

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MESLEKİ RİSKLERİN ANALİZİ İÇİN NÖTROSOİK KÜME
TABANLI KARAR DESTEK SİSTEMİ ÖNERİSİ

Merve KARAMUSTAFA

DOKTORA TEZİ

Endüstri Mühendisliğı Anabilim Dalı
İş Güvenliğı ve İşçi Sağliğı Programı

Danışman
Prof. Dr. Selçuk ÇEBİ

Şubat, 2022

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**Mesleki Risklerin Analizi İçin Nötrosofik Küme Tabanlı Karar
Destek Sistemi Önerisi**

Merve KARAMUSTAFA tarafından hazırlanan tez çalışması 10.02.2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İş Güvenliği ve İşçi Sağlığı Programı **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Selçuk ÇEBİ
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Selçuk ÇEBİ, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Başar ÖZTAYŞI, Üye
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Selçuk ALP, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Ali Fuat GÜNERİ, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Tahsin Ayhan KEPEKLİ, Üye
İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi

Danışmanım Prof. Dr. Selçuk ÇEBİ sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Mesleki Risklerin Analizi İçin Nötrosofik Küme Tabanlı Karar Destek Sistemi Önerisi başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Merve KARAMUSTAFA

İmza

TEŞEKKÜR

Tez konumun belirlenmesinde, içeriğinin oluşturulmasında ve çalışmalarımın her aşamasında bilgi birikimi ve desteğini hiç esirgemeyerek liderlik eden, yol gösterici, yapıcı eleştiriler sunan, doktora öğrencisi olmak onur duyduğum çok değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Selçuk ÇEBİ'ye sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Tez çalışmam boyunca ilgi ve önerilerini göstermekten kaçınmayan ve tezimin beşinci bölümünde yer alan dinamik risk değerlendirmesi aşamasında, excel visual basic programlama dili ile uygulama örneği oluşturma sırasındaki yardımlarıyla tezimin şekillenmesinde önemli katkıları bulunan saygıdeğer hocam Doç Dr. Selçuk ALP'e teşekkür ederim.

Tez izleme jürimde yer alarak yönlendirmeleri ile çalışmalarına destek olan hocam Prof. Dr. Başar ÖZTAYŞI'ye, tez savunma jürimde yer alarak tezimin son haline gelmesine katkılar sunan Prof. Dr. Ali Fuat GÜNERİ ve Dr. Öğr. Üyesi Tahsin Aykan KEPEKLİ' ye ayrı ayrı teşekkür ederim.

Tezimin altıncı bölümü olan uygulama aşamasında değerli görüşlerini paylaşan Doç. Dr. Tolga MERT'e; çalışmamda uzman görüşlerini aldığım iş güvenliği uzmanı arkadaşlarım Hüsnügül YÜKSEK, Sevil AKYAZILI EROL ve zamanlarını ayıran değerli meslektaşlarıma katkılarından ötürü teşekkürlerimi bildirmek isterim.

Yıldız Teknik Üniversitesi'ndeki tüm mesai arkadaşlarıma, özellikle Ceylan Merve BİNİCİ'ye ve koordinatör yardımcım değerli Süleyman KAYGAZ'a tezim sırasındaki destekleri için teşekkür etmek isterim.

Son olarak, koşulsuz sevgileri ile beni cesaretlendiren sevgili anne ve babama, bu süreçte bana inanan ve yanımda olan herkese şükranlarımı sunarım.

Merve KARAMUSTAFA

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ	vii
KISALTMA LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
TABLO LİSTESİ	x
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiv
1 GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti.....	3
1.2 Tezin Amacı	18
1.3 Orijinal Katkı.....	19
2 İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİNDE RİSK YÖNETİMİ	20
2.1 Matris.....	24
2.2 FMEA	25
2.3 Fine Kinney	26
2.4 SCEA.....	27
3 METODOLOJİ	29
3.1 Nötrosofik Küme Teorisi ve Gelişimi	29
3.1.1 Nötrosofik Kümelerde İşlemler	33
3.1.2 Skor Fonsiyonu Formülü	36
3.2 Bulanık Çıkarım Sistemleri.....	38
3.3 Karar Destek Sistemleri.....	39
4 ÖNERİLEN YÖNTEM VE AŞAMALARI	42
4.1 Risk Tanımlama	44
4.2 Risk Analizi	44
4.3 Risk Tespiti	52
4.4 İzleme ve Gözden Geçirme.....	53
4.5 Belgelendirme ve Sürekli İyileştirme	54
5 NÖTROSOFİK KÜME TABANLI KARAR DESTEK SİSTEMİ	55
5.1 Statik Risk Değerlendirme.....	56
5.2 Dinamik Risk Değerlendirme.....	58
6 UYGULAMA	60

6.1	Demir ve Ağaç İşleri Atölyeleri için Uygulama Örneği	61
6.1.1	Önerilen yöntemin klasik SCEA ile karşılaştırılması	68
6.1.2	Önerilen yöntemin iki skor fonksiyonuna göre hesaplanan risk büyüklüklerinin karşılaştırılması	69
6.2	Kaynak Labotaruvarı için Uygulama Örneği	70
6.2.1	Önerilen yöntemin klasik SCEA ile karşılaştırılması	77
6.2.2	Şiddet parametresini değerlendirmede kullanılan yaklaşımların kiyaslanması	78
7	SONUÇ VE ÖNERİLER	81
7.1	Önerilen Yöntemin İSG Uygulamalarına Sağlayacağı Katkılar	83
7.2	Çalışmanın Sınırlılıkları	84
7.3	Gelecek Çalışma Önerileri	84
	KAYNAKÇA	86
	A KARAR DESTEK SİSTEMİ KODLARI	93
	B ATÖLYELER İÇİN EK TABLOLAR	109
	C KAYNAK LABORATUVARI İÇİN EK TABLOLAR	141
	TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR	156

SİMGELİSTESİ

$I_A(x)$	Belirsizlik Üyelik Fonksiyonu
$T_A(x)$	Doğruluk Üyelik Fonksiyonu
$S(RM)$	Skor Fonksiyonu
$\pi_A(x)$	Tereddütlük Derecesi
$\mu_A(x)$	Üye Olma Derecesi
$\nu_A(x)$	Üye Olmama Derecesi
$F_A(x)$	Yanlışlık üyelik fonksiyonu



KISALTMA LİSTESİ

ARS	Azami Risk Skoru
D	Tespit Edilebilirlik (Detectability)
DMRA	Karar Matrisi
F	Sıklık (Frequency)
FIS	Bulanık Çıkarım Sistemi
FMEA	Hata Türleri ve Etkileri Analizi
İSG	İş Sağlığı ve Güvenliği
KDS	Karar Destek Sistemi
MAX	Maksimum Değer
MGO	Makine Güvenirlik Oranı
MIN	Minimum Değer
MRS	Hesaplanan Risk Skoru
NS	Nötrosofik Set
P	Olasılık (Probability)
RM	Risk Büyüklüğü
S	Şiddet (Severity)
SCEA	Güvenlik ve Kritik Etki Analizi (Safety and Critical Effect Analysis)

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Risk analizi teknikleri.....	23
Şekil 3.1 Bulanık çıkarım sistemi şekilsel gösterimi	39
Şekil 3.2 Karar destek sistemi şematik gösterimi.....	40
Şekil 4.1 Önerilen yaklaşımın aşamaları	41
Şekil 4.2 SCEA parametreleri için üyelik dereceleri	49
Şekil 4.3 Önerilen yöntem için mamdani çıkarım sistemi.....	50
Şekil 4.4 Risk büyüklükleri için üyelik dereceleri.....	52
Şekil 5.1 Dinamik – Statik risk değerlendirmesi akış şeması	56
Şekil 5.2 Dinamik risk değerlendirmesi akış şeması	59
Şekil 6.1 Gönyenin MC8'in doğruluk değerinin üyelik derecesinin hesaplanması	66

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1 Literatür taraması özet tablosu	15
Tablo 1.1 Literatür taraması özet tablosu- devamı	16
Tablo 1.1 Literatür taraması özet tablosu- devamı	17
Tablo 2.1 Matris risk değerlendirmesi olasılık değeri açıklama tablosu	24
Tablo 2.2 Matris risk değerlendirmesi şiddet değeri açıklama tablosu	24
Tablo 2.3 FMEA olasılık parametresi için dilsel değişkenler	25
Tablo 2.4 FMEA şiddet parametresi için dilsel değişkenler	25
Tablo 2.5 FMEA tespit edilebilirlik parametresi için dilsel değişkenler	26
Tablo 2.6 Fine Kinney parametreleri için dilsel değişkenler	27
Tablo 2.7 SCEA parametreleri için dilsel değişkenler	27
Tablo 3.1 Klasik SCEA risk skoru ile önerilen yöntemin risk büyüklüğü karşılaştırılması	37
Tablo 4.1 Dilsel değişkenler	46
Tablo 4.2 Doğruluk ve yanlışlık değerlerinin ölçülmesi	47
Tablo 4.3 Belirsizlik (I) değeri ölçülmesi	48
Tablo 4.4 Belirsizlik parametresi için dilsel değerin verilmesi	48
Tablo 4.5 SCEA kural tabanı	51
Tablo 5.1 Toz altı kaynak makinesi için oluşturulan kontrol listesi örneği	57
Tablo 5.2 MGO sonucunun yorumlanması	58
Tablo 6.1 Atölyeler için belirlenen tehlike kaynakları	62
Tablo 6.2 Atölyeler için belirlenen riskler	62
Tablo 6.3 Atölyedeki tehlike kaynakları için tanımlanan kontrol noktaları	63
Tablo 6.3 Atölyedeki tehlike kaynakları için tanımlanan kontrol noktaları- devamı	63
Tablo 6.4 Kaynak laboratuvarı için belirlenen riskler ve kontrol noktaları	71
Tablo 6.5 Kaynak laboratuvarı için dilsel değişkenler	73
Tablo 6.5 Kaynak laboratuvarı için dilsel değişkenler-devamı	74
Tablo 6.6 Elektrik ark kaynağına ait E9 kontrol noktasının olasılık hesabı	75
Tablo 6.7 Gazaltı kaynağı G10 kontrol noktası risk büyüklüğü	75
Tablo 6.8 S2 kontrol noktası için dilsel değişkenler	78
Tablo 6.9 G2 kontrol noktası için dilsel değişkenler	78

Tablo 6.10 Gazaltı ark kaynağı için şiddetin birinci yaklaşımı kullanılarak tanımlanan dilsel değerler	79
Tablo 6.11 Gazaltı ark kaynağı için şiddet yaklaşımlarına göre hesaplanan risk büyüklükleri.....	80
Tablo B.1 Atölyeler için tanımlanan dilsel değişkenler.....	110
Tablo B.2 Şiddet parametresinin üyelik dereceleri.....	115
Tablo B.3 Olasılık parametresinin üyelik dereceleri	119
Tablo B.4 Tespit edilebilirlik parametresinin üyelik dereceleri.....	123
Tablo B.5 Sıklık parametresinin üyelik dereceleri	127
Tablo B.6 (3.29) eşitliğindeki skor fonksiyonu formülüne göre hesaplanan risk büyüklükleri	131
Tablo B.7 Hesaplanan risk büyüklüklerinin karşılaştırılması	136
Tablo C.1 Olasılık parametresinin üyelik dereceleri.....	142
Tablo C.2 Şiddet parametresinin üyelik dereceleri.....	145
Tablo C.3 Tespit edilebilirlik parametresinin üyelik dereceleri.....	147
Tablo C.4 Sıklık parametresinin üyelik dereceleri	150
Tablo C.5 Önerilen yönteme göre hesaplanan risk büyüklükleri	152
Tablo C.6 Hesaplanan risk büyüklüklerinin karşılaştırılması	155

Mesleki Risklerin Analizi İçin Nötrosofik Küme Tabanlı Karar Destek Sistemi Önerisi

Merve KARAMUSTAFA

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Danışman: Prof. Dr. Selçuk ÇEBİ

Mesleki risklerin analizi uzmanların öznel yargılarına ve uzmanlık derecelerine bağlı olarak gerçekleşir ve öznel yargılar belirsizlik içerir. Bu nedenle literatürde uzman değerlendirmelerindeki belirsizlikleri ele almak için bulanık mantık temelli çeşitli risk analiz tekniklerinin uygulandığı çalışmalar mevcuttur. Son dönemlerde literature önerilen bu yöntemlerden biri de güvenlik ve kritik etki analizidir (SCEA). Yöntem olasılık, şiddet, tespit edilebilirlik ve sıklık parametrelerini birlikte ele alarak dört parametreye dayalı risk büyüklüğünü hesaplar. Risk değerlendirmesinde genel olarak en olası duruma göre karar verilmektedir. Oysa olası durumlardan ziyade nadiren gerçekleşen sonuçlar da mevcuttu ve bu da risk değerlendirmesinde kararsızlık yaratmaktadır. Bununla birlikte herhangi bir riske karşı uygulanan önlemin etkinlik derecesi de risk değerlendirmesinde karşılaşılan bir diğer kararsızlık unsurudur. Bu nedenle bu tez kapsamında, risk değerlendirme sürecindeki tutarsızlıkları, öznellikleri ve kararsızlıkları ele almak için nötrosofik küme tabanlı SCEA literatüre ilk kez önerilmektedir. Önerilen modelde, SCEA yönteminde kullanılan parametrelerinin tanımlanmasında nötrosofik küme tanımında kullanılan doğruluk (T), kararsızlık (I) ve yanlışlık (F) parametrelerine

ait üyelik dereceleri kullanılarak bir riske ilişkin uzman değerlendirmesinin farklı boyutları ve risk değerlendirmesine yönelik kararsızlıklar dikkate alınmaktadır. Çalışma kapsamında literatürdeki uygulamaların aksine kararsızlık parametreleri doğruluk ve yanlış parametrelerine bağlı olarak hesaplanmaktadır. Doğruluk ve yanlışlık parametrelerine farklı bir bakış açısı getirerek iş sağlığı güvenliği uygulamalarında olası tüm durumları değerlendirebilmek amacıyla çalışmada kullanılmıştır. Ayrıca risk büyüklüğünün tanımlanmasında nütrosifik kümeler için yeni bir skor fonksiyonu önerilmiştir. Çalışma kapsamında önerilen risk değerlendirme modeli dinamik ve statik olmak üzere iki aşamada değerlendirilmiş ve karar destek sistemi modellenmiştir. Çalışmada geliştirilen risk değerlendirme yöntemi örneklendirmek amacıyla üniversitenin demir ve ağaç işleri atölyeleri ile kaynak laboratuvarında uygulama yapılmıştır. Uygulamadan elde edilen sonuçlar yöntemin mevcut yöntemlere göre risk değerlendirmedeki kararsızlıkları ve öznelliğe bağlı belirsizlikleri dikkate almadaki başarısı gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Risk analizi, nütrosifik küme teorisi, SCEA, bulanık çıkarım sistemi

Neutrosific Set Based Decision Support System Proposal for the Analysis of Occupational Risks

Merve KARAMUSTAFA

Department of Industrial Engineering

Doctor of Philosophy Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Selçuk ÇEBİ

Analysis of occupational risks depends on the subjective judgments and expertise of occupational health and safety specialists and subjective judgments involve uncertainty. For this reason, in the literature, there are many risk assessment methods that are developed and used to evaluate occupational risks to consider uncertainties in the expert judgments. One of these methods recently proposed to the literature is safety and critical impact analysis (SCEA). The method calculates the risk magnitude based on four parameters by considering the probability, severity, detectability and frequency parameters, simultaneously. In risk assessment process, the decision is generally made according to the most possible situation. However, rare outcomes rather than possible situations create uncertainty in the risk assessment, too. In addition, the degree of effectiveness of the measure applied against any risk is another element of uncertainty encountered in risk assessment. Therefore, in this thesis, a neutrosophic set-based SCEA method is proposed for the first time in the literature to address inconsistencies, subjectivities and uncertainties in the risk assessment process. In the proposed model, different dimensions of the expert assessment of risk and uncertainties regarding the risk assessment are taken into account by using the

membership degrees of truth (T), indeterminacy (I), and falsity (F) parameters used in neutrosophic sets. Contrary to the applications in the literature, indeterminacy parameters are calculated depending on the truth and falsity parameters within the scope of the study. It was used to evaluate all possible situations in occupational health and safety practices by providing a different perspective to the parameters of truth and falsity. In addition, a new score function has been proposed for neutrosophic sets to define the risk magnitude. The risk assessment model proposed within the scope of the study was evaluated in two stages, dynamic and static, and the decision support system was modeled. In the study, in order to illustrate the proposed risk assessment method, the method was applied to the iron and woodwork workshops and the welding laboratory of the university. The results show that the proposed method considers the uncertainties and subjectivities in risk assessment better than the existing methods.

Keywords: Risk analysis, neutrosophic set theory, SCEA, fuzzy inference system.

Türkiye’de 30.06.2012 tarihinde 28339 sayılı resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu’na göre “İşyerinde veya işin yürütümü nedeniyle meydana gelen, ölüme sebebiyet veren veya vücut bütünlüğünü ruhen ya da bedenlen engelli hâle getiren olay” iş kazası olarak tanımlanmaktadır. İş kazalarından kurtulmak ise tehlike ve riskleri doğru belirlemek ve doğru bir risk yönetimi süreci uygulamak ile mümkündür. Bu süreç dört ana alt süreci içerir; (i) çalışma ortamındaki olası tehlikelerin belirlenmesi, (ii) risk değerlendirmesinin yapılması, (iii) kontrol önlemlerinin uygulanması (önleme ve koruma önlemleri) ve (iv) tüm sürecin izlenmesi ve gözden geçirilmesi. Ayrıca, sürecin her adımı için dokümantasyon da gereklidir. Diğer bir deyişle, tehlikelerin belirlenmesi ile risk yönetimi sürecinin bir döngüsü başlatılır; dokümantasyon ve gözden geçirme adımları ile tamamlanır. Risk yönetiminin temel katkısı, zarara neden olabilecek olası olay veya durumların önceden belirlenip ortadan kaldırılmasıdır. Ancak ve ancak risk yönetimi sürecinin tüm adımları doğru ve etkin bir şekilde uygulanırsa, belirsizlikler ortadan kalkar ve gelecekteki istenmeyen olayların ve durumların oluşma olasılığının önüne geçilmiş olur.

Risk yönetimi sürecinde, risk büyüklüğünü belirlemek, en kritik faaliyettir. Çalışma ortamında yer alan ya da dışarıdan gelebilecek tehlikelerin tanımlanması, tanımlanan tehlikelerin riske dönüşmesine yol açabilecek olayların belirlenmesi ve kontrol önlemlerine karar verilmesi amacıyla risk değerlendirmesi yapılır. Bu amaçla literatüre önerilmiş çeşitli yaklaşımlar mevcuttur. Söz konusu yaklaşımlar incelendiğinde, yöntemlerin uzman yargılarına dayandığı görülmektedir. Ayrıca en sık kullanılan risk değerlendirme yaklaşımı ise riskin gerçekleşme olasılığı ile etkisinin skaler çarpımı ile risk büyüklüğü hesaplayan matris yöntemidir. Risk büyüklüğünü skaler çarpımla hesaplayan tekniklerde çalışmaların başarısının risk değerlendirme ekibinde görev alan ekip üyelerinin deneyimleriyle doğru orantılı olmaktadır. Örneğin, bir kaza, çok düşük yaralanmadan ölümcül kazalara veya çevresel felaketlere kadar farklı bir şekilde sonuçlanmış olabilir. Herhangi bir

kazanın sonuçlarındaki bu potansiyel farklılıklar, uzman tercihlerine dayalı olarak riskin şiddet değerlendirmesinde tutarsızlıklar göstermektedir. Bir makinenin kullanım sıklığı, çalışma periyodunda yapılan işlere göre farklılık gösterebilirken; bir riskin tespit edilebilirliği, makinenin rutin çalışma süresi ile bakım süresi arasında farklılık gösterir. Ayrıca, ilgili kontrol önlemleri alınsa bile bir kazanın gerçekleşme olasılığı ve şiddeti en aza indirilemeyebilir veya ortadan kaldırılamayabilir. Risk büyüklüğü, değerlendirmelerdeki belirsizlikler nedeniyle uzman değerlendirmesine bağlı olarak değişebilir ve bu durum risk değerlendirme sürecinde tutarsızlık ve öznellik yaratır. Risk büyüklüğünü daha doğru belirlemek için bu değişkenliği dikkate almak önemlidir. Literatürde risk değerlendirme yöntemleri ile entegre bir biçimde çok kriterli karar verme tekniklerinin sıklıkla kullanılmaya başlandığı görülmekle birlikte, bu zorluklarla aynı anda baş edebilecek herhangi bir risk değerlendirme yöntemi bulunmamaktadır. Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA) ve Fine Kinney (FK) risk değerlendirme yöntemleri, risk büyüklüğünü üç parametreye göre tanımlar. FMEA yönteminde, risk büyüklüğü olasılık, şiddet ve tespit edilebilirlik parametrelerine göre hesaplanırken, FK yöntemi olasılık, şiddet ve sıklık parametrelerini kullanır. Hem tespit edilebilirlik hem de sıklık, risk büyüklüğünün belirlenmesinde önemli bir rol oynar. Tespit edilebilirlik, bir arızanın tahmin edilmesinin kolay olduğu durumlarla ilişkili risk büyüklüğünü azaltırken; sıklık, olumsuz bir durumun meydana gelme olasılığını artırdığı için risk büyüklüğünü artırır. Karaşan ve diğerleri (2018), FK ve FMEA parametrelerinden oluşan yeni bir risk değerlendirme yöntemi Güvenlik ve Kritik Etki Analizi (SCEA) önermiştir (Karaşan vd. 2018). Bu nedenle, bu çalışmada, risk değerlendirme sürecindeki tutarsızlıkları ve öznellikleri dikkate almak için SCEA yöntemi nütrosifik kümeler (NS) genişletilmektedir. SCEA, risk büyüklüğünü hesaplamak için en yüksek parametre sayısına sahipken, NS'ler, doğruluk (T), belirsizlik (I) ve yanlışlık (F) üyelik derecelerini kullanarak bir olay üzerinde uzman değerlendirmesinin farklı boyutlarını dikkate almaktadır. Önerilen bu çalışma kapsamında, risk büyüklüğünü elde ederken, SCEA yöntemindeki 4 parametre nütrosifik kümeler kullanılarak 3 boyutlu olarak tanımlanmaktadır.

Önerilen yeni risk analizi ve değerlendirme yaklaşımı bir üniversitenin farklı bölümlerindeki riskler için uygulanmakta ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmaktadır. Çalışmanın ilk bölümünde literatüre geniş anlamda yer verilmiş ve incelenen çalışmalar ile ilgili özet tablo oluşturulmuş, tezin amacı ve orijinal katkısı ile ilgili açıklayıcı bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde iş sağlığı ve güvenliğinde risk yönetim süreci anlatılmış, incelenen risk değerlendirme yöntemleri matris, FMEA, Fine Kinney ve geliştirilen risk değerlendirme yönteminde kullanılan SCEA'dan bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde metodolojiden bahsedilmiştir. Bu bölümde geliştirilen yöntem için yararlanılan nütrosifik küme teorisi, nütrosifik kümelerde kullanılan matematiksel işlemler, bulanık çıkarım sistemleri ve karar destek sistemleri anlatılmıştır. Dördüncü bölümde, geliştirilen yöntem beş aşamada anlatılmıştır. Beşinci bölümde, nütrosifik küme tabanlı karar destek sisteminin geliştirilmesi aşamaları dinamik ve statik risk değerlendirmesi olarak ikiye ayrılarak incelenmiştir. Altıncı bölümde, çalışmaya konu olan uygulama sahası hakkında bilgi verilerek, tezin temel katkı alanı olan ve risk analizi temelini oluşturan yöntem, bir üniversitenin ağaç ve demir işleri atölyesi ile kaynak laboratuvarına uygulanmıştır. Geliştirilmiş olan risk analizi modelinin klasik SCEA ile karşılaştırılmasına da bu bölümde yer verilmiştir. Son olarak yedinci bölümde çalışmadan elde edilen sonuçlar tartışılmış, çalışmanın katkıları ve sınırlılıkları anlatılmış, gelecek çalışma önerilerinden bahsedilmiştir.

1.1 Literatür Özeti

Literatürde, iş sağlığı ve güvenliği (İSG) açısından mevcut durumu analiz etmek için birçok nicel ve nitel risk değerlendirme yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemlerin amacı aynı olsa da, riski analiz etmek için farklı parametreler kullanırlar. Literatür taramasına göre en yaygın kullanılan risk değerlendirme metodolojileri L tipi Matris, Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA) ve Fine Kinney yöntemleridir (Marhavalas vd. 2011). Bu yöntemlerin uygulama alanı olarak inşaat ve üretim sektörleri yaygın olarak ele alınmış olup; araştırmacılar genel olarak iyi bilinen risk değerlendirme yöntemlerini diğer araçlarla entegre ederek uygulamalardaki belirsizlikleri gidermek için bulanık mantığa dayalı yeni yaklaşımlar önermiştir. Bu bölümde, uygulamada kullanılan en yaygın risk

değerlendirme yöntemleri ile ilgili literatürde yapılan çalışmalardan bahsedilerek, çalışmaların ve yöntemlerin eksiklikleri tartışılmaktadır.

Matris tipi risk değerlendirme yöntemi endüstride yaygın olarak kullanılan yöntemlerden birisi olarak bilinir. Bu yöntem, risklerin olasılık ve şiddet parametresinin eşit önem derecesinde skaler olarak çarpımı ve sınıflandırılmasından oluşur. Literatürdeki bazı çalışmalarda aşağıdaki sebeplerle matris yöntemi eleştirilmektedir (Acuner ve Çebi, 2016; Çebi vd. 2017);

- i. Olasılık ve şiddetin eşit önem derecesine sahip olması,
- ii. Karar vericilerin risk değerlendirme prosedüründeki öznelliği,
- iii. Matris çözünürlüğünün hiyerarşik kritiklik sıralaması için yeterli olmaması.

Bu nedenle, matris yönteminin etkinliğini artırmak ve yöntemin eksikliklerini iyileştirmek için bu yönteme farklı teknikler entegre eden yeni yaklaşımlar önerilmiştir. Gül vd. (2019), pisagor bulanık kümeleri, L-matris yöntemi ve VIKOR'u kullanan yeni bir risk değerlendirme yaklaşımı PFVIKOR (Pisagor bulanık VIKOR) önermiş ve bir yeraltı bakır ve çinko madeninde bir vaka çalışması gerçekleştirmiştir. Koulinas vd. (2019) çalışma ortamındaki riskleri önceliklendirmek için Bulanık Genişletilmiş Analitik Hiyerarşi Süreci'ni (FEAHP) kullanmış ve karar vericinin görüşüne yanıt veren FEAHP, Orantılı Risk Değerlendirme Tekniği (PRAT) ile geliştirmiştir. Erdal (2018) risk değerlendirmelerinin çeşitlendirilmesinin risk etkisini azaltacağı görüşüyle yaptığı çalışmada, bir kamu kurumunun araçlarının bakım ve onarımı sırasında riskli durumların önceliklendirilmesi amacıyla DEMATEL (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) ve ARAS (Additive Ratio Assessment) yöntemlerini entegre eden yeni bir risk modeli önermiştir. Tepe ve Kaya (2019), bulanık ortamdaki risk değerlendirme sürecini ele almak için yeni bir karma risk değerlendirme yaklaşımı önermiş ve asfalt sektörüne uygulamıştır. Önerilen metodoloji, kosinüs benzerliğine sahip Pisagor Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (PFAHP) ve Nötrosifik Analitik Hiyerarşi Süreci (NFAHP) yöntemlerini içermektedir. Çalışma alanının fazla belirsizlik içerdiği durumlarda karar vericinin objektif değerlendirme yapabilmesi adına PBAHS ve NAHS yöntemleri tercih

edilmiş; her iki yöntemle çözüm yapılarak çift taraflı kontrol sağlanması amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan kosinüs benzerliği kullanıcıların ikili karşılaştırmalarda objektif bir skora yapmasını sağlamış, tutarlılığı arttırmıştır. Bu çalışmada önerilen metodolojinin başka alanlarda da kullanılabileceği çalışmanın sonuç bölümünde yazılmıştır. Can ve Toktaş (2018) çalışmasında bulanık DEMATEL ve bulanık MABAC (fuzzy multi-attributive border approximation area comparison) birleştiren ve üç aşamadan oluşan bulanık risk matrisi önermiştir. İlk aşamada bulanık DEMATEL ile risk faktörlerinin önem ağırlıkları, ikinci aşamada, bulanık risk matrisi kullanılarak risk dereceleri hesaplanmıştır. Üçüncü aşamada, düzeltici önleyici faaliyetler bulanık MABAC'a göre sıralanarak lojistik merkezinde uygulaması gerçekleştirilmiştir. Sunaryo ve Hamka (2017), limanlardaki iş kazalarını kontrol etmek için Tehlike Tanımlama ve Risk Değerlendirme (HIRA) ve Hata Ağacı Analizi (FTA) yöntemlerini içeren yeni bir yaklaşım önermiştir. HIRA, tehlikeleri tanımlamak için kullanılırken, bu tehlikelerin temel nedenlerini araştırmak için FTA kullanılmıştır. Gül ve Güneri (2016) bir alüminyum endüstrisinde yaptığı çalışmada, olasılık ve şiddet parametrelerini Bulanık AHP kullanılarak ağırlıklandırmış; daha sonra ortaya çıkan 23 değişik tehlike grubunun öncelik sırası Bulanık TOPSIS kullanılarak belirlemiştir. Mahdevari vd. (2014), madencilik sektöründeki riskleri incelemiştir. Risk büyüklüğü, klasik risk değerlendirmesinde kullanılan olasılık ve şiddet faktörleri ile elde edilmiştir. Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak riskler şiddetine göre gruplandırılmıştır. Kang vd. (2014), petrol depolama tankı bölgeleri için Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), bulanık kapsamlı risk değerlendirme ve risk matrisini birleştiren yeni bir risk değerlendirme yöntemi önermiştir. FTA kullanılarak, kontrol edilebilir tehlikelerin ortaya çıkmasına neden olabilecek risk faktörleri belirlenmiş, her bir faktörün ağırlığını belirlemek için AHP uygulanmıştır. Khaleghi vd. (2013) tarafından bir doğal gaz taşıma sistemi için önceki kaza deneyimlerine dayalı olarak olası kazaların risk değerlendirmesi yapılmıştır. Daha sonra ilgili probleme ayrı ayrı bulanık risk matrisi yöntemi ve Olay Ağacı Analizi (ETA) yöntemi uygulanmış ve sonuç klasik yöntemlerin sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Haggag ve Barakat (2013), risk değerlendirme sürecinin her aşamasında belirsizliklerle ilgilenen risk değerlendirme sürecini

iyileştirmek için Mamdani yöntemini içeren bulanık bir model önermiştir. Araştırmada uygulama için MATLAB simülasyon aracı kullanılmıştır.

Literatür taramasına göre matris yönteminden sonra mesleki risklerin değerlendirilmesinde literatürde yaygın olarak kullanılan tekniklerden biri Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) yöntemidir. 1950'lerin sonu literatüre önerilen ve literatüre önerildiği günden beri üzerine sayısız çalışmalar yapılan FMEA, etkin risk değerlendirme tekniklerinden biridir. FMEA genel olarak, risk değerlendirmesinde olasılık, şiddet ve tespit edilebilirlik parametrelerini kullanır ve bu parametrelerin çarpımıyla birlikte risk büyüklüğünü temsil eden risk öncelik katsayısını (RPN) kullanır. Literatür araştırmalarına bakıldığında FMEA aşağıdaki yönlerden eleştirilmektedir:

- i. RPN değerinin belirlenmesinde skaler çarpımı kullanıyor olması sebebiyle skaler çarpımla risk büyüklüğünü üreten tüm tekniklerde olduğu gibi, risk derecelerine ait dağılımlarda tutarsız bir değişkenlik göstermesi (Pluess vd. 2013),
- ii. Risk öncelik sayısının (RPN) belirlenmesinde kriterlerin eşit ağırlıklandırılması,
- iii. Yalnızca uzman yargılarına bağlı olarak risk büyüklüğünü hesaplaması nedeniyle değerlendirme sürecinde öznellik ve belirsizlik içermesi (Bowles, 1998; Özfirat M.P., 2014).

Uzman görüşlerinin farklı olduğu durumda, bu düşüncelerin ortak bir paydada birleştirilerek sayısallaştırılması için bulanık küme teorisinden yaygınlıkla faydalanılmaktadır (Şenol ve Yılmaz, 2017). Ayrıca risk büyüklükleri hesaplanırken belirsizlik ve öznellikten kurtulmak için bulanık küme teorisinden faydalanılması literatürde önerilmektedir (Acuner ve Çebi, 2016; Karaşan vd. 2018; İlbarhar vd. 2018). Bu amaçla Yücesan ve Gül (2021), nütrosifik analitik hiyerarşi sürecine (NAHP) dayanan yeni bir FMEA modeli önerilmiştir. Bu çalışmada AHP, FMEA'daki risk parametrelerine önem ağırlıkları atamak için nütrosifik kümelerle birleştirilmiştir. Karşılaşılan hata modları nütrosifik AHP kullanılarak önceliklendirilmiştir. Çalışma tekstil sektörüne uygulanmış, duyarlılık ve karşılaştırma analizleri yapılmıştır. FMEA'nın her bir parametresinin ağırlığını

belirleme esnekliğinin gerçek karar verme problemlerine daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Zhu vd. (2020) çalışmasında dilsel nôtrosifik sayılar, pişmanlık teorisi ve PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) yöntemi kullanılarak hibrit bir FMEA modeli önermiştir. Bu modelde, her bir risk kriterindeki başarısızlık modlarının değerlendirme bilgilerini ifade etmek için dilsel nôtrosifik sayılar kullanılmıştır. Sunulan model, karar vericilerin psikolojik davranışlarını dikkate almak ve başarısızlık modunun sıralamasını elde etmek için pişmanlık teorisini ve PROMETHEE yöntemini bütünleştirmiştir. Fattahi vd. (2020), hata modlarının ağırlıklarını, risk faktörlerinin ağırlıklarını ve karar vericilerin öncelik ağırlıklarını aynı anda dikkate alan bir FMEA yöntemi önermiştir. Önerilen modelde sırasıyla bulanık AHP ve bulanık ağırlıklı MULTIMOORA yöntemleri ile hesaplanan karar vericilerin öncelik ağırlıkları dikkate alınmıştır. Rezaee (2020) çalışmasında dilsel ifadelerdeki belirsizliği ortadan kaldırmak ve karmaşık verileri anlamlı çıktılara dönüştürmek amaçlarıyla klasik FMEA parametrelerine Bulanık Veri Zarflama yöntemini entegre ederek yeni bir risk analiz yöntemi önermiştir. Dabbagh ve Yousefi (2019), FMEA, FCM (Fuzzy Cognitive Map) ve MOORA (Oran Analizi ve Referans Noktası Yaklaşımı) yöntemlerini entegre etmiştir. Kriterlerin FCM aracılığıyla nedensel ilişkilerine göre ağırlıkları belirlenmiş; MOORA ile risk önceliklendirmesi yapılmıştır. Fattahi ve Khalilzadeh (2018), FMEA için yeni bir bulanık hibrit model önermiştir. Yöntemde her başarısızlık için risk öncelikleri yerine bulanık ağırlıklı risk öncelikleri dikkate alınmıştır. Fuzzy AHP ve fuzzy MULTIMOORA yöntemleri ile faktörlerin ağırlıkları ve başarısızlık modlarının ağırlıkları hesaplanmıştır. Wang ve diğerleri (2018a), FMEA yöntemine entegre olacak, karar vericinin psikolojik davranışını ve risk faktörleri arasındaki etkileşim ilişkilerini aynı anda değerlendirecek Choquet integrali ve entropi ağırlıklandırma yöntemine dayalı bir risk değerlendirmesi önermişlerdir. Huang ve diğerleri (2017), bu çalışmada FMEA'daki risk öncelik sayısı hesabındaki eksiklikleri düzeltmek için değiştirilmiş bir TODIM (İnteraktif ve Çok Ölçütlü Karar Verme) yöntemine dayanan yeni bir FMEA modeli geliştirilmiştir. Bu yöntemde risk analizi süreci yürütülürken hem öznel ağırlıklar hem de risk faktörlerinin objektif ağırlıkları dikkate alınmıştır. Önerilen yeni FMEA modelinin uygulanabilirliğini ve

etkinliğini göstermek için taşlama çarkı sisteminde risk değerlendirmesi yapılmıştır. Efe ve diğerleri (2017) makalelerinde geleneksel FMEA'nın olasılık, şiddet ve tespit edilebilirlik kriterlerinin eşit önem derecesinde kabul ettiğini vurgulamışlardır. Bu dezavantajının üstesinden gelebilmek için kriterlerin ağırlığını belirlemek için bulanık VIKOR ve bulanık AHP kullanmışlardır. Önerilen yöntemin etkinliğini göstermek için üç firmada (inşaat, tekstil ve metal sektöründe) risk değerlendirmesi uygulaması yapmışlardır. Sonuçlar önerilen yaklaşımın FMEA'da daha doğru ve sağlam bir risk sıralaması sağladığını göstermiştir. Şişman (2017) otomotiv sektöründe bulunan bir yardımcı sanayiye uygulamasını yaptığı çalışmada, hata türlerini önceliklerine göre daha doğru bir şekilde sıralayarak risk değerlendirme sürecinin etkinliğini arttırmak için bulanık küme teorisinden yararlanmış; FMEA ile bulanık AHP ve bulanık VIKOR yöntemlerini birlikte kullanarak risk değerlendirmesi yapmıştır. Mohsen ve Fereshteh (2017), AHP, Shannon entropi ve Bulanık VIKOR yöntemlerini içeren bir risk değerlendirmesi çalışması sunmuşlardır. Geleneksel FMEA'nın risk öncelik sayısı hesabındaki belirsizliği ortadan kaldırmak için Z sayısı kavramı kullanılmıştır. AHP ve Shannon entropi yöntemleri risk parametrelerinin ağırlıklandırılması amacıyla kullanılırken bulanık VIKOR tekniği, belirlenen tehlikeleri sıralamak için uygulanmıştır. Liu ve diğerleri (2017a) çalışmalarında İSG konusunda risk analizi modeli önermişlerdir. Geleneksel FMEA'nın performansını artırmak için bulut modelini ve PROMETHEE yöntemini entegre eden yeni bir risk sıralama modeli geliştirmiş ve sağlık sektöründe uygulamasını yapmışlardır. Liu ve diğerleri (2017b), çalışmalarında bulut modeli teorisini genişletilmiş gri ilişkisel analiz ile bütünleştiren böylece risk öncelik numarası ile ilgili sorunların üstesinden gelen bir FMEA metodolojisi sunmuştur. Önerilen FMEA'nın uygulanabilirliği kağıt endüstrisindeki bir örnek sayesinde açıklanmıştır. Sonuçlar ise daha güvenilir bir risk sıralaması olduğunu göstermiştir. Wang vd. (2016) FMEA, COPRAS ve Analitik Ağ Sureci (ANP) yöntemini kullanarak entegre bir risk değerlendirmesi modeli önermiştir. Önerilen yaklaşım, belirsizlikle başa çıkmada aralık değerli sezgisel bulanık kümelerin avantajlarını birleştirmiştir. Yerlikaya ve Efe (2016) yaptıkları bir çalışmada geleneksel FMEA'daki olasılık, şiddet ve tespit edilebilirlik faktörlerinin

ağırlıklarını değerlendirmek için üçgensel bulanık sayılarla ifade edilen dilsel değişkenler kullanmıştır. Daha sonra bulanık PROMETHEE yöntemi kullanılarak risk öncelikleri belirlenmiştir. Vahdani vd. (2015) tarafından yayımlanan makalede, geleneksel FMEA yöntemindeki olasılık, şiddet ve tespit edilebilirlik faktörlerinin ağırlıklarının üstesinden gelmek için bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Çelik sektöründe uygulaması yapılmıştır. Liu vd. (2015)'nin çalışmalarında geleneksel FMEA yöntemindeki risk faktörlerinin ağırlıkları bulanık AHP ile belirlenmiştir. Tanımlanan her bir risk için, risk öncelikleri, genişletilmiş bulanık VIKOR metodu ile elde edilmiştir. Yöntem hizmet sektöründe bir hastanede genel anestezi sırasında ortaya çıkabilecek riskler üzerinde uygulanmıştır. Mandal ve Maiti (2014), FMEA'da parametrelerin ağırlıklarını bulanık mantık kullanarak belirlemiştir. Chen vd. (2014), FMEA ve bulanık hata ağacı risk analizi yöntemlerini birleştirerek oksijenle güçlendirilmiş bir yanma hücresinin riskini değerlendirmek için yeni bir metodoloji önermiştir. Tehlike kaynağını kapsamlı bir şekilde tanımlamak için, pilot dört alt sisteme bölünmüştür; yanma odası alt sistemi, besleme alt sistemi, ateşleme alt sistemi ve egzoz alt sistemi. Hata ağacı analizin sonuçlarına dayanarak, FMEA kullanılmış, olayların meydana gelme olasılığını ölçmek için bulanık küme teorisi ve ağırlık analizi içeren hibrit bir yaklaşım araştırılmıştır. Maheswaran ve Loganathan (2013) tarafından yapılan çalışmaya göre çok kriterli karar verme yöntemlerinin geleneksel FMEA'nın puanlama sistemindeki sınırlarını ortadan kaldırmanın hata modlarına öncelik verme hassasiyetini artıracak düşüncesiyle risk değerlendirmesi yaklaşımı önerilmiştir. AHP tekniği, her bir risk faktörünün ağırlığını belirlemek için ve PROMETHEE, risk faktörlerinin ağırlıkları temelinde hata moduna öncelik vermek için kullanılmıştır. Liu ve Tsai (2012), inşaat sektöründeki mesleki tehlikelere karşı önleme ve iyileştirme tekniği sağlamak için FMEA, Kalite Fonksiyon Yayılımı (QFD) ve Bulanık Analitik Ağ Süreci (FANP) yöntemlerini içeren bulanık bir risk değerlendirme yöntemi önermiştir. Yöntemde, iki aşamalı kalite fonksiyon yayılımı (QFD) tabloları, şiddet potansiyeline göre tehlikelerin önem derecelerini belirlemek için bulanık ANP yöntemi kullanılmıştır. Abdelgawad ve Fayek (2010), inşaat sektöründeki potansiyel riskleri değerlendirmek için FMEA ile bulanık AHP yöntemlerini

entegre etmiştir. Fera ve Macchiaroli (2010), küçük orta ölçekli işletmelerde iş güvenliği risklerinin belirlenmesi, değerlendirilmesi ve azaltılması konusundaki uygulamalarda nitel ve nicel yöntemlerin birlikte kullanıldığı ancak kullanılan risk değerlendirme yöntemlerinde eksikler olduğu düşüncesinden yola çıkılarak belirsizliği azaltacak bir model geliştirilmek amacıyla, çelik endüstrisi ve lojistik hizmeti sunan firmalar üzerine çalışmıştır. AHP ve İtalyan standardı UNI 7249: 2007'yi FMEA yöntemine entegre ederek yeni bir yaklaşım olan Senaryo Tabanlı Risk Değerlendirmesi (SceBRA) önermiştir.

Risk olasılığı, risk şiddeti ve sıklık parametrelerini içeren Fine Kinney yöntemi, literatürde yaygın olarak kullanılan bir diğer yöntemdir. FMEA'ya benzer şekilde Fine Kinney yöntemi de risk önceliklerini elde ederken olasılık, şiddet ve sıklık parametreleri arasında eşitliği göz önünde bulundurur. Fine kinney yönteminde tehlikenin oluşum sıklığının belirlenmesinde işyerinde tutulan istatistiklerden faydalanılabilir. Literatür taramasında geleneksel fine kinney yaklaşımının aşağıdaki eksiklikleri vardır (Gül ve Çelik 2018; Wang vd. 2018b):

- i. Risk öncelik sayısının hesaplanmasında kullanılan olasılık, şiddet ve sıklık parametrelerine eşit ağırlık ataması yapması,
- ii. Risk parametrelerinin puanlarının farklı kombinasyonlarının da aynı risk derecesini üretebilmesi sebebiyle risk yönetiminde yanıltıcı olması,
- iii. İstatistik verilerin eksik ya da yanlış olduğu durumlarda risk değerlendirmesi çalışmasında hata olması.

Güven (2018), Gül vd. (2018) ve Gül vd. (2017), Fine Kinney parametrelerinin önem dereceleri arasındaki farklılıkları değerlendirmek için Fuzzy AHP ve Fuzzy VIKOR yöntemlerini içeren yeni entegre risk değerlendirme yöntemleri önermiştir. Çalışmalarda risk parametrelerinin önem derecelerini elde etmek için bulanık AHP, tehlikelerin öncelik sırasını ortaya koymak için bulanık VIKOR yöntemi kullanılmıştır. Hacibektaşoğlu vd. (2021), Fine Kinney risk analizinde klasik yöntemler yerine ÇKKV yöntemlerinin kullanılmasının belirsizlikleri ortadan kaldıracağı düşüncesiyle, bulanık mantığa dayalı olarak f-SC adı verilen yeni bir hibrit yöntem önermiştir. Yöntemde, kullanılan kriterlerin ağırlıklarını F-SWARA

(Fuzzy-Step Wise Weight Assessment Ratio Analysis) ile belirlemiştir. Kriter ağırlıkları belirlendikten sonra klasik Fine-Kinney yöntemi yerine f-COPRAS yöntemi ile tehlikelerin analizi yapılmış ve puanlama kriterlerinde sezgisel dilsel terimlerin kullanılmasının risk analizi yöntemini daha duyarlı ve uygun hale getirdiği sonucuna ulaşılmıştır. Tang vd. (2020), TODIM, BWM (the bestworst method) ve aralıklı tip-2 bulanık küme kullanarak Fine-Kinney için hibrit bir risk önceliklendirme yaklaşımı geliştirmiştir. Önerilen çerçevede, risk değerlendirme sürecindeki yüksek belirsizliği modellemek için aralık tip-2 bulanık küme, her bir risk parametresinin nesnel önem ağırlığını belirlemek için BWM uygulanır. Ardından, tehlikeler genişletilmiş TODIM tarafından sıralanır. Ersoy ve diğerleri (2019) Fine-Kinney ve Gri İlişkisel Analiz (GRA) yöntemlerinin entegrasyonu araştırmışlardır. Uygulama mermer ocağında yapılmıştır. Belirlenen kriterlerin ağırlıklandırılmasında Borda Sayım yöntemi uygulanmıştır. Risk analizi yöntemi olarak Fine-Kinney kullanılmış, risk skoru GRA yöntemine göre kaza türünün derecelendirmesi ve üretim sürecinin derecelendirmesi olmak üