KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ VE ELECTRE YÖNTEMLERİ İLE RİSK ANALİZİ

ALİ GÜNGÖR

KOCAELİ 2021

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ VE ELECTRE YÖNTEMLERİ İLE RİSK ANALİZİ

ALİ GÜNGÖR

Prof. Dr. Zerrin ALADAĞ		
Danışman,	**Kocaeli Üniversitesi**	**.....**
Doç. Dr. Burcu ÖZCAN TÜRKKAN		
Jüri Üyesi,	**Kocaeli Üniversitesi**	**.....**
Doç. Dr. Fatma Serab ONURSAL		
Jüri Üyesi,	**İstanbul Ticaret Üniversitesi**	**.....**

Tezin Savunulduğu Tarih: 25.01.2021

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın en temel amacı işletmelerde uygulanan çeşitli kalite uygulamalarında yaşanan sorunların kestirimci bir yaklaşım ile önceden tespit edilebileceğini göstermektir. Bu uygulamalarda yaşanan önemli risklerden biri olan uygulama sürecinin uzamasından kaynaklanan maliyet artışlarının önlenebileceği ve bu işlemin risk analizi tekniklerinde bulunan öznel yaklaşımlardan mümkün olduğunca uzaklaşılarak daha doğru bir analiz yapılmasına katkı sağlayacak bir uygulama olması, bu çalışmanın en önemli yanıdır. Literatürde bulunan mevcut analizlerde, FMEA ve ELECTRE yöntemleri çok nadir olarak birlikte kullanılmış fakat kalite uygulamaları için bu tarz bir çalışma hiç yapılmamıştır. Bu nedenle bu çalışma, literatüre farklı bir teknik ve yol göstererek katkı sağlayacaktır. Bu çalışmada, ELECTRE I yöntemi kullanılarak FMEA yöntemindeki puanlama aşamasından kaynaklanan öznellik giderilmeye çalışılmıştır. Ayrıca birçok işletmenin uyguladığı ve uygulamaya çalıştığı EFQM mükemmellik modelinde bulunan 9 kriterin uygulanması sırasında meydana gelebilecek risklerin en doğru sıralama ile nasıl giderileceği gösterilmiştir.

Yüksek lisans eğitimimin başından itibaren gösterdiği emek, destek ve ilgiyle, derslerimi tamamlamamı ve bu çalışmayı yapmamı, geliştirmemi sağladığı için danışman hocam Sayın Prof. Dr. Zerrin ALADAĞ' a,

Eğitim ve kariyer hayatım süresince sevgi ve emeği ile yanımda olan anneme, babama ve kardeşlerime

Sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Ocak – 2021 Ali GÜNGÖR

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ iii
TABLOLAR DİZİNİ iv
KISALTMALAR DİZİNİ v
ÖZET vi
ABSTRACT vii
GİRİŞ 1
1. ÇALIŞMANIN GENEL BİLGİLERİ 2
1.1. Literatür Taraması 2
1.2. Çalışmanın Amacı 7
2. ÇALIŞMANIN YÖNTEM VE TEKNİKLERİ 8
2.1. Çalışmadaki Yöntemler 8
2.1.1. FMEA (Hata Türü ve Etkileri Analizi) 8
2.1.2. ELECTRE yöntemi ve adımları 9
2.1.3. EFQM(Avrupa Kalite Yönetimi Vakfı) mükemmellik modeli 14
2.2. Çalışmada Uygulanacak Teknik 15
2.2.1. FMEA İle EFQM modelinde risk analizi 15
2.2.2. FMEA ve ELECTRE yöntemlerinin birlikte kullanılması 16
2.2.3. FMEA ve ELECTRE yöntemlerinin EFQM modeline uygulanması 16
3. UYGULAMA 18
4. SONUÇ VE ÖNERİLER 24
KAYNAKLAR 27
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER 32
ÖZGEÇMİŞ 33

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Geleneksel FMEA yöntemi tablosu 8
Şekil 2.2. Geleneksel EFQM modeli tablosu 15
Şekil 2.3. AHP değerlendirme matrisi 16
Şekil 2.4. ELECTRE karar matrisi ve EFQM riskleri 17
Şekil 3.1. Karar matrisi 18
Şekil 3.2. Standart karar matrisi 19
Şekil 3.3. AHP yöntemi ve kriter ağırlıkları 19
Şekil 3.4. Ağırlıklı standart karar matrisi 20
Şekil 3.5. Uyum matrisi ve uyum eşik değeri 20
Şekil 3.6. Uyumsuzluk matrisi ve uyumsuzluk eşik değeri 21
Şekil 3.7. Uyum üstünlük matrisi 21
Şekil 3.8. Uyumsuzluk üstünlük matrisi 22
Şekil 3.9. Toplam baskınlık matrisinin oluşturulması ve yöntemin öncelik sıralaması 22
Şekil 3.10. RPN puanına göre öncelik sıralaması 23
Şekil 3.11. Yöntem öncesi kişisel öncelik sıralaması 23

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1.1. Literatür taraması özet tablosu..... 5

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

EFQM	: European Foundation for Quality Management (Avrupa Kalite Yönetimi Modeli)
FMEA	: Failure Mode and Effects Analysis (Hata Türü ve Etkileri Analizi)
RADAR	: Results, Approach, Deployment, Assessment and Review (Sonuç, Yayılım, Yaklaşım, Değerlendir ve Gözden Geçir)
RPN	: Risk Priority Number (Risk Öncelik Sayısı)

HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ VE ELECTRE YÖNTEMLERİ İLE RİSK ANALİZİ

ÖZET

Günümüzde neredeyse tüm şirketler kalite sistemlerini işletmelerine uygulamak istemektedir. Kimi işletmeler bu yöntemleri verimliklerini arttırmak amacı ile ön plana çıkarır iken, kimi işletmeler bu yöntemleri müşteri memnuniyetini arttıran bir araç olarak görmektedir. Ama bu yöntemleri uygulayan işletmeler kimi zaman çeşitli sorunlar yaşamaktadırlar ve bu sorunlardan dolayı uygulamanın aktifleşme süresi de uzamaktadır. Uzayan bu süreç işletmeler için bazı mali kalemler oluşturduğundan dolayı da işletmeler kalite yöntemlerini geliştirmek ve yeni ya da popüler olan birçok kalite yöntemini, modelini veya prensibini işletmelerinde uygulamaya geçirmek istememektedir. Bu durumda işletmelerde çeşitli meslek körlüklerine neden olmakta ve kalite seviyesinde düşüşe neden olmaktadır.

Son gelişmeler ve çalışmalar sonucunda işletmeler bu durumları yaşamamak için kestirimci bir yaklaşım ile çeşitli risk analizi tekniklerini, kalite uygulamalarına başlamadan yapmakta ve meydana gelebilecek sorunları henüz planlama aşamasında iken çözmeye çalışmaktadır. Bu uygulamaların uzun sürmesi ise işletmelerin bazı kalite modellerinden daha planlama aşamasında iken vazgeçmektedir. Çoğu zaman bu sürenin uzamasının nedeni ise öznel yaklaşımlar ve hatalı bir sıralama ile bu sorunların giderilmeye çalışılmasıdır. Bu çalışmamda popüler risk analizi tekniklerinden olan FMEA yönteminin uygulaması sırasında etki puanlarının verilmesinden meydana gelen öznellik durumunu en aza indirmek amacı ile hibrit bir yöntem üzerinde çalıştım. Burada üç FMEA parametresini ELECTRE I yönteminin karar matrisinin karar noktası olarak kullandım. Değerlendirme faktörleri için en sık planlama aşamasında vazgeçildiğini düşündüğüm kalite modellerinden olan EFQM mükemmellik modelinde meydana gelebileceğini düşündüğüm sorunları kullandım. Ardından bu sorunların FMEA parametrelerindeki puanlarını, karar matrisi değerleri olarak kullandım ve standart karar matrisi denklemi ile bu matrisi standart hale getirdim daha sonra bu matristeki değerleri, AHP yöntemini kullanarak ağırlıklandırdığım FMEA parametrelere ağırlıkları ile çaptım, böylece ağırlıklı standart karar matrisini elde etmiş oldum. Diğer ELECTRE I adımlarını uyguladıktan sonra elde ettiğim baskınlık değerleri ile oluşturduğum sıralama bana en uygun çözüm sıralamasını gösterdiğinden, hatalı sıralamadan kaynaklı çözüm süresini kısaltacak ve buda çözüm sürecinin süresinden meydana gelen maliyetleri düşürecektir.

Anahtar Kelimeler: AHP, EFQM Mükemmellik Modeli, ELECTRE I, FMEA.

RISK ANALYSIS WITH FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS AND ELECTRE METHODS

ABSTRACT

Today, almost all companies want to apply quality systems to their businesses. While some businesses bring these methods to the forefront with the aim of increasing their efficiency, some businesses see these methods as a means of increasing customer satisfaction. However, enterprises applying these methods sometimes have various problems and the activation period of the application is prolonged due to these problems. Since this extended process creates some financial items for the enterprises, the enterprises do not want to develop quality methods and to implement many new or popular quality methods, models or principles in their enterprises. In this case, it causes various occupational blindness in enterprises and causes a decrease in quality level.

As a result of the latest developments and studies, enterprises do various risk analysis techniques with a predictive approach in order to avoid these situations and try to solve the problems that may occur while they are still in the planning stage. These applications take longer to give up some of the quality models of the enterprises while they are in the planning stage. Often, the reason for the prolongation of this period is to try to solve these problems with subjective approaches and an incorrect order. In this study, I worked on a hybrid method in order to minimize the subjectivity that occurs due to the effect scores given during the application of the popular risk analysis techniques FMEA. Here I used three FMEA parameters as the decision point of the decision matrix of the ELECTRE I method. For the evaluation factors, I used the problems that I think might occur in the EFQM excellence model, which is one of the quality models that I think was abandoned most frequently during the planning stage. Then, I used the scores of these problems in the FMEA parameters as decision matrix values and standardized this matrix with the standard decision matrix formula. Since the order I created with the dominant values obtained after applying the other ELECTRE I steps shows me the most appropriate solution sequence, it will shorten the solution time due to incorrect sequence and this will reduce the costs of the solution process.

Keywords: AHP, EFQM Excellence Model, ELECTRE I, FMEA.

GİRİŞ

Günümüz dünyası her şeyin hızla değiştiği ve geliştiği bir ortama sahiptir. Küreselleşen bir dünyanın değişim ve gelişim hızı, çeşitli değişiklikleri zorunlu kılmaktadır. Bu durum, işletmeler açısından kimi zaman kısmi, kimi zamansa köklü değişiklikleri beraberinde getirmektedir. Bu ortamdan kaynaklanan değişikliklerden biride gelişen pazarın kalite beklentisini karşılamaktır. Bu beklentileri karşılamak için işletmeler, çeşitli modeller ve teknikler uygulamaktadır. EFQM mükemmellik modeli, yaygın olarak kullanılan bu modellerden biridir. Diğer model ve teknikler olduğu gibi EFQM mükemmellik modeli de uygulama sırasında çeşitli riskleri meydana getirebilmektedir (Sandbrook, 2001).

İşletmeler yaptıkları faaliyetler sırasında, çeşitli alanlarda risk analizleri yapmaktadır. Bu analizleri, çeşitli risk analizi teknikleriyle uygulamaktadırlar, FMEA yöntemi bu analiz tekniklerinden biridir. Bu yöntem çeşitli süreçlerde oluşabilecek hataların değerlendirilmesini ve bu hataların sürekli uygulama tekniği ile azaltılmasını hedefleyen bir yaklaşıma sahiptir (Kaya, 2019). Fakat diğer tekniklerde olduğu gibi bu yöntemin de tek başına uygulanması bazı yanlışlıkları beraberinde getirebilir.

Bu çalışmada FMEA, ELECTRE yöntemleri ve EFQM mükemmellik modeline kısaca değinilmiş, devamında FMEA ve ELECTRE yöntemlerinin, FMEA ve EFQM modelinin ve bunların birlikte nasıl kullanılabileceği gösterilmiştir. Daha sonra, bu tekniklerin birleştirilmesinin bize hangi avantajları sağladıkları anlatılmıştır.

Bu çalışmada ELECTRE yönteminin tercih edilmesinin en temel nedeni kişisel bir çözümden mümkün olduğunca uzaklaşmaktır. Fakat bu yöntemi tek başına uygulamak yeterli görülmediğinden AHP yöntemi ile hibrit hale getirilmiştir. Bu sayede iki çok amaçlı karar verme tekniği birlikte kullanılarak FMEA yöntemini maksimum miktarda kişisellikten arındırmak amaçlanmıştır. Ayrıca bu tekniğin, EFQM mükemmellik modeli ile kullanılmasıyla literatüre katkı sağlamak amaçlanmaktadır.

1. ÇALIŞMANIN GENEL BİLGİLERİ

1.1. Literatür Taraması

Kluwer Online, Taylor & Francıs, Science Direct, YÖK Akademik ve bazı üniversitelerin literatürlerinde yapılan incelemeler sonucunda 26190 çalışma tespit edilmiştir. Bu çalışmalardan 460 tanesi detaylı incelenmiştir. Detaylı incelenen bazı çalışmalar konularına göre şu şekilde özetlenebilir;

ELECTRE yöntemi kullanılan çalışmalar;

La Fata C. M., R. Micale, La Scalia G., yaptıkları çalışmada büyük lojistik problemlerinden biri olan depolama yeri belirleme probleminin çözümünde ELECTRE TRI ve TOPSIS yöntemlerini kullanmış yöntemlerle elde edilen sonuçları kıyaslayarak en ideal tesis yerini belirlemişlerdir. Pu Ji, Hong-yuZhang, Jian-qiang Wang, yaptıkları çalışmada dış kaynak sağlayıcıların seçiminde ELECTRE I yöntemini kullanmışlardır. Ana Sara Costa, Kannan Govindan, JoseRuiFigueira, yaptıkları çalışmada gelişmekte olan ekonomilerin sürdürülebilir olan yönlerini dikkate alarak tedarikçi sınıflaması yapmışlardır, bu sınıflandırmayı ELECTRE TRI yöntemini kullanarak oluşturmuşlardır. Zongguo Wen, Yan Yu, Jing Yan, yaptıkları çalışmada çevreye duyarlılığı arttırmak amacıyla kömür gazı elde etme tekniklerini ELECTRE II yöntemini kullanarak değerlendirmiş, elde edilen verilere göre kömür gazı elde etme tekniklerini yorumlamışlardır. P.Anand Raj, D. Nagesh Kumar, yaptıkları çalışmada, hidroelektrik santral kurulum yeri için akarsu havzası seçiminde ELECTRE I yöntemini kullanmış, elde edilen sıralamaya göre ideal kurulum yerini belirlemişlerdir. A. S. Milan, A. Shanian, yaptıkları çalışmada belirsiz ve eksik veriler altında materyal seçiminde ve performansının araştırılmasında ELECTRE III yöntemini kullanmışlardır. Peide Liu, Xin Yuan Zhang, yaptıkları çalışmada tedarikçi seçiminde ELECTRE III yöntemini kullanmışlardır. Ali S. Muhammad, Salih Uddin, S. Ahmad Suhi, Kabir G., Haque T., R. Enayet, yaptıkları çalışmada deri endüstrisinde yaşanan yeşil tedarik zinciri problemlerini AHP ve ELECTRE I yöntemlerini kullanarak değerlendirmişlerdir.

Jian-XinYou, Liu Hu-Chen, Chen Yi-Zeng, Chen Shouming, yaptıkları çalışmada proton ışınlı radyo terapinin risk değerlendirmesinde farklı ELECTRE yöntemleri ile geliştirilmiş FMEA yöntemini kullanmışlardır. Gkanas I. Nikitas, Vitsa C. Konstantinia, Samaras D. Georgias yaptıkları çalışmada, Yunanistan'da yapılacak bir baraj projesinin değerlendirmesinde AHP ve ELECTREI yöntemlerini kullanmış, elde edilen sıralama ile baraj projesinin yapılacağı yeri değerlendirmişlerdir. Ray Wang, ShuLi, Yuan Hsu Lin, Ming Lang Tseng, yaptıkları çalışmada belirsizlik durumunda havayolu hizmet kalitesi ile ilgili müşteri algılarını DEMETAL ve ELECTRE yöntemlerini birlikte kullanarak değerlendirmişlerdir.

FMEA yöntemi kullanılan çalışmalar;

Taleb B. Mohammad, Kamil Z. Mohammad, Faisal Khan, Ahmed Salim, yaptıkları çalışmada petri ağları ve FMEA yöntemini dinamik domino etkisinin risk değerlendirmesinde kullanmışlardır. Loa H. W., J. Huai James Lioub, Huangc Chunnen, Chuang Y. C., yaptıkları çalışmada takım tezgâhlarının risk analizi için FTA ve FMEA yöntemlerini birlikte kullanmışlardır. Sören Kemmann, Mario Trapp, Ralf Kalmar, yaptıkları çalışmada uluslararası güvenlik standardı olan ISO 26262' nin uygulansında ve geliştirilmesi sırasında oluşabilecek risklerin analizini ve değerlendirmesini FMEA yöntemi ile gerçekleştirmişlerdir. Aljibouria Saad S. H., B. R. Sander, Halman I. M. Johannes, Cardenasc Ibsen C., yaptıkları çalışmada FTA ve FMEA yöntemlerini rüzgâr türbinlerinin kamu güvenliği için oluşturduğu risklerin analizinde kullanmışlardır. Giuliana Faiellaa, Anam Parandb, Bryony Dean Franklinc, PremChana, Mario Cesarelli, Neville A. Stantone, Nick Sevdalis, yaptıkları çalışmada sistematik İnsan Hata Azaltma ve Tahmin Analizi (SHERPA), Sistem Teorik Kaza Modeli ve Sistem Teorik Süreç Analizi (STAMP-STPA) ve FMEA yöntemlerini hibrit olarak sağlık hizmetlerinin başarısızlık riskinin analizinde kullanmışlardır. Utne Bouwer I., Vinnem Janerik, Rokseth B., yaptıkları çalışmada sistem Teorik Süreç Analizi (STPA) ve FMEA yöntemlerini birlikte kullanarak denizcilik sistemlerinin test vakalarının etkileşimlerinin doğrulanmasında kullanmışlardır. Yang Zhanga, John Andrews, Sean Reeda, Magnus Karlberg, yaptıkları çalışmada bakım süreçlerinin modellenmesi ve optimizasyonun da muhtemel testlerin belirlenmesinde FMEA yöntemini kullanmışlardır. Nazlı Gülüm Mutlu, Serkan Altuntaş, yaptıkları çalışmada FMEA, FTA ve BIFPET (Belief in

Fuzzy Probability Estimations of Time) yöntemlerinin entegre bir şekilde kullanarak, tekstil endüstrisinde iş sağlığı ve güvenliği konusunda risk analizi yapmışlardır. Štefan Kudláč, Vladimíra Štefancová, Jozef Majerčák, yaptıkları çalışmada lojistik zinciri kısıtlarının değerlendirilmesinde AHP ve FMEA yöntemlerini kullanmıştır. Guo Qi, Wang Zhang, Sheng Kuangjie, Miao Rui, Yang Hengyi, Zhang Xilin, yaptıkları çalışmada şaft milinin önemli elemanlarının araştırılmasında QFD ve FMEA yöntemlerini kullanmışlardır. Weizhong Wang, Xinwang Liua, Xiaoqing Chena, Yong Qin, yaptıkları çalışmada İşletmelerde karar vericinin psikolojik davranış kriterlerinin risk üzerindeki etkilerini FMEA ile incelemişlerdir. Li Yibing, Shokohyar S., A. H. Sadaghi, Pazireh E., yaptıkları çalışmada hazır giyim üretiminde verimliliğin arttırılması için simülasyon ve FMEA yöntemlerini kullanmışlardır. E. Q. Grivot, Alain E., Debikond J. M., Aurelien Lux, yaptıkları çalışmada üretim sistemlerinin daha emniyetli gerçekleşmesi için FMEA yöntemi ile risk analizi çalışması yapmışlardır.

ELECTRE ve FMEA yöntemlerini birlikte kullanan çalışmalar;

Mario Enea, Antonella C., Maria Giacomo G., Manuela Concetta Lafata, yaptıkları çalışmada ELECTRE TR1 ile FMEA yönteminin de risk öncelik numarası (RPN) yerine risk sınıfları oluşturmanın faydasını duyarlılık analizi ile göstermişlerdir. Antonella C., Silvia Carpitella, Mario Enea, yaptıkları çalışmada ELECTRE yönteminin FMEA'da risk öncelik numarası (RPN) yerine kullanılmasının faydalarını göstermiştir.

EFQM modeli hakkında yapılan çalışmalar;

Gonzaleza Carmen-G. Rodriguez, Gonzaleza Sarobe Camino, Plamestre Rosa, Maria S. S., Norberta M. S. Fresneda, Ana Murmura, Ana Herranz-Alonso, Maria Esther D. G., Maria Panerotaberna delas Mercedes, yaptıkları çalışmada hastane eczanesinin geliştirilmesinde EFQM'in kullanılmasının verimlilik üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Bernd Stauss, Matthias Gouthier, Wolfgang Seidel, yaptıkları çalışmada müşteri perspektifinden yaklaşarak yaptıkları çalışmada EFQM modelinin müşteri nitelik ve beklentilerine etkisinin toplam kalite yönetiminden ve ISO standartlarının uygulanmasından daha fazla olduğunu göstermişlerdir. Ana B. Escrig, Lilian M. de Menezes, yaptıkları çalışmada İspanya'daki EFQM'e sahip lider

işletmelerin müşterilerinin analizini yapmışlardır. Mladen Vukomanovic, Mladen Radujkovıć, yaptıkları çalışmada, inşaat sektöründe performans iyileştirmesi için EFQM'i kullanmışlardır. Yung-Lun Liu, Pen-Fa Ko, yaptıkları çalışmada EFQM'in turizm sektörüne uygulanması ve etkin değerlendirmesini gerçekleştirmişlerdir. Mostafaeipour Ali, Hosseini J. Ezzabadi, Saryazdi Dehghani Mohammed, yaptıkları çalışmada bulanık AHP yönteminin EFQM uygulanmasını bir vaka çalışması ile göstermişlerdir. Larrode Emilio, Jimenez J. Maria Moreno, Muerza Victoria M., otomotiv endüstrisinde farklı teknolojilerin birlikte kullanılmasını AHP ile değerlendirmişlerdir.

Ayrıca bu çalışmada kullanılan yöntem ve modelleri kullanan çalışmaların son beş yıla ait literatür taraması, Tablo 1.1'de özetlenmiştir.

Tablo 1.1. Literatür taraması özet tablosu

YAZARLAR	UYGULAMA ALANI	ÇALIŞMANIN KATKISI	METODOLOJİ
Çubuk vd. (2016)	Tedarikçi seçimi	Ahşap işleme makinesi üreten imalathanelerde ilk uygulama	AHP
Carpitella vd. (2016)	Risk analizi	İki yöntemin birlikte kullanılması	Bulanık TOPSIS, Geliştirilmiş FMEA
Tekez vd. (2016)	Tedarik seçimi	Mobilya sektöründe ilk uygulama	Bulanık TOPSIS
Jamal vd. (2016)	Kalite iyileştirme	EFQM modelinde AHP yöntemiyle performans geliştirme	AHP, EFQM
Aslan (2016)	Risk analizi	Stratejik motor parçalarının üretiminde ilk risk analizi uygulaması	FMEA
Certa vd. (2017)	Risk analizi	Risk analiz yöntemlerine alternatif yeni bir yaklaşım	ELECTRE TRI
Yang vd. (2017)	Proses iyileştirme	Bakım proseslerinin geliştirilmesinde FMEA yönteminin uygulanması	FMEA
Yanık vd. (2017)	Finans performans analizi	Dört yöntemin birlikte kullanılması	AHP, TOPSIS, ELECTRE I, VIKOR
Liu (2017)	Tedarikçi seçimi	İki yöntemin birlikte kullanılması	Oyun Teorisi, DEMATEL

Tablo 1.1.(Devam) Literatür taraması özet tablosu

YAZARLAR	UYGULAMA ALANI	ÇALIŞMANIN KATKISI	METODOLOJİ
Rokseth vd. (2018)	Denizcilik sistemlerinin iyileştirilmesi	Denizcilik alanında STPA ve FMEA yöntemleriyle ilk uygulama	STPA, FMEA
Giuliana vd. (2018)	Risk analizi	Sağlık sistemlerinin geliştirilmesinde SHERPA, STPA ve FMEA yöntemlerinin birlikte kullanılması	SHERPA, STPA, FMEA
Görmez vd. (2018)	Akaryakıt tesislerinin iyileştirilmesi	Akaryakıt tesislerinde yaşanan kayıpların değerlendirilmesi	FMEA
Ersoy vd. (2018)	Finans performans analizi	Katılım bankalarının finans performans analizinde CAMELS değerlendirme sistemiyle ilk uygulama	CAMELS, TOPSIS
Dinçer vd. (2018)	Finans performans analizi	Finans sektöründe kullanılan çok kriterle karar verme yöntemlerinin avantajlarının değerlendirilmesi	AHP, VIKOR, ELECTRE I, TOPSIS
İlçe (2018)	Performans iyileştirme	Mobilya sektöründe ilk uygulama	Bulanık AHP
Carpitella vd. (2018)	Risk analizi	İki yöntemin birlikte kullanılması	Geliştirilmiş FMEA, ELECTRE I
Sander vd. (2018)	Risk analizi	Rüzgâr tribünlerinin güvenlik iyileştirmesi amacıyla yapılan ilk uygulama	FTA, FMEA
Yalçınkaya vd. (2019)	Risk analizi	İş sağlığı ve güvenliğinde risk analizinin iyileştirilmesi	FMEA
Loa vd. (2019)	Risk analizi	Takım tezgahlarında FTA ve FMEA yöntemlerinin uygulanması	FTA, FMEA
Alaykıran vd. (2019)	Risk analizi	Döküm sektöründe yeni ürün devreye alma sürecinde ilk uygulama	FMEA

Tablo 1.1.(Devam) Literatür taraması özet tablosu

YAZARLAR	UYGULAMA ALANI	ÇALIŞMANIN KATKISI	METODOLOJİ
Alhadad vd. (2019)	Kalite iyileştirme	Yükseköğretim kurumlarında EFQM modelinin uygulanması	EFQM
Tatlı vd. (2019)	Kalite iyileştirme	İmalathanelerde uygulanan EFQM mükemmellik modelinin kalite iyileştirmelerine etkisinin değerlendirilmesi	EFQM
Kâmil vd. (2019)	Risk analizi	İki yöntemin birlikte kullanılması	Petri Ağları, FMEA
Albayrak vd. (2020)	Tedarikçi seçimi	Mobilya sektöründe ilk uygulama	Bulanık TOPSIS
Rodriguez vd. (2020)	Kalite iyileştirme	Sağlık sektöründe EFQM modeliyle performans iyileştirme uygulaması	EFQM
Balkan (2020)	Kurulum yeri seçimi	Endüstri 4.0 sürecinde ELECTRE I uygulaması	ELECTRE I
Santos vd. (2020)	Performans iyileştirme	Ar-Ge süreçlerinde EFQM modeliyle performans iyileştirme	Bulanık ELECTRE I EFQM

1.2. Çalışmanın Amacı

Yapılan çalışmada işletmelerin kullandığı kalite modellerinin uygulanması sırasında meydana gelebilecek riskleri proaktif bir yaklaşımla nasıl minimize edebileceklerini göstermek amaçlanmıştır. Ayrıca detaylı incelenen ve diğer literatür kaynaklarında yapılan tarama sonucunda, EFQM modelinde FMEA yöntemiyle risk analizi çalışması yapılmadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle bu çalışmada EFQM modelinde risk analizini FMEA ve ELECTRE yöntemlerinin hibrit bir şekilde kullanılmasıyla literatüre katkıda bulunulması da amaçlanmıştır.

2. ÇALIŞMANIN YÖNTEM VE TEKNİKLERİ

2.1. Çalışmadaki Yöntemler

2.1.1. FMEA (Hata Türü ve Etkileri Analizi)

İngilizcesi Failure Modes Effect Analysis olan bu yöntem genellikle adının baş harflerinden oluşan FMEA ile kullanılır. ABD ordusu tarafından 1940'larda başlayan FMEA, bir tasarımdaki, üretimdeki veya montaj işlemindeki tüm olası arızaları belirlemek için adım adım yapılan bir yaklaşımdır. Yaygın olarak kullanılan bir süreç analizi aracıdır. FMEA, süreçlerin ve ürünlerin geliştirilmesinde hata risklerinin ortadan kaldırılmasına odaklanan ve aynı amaçla yapılan faaliyetleri belgelendiren bir tekniktir. Geleneksel FMEA yönteminde muhtemel riskler belirlendikten sonra etki, yaşanma sıklığı ve tespit edilebilirlik puanları verilir ve bu puanlar kimi zaman toplanıp, kimi zaman da çarpılarak RPN puanı elde edilir. Toplamak ya da çarpmak tamamıyla yöntemi kullanan kişiye ya da ekibe bağlıdır. Daha sonra bu RPN puanlarına göre öncelikler belirlenip aksiyon önerileri verilir, bu aksiyonların gerçekleşmesini takip edecek ya da aksiyonu gerçekleştirecek sorumlu belirlenir ve yapılan işleme göre yeni etki, yaşanma sıklığı ve tespit edilebilirlik puanları verilir.

MUHTEMEL RİSKLER	ETKİLERİ	ETKİ PUANI	YAŞANMA SIKLIĞI	SIKLIK PUANI	TESPİT EDİLEBİLİRLİĞİ	TESPİT PUANI	RPN
- - - -		a		b		c	
- - - -							
- - - -							
- - - -							
- - - -							
- - - -							

RPN = a + b + c yada RPN = a x b x c olarak tanımlanır.

ÖNERİLEN AKSİYON	AKSİYON SORUMLUSU	YAPILAN İŞLEM	YENİ ETKİ PUANI	YENİ SIKLIK PUANI	YENİ TESPİT PUANI	YENİ RPN
- - - -			a'	b'	c'	
- - - -						
- - - -						
- - - -						
- - - -						
- - - -						

YENİ RPN = a' + b' + c' yada YENİ RPN = a' x b' x c' olarak tanımlanır.

Şekil 2.1. Geleneksel FMEA yöntemi tablosu

2.1.2. ELECTRE yöntemi ve adımları

Çok amaçlı karar verme yöntemlerinden biri olan ELECTRE ile karar verici birçok nitel ve nicel değerlendirme faktörlerini karar verme sürecine dâhil edebilmekte ve bu faktörleri elde edilmesi istenilen amaca göre sıralayarak alternatif seçimi yapabilmektedir (Kuru, 2012).Bu yöntem alternatiflerin belirli ölçütlere göre ikili üstünlük kıyaslanmasına dayanarak seçeneklerin baskınlık durumuna göre sıralanmasını sağlar.Kıyaslamanın yapılabilmesi için yöntemde uyumluluk, uyumsuzluk ve eşik değerlerinin kullanılması gerekir (Tsambulas ve diğ., 1999). Bu sayede daha az kişisel bir sıralama elde edilmiş oluyor. (Yücel ve diğ., 2009).

Yöntem 8 adımdan oluşmaktadır;

1-) Karar matrisinin oluşturulması
2-) Karar matrisinin standart hale getirilmesi
3-) Standart karar matrisinin ağırlıklandırılması
4-) Uyum ve uyumsuzluk setlerinin belirlenmesi
5-) Uyum ve uyumsuzluk matrislerinin oluşturulması
6-) Uyum üstünlük ve uyumsuzluk üstünlük matrislerinin oluşturulması
7-) Toplam baskınlık matrisinin oluşturulması
8-) Karar noktalarının önem sırasının belirlenmesi

1-)Karar matrisinin oluşturulması;

Karar matrisinde, üstünlüklerine göre sıralanmak istenen karar noktaları satırları, karar vermede kullanılacak değerlendirme faktörleriyse sütunları oluşturur. Karar verici tarafından oluşturulan bu başlangıç matrisi, A matrisi olarak adlandırılır. Karar matrisi Denklem (2.1)'deki gibi gösterilir (Yücel ve diğ., 2009);

$$A_{ij}=\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Matriste m karar noktası sayısını, n değerlendirme faktörü sayısını göstermektedir.

2-) Karar matrisinin standart hale getirilmesi;

Standart Karar Matrisi, A matrisinin elemanlarından yararlanarak ve Denklem (2.2) kullanılarak hesaplanır (Yücel ve diğ., 2009);

$$x_{ij}=\frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{m} a_{kj}^2}} \tag{2.2}$$

X ile gösterilen standart karar matrisi, A matrisinin her bir elemanı bulunduğu sütundaki tüm elemanların kareleri toplamının kareköküne bölünerek elde edilir. Bu işlemi yapmanın amacı, her bir karar noktasını ilgili olduğu değerlendirme faktörüyle ilişkilendirirken, o karar noktasını öteki karar noktaları açısından ağırlıklandırmaktır. Yapılan hesaplamayla X matrisi Denklem (2.3)'teki gibi elde edilir;

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \tag{2.3}$$

3-) Standart karar matrisinin ağırlıklandırılması;

Her değerlendirme faktörü karar verici açısından farklı önemlere sahip olabilir. Karar verici bu önem farlılıklarını ELECTRE yöntemine yansıtmak için ağırlıklı standart karar matrisini oluşturur, bu matris Y matrisi olarak adlandırılır. Y matrisinde, karar verici öncelikle değerlendirme faktörlerinin ağırlıklarını (w_i) belirlemelidir (Yücel ve diğ., 2009). Belirlenen w_i değerleri Denklem (2.4)'ü sağlamalıdır;

$$\sum_{i=1}^{n} w_i=1 \tag{2.4}$$

Her bir değerlendirme faktörü için belirlenen w_i değeri, X matrisinin ilgili sütunundaki elemanlarla çarpılarak Y matrisi oluşturulur. Y matrisi, Denklem (2.5)'te gösterildiği gibi elde edilir;

$$Y_{ij} = \begin{bmatrix} w_1x_{11} & w_2x_{12} & \dots & w_nx_{1n} \\ w_1x_{21} & w_2x_{22} & \cdots & w_nx_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ w_1x_{m1} & w_2x_{m2} & \cdots & w_nx_{mn} \end{bmatrix} \tag{2.5}$$

4-) Uyum ve uyumsuzluk setlerinin belirlenmesi;

Y matrisinden yararlanılarak uyum setleri belirlenir, bu işlem karar noktalarının birbirleriyle değerlendirme faktörleri açısından kıyaslanmasıyla ve setler Denklem (2.6)'da gösterilen ilişki yardımıyla belirlenir (Yücel ve diğ., 2009):

$$C_{kl} = \{j, y_{kj} \geq y_{lj}\} \tag{2.6}$$

Denklem, satır elemanlarının büyüklüklerinin birbirleriyle karşılaştırılması temeline dayanır. Karar problemindeki uyum seti sayısı m x m - m tanedir. Bunun nedeni uyum setleri oluşturulurken kullanılan k ve l indisleri k ≠ l koşulunu sağlamalıdır. Uyum setindeki eleman sayısı en fazla değerlendirme faktörü sayısı (n) kadardır.

k=1 ve l=2 için C_{12} uyum seti belirlenirken, Y matrisinin 1. ve 2. satır elemanları karşılıklı olarak birbirleriyle kıyaslanır ve burada 4 değerlendirme faktörü varsa C_{12} uyum seti en fazla 4 elemana sahip olacaktır. Verilen örnekte 1. ve 2. satır kıyaslamasında, Denklem (2.7)'de gösterilen sonuçlarla karşılaşılmışsa;

$$\begin{aligned} y_{11} &\geq y_{21} \\ y_{12} &< y_{22} \\ y_{13} &< y_{23} \\ y_{14} &= y_{24} \end{aligned} \tag{2.7}$$

Denklem (2.6)'da gösterilen şarta j=1 ve j=4 değerleri uyduğundan C_{12} için uyum seti C_{12}={1, 4} şeklinde oluşacaktır.

ELECTRE yönteminde her uyum setine (C_{kl}) karşılık bir uyumsuzluk seti (D_{kl}) bulunur, başka bir değişle uyum seti sayısı kadar uyumsuzluk seti vardır. Uyumsuzluk setinin elemanları, ilgili uyum setinde bulunmayan j değerlerinden oluşur, diğer bir deyişle C_{12}={1, 4} ise D_{12}={2, 3} olacaktır.

5-) Uyum ve uyumsuzluk matrislerinin oluşturulması;

Uyum seti kullanılarak oluşturulan uyum matrisi (C) m x m boyutlu olup k=1 için değer almaz. Uyum matrisinin elemanları, Denklem (2.8)'de gösterilen ilişki yardımıyla hesaplanır (Yücel ve diğ., 2009).

$$c_{kl} = \sum_{j \in C_{kl}} w_j \tag{2.8}$$

Denklem (2.8)'e göre, C_{12}={1,4} olarak bulunmuşsa C matrisinin c_{12} elemanının değeri $c_{12} = w_1 + w_2$ olarak bulunacaktır. C matrisi Denklem (2.9)'da gösterildiği gibi elde edilir;

$$C = \begin{bmatrix} - & c_{12} & \cdots & c_{1n} \\ c_{21} & - & \cdots & c_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ c_{m1} & c_{m2} & \cdots & - \end{bmatrix} \tag{2.9}$$

Uyumsuzluk matrisinin (D) elemanları ise Denklem (2.10) yardımıyla hesaplanır;

$$d_{kl} = \frac{\max_{j \epsilon D_{kl}} |y_{kj} - y_{lj}|}{\max |y_{kj} - y_{lj}|} \tag{2.10}$$

Uyumsuzluk matrisinin d_{12} elemanı Y matrisinin 1. ve 2. satır elemanlarının kıyaslanmasıyla elde edilir. Başka bir deyişle, Denklem (2.10)'un pay kısmında D_{12}={2,3} için j=2 ve j=3 değerleri dikkate alınır ve $|y_{12}-y_{22}|$ve $|y_{13}-y_{23}|$ mutlak farklarından büyük olan seçilir. Denklem (2.10)'un payda kısmındaysa, Y matrisinin 1. ve 2. satırlarındaki tüm elemanların karşılıklı mutlak farkları bulunarak bunlardan en büyük olanı seçilir. Elde edilen uyumsuzluk matrisi (D), C matrisi gibi m x m boyutlu olup k=1 için değer almaz. D matrisi Denklem (2.11)'de gösterildiği gibi elde edilir;

$$D = \begin{bmatrix} - & d_{12} & \cdots & d_{1n} \\ d_{21} & - & \cdots & d_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ d_{m1} & d_{m2} & \cdots & - \end{bmatrix} \tag{2.11}$$

6-) Uyum üstünlük ve uyumsuzluk üstünlük matrislerinin oluşturulması;

Uyum matrisi elemanlarının, uyum eşik değeri ($\underline{c}$) ile karşılaştırılmasıyla elde edilen uyum üstünlük matrisi (F) m x m boyutlu olup C matrisinde olduğu gibi k=1 için değer almaz ve matris elemanları (f_{kl}), $c_{kl} \geq \underline{c}$ => 1, $c_{kl} < \underline{c}$ => 0 koşullarına göre belirlendiğinden 0 ya da 1 değerlerinden oluşur. Uyum eşik değeri ($\underline{c}$) Denklem (2.12) yardımıyla elde edilir (Yücel ve diğ., 2009);

$$\underline{c} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^{m} \sum_{l=1}^{m} c_{kl} \tag{2.12}$$

Denklemde m karar noktası sayısını göstermektedir. Daha açık bir anlatımla c değeri, C matrisini oluşturan elemanların toplamının, $\frac{1}{m(m-1)}$ ile çarpımıyla elde edilir.

Uyumsuzluk üstünlük matrisi (G) F matrisine benzer şekilde oluşturulur ve aynı şekilde m x m boyutlu olup k=1 için değer almaz. G matrisinin elemanları, F matrisi elemanlarıyla benzer bir koşula göre oluşturulduğundan 0 ya da 1 elemanlarından oluşur. Uyumsuzluk eşik değeri (d) Denklem (2.13) yardımıyla elde edilir:

$$\underline{d} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^{m} \sum_{l=1}^{m} d_{kl} \qquad (2.13)$$

Daha açık bir anlatımla d değeri, D matrisini oluşturan elemanların toplamının, $\frac{1}{m(m-1)}$ ile çarpımıyla elde edilir.

7-) Toplam baskınlık matrisinin oluşturulması;

F matrisi elemanlarıyla (f_{kl}), G matrisi elemanlarının (g_{kl}) karşılıklı çarpımıyla oluşturulan toplam baskınlık matrisi (E), yine bu matrislere bağlı olarak m x m boyutlu olup, 0 ya da 1 elemanlarından oluşur (Yücel ve diğ., 2009).

8-) Karar noktalarının önem sırasının belirlenmesi;

E matrisinin satır ve sütunları karar noktalarını gösterdiğinden, E matrisi Denklem (2.14)'teki gibi hesaplanmışsa,

$$E = \begin{bmatrix} - & 0 & 0 \\ 1 & - & 0 \\ 1 & 1 & - \end{bmatrix} \qquad (2.14)$$

e_{21}=1, e_{31}=1 ve e_{32}=1 değerlerini alır. Bu durum, 2. karar noktasının 1. karar noktasına, 3. karar noktasının 1. karar noktasına ve 3. karar noktasının da 2. karar noktasına mutlak üstünlün olduğunu gösterir. Başka bir deyişle karar noktaları A_i(i=1,2,3,…,m) sembolüyle ifade edilirse, karar noktalarının önem sırası A_3, A_2 ve A_1 şeklinde elde edilecektir (Yücel ve diğ., 2009).

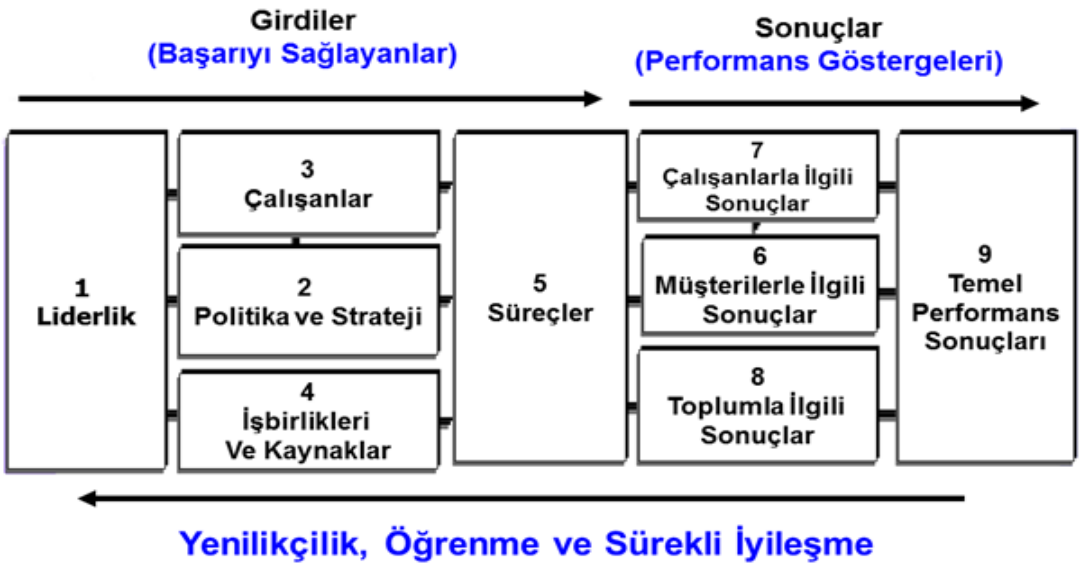
2.1.3. EFQM(Avrupa Kalite Yönetimi Vakfı) mükemmellik modeli

Adını Avrupa Kalite Yönetimi Vakfı yani European Foundation for Quality Management'ın baş harflerinden alan EFQM mükemmellik modeli 1991'den bu yana kullanılmakta olan ve kurumların, sektörü, yapısı ve büyüklüğü ne olursa olsun mevcut sistemlerini geliştirmesini sağlayan kolay ve pratik bir modeldir. Etkin bir yönetim sistemi geliştirme aracı olan model kurumların öz değerlendirmelerini sağlayan bir sistemler bütünüdür. Kurumların işleyiş şekillerini daha mükemmel bir hale getirmek amacıyla, iyi yönde ilerleyip ilerlemediklerini, kuvvetli yönlerini, geliştirmeye açık alanlarını sistematik olarak inceleyerek uygun çözüm yöntemlerini araştıran bir öz değerlendirme yöntemidir (Sandbrook, 2001).

EFQM Mükemmellik Modeli 9 temel kriter üzerine kurulmuştur;

1. Liderlik
2. Çalışanlar
3. Politika ve strateji
4. İşbirlikleri ve kaynaklar
5. Süreçler
6. Çalışanlarla ilgili sonuçlar
7. Müşterilerle ilgili sonuçlar
8. Toplumla ilgili sonuçlar
9. Temel performans sonuçları

Bu yöntem bu kriterleri RADAR adı verilen bir mantıkla önceliklendirmiştir. RADAR adını Results(Sonuçlar), Approach(Yaklaşım), Deployment(Yayılım), Assessment and Review(Gözden Geçir ve Değerlendir) kelimelerinin baş harflerinden almıştır. RADAR'a göre Liderlik, %10, Çalışanlar, %9, Politika ve strateji, %8, İşbirlikleri ve kaynaklar, %9, Süreçler, %14, Çalışanlarla ilgili sonuçlar, %9, Müşterilerle ilgili sonuçlar, %20, Toplumla ilgili sonuçlar, %6, Temel performans sonuçları, %15 öneme sahiptir (Sandbrook, 2001).



Şekil 2.2. Geleneksel EFQM modeli tablosu

2.2. Çalışmada Uygulanacak Teknik

2.2.1. FMEA ile EFQM modelinde risk analizi

Her sistemin işletmelere uygulanması gibi EFQM mükemmellik modelinin de işletmelere uygulanması sırasında bazı riskler meydana gelir. Bu çalışmada bu riskleri proaktif bir yaklaşımla önceden tespit edip henüz gerçekleşmeden elimine etmeye veya çözmeye çalışacağız.

Uygulamada ilk olarak FMEA yönteminin ilk aşaması olan risklerin tespiti gerçekleştirilir. Bu işlem EFQM mükemmellik modeli kriterlerine ‘Bizim bu kriterde başarısız olmamıza ne neden olur?’ sorusu sorularak muhtemel riskler belirlenmeye çalışılmıştır;

Liderlik kavramının yürütülmesi sırasında doğabilecek riskler;

1) Liderler mükemmelliği benimsemeyebilir.

2) Liderlerin iletişim becerileri güçlü olmayabilir.

3) Liderler değişime karşı direnç gösterebilir.

Süreçler kavramının yürütülmesi sırasında doğabilecek riskler;

1) Süreçler müşteri gereksinimlerine göre doğru tasarlanmamış olabilir.

2) Müşteri ilişkileri doğru yönetilmeyebilir.

3) Süreçleri yönetecek kişiler doğru seçilmemiş olabilir.

Müşterilerle ilgili sonuçlar kavramının yürütülmesi sırasında doğabilecek riskler;
1) Algılama ölçümleri müşteri beklentilerini ölçmeye uygun seçilmemiş olabilir.
2) Müşteri performans göstergeleri doğru yorumlanmamış olabilir.

Temel performans sonuçları kavramının yürütülmesi sırasında doğabilecek riskler;
1) Temel performans çıktıları doğru yorumlanmayabilir.
2) Temel performans göstergeleri doğru seçilmemiş olabilir(Sarıgül, 2016).

2.2.2. FMEA ve ELECTRE yöntemlerinin birlikte kullanılması

FMEA yönteminde risk analizi yaparken puanlama aşamasında öznellikten uzak olmak çok zordur bu nedenle sağlıklı bir sıralama elde edebilmek güçtür. Burada ELECTRE yöntemini kullanmamızdaki amaç objektif bir sıralama elde etmek olduğundan kriter ağırlıklandırmasını da objektif bir şekilde yapmamız gerekir, bunu da AHP yöntemi ile sağlayabiliriz. Bu sayede hedeflerimizden biri olan 'Öncelikle hangi hatayı gidermeliyiz?' sorusunun cevabını elde etmiş ardından amacımızdan biri olan 'Objektif bir çözüm' sloganını sağlamış olacağız.

2.2.3. FMEA ve ELECTRE yöntemlerinin EFQM modeline uygulanması

Önceki bölümlerde FMEA, ELECTRE, EFQM yöntemlerinin birleri ile nasıl kullanılacağına değinilmişti bu bölümde ise bu tekniklerin hepsinin birlikte nasıl kullanılabileceğine değineceğiz. İlk olarak FMEA yöntemi ile EFQM modelinde muhtemel riskler tespit edilir, ardından FMEA kriterleri AHP yöntemi ile ağırlıklandırılır. Ağırlıklandırılan FMEA kriterleri, ELECTRE yönteminde kullanılan karar matrisinin sütunlarını, tespit edilen EFQM mükemmellik modeli riskleri ise matrisin satırlarını meydana getirir.

	Riskin Etkisi	Riskin Sıklığı	Riskin Tespit Edilebilirliği
Riskin Etkisi			
Riskin Sıklığı			
Riskin Tespit Edilebilirliği			

Şekil 2.3. AHP Değerlendirme Matrisi

	KARAR MATRİSİ		
	ETKİ	SIKLIK	TESPİT EDİLEBİLİRLİK
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

EFQM RİSKLERİ	
1	Liderler mükemmelliği benimsemeyebilir
2	Liderlerin iletişim becerileri güçlü olmayabilir
3	Liderler değişime karşı direnç gösterebilir
4	Süreçler müşteri gereksinimlerine göre doğru tasarlanmamış olabilir
5	Müşteri ilişkileri doğru yönetilmeyebilir
6	Süreçleri yönetecek kişiler doğru seçilmemiş olabilir
7	Algılama ölçümleri müşteri beklentilerini ölçmeye uygun seçilmemiş olabilir
8	Müşteri performans göstergeleri doğru yorumlanmamış olabilir
9	Temel performans çıktıları doğru yorumlanmayabilir
10	Temel performans göstergeleri doğru seçilmemiş olabilir

Şekil 2.4. ELECTRE karar matrisi ve EFQM riskleri

Oluşan karar matrisine ELECTRE yönteminin adımları uygulanarak öncelik sıralaması elde edilir. Bu öncelik sıralamasına göre uygulama ekibi gerekli aksiyonları belirler ve aksiyonların takibi için sorumlular atar böylece bu riskler elimine ederek minimum risk ile EFQM mükemmellik modelini uygulanmış olur.

3. UYGULAMA

Karar matrisinin oluşturulması;

FMEA yönteminin parametrelerinin sütunları oluşturduğu, EFQM modelinin uygulanması sırasında meydana gelebilecek risklerin ise satırları oluşturduğu karar matrisinin ilk kriter olan etki puanları, otomotiv yedek parça üretimi yapan bir işletmede mükemmellik modelinin uygulanması sırasında mevcut sistemdeki unsurların gösterdiği değişimlerin yada tepkilerin göz önüne alınmasıyla elde edildi. Örneğin, müşteri performans göstergelerinin doğru yorumlanmamış olması durumunda oluşan bir hatadan dolayı işletmeye müşterinin uygulayacağı yaptırımlar göz önüne alınarak puanlama yapıldı. Karar matrisini oluştururken kullanılan sıklık puanları, her bir muhtemel riskin gerçekleşme olasılığı göz önüne alınarak belirlendi. Karar matrisini oluştururken kullanılan tespit edilebilirlik puanları ise her bir riske, "Bu risk gerçekleşirse tespit etmemiz ne kadar sürer?" sorusu yöneltilmesiyle belirlendi. Bu durumlar göz önüne alınarak işletmedeki kalite güvence departmanında görevli personel ve birim müdürü ile yapılan beyin fırtınası sonucunda her bir riskin FMEA parametreleri içerisinde kıyaslanması ile hücre değerleri elde edildi. Yani her bir riskin etki, sıklık ve tespit edilebilirliğine beyin fırtınası yöntemiyle yapılan kıyaslama sonucunda 10 üzerinden puanlar verilerek Şekil 3.1'deki karar matrisi elde edilmiş oldu.

	KARAR MATRİSİ		
	ETKİ	SIKLIK	TESPİT EDİLEBİLİRLİK
Liderler mükemmelliği benimsemeyebilir	5	7	7
Liderlerin iletişim becerileri güçlü olmayabilir	4	3	1
Liderler değişime karşı direnç gösterebilir	6	9	3
Süreçler müşteri gereksinimlerine göre doğru tasarlanmamış olabilir	6	5	3
Müşteri ilişkileri doğru yönetilmeyebilir	6	5	6
Süreçleri yönetecek kişiler doğru seçilmemiş olabilir	5	6	5
Algılama ölçümleri müşteri beklentilerini ölçmeye uygun seçilmemiş olabilir	5	3	2
Müşteri performans göstergeleri doğru yorumlanmamış olabilir	9	4	8
Temel performans çıktıları doğru yorumlanmayabilir	8	3	7
Temel performans göstergeleri doğru seçilmemiş olabilir	7	3	4
	Puanlama Sistemi (1-10)		

Şekil 3.1. Karar matrisi

Standart karar matrisinin oluşturulması;

Karar matrisinin her bir elemanının bulunduğu sütundaki tüm elemanların kareleri toplamının karekökü bölünmesiyle Şekil 3.2'de gösterildiği gibi bulunmuştur.

STANDART KARAR MATRİSİ		
0,357	0,178	0,111
0,446	0,414	0,776
0,297	0,138	0,259
0,297	0,249	0,259
0,297	0,249	0,129
0,357	0,207	0,155
0,357	0,414	0,388
0,198	0,311	0,097
0,223	0,414	0,111
0,255	0,414	0,194

Şekil 3.2. Standart karar matrisi

Ağırlıklı standart karar matrisinin oluşturulması;

Standart karar matrisindeki her bir değer kriter ağırlığı belirleme aşamasında kullanılan AHP yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıkları değerleri(Şekil 3.3) ile çarpılarak bulunmuştur. AHP kriterlerine verilen puanlar birim müdürleri ile yapılan beyin fırtınası sonucunda tespit edilmiştir. Elde edilen AHP matrisinin tutarlılık oranı 0 olarak bulunmuştur(Tutarlılık İndeksi=0, Rastgele Değer İndeksi=0,52). Tutarlık oranı 0,1'in altında olduğundan elde edilen kriter ağırlıkları tutarlı olduğu tespit edilmiştir.

KRİTER AĞIRLIĞI BELİRLEME				
Puanlama Sistemi (1-10)	ETKİ	SIKLIK	TESPİT EDİLEBİLİRLİK	
ETKİ	1	1/4	7	
SIKLIK	4	1	5	
TESPİT EDİLEBİLİRLİK	1/7	1/5	1	
Sütunların Toplamı	5,14	1,45	13	
	ETKİ	SIKLIK	TESPİT EDİLEBİLİRLİK	KRİTER AĞIRLIKLARI
ETKİ	0,19	0,17	0,54	0,302
SIKLIK	0,78	0,69	0,38	0,617
TESPİT EDİLEBİLİRLİK	0,03	0,14	0,08	0,081

Şekil 3.3. AHP yöntemi ve kriter ağırlıkları

AĞIRLIKLI STANDART KARAR MATRİSİ		
0,108	0,110	0,009
0,135	0,256	0,063
0,090	0,085	0,021
0,090	0,153	0,021
0,090	0,153	0,010
0,108	0,128	0,013
0,108	0,256	0,031
0,060	0,192	0,008
0,067	0,256	0,009
0,077	0,256	0,016

Şekil 3.4. Ağırlıklı standart karar matrisi

Uyum matrisinin oluşturulması ve uyum eşik değerinin belirlenmesi;

Karar noktaları birbirleri ile değerlendirme faktörleri açısından kıyaslanarak ve ELECTRE yönteminin 5. adımında gösterilen uyum matrisi Denklem (2.8) yardımı ile aşağıdaki gibi bulunmuştur.

	UYUM MATRİSİ									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0	0,919	0,302	0,302	0,302	0,302	0,383	0,383	0,302
2	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1
3	0,081	0	-	0,383	0,383	0,081	0	0,383	0,383	0,383
4	0,698	0	1	-	1	0,698	0	0,383	0,383	0,383
5	0,698	0	0,919	0,919	-	0,617	0	0,383	0,383	0,302
6	1	0	0,919	0,302	0,383	-	0,302	0,383	0,383	0,302
7	1	0,617	1	1	1	1	-	1	1	1
8	0,617	0	0,617	0,617	0,617	0,617	0	-	0	0
9	0,698	0,617	0,617	0,617	0,617	0,617	0,617	1	-	0,617
10	0,698	0,617	0,617	0,617	0,698	0,698	0,617	1	1	-

Uyum Eşik Değeri	0,570

Şekil 3.5. Uyum matrisi ve uyum eşik değeri

Uyumsuzluk matrisinin oluşturulması ve uyumsuzluk eşik değerinin belirlenmesi;

Karar noktaları birbirleri ile değerlendirme faktörleri açısından kıyaslanarak ve ELECTRE yönteminin 5. adımında gösterilen uyumsuzluk matrisi Denklem (2.10) yardımı ile aşağıdaki gibi bulunmuştur.

	UYUMSUZLUK MATRİSİ									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	1	0,491	1	1	1	1	1	1	1
2	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1
4	0,409	1	0	-	0	0,702	1	1	1	1
5	0,409	1	0,153	1	-	0,702	1	1	1	1
6	0	1	0,196	1	1	-	1	1	1	1
7	0	1	0	0	0	0	-	0	0	0
8	0,582	1	0,281	0,780	1	0,748	1	-	1	1
9	0	1	0,132	0	0,219	0,316	1	0	-	1
10	0,211	1	0,075	0	0,125	0,241	1	0	0	-

Uyumsuzluk Eşik Değeri	0,591

Şekil 3.6. Uyumsuzluk matrisi ve uyumsuzluk eşik değeri

Uyum üstünlük matrisinin oluşturulması;

Uyum matrisinde bulunan her bir değerin uyum eşik değeri ile kıyaslanması ile bulunmuştur.

	UYUM ÜSTÜNLÜK MATRİSİ									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1
3	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0
4	1	0	1	-	1	1	0	0	0	0
5	1	0	1	1	-	1	0	0	0	0
6	1	0	1	0	0	-	0	0	0	0
7	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1
8	1	0	1	1	1	1	0	-	0	0
9	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-

Şekil 3.7. Uyum üstünlük matrisi

Uyumsuzluk üstünlük matrisinin oluşturulması;

Uyumsuzluk matrisinde bulunan her bir değerin uyumsuzluk eşik değeri ile kıyaslanması ile bulunmuştur.

UYUMSUZLUK ÜSTÜNLÜK MATRİSİ										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	1	0	1	1	1	1	1	1	1
2	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1
4	0	1	0	-	0	1	1	1	1	1
5	0	1	0	1	-	1	1	1	1	1
6	0	1	0	1	1	-	1	1	1	1
7	0	1	0	0	0	0	-	0	0	0
8	0	1	0	1	1	1	1	-	1	1
9	0	1	0	0	0	0	1	0	-	1
10	0	1	0	0	0	0	1	0	0	-

Şekil 3.8. Uyumsuzluk üstünlük matrisi

Toplam baskınlık matrisinin oluşturulması ve öncelik sıralamasının tespiti;

Oluşturulan uyum üstünlük ve uyumsuzluk üstünlük matrislerinin her bir hücre değerinin birbirleri ile çarpımı sonucunda bulunmuştur.

TOPLAM BASKINLIK MATRİSİ										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	-	0	1	0	0	0	0
5	0	0	0	1	-	1	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0
7	0	1	0	0	0	0	-	0	0	0
8	0	0	0	1	1	1	0	-	0	0
9	0	1	0	0	0	0	1	0	-	1
10	0	1	0	0	0	0	1	0	0	-

EFQM RİSKLERİ	
1	Liderler mükemmelliği benimsemeyebilir
2	Liderlerin iletişim becerileri güçlü olmayabilir
3	Liderler değişime karşı direnç gösterebilir
4	Süreçler müşteri gereksinimlerine göre doğru tasarlanmamış olabilir
5	Müşteri ilişkileri doğru yönetilmeyebilir
6	Süreçleri yönetecek kişiler doğru seçilmemiş olabilir
7	Algılama ölçümleri müşteri beklentilerini ölçmeye uygun seçilmemiş olabilir
8	Müşteri performans göstergeleri doğru yorumlanmamış olabilir
9	Temel performans çıktıları doğru yorumlanmayabilir
10	Temel performans göstergeleri doğru seçilmemiş olabilir

FMEA-ELECTRE SIRALAMASI
8=9>5=10>4=7>1=2=3=6

Şekil 3.9. Toplam baskınlık matrisi ve yöntemin öncelik sıralaması

Eğer sadece FMEA yöntemi kullanılmış olsaydı RPN puanına göre ilk sıralama şu şekilde olacaktı;

RPN SIRALAMASI
8>1>3=9>5>6>4=10>7>2

Şekil 3.10. RPN puanına göre öncelik sıralaması

Fakat kişisel bir sıralama yapılacak olsaydı, yani FMEA ve ELECTRE yöntemlerinden herhangi biri tercih edilmemiş olsaydı sıralama şu şekilde olacaktı;

KİŞİSEL SIRALAMA
8>6>5>3>1>4>10>7>9>2

Şekil 3.11. Yöntem öncesi kişisel öncelik sıralaması

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada elde edilen sıralamaya göre, EFQM mükemmellik modelinin uygulanması sırasında meydana gelebilecek muhtemel risklerin en önemlisi, müşteri performans göstergeleri doğru yorumlanmamış olma ihtimali ve temel performans çıktıları doğru yorumlanmamış olma ihtimalidir. Bu sonuca göre işletme EFQM modelini uygulamaya başlamadan önce bu iki riskin oluşmasına neden olabilecek etmenleri tespit edip elimine etmelidir, buradaki öncelik sıralamasına göre tüm riskler elimine edecek aksiyonları aldıktan sonra işletme bu modeli uygulamaya başlamalıdır.

Unutulmamalıdır ki burada elde edilen sıralama, karar matrisinin oluşturulması aşamasında kullanılan puanlara göre belirlenmiştir. Bu nedenle bu sıralama işletmelere, alanlara ve verileri elde etme tekniklerine göre değişiklik gösterebilir. Yani karar matrisi, işletmelere, alanlara ve verileri elde etme tekniklerine göre değişeceğinden öncelik sıralaması bu unsurlara göre değişecektir.

Her sistemin işletmelerde uygulanması gibi kalite yönetim sitemlerinden biri olan EFQM mükemmellik modelinin de uygulanması sırasında çeşitli sıkıntılar oluşması muhtemeldir. Bu çalışmada EFQM modelinin dokuz ana kriterinin uygulanması sırasında doğacak riskleri proaktif bir yaklaşımla ve hibrit bir teknik ile nasıl elimine edilebileceği gösterilmiştir. Ayrıca FMEA ve ELECTRE yöntemlerinin EFQM modeline uygulanabilirliği gösterilmiştir.

Uygulamada elde edilen uyum eşik değeri olan 0,570 değeri 0,2 seviyelerine çekilip, uyumsuzluk eşik değeri olan 0,591 değeri sabit tutulduğunda, sıralama;

1>6>3=5>4>8=9>10>7>2

şeklinde olmuştur. Uyum eşik değeri azaltılıp, uyumsuzluk eşik değeri sabit tutulması durumunda, toplam baskınlık matrisinde birçok karar noktası 1 değerini aldığı gözlemlenmiştir. Çünkü eşik değerlerinin düşürülmesi 1 değeri alan uyum

üstünlük matrisi karar noktası sayısını arttırmış, bu durum toplam baskınlık matrisindeki 1 değerine sahip karar noktası sayısını da arttırmıştır, dolayısıyla yüksek değerler alan seçenek sayısının da artmasına neden olmuştur.

Uygulamada elde edilen uyum eşik değeri olan 0,570 değeri sabit tutulup, uyumsuzluk eşik değeri olan 0,591 değeri 0,2 seviyesine çekildiğinde, sıralama;

9>8>10>5>4>1=7>2=3=6

şeklinde olmuştur. Uyumsuzluk eşik değeri azaltılıp, uyum eşik değeri sabit tutulması durumunda, toplam baskınlık matrisindeki 1 değerli karar noktası sayısının arttığı gözlemlenmiştir. Çünkü eşik değerlerinin düşürülmesi 1 değeri alan uyumsuzluk üstünlük matrisi karar noktası sayısını da arttırmıştır, dolayısıyla toplam baskınlık matrisindeki 1 değerine sahip karar noktası sayısı da artmıştır, bu durum yüksek değerler alan seçenek sayısının da artmasına neden olmuştur.

Uygulamada elde edilen uyum eşik değeri olan 0,570 değeri 0,7 seviyelerine çıkarılıp, uyumsuzluk eşik değeri olan 0,591 değeri sabit tutulduğunda, sıralama;

5>1=2=3=4=6=7=8=9=10

şeklinde olmuştur. Uyum eşik değeri arttırılıp, uyumsuzluk eşik değeri sabit tutulması durumunda, toplam baskınlık matrisindeki 0 değerli karar noktası sayısını arttığından sıralamadaki eşitlik sayısının arttığı gözlemlenmiştir. Çünkü uyum ve uyumsuzluk üstünlük matrislerindeki karar noktaları, uyum ve uyumsuzluk matrislerindeki karar noktalarının eşik değerleri ile kıyaslanması sonucu elde edildiğinden, eşik değerinin artması 1 değerine sahip karar noktası sayısının da azalmasına neden olmuştur.

Uygulamada elde edilen uyum eşik değeri olan 0,570 değeri sabit tutulup, uyumsuzluk eşik değeri olan 0,591 değeri 0,7 seviyesine çıkarıldığında, sıralama;

8=9>5=10>4=7>1=2=3=6

şeklinde olmuştur. Uyumsuzluk eşik değeri arttırılıp, uyum eşik değeri sabit tutulması durumunda, toplam baskınlık matrisindeki 0 değerli karar noktası sayısı arttığından sıralamadaki eşitlik sayısının arttığı gözlemlenmiştir. Çünkü uyum ve

uyumsuzluk üstünlük matrislerindeki karar noktaları, uyum ve uyumsuzluk matrislerindeki karar noktalarının eşik değerleri ile kıyaslanması sonucu elde edildiğinden, eşik değerinin artması 1 değerine sahip karar noktası sayısının da azalmasına neden olmuştur.

Kriter ağırlıklarının belirlenmesi sırasında etki kriteri 0,3, sıklık kriteri 0,4 ve tespit edilebilirlik kriteri 0,3 olarak değiştirildiğinde, sıralama;

3>5=6>1>4>2=7=8=9=10

şeklinde olmuştur. Tespit edilebilirlik kriterinin ağırlığı yükseltildiğinde sıralamanın tamamen değiştiği gözlemlenmiştir. Çünkü kriter ağırlıklarının değişmesi, ağırlıklı standart karar matrisi ile uyum ve uyumsuzluk matrislerinin değişmesine neden olmuştur. Tespit edilebilirlik kriterinin yükseltilmesiyle, liderlerin değişime karşı direnç göstermesi ihtimali en önemli risk haline gelmiştir.

Yapılan bu analizlerden de anlaşılacağı üzere ELECTRE yönteminde uyum ve uyumsuzluk eşik değerleri toplam baskınlık matrisinin oluşturulmasında en büyük etmen olduğundan, sıralamanın belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca ELECTRE yönteminde sıralama, 0, 1 ölçütlü toplam baskınlık matrisi ile elde edildiğinden bir birine yakın değerlere sahip risklerin belirlenememesine neden olmaktadır. Bu nedenlerden dolayı bir birine yakın değerlere sahip risklerin olacağı tahmin edilen analizlerde ELECTRE yöntemi yerine farklı bir çok amaçlı karar verme tekniği uygulanması daha net sonuçların elde edilmesini sağlayacaktır.

Öte yandan bu çalışmada uygulanan metot gelecekte yapılacak farklı alanlarda ki çalışmalarda risk analizinde kullanılabilir. Ayrıca bu çalışmada kullanılan veriler diğer çok amaçlı karar verme yöntemleri ile uygulanılarak kıyaslama yapılabilir.

KAYNAKLAR

Akyüz Y., Soba M., ELECTRE Yöntemiyle Tekstil Sektöründe Optimal Kuruluş Yeri Seçimi: Uşak İli Örneği, *Uluslararası Yönetim İktisat Ve İşletme Dergisi*, 2013, **9**(19), 185-198.

Akyüz G., Bulanık VIKOR Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi, *Atatürk Üniversitesi İİBF Dergisi*, 2012, **26**(1), 197-215.

Alhadad A., Çavdar E., Yükseköğretimde EFQM Mükemmellik Modeli, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2019, **44**(1), 193-222.

Alkan Ö., Albayrak Ö., Sürdürülebilir Çerçevede Tedarikçi Değerlendirme Probleminin Çözümünde Sezgisel Bulanık Topsis Yönteminin Kullanılması: Bir Mobilya İşletmesi Örneği, *Kafkas Üniversitesi İİBF Dergisi*, 2020, **21**(11), 1-20.

Almeida D., Brito A. J., Mota A. T., A Multicriteria Model for Risk Sorting of Natural Gas Pipelines Based on ELECTRE TRI Integrating Utility Theory. *European Journal of Operational Research*, 2010, **200(**1), 812–821.

Arıkan M., Gökbek B., Çok Ölçütlü Karar Verme Yaklaşımlarına Dayalı Tedarikçi Seçimi: Elektronik Sektöründe Bir Uygulama, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 2014, **30**(5), 346-354.

Arslan H. M., Uysal H. T., ELECTRE I Yöntemi İle En Uygun Tedarikçinin Belirlenmesi: Ahşap Sektörü Uygulaması, *Düzce Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2017, **7**(1), 44-57.

Balkan D., Endüstri 4.0 Sürecinde ELECTRE Yöntemi İle Enerji Tesis Yer Seçiminin Gerçekleştirilmesi, *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergi*si, 2020, **9**(1), 238-253.

Birgören B., Yalçınkaya M., İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesinde Hata Türleri ve Etkileri Analizinin (FMEA) Kullanımı. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 2019, **11**(1), 41-50.

Børgerokseth I., Jan E. V., Deriving Verification Objectives and Scenarios for Maritime Systems Using The Systems-The Oretic Process Analysis, *Reliability Engineering & System Safety*, 2018, **169**(1), 18-31.

Brouwera S. R., Saad H.S., Al-Jibouria I., Chivatá C., Halman I.M.J., Towards Analysing Risks to Public Safety From Wind Turbines, *Reliability Engineering & Systemsafety*, 2018, **180**(1), 77-87.

Carpitella S., Certa A., Galante G., Izquierdo J., La-Fata C. M., The FTOPSIS Method to Support FMECA Analyses, *22nd ed. in Proceedings of the ISSAT International Conference on Reliability and Quality in Design*, Los Angeles, California, 398- 402, 2016.

Carpitella S., Certa A., Enea M., The ELECTRE I Method to Support The FMECA, *IFAC-Papers On Line*, 2018, **51**(1), 459-464.

Cayrac D., Dubois D., Prade H.H. Uncertainty With Possibility Theory And Fuzzysets in A Satellite Fault Diagnosis Application, *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 1996, **4**(3), 251–269.

Certa A., Enea M., Galante G.M., La-Fata C.M., ELECTRE TRI-Based Approach to the Failure Modes Classification on the Basis of Risk Parameters: An Alternative to the Risk Priority Number, *Computers & Industrial Engineering*, 2017, **108**(1), 100-110.

Chen C.T., Pai P.F., Hung W.Z., An Integrated Methodology Using Linguistic PROMETHEE and Maximum Deviation Method for Third-Party Logistics Suplier Selection, *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 2010, **3**(4), 438-451.

Çabuk Y., Yeşilkaya M., Karayılmazlar S., Türkiye Ahşap İşleme Makineleri Üretim Sektörünün İşletme Yapısının İncelenmesi, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 2016, **18**(1), 72-80.

Denizhan B., Görmez İ., Loss Prevention of Fuel Terminal Operations: A Case Study In Turkey, *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 2018, **23**(2), 413-426.

Dinçer H., Yüksel S., Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Finans Sektöründeki Uygulamasına Yönelik Yapılmış Çalışmaların Analizi, *Ekonomi, İşletme ve Maliye Araştırmaları Dergisi*, 2018, **1**(1), 1-16.

Don J., Fu J., Gwo H.T., Social İnfluence on Theuse of Clinical Decision Support Systems: Revisiting the Unifiedtheory of Acceptance and Use of Technology by the Fuzzy DEMATEL Technique, *Computers & Industrial Engineering*, 2012, **62**(2), 819-828.

Ersoy B., Bozdoğan, T. Kuygusuz, M., CAMELS Değerlendirme Sistemiyle Katılım Bankalarının Finansal Performanslarının TOPSIS Yöntemiyle Analizi, *Journal Of Socialand Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 2018, **5**(30), 4309-4323.

Giuliana F., Anam P., Bryony D.F., Prem C., Mario C., Neville A.S., Nick S., Expanding Health Care Failure Mode and Effect Analysis: A Composite Proactive Risk Analysis Approach, *Reliability Engineering & System Safety*, 2018, **180**(2), 734-741.

Huai W.L., James J.H.L., Chun N.H., Yen C.C., A Novel Failure Mode And Effect Analysis Model for Machine Tool, *Risk Analysis*, 2019, **140**(1), 71-77.

İlçe A.C., Trainee Evaluations And Recruitment Based on Fuzzy AHP: An Application İn Furniture Sector, *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2018, **19**(2), 129-137.

İnan A.T., Yayla A.Y., Ceryan E., Şişman T., Yıldız A., EFQM Esaslı Bir Karar Modeli Kullanılarak Liderlik ve Süreçlerin Temel Performans Sonuçlarına Etkisinin İncelenmesi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2013, **17**(3), 321-327.

Jamal H.E., Saryazdi M.D., Mafaeipour A., Implementing Fuzzy Logicand AHP in to the EFQM Model For Performance Improvement: A Casestudy Applied, *Soft Computing*, 2016, **36**(1), 165-176.

José R.F., Salvatore G., Bernard R., ELECTRE Methods With Interaction Between Criteria: An Extension of the Concordance Index. *European Journal Of Operational Research*, 2009, **199**(1), 478-495.

Kamil M.Z., Berrouane M.T., Khan F., Salim A., Dynamic Domino Effect Risk Assessment Using Petri-Nets, *Process Safety and Environmental Protection*, 2019, **124**(1), 308-316.

Kaya Ş., Sariye A., Hata Türü ve Etkileri Analizi ve Döküm Sektöründe Bir Uygulama, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2019, **2**(1), 76-89.

Kaya Y., Çok Amaçlı Karar Verme Yöntemlerinden TOPSIS ve ELECTRE Yöntemlerinin Karsılaştırılması, *Havacılık Ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü Dergisi*, 2004, **2**(1), 6-11.

Kuru A., Besim A., Entegre Yönetim Sistemlerinde Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinin Kullanımına Yönelik Yaklaşımlar Ve Uygulamaları, *Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2012, **10**(2), 129-144.

Liu, T., Deng Y., Chan F., Evidential Suplier Selection Based on DEMATEL and Game Theary, *International Journal of Data Scienceand Analytics*, 2017, **20**(1), 1321-1333.

Loa H.W., James J.H., Lioub C.H., Chuang Y.C., A Novel Failure Mode and Effect Analysis Model for Machine Tool Risk Analysis, *Reliability Engineering & System Safety*, 2019, **183**(1), 173-183.

Down M., Brozowski L., Younis H., Benedict D., Feghali J., Schubert M., Brender R., Gruska G., Vallance G., Krasich M., Haughey W., Potential Failure Mode And Effect Analysis (Fmea), *4 th ed. Chrysler Llc Ford Motor Company General Motors Corporation*, Germany, 2008.

Mohammad Z.K., Mohammed T.B., Faisal K., Salim A., Dynamic Domino Effect Risk Assessment using Petri-Nets, *International Journal of Data Science and Analytics*, 2019, **24**(1), 1542-1563.

Özdemir A.İ., Seçme N.Y., İki Aşamalı Stratejik Tedarikçi Seçiminin Bulanık TOPSIS Yöntemi İle Analizi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi İİBF Dergisi*, 2009, **11**(2), 79-112.

Ray W., Shu L., Yuan H.L., Ming L.T., Evaluation of Customer Perceptions on Airline Service Quality in Uncertainty Procedia, *Socialand Behavioral Sciences*, 2011, **25**(2), 419-437.

Rodríguez G., Carmen G., Camino S., Gonzáleza M., Esther D., Garcíaa A., Mura M., Norberta S.F., María D.L.M., Pañero T.R., Mestreb A., Herranz A., María S.S., Use of the EFQM Excellence Model to Improve Hospital Pharmacy Performance, *Research in Socialand Administrative Pharmacy*, 2020, **16**(5), 710-716.

Saaty L.T., Fundamentals of Decision Making and Priority Theory With the Analytic Hierarchy Process, *Rws Pulications*, Pittsburgh, 1994.

Saaty L.T., The analytic hierarchy process, *Mcgraw-Hillcomp*, U.S.A., 1980.

Sandbrook M., Using the EFQM Excellence Model As A Frame Work for İmprovement and Change, *Journal Of Change Management*, 2001, **2**(1), 30-83.

Sambulas D., Yiotis G. S., Panou K. D., Use of Multi Criteria Methods Forassesment Of Transportation Projects, *Journal of Transportion Enginering*, 1999, **125**(1), 407-414.

Sander R. B., Saad H.S. A.J., Ibsen C.C., Johannes I.M.H., Towards Analysing Risks to Public Safety From Wind Turbines, *Reliability Engineering & System Safety*, 2018, **180**(3), 110-121.

Santos R., Abreu, A. Calado, J.M.F. Requeijo, J., A Fuzzy Logic Model To Enhance Quality Management on R & D Units, Kne Engineering International Congress on Engineering, *Engineering For Evolution*, 2020, **132**(1) 285–298.

Sarıgül S.S., Oralhan B., EFQM Mükemmellik Modeli ve Mobilya Sektörüne Yönelik Bir Uygulama. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 2016, **31**(16), 93-113.

Seçme N.Y., Özdemir A.İ., Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile Çok Kriterli Stratejik Tedarikçi Seçimi: Türkiye Örneği, *İİBF Dergisi*, 2008, **22**(2), 175-191.

Stauss B., Matthias G., Wolfgang S., Satisfaction Measurement With in The Customer Relationship Life Cycle, *Advances ın Services Innovations*, 2007, **1**(1), 205-220.

Tekez E., Bark N., Mobilya Sektöründe Bulanık TOPSIS Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2016, **20**(1), 55-63.

Tatlı Y., Öztürk E., Okatan B.S., EFQM Mükemmellik Modeli: Doğu Akdeniz Bölgesinde Faaliyet Gösteren İmalat İşletmelerinde Bir Araştırma, *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, 2019, **10**(1), 221-231.

Taş Y., Koç K.H., Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) Tekniğinin Mobilya Endüstrisine Yönelik Uygulaması, *İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi*, 2010, **5**(2), 150-178.

Tatlısu E., Er Ö., Investigating The Relationship Between Furniture and Accessories Manufacturers in New Product Development Processes in Turkish Furniture Industry, *Mugla Journal of Science And Technology*, 2016, **2**(2), 100-109.

Toksarı, M., Analitik Hiyerarşi Prosesi Yaklaşımı Kullanılarak Mobilya Sektörü İçin Ege Bölgesi'nde Hedef Pazarın Belirlenmesi, *Celal Bayar Üniversitesi İİBF Dergisi*, 2007, **14**(1), 171-180.

Trıantaphyllou E., Shu B., Sanchez S. N., Ray T., Multi-Criteria Decision Making: An Operations Research Approach, *Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering*, 1998, **15**(2), 175-186.

Tunca M.Z., Aksoy E., Bülbül H., Ömürbek N., AHP Temelli TOPSIS ve ELECTRE Yöntemiyle Muhasebe Paket Programı Seçimi, *Niğde Üniversitesi İİBF Dergisi*, 2015, **8**(1), 53-71.

Yang Z., John A., Sean R., Magnus K., Maintenance Processes Modelling and Optimisation, *Reliability Engineering & System Safety*, 2017, **168**(3), 150-160.

Yanık L., Eren T., Borsa İstanbul'da İşlem Gören Otomotiv İmalat Sektörü Firmalarının Finansal Performanslarının AHP, TOPSIS, ELECTRE ve VIKOR Yöntemleri İle Analizi, *Yalova Sosyal Bilimler Dergisi*, 2017, **7**(13), 165-188.

Yavuz V.A., Coğrafi Pazar Seçiminde PROMETHEE ve Entropi Yöntemlerine Dayalı Çok Kriterli Bir Analiz: Mobilya Sektöründe Bir Uygulama, *Niğde Üniversitesi İİBF Dergisi*, 2016, **9**(2), 163-177.

Yoon K.P, Hwang C.L., Multiple Attribute Decision Making: An Introduction. Sage University Paperseries on Quantative Applications in The Social Sciences, *Thousand Oaks*, California, 1995.

Yücel M., Ulutaş A., Çok Kriterli Karar Yöntemlerinden ELECTRE Yöntemiyle Malatya'da Bir Kargo Firması İçin Yer Seçimi, *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 2009, **9**(17), 327-344.

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

[1] **Güngör** A., Bir Mobilya İmalathanesinin Yedek Parça İhalesinin Bulanık AHP Destekli ELECTRE I Yöntemiyle Değerlendirilmesi, *Ağaç ve Orman Dergisi*, 2020, **1**(2), 36-44.

ÖZGEÇMİŞ

İlk ve orta öğrenimini Van'da tamamladı. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde 2014'te başladığı lisans öğrenimini, 2018'de tamamladı. Kocaeli Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında 2018'de başladığı yüksek lisans öğrenimine devam etmektedir.