toplam birleşik optimalite değeri, Q_i Eşitlik (31) kullanılarak elde edilir (Zavadskas vd., 2013a, 2013b).

$$Q_i = \lambda Q_i^{(1)} + (1 - \lambda) Q_i^{(2)}; \lambda \in [0,1] \quad (31)$$

Adım 13: Alternatifleri sırala.

Alternatifler, Q_i değerlerine göre büyükten küçüğe doğru sıralanır. En büyük Q_i değerine sahip olan alternatif birinci sırada yer alır.

6.UYGULAMA

Çalışmada önerilen yaklaşım, 13 yıldır gıda lojistiğinde faaliyet gösteren, soğuk zincir, kuru veya likit gıda gibi tüm gıda ürünlerinin lojistiği konusunda Türkiye'nin en deneyimli firmalarından birisinde, gıda lojistiğinde ortaya çıkabilecek hata türlerinin önceliklendirilmesi amacıyla uygulanmıştır. Firma, Türkiye'nin 18 şehrinde 57 depo, 500.000 m² kapalı depolama alanı ve 390.000 paletli yük stok kapasitesiyle hizmet vermektedir.

Firmada gıda lojistiği faaliyetleri sırasında Tablo 6'da belirtilen 12 hata türü tespit edilmiştir. Bu hata türleri geliştirilen HTEA yaklaşımı ile ele alınmıştır. Önerilen bu yaklaşımla, gıda lojistiğinde hataların belirlenerek risk derecelerine göre önceliklendirilmesi sağlanmıştır.

Tablo 6: Belirlenen Hata Türleri

Sıra No	Hata Türleri	Açıklama
1	A ₁	Yeterli saklama imkânlarının sağlanamaması
2	A ₂	Zamanında teslim edilememesi
3	A ₃	Stok sorunları (yanlış depolama)
4	A ₄	Gıda güvenliğinin sağlanamaması
5	A ₅	Ürüne uygun olmayan biçimde dağıtım
6	A ₆	Paketlemeden kaynaklanan hatalar
7	A ₇	Uygun olmayan araç yükleme ve boşaltma yöntemleri
8	A ₈	Ürünlerin araç içinde kontrolsüz hareketi
9	A ₉	Taşıma aracının ürüne uygun havalandırma, nem ve sıcaklık koşullarına sahip olmaması
10	A ₁₀	Uygun olmayan ürünlerin karışık olarak taşınması
11	A ₁₁	Araç soğutucularının düzenli bakımı ve kalibrasyonunun yapılmaması
12	A ₁₂	Depo ve araçların temizlik ve kontrollerinin sağlanmaması

Hata türlerini önceliklendirebilmek için olasılık (K_1), şiddet (K_2), fark edilebilirlik (K_3) ve maliyet (K_4), kriterleri ($K_j; j = 1, \dots, 4$) temel alınmıştır. Burada, maliyet kriterini değerlendirme skalası HTEA yönteminde kullanılan mantık çerçevesinde geliştirilmiştir. Hata türlerinin sıralanmasında olasılık, şiddet ve maliyet kriterleri yüksek değerleri aldığı anda ilgili hata daha yüksek önceliğe sahip olurken; fark edilebilirlik kriteri için ise düşük fark edilebilirlik değerleri hata türünü yüksek önceliğe

taşımaktadır. Buna göre oluşturulan bulanık değerlendirme skalaları Tablo 7 ve Tablo 8'te verilmiştir ve Bölüm 5'te belirtilen algoritma aşağıdaki gibi uygulanmıştır.

Tablo 7: Olasılık, Şiddet Ve Maliyet Kriterleri İçin Değerlendirme Skalası

Puan	Tanım	TFN		
1	Çok düşük	0,00	0,00	0,25
2	Düşük	0,00	0,25	0,50
3	Orta	0,25	0,50	0,75
4	Yüksek	0,50	0,75	1,00
5	Çok yüksek	0,75	1,00	1,00

Tablo 8: Fark Edilebilirlik Kriteri İçin Değerlendirme Skalası

Puan	Tanım	TFN		
1	Çok düşük	0,75	1,00	1,00
2	Düşük	0,50	0,75	1,00
3	Orta	0,25	0,50	0,75
4	Yüksek	0,00	0,25	0,50
5	Çok yüksek	0,00	0,00	0,25

Adım 1: Kriterleri etkileşim düzeylerine göre değerlendirir.

Kriterler arası etkileşimler 3 karar verici KV_k ; ($k = 1,2,3$), tarafından değerlendirilmiştir. KV_1 için değerlendirme matrisi örnek olarak Tablo 9'de verilmiştir.

Tablo 9: KV_1 İçin Değerlendirme Matrisi

	K_1			K_2			K_3			K_4		
K_1	0	0	0	0,50	0,75	1,00	0,50	0,75	1,00	0,25	0,50	0,75
K_2	0,00	0,25	0,50	0	0	0	0,50	0,75	1,00	0,25	0,50	0,75
K_3	0,75	1,00	1,00	0,25	0,50	0,75	0	0	0	0,25	0,50	0,75
K_4	0,00	0,25	0,50	0,00	0,25	0,50	0,00	0,00	0,25	0	0	0

Adım 2: Birleştirilmiş Direkt İlişki Matrisini oluştur.

KV_k ; ($k = 1,2,3$), tarafından oluşturulan \tilde{P}_k matrisleri Eşitlik (11) kullanılarak birleştirilir. Uygulamada deneyimlerine göre üç karar vericinin önem ağırlıkları $\alpha_1 = 0,50$, $\alpha_2 = 0,25$ ve $\alpha_3 = 0,25$ olarak alınmıştır. Birleştirilmiş İlişki Matrisi \tilde{P} Tablo 10'da gösterilmiştir.

Tablo 10: Birleştirilmiş Direkt İlişki Matrisi \tilde{P}

	K_1			K_2			K_3			K_4		
K_1	0,00	0,00	0,00	0,55	0,81	1,00	0,55	0,81	1,00	0,35	0,61	0,87
K_2	0,00	0,30	0,55	0,00	0,00	0,00	0,61	0,87	1,00	0,00	0,42	0,68
K_3	0,43	0,71	0,87	0,30	0,55	0,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	0,68
K_4	0,00	0,33	0,59	0,00	0,35	0,61	0,00	0,00	0,39	0,00	0,00	0,00

Adım 3: Normalize direkt ilişki matrisini oluştur.

Eşitlik (14) ve Eşitlik (15) kullanılarak $[\tilde{Z}]$ oluşturulmuş ve Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11: Normalize Direkt İlişki Matrisi, \tilde{Z}

	K_1			K_2			K_3			K_4		
K_1	0,00	0,00	0,00	0,47	0,47	0,41	0,47	0,47	0,41	0,30	0,36	0,36
K_2	0,00	0,17	0,23	0,00	0,00	0,00	0,53	0,51	0,41	0,00	0,25	0,28
K_3	0,37	0,41	0,36	0,26	0,32	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,28
K_4	0,00	0,19	0,25	0,00	0,21	0,25	0,00	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00

Adım 4: Toplam İlişki Matrisini oluştur.

$[\tilde{Z}]$ elde edildikten sonra Eşitlik (16) kullanılarak $[\tilde{T}]$ oluşturulmuş ve Tablo 12'de gösterilmiştir.

Tablo 12: Toplam İlişki Matrisi, \tilde{T}

	K_1			K_2			K_3			K_4		
K_1	-1,00	-0,76	-0,77	0,00	0,40	0,38	0,00	0,53	0,40	1,00	0,14	0,29
K_2	0,00	0,24	0,23	-1,00	-0,60	-0,62	0,00	0,53	0,40	1,00	0,14	0,29
K_3	0,00	0,24	0,23	0,00	0,40	0,38	-1,00	-0,47	-0,60	1,00	0,14	0,29
K_4	0,00	0,24	0,23	0,00	0,40	0,38	0,00	0,53	0,40	0,00	-0,86	-0,71

Adım 5: Gönderici ve alıcı grupları belirle.

Her bir kriter için $\tilde{D} - \tilde{R}$ ve $\tilde{D} + \tilde{R}$ değerleri elde edilmiş ve Eşitlik (19) ve Eşitlik (20) kullanılarak $(\tilde{D} + \tilde{R})_{def}$ ve $(\tilde{D} - \tilde{R})_{def}$ hesaplanarak Tablo 13'te verilmiştir.

Tablo 13: $(\tilde{D} + \tilde{R})_{def}$ ve $(\tilde{D} - \tilde{R})_{def}$ Değerleri

Kriterler	$(\tilde{D} + \tilde{R})_{def}$	$(\tilde{D} - \tilde{R})_{def}$
K_1	0,23	-0,28
K_2	0,23	-0,07
K_3	0,23	0,72
K_4	0,23	0,57

Adım 6: Kriter ağırlıklarını bul.

Eşitlik (21) ve (22) kullanılarak kriter ağırlıkları elde edilmiş ve Tablo 14'te verilmiştir.

Tablo 14: Kriter Ağırlıkları

	w_j
K_1	0,19
K_2	0,12
K_3	0,38
K_4	0,31

Adım 7: Her bir kriter için alternatifleri değerlendir.

Alternatiflerin kriterlere göre değerlendirmeleri 3 karar verici KV_k ; ($k = 1,2,3$), tarafından yapılmıştır. KV_1 için $[\tilde{X}_k]$ örnek olarak Tablo 15'te verilmiştir.

Tablo 15: Değerlendirme Matrisi

	K_1			K_2			K_3			K_4		
A_1	0,75	1,00	1,00	0,50	0,75	1,00	0,00	0,25	0,50	0,00	0,25	0,50
A_2	0,75	1,00	1,00	0,25	0,50	0,75	0,00	0,25	0,50	0,00	0,00	0,25
A_3	0,00	0,25	0,50	0,50	0,75	1,00	0,00	0,25	0,50	0,25	0,50	0,75
A_4	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00	1,00	0,50	0,75	1,00	0,75	1,00	1,00
A_5	0,25	0,50	0,75	0,50	0,75	1,00	0,25	0,50	0,75	0,25	0,50	0,75
A_6	0,00	0,25	0,50	0,25	0,50	0,75	0,00	0,25	0,50	0,00	0,25	0,50
A_7	0,50	0,75	1,00	0,50	0,75	1,00	0,50	0,75	1,00	0,25	0,50	0,75
A_8	0,25	0,50	0,75	0,75	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00	0,00	0,25	0,50
A_9	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00	1,00	0,50	0,75	1,00	0,75	1,00	1,00
A_{10}	0,25	0,50	0,75	0,00	0,25	0,50	0,00	0,00	0,25	0,25	0,50	0,75
A_{11}	0,25	0,50	0,75	0,75	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00
A_{12}	0,25	0,50	0,75	0,75	1,00	1,00	0,25	0,50	0,75	0,50	0,75	1,00

Adım 8: Alternatiflerin Kriterlere göre Birleştirilmiş Değerlendirme Matrisini oluştur.

$[\tilde{X}]$ Eşitlik (11) kullanılarak oluşturulmuş ve Tablo 16'da verilmiştir.

Tablo 16: Birleştirilmiş Değerlendirme Matrisi, \tilde{X}

	K_1			K_2			K_3			K_4		
A_1	0,51	0,78	0,93	0,35	0,61	0,87	0,00	0,30	0,55	0,00	0,35	0,61
A_2	0,68	0,93	1,00	0,35	0,61	0,87	0,00	0,00	0,35	0,00	0,00	0,39
A_3	0,00	0,42	0,66	0,55	0,81	1,00	0,00	0,30	0,55	0,33	0,59	0,81
A_4	0,00	0,43	0,71	0,51	0,78	0,93	0,61	0,87	1,00	0,68	0,93	1,00
A_5	0,43	0,71	0,87	0,00	0,51	0,78	0,00	0,35	0,61	0,00	0,42	0,68
A_6	0,00	0,30	0,55	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,42	0,00	0,00	0,42
A_7	0,42	0,68	0,93	0,00	0,51	0,78	0,35	0,61	0,87	0,00	0,35	0,61
A_8	0,30	0,55	0,81	0,00	0,50	0,71	0,75	1,00	1,00	0,00	0,00	0,42
A_9	0,00	0,39	0,66	0,75	1,00	1,00	0,42	0,68	0,93	0,68	0,93	1,00
A_{10}	0,30	0,55	0,81	0,00	0,39	0,66	0,00	0,00	0,50	0,00	0,42	0,68
A_{11}	0,30	0,55	0,81	0,75	1,00	1,00	0,61	0,87	1,00	0,68	0,93	1,00
A_{12}	0,25	0,50	0,75	0,68	0,93	1,00	0,30	0,55	0,81	0,42	0,68	0,93

Adım 9: Normalize matrisi oluştur.

HTEA'nin işleyiş mantığına göre bir hata türünün öncelikli olması için ortaya çıkma olasılığının, yaratacağı şiddetin, maliyetin yüksek olması ve fark edilebilirliğinin düşük olması gereklidir. Bu nedenle fark edilebilirlik faktörüne ait skala değerler ters çevrilerek oluşturulmuştur. Buna göre, bütün kriterler fayda yapılı kriterlere dönüşmüştür. Eşitlik (25) kullanılarak elde edilen $[\tilde{X}]$ Tablo (17)'de gösterilmiştir.

Tablo 17: Normalize Matris, \tilde{X}

	K_1			K_2			K_3			K_4		
A_1	0,76	0,84	0,93	0,47	0,61	0,87	0,00	0,30	0,55	0,00	0,38	0,61
A_2	1,00	1,00	1,00	0,47	0,61	0,87	0,00	0,00	0,35	0,00	0,00	0,39
A_3	0,00	0,45	0,66	0,74	0,81	1,00	0,00	0,30	0,55	0,49	0,64	0,81
A_4	0,00	0,47	0,71	0,69	0,78	0,93	0,82	0,87	1,00	1,00	1,00	1,00
A_5	0,64	0,76	0,87	0,00	0,51	0,78	0,00	0,35	0,61	0,00	0,45	0,68
A_6	0,00	0,32	0,55	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,42	0,00	0,00	0,42
A_7	0,62	0,73	0,93	0,00	0,51	0,78	0,47	0,61	0,87	0,00	0,38	0,61
A_8	0,44	0,59	0,81	0,00	0,50	0,71	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,42
A_9	0,00	0,42	0,66	1,00	1,00	1,00	0,56	0,68	0,93	1,00	1,00	1,00
A_{10}	0,44	0,59	0,81	0,00	0,39	0,66	0,00	0,00	0,50	0,00	0,45	0,68
A_{11}	0,44	0,59	0,81	1,00	1,00	1,00	0,82	0,87	1,00	1,00	1,00	1,00
A_{12}	0,37	0,54	0,75	0,90	0,93	1,00	0,40	0,55	0,81	0,62	0,73	0,93

Adım 10: Ağırlıklı Toplam Modelini (WSM) uygula.

Eşitlik (26) kullanılarak elde edilen WSM'in sonuçları Tablo 18'de gösterilmiştir.

Tablo 18: ATM Sonuçları

	K_1			K_2			K_3			K_4		
A_1	0,15	0,17	0,19	0,06	0,07	0,10	0,00	0,11	0,21	0,00	0,11	0,18
A_2	0,20	0,20	0,20	0,06	0,07	0,10	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,12
A_3	0,00	0,09	0,13	0,09	0,10	0,12	0,00	0,11	0,21	0,15	0,19	0,24
A_4	0,00	0,09	0,14	0,08	0,09	0,11	0,31	0,33	0,38	0,30	0,30	0,30
A_5	0,13	0,15	0,17	0,00	0,06	0,09	0,00	0,13	0,23	0,00	0,14	0,20
A_6	0,00	0,06	0,11	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,16	0,00	0,00	0,13
A_7	0,12	0,15	0,19	0,00	0,06	0,09	0,18	0,23	0,33	0,00	0,11	0,18

A_8	0,09	0,12	0,16	0,00	0,06	0,08	0,38	0,38	0,38	0,00	0,00	0,13
A_9	0,00	0,08	0,13	0,12	0,12	0,12	0,21	0,26	0,35	0,30	0,30	0,30
A_{10}	0,09	0,12	0,16	0,00	0,05	0,08	0,00	0,00	0,19	0,00	0,14	0,20
A_{11}	0,09	0,12	0,16	0,12	0,12	0,12	0,31	0,33	0,38	0,30	0,30	0,30
A_{12}	0,07	0,11	0,15	0,11	0,11	0,12	0,15	0,21	0,31	0,19	0,22	0,28

Adım 11: Ağırlıklı Çarpım Modelini (WPM) uygula.

Eşitlik (27) kullanılarak elde edilen WPM'in sonuçları Tablo 19'da gösterilmiştir.

Tablo 18: AÇM Sonuçları

	K_1			K_2			K_3			K_4		
A_1	0,95	0,97	0,99	0,91	0,94	0,98	0,00	0,63	0,80	0,00	0,74	0,86
A_2	1,00	1,00	1,00	0,91	0,94	0,98	0,00	0,00	0,67	0,00	0,00	0,75
A_3	0,00	0,86	0,92	0,96	0,97	1,00	0,00	0,63	0,80	0,80	0,87	0,94
A_4	0,00	0,86	0,94	0,96	0,97	0,99	0,93	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00
A_5	0,92	0,95	0,97	0,00	0,92	0,97	0,00	0,67	0,83	0,00	0,78	0,89
A_6	0,00	0,81	0,89	0,00	0,00	0,92	0,00	0,00	0,72	0,00	0,00	0,76
A_7	0,91	0,94	0,99	0,00	0,92	0,97	0,75	0,83	0,95	0,00	0,74	0,86
A_8	0,86	0,91	0,96	0,00	0,92	0,96	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,76
A_9	0,00	0,85	0,92	1,00	1,00	1,00	0,80	0,86	0,97	1,00	1,00	1,00
A_{10}	0,86	0,91	0,96	0,00	0,89	0,95	0,00	0,00	0,77	0,00	0,78	0,89
A_{11}	0,86	0,91	0,96	1,00	1,00	1,00	0,93	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00
A_{12}	0,83	0,89	0,95	0,99	0,99	1,00	0,70	0,80	0,92	0,86	0,91	0,98

Adım 12: Fayda fonksiyonunu oluştur.

$\lambda = 0,5$ alınarak Eşitlik (28)'in kullanılmasıyla Q_i hesaplanmış ve Tablo 20'de verilmiştir. Burada WSM ve WPM yaklaşımlarına ait sonuçların birleşik optimalite kriterinde eşit etkiye sahip olduğu varsayılmıştır.

Adım 13: Alternatifleri sırala.

Q_i değerlerine göre elde edilen sıralama Tablo 20'de gösterilmiştir.

Tablo 20: Sıralama Sonuçları

	Q_i	Sıralama
A_1	0,42	8
A_2	0,23	11
A_3	0,44	6
A_4	0,72	2
A_5	0,43	7
A_6	0,13	12
A_7	0,51	5
A_8	0,38	9
A_9	0,68	3
A_{10}	0,24	10
A_{11}	0,87	1
A_{12}	0,66	4

7.KARŞILAŞTIRMA ANALİZİ

Bu bölümde önerilen yaklaşımdan $0 \leq \lambda \leq 1$ arasındaki farklı λ değerleri için elde edilen sıralamaların karşılaştırılması gerçekleştirilmiştir. λ değerlerinin farklılaşması, WSM ve WPM'dan elde edilen sonuçların Q_i üzerindeki etkilerinin farklılaşmasını da beraberinde getirmektedir. Bu durum, hata türlerinin öncelik sıralamasını da etkileyecektir. λ 'nın Tablo 21 ile verilen farklı değerleri için elde edilen sıralamaların benzerliği Spearman Sıra Korelasyonu Katsayısı (r_s) hesaplanarak belirlenmiş ve Tablo 22'de verilmiştir.

Tablo 21: Farklı λ Değerlerine Göre Elde Edilen Sıralamalar

	$\lambda = 0,0$	$\lambda = 0,1$	$\lambda = 0,2$	$\lambda = 0,3$	$\lambda = 0,4$	$\lambda = 0,5$	$\lambda = 0,6$	$\lambda = 0,7$	$\lambda = 0,8$	$\lambda = 0,9$	$\lambda = 1,0$
A_1	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9
A_2	11	11	11	11	11	11	11	11	11	10	10
A_3	7	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7
A_4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
A_5	6	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8
A_6	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
A_7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6
A_8	9	9	9	9	9	9	9	6	6	6	5
A_9	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3
A_{10}	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11
A_{11}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A_{12}	2	2	3	3	3	4	4	4	4	4	4

Tablo 22. Spearman Sıra Korelasyonu Katsayıları (r_s)

	$\lambda = 0,0$	$\lambda = 0,1$	$\lambda = 0,2$	$\lambda = 0,3$	$\lambda = 0,4$	$\lambda = 0,5$	$\lambda = 0,6$	$\lambda = 0,7$	$\lambda = 0,8$	$\lambda = 0,9$	$\lambda = 1,0$
$\lambda = 0,0$	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	0,97	0,97	0,93	0,93	0,92	0,90
$\lambda = 0,1$	0,99	1,00	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,94	0,94	0,93	0,90
$\lambda = 0,2$	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,95	0,95	0,94	0,92
$\lambda = 0,3$	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,95	0,95	0,94	0,92
$\lambda = 0,4$	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,95	0,95	0,94	0,92
$\lambda = 0,5$	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	0,96	0,96	0,95	0,92
$\lambda = 0,6$	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	0,96	0,96	0,95	0,92
$\lambda = 0,7$	0,93	0,94	0,95	0,95	0,95	0,96	0,96	1,00	1,00	0,99	0,99
$\lambda = 0,8$	0,93	0,94	0,95	0,95	0,95	0,96	0,96	1,00	1,00	0,99	0,99
$\lambda = 0,9$	0,92	0,93	0,94	0,94	0,94	0,95	0,95	0,99	0,99	1,00	0,99
$\lambda = 1,0$	0,90	0,90	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,99	0,99	0,99	1,00

Tablo 22'den de görüldüğü gibi farklı λ değerleri için elde edilen hata türü sıralamaları arasında yüksek benzerlik görülmektedir. 11 numaralı hata türü olan araç soğutucularının düzenli bakımı ve kalibrasyonunun yapılmamasının bütün λ değerleri için birinci sırada olduğu görülmektedir.

8.SONUÇ VE ÖNERİLER

Gıda lojistiği, nakliye firmalarının özel ekipman ve bilgi sahibi personellerle kuru gıda, içecek ve konserve gibi ürünleri belli sıcaklarda istenilen yere ulaştırma işlemidir. Bir ürünün, üretiminden tüketiciye ulaşmasına kadar olan taşıma ve depolama sürecinde uygun koşullarda tutulmasını sağlamak ciddi bir iş ve yükümlülüktür. Gıda taşımacılığı yapan firmaların öncelikle yaptıkları işin ne kadar hayati bir önem taşıdığı farkında olmaları gerekmektedir. Plansızlıklar veya yanlış yönlendirmelerle gıda taşımacılığı kapsamında çok fazla ürün kayba uğramaktadır. Bu durum hem müşteri kaybını hem de ülke ekonomisindeki maddi kayıpları beraberinde getirmektedir. Bu yüzden oluşabilecek hataların önceden tanımlanıp önlenmeye çalışılması çok önemlidir. Bu çalışmada gıda lojistiğinde karşılaşılabilecek hataların ve bu hatalara bağlı risk düzeylerinin tespiti için HTEA kullanılmıştır. Bu yöntemde, bir sistemin potansiyel hata türlerini analiz etmek için hatayı sonradan bulmak ve düzeltmek yerine hataları erkenden belirleyerek önlemek amaçlanmaktadır. Ancak, geleneksel HTEA

prosedürünün geliştirilmesi gereken birçok yönü bulunmaktadır. Çalışmada geleneksel HTEA'nın geliştirilmesi gereken yönleri de dikkate alınarak risk faktörleri arasındaki nedensel ilişkiyi daha iyi yansıtabilecek Bulanık DEMATEL ile kriter ağırlıkları elde edilmiş ve Bulanık WASPAS kullanılarak hata türleri sıralanmıştır. Önerilen bu yaklaşımla, gıda lojistiğinde hataların belirlenerek risk derecelerine göre sıralanması sağlanmıştır.

Yapılan karşılaştırma analizi sonucunda önerilen yaklaşımın tutarlı sonuçlar ürettiği Sperman Sıra Korelasyonu katsayısı değerlerinden de görülmektedir. Burada, araç soğutucularının düzenli bakım ve kalibrasyonunun yapılmaması hata türünün birinci önceliğe sahip olduğu bütün farklı λ değerleri için belirlenmiştir. Gerçek hayatta da gıda lojistiğinde insan sağlığını tehdit etmeyecek şekilde, gerekli ortam koşulları sağlanarak gıdaların taşınması büyük önem arz etmektedir. Bu koşullar arasında, ortam sıcaklığının taşınan gıdaya uygun olmaması hassas gıdaların bozulabilmesi açısından en önemli problemlerden birisidir. Taşıma süresince bozulan gıdalar insanlar tarafından tüketildiklerinde sağlık problemlerini de beraberinde getirecek ve lojistik firması için de yüksek bozulan ürün maliyetlerine, müşteri kaybına sebep olacaktır.

KAYNAKLAR

- Abdelgawad M, Fayek AR (2010) Risk management in the construction industry using combined fuzzy FMEA and fuzzy AHP. *J Constr Eng Manage* 136(9):1028–1036.
- Aksakal E. ve Dağdeviren M. (2010), Anp Ve Dematel Yöntemleri İle Personel Seçimi Problemine Bütünleşik Bir Yaklaşım, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 25, No 4*, 905-913.
- Akyuz E., Celik E. (2015), A fuzzy DEMATEL method to evaluate critical operational hazards during gas freeing process in crude oil tankers, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 38243e253.
- Allahverdi N. (2002). *Uzman Sistemler Bir Yapay Zeka Uygulaması*, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul
- Bitarafan, M., Zolfani, S. H., Arefi, S. L., Zavadskas, E. K., Mahmoudzadeh, A. (2014), Evaluation of real-time intelligent sensors for structural health monitoring of bridges based on swara-waspas; a case in IRAN. *Baltic Journal of Road & Bridge Engineering*, 9(4),333-340.
- Chakraborty, S., Zavadskas, E. K. (2014), Applications of WASPAS method in manufacturing decision making. *Informatica*, 25(1), 1-20.
- Chakraborty, S., Zavadskas, E. K., Antucheviciene, J. (2015), Applications of WASPAS method as a multi-criteria decisionmaking tool. *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research*, 49(1) 5-22.
- Chang KH (2009) Evaluate the orderings of risk for failure problems using a more general RPN methodology. *Microelectron Reliab* 49(12):1586–1596.
- Chang, B.,Chang, C.W., Wu, C.H. (2011), "Fuzzy DEMATEL Method For Developing Supplier Selection Criteria", *Expert Systems With Applications*, Volume 38, Issue 3, March 2011, 1850-1858.
- Emovon I, Norman RA, MA J, Pazouki K (2015) An integrated multicriteria decision making methodology using compromise solution methods for prioritising risk of marine machinery systems. *Ocean Eng* 105:92–103.
- Fontela, E., Gabus, A. (1974), "DEMATEL, innovative methods. Report no. 2 structural analysis of the world problematique", *Battelle Geneva Research Institute*, 67-69.
- Li, C.W., Tzeng, G.H. (2009), "Identification of a threshold value for the DEMATEL method using the maximum mean de-entropy algorithm to find critical services provided by a semiconductor intellectual property mall" *Expert Systems with Applications*, 36: 9891–9898.
- Li, D. F., Yang, J. B. (2004). Fuzzy Linear Programming Technique for Multiattribute Group Decision Making in Fuzzy Environments, *Information Sciences*, 158, p. 263-264.
- Rituparna C., Supahi M., D. Datta (2011), Arithmetic of Triangular Fuzzy Variable from Credibility Theory, *International Journal of Energy, Information and Communications Vol. 2, Issue 3*.
- Šaparauskas, J., Zavadskas, E. K., Turskis, Z. (2011), Selection of facade's alternatives of commercial and public buildings based on multiple criteria. *International Journal of Strategic Property Management*, 15(2), 189-203
- Tsai S., Chien M., Xue Y., Li L., Jiang X., Chen Q., Zhou J., Wang L. (2015), Using the Fuzzy DEMATEL to Determine Environmental Performance: A Case of Printed Circuit Board Industry in Taiwan. *PLoS ONE* 10(6): e0129153. doi:10.1371/journal.pone.0129153.
- Tseng M.L., Lin Y. H. (2008), "Application of fuzzy DEMATEL to develop a cause and effect model of municipal solid waste", *Environ Monit Assess*, DOI 10.1007/s10661-008-0601-2.
- Turskis, Z., Zavadskas, E. K., Antucheviciene, J., Kosareva, N. (2015), A hybrid model based on fuzzy AHP and fuzzy WASPAS for construction site selection. *International Journal of Computers Communications & Control*, 10(6), 113-128.

- Vafaeipour, M., Zolfani, S. H., Varzandeh, M. H. M., Derakhti, A., & Eshkalag, M. K. (2014), Assessment of regions priority for implementation of solar projects in Iran: New application of a hybrid multi-criteria decision making approach. *Energy Conversion and Management*, 86, 653-663.
- Wu, W.W. (2012), "Segmenting Critical Factors For Successful Knowledge Management Implementation Using The Fuzzy DEMATEL Method", *Applied Soft Computing*, Volume 12, Issue 1, Pages 527-535.
- Zadeh, L. A. (1965), *Fuzzy Sets, Information and Control*, 8, p.338-353.
- Zadeh, L. A. (1975), The Concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning-I, *Information Sciences*, 8, p.199-249.
- Zavadskas, E.K., Turskis, Z., Antucheviciene, J., Zakarevicius, A. (2012). Optimization of Weighted Aggregated Sum Product Assessment. *Elektronika ir Elektrotechnika – Electronics and Electrical Engineering*, 122(6), 3–6.
- Zavadskas, E. K., Antucheviciene, J., Šaparauskas, J., Turskis, Z. (2013a), Multi-criteria assessment of facades' alternatives: peculiarities of ranking methodology. *Procedia Engineering*, 57, 107-112.
- Zavadskas, E. K., Antucheviciene, J., Saparauskas, J., & Turskis, Z. (2013b), MCDM methods WASPAS and MULTIMOORA: verification of robustness of methods when assessing alternative solutions. *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research*, 47(2), 5-20.
- Zavadskas, E. K., Antucheviciene, J., Hajiagha, S. H. R., & Hashemi, S. S. (2014), Extension of weighted aggregated sum product assessment with interval-valued intuitionistic fuzzy numbers (WASPAS-IVIF). *Applied Soft Computing*, 24, 1013-1021.
- Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Antucheviciene, J. (2015), Selecting a Contractor by Using a Novel Method for Multiple Attribute Analysis: Weighted Aggregated Sum Product Assessment with Grey Values (WASPAS-G)–Art. 02–Volume 24• Issue 2
- Zammori F, Gabbrielli R (2011) ANP/RPN: A multi criteria evaluation of the risk priority number. *Qual Reliab Eng Int* 28(1):85–104.
- Zolfani, S. H., Aghdaie, M. H., Derakhti, A., Zavadskas, E. K., Varzandeh, M. H. M. (2013), Decision making on business issues with foresight perspective; an application of new hybrid MCDM model in shopping mall locating. *Expert systems with applications*, 40(17), 7111-7121.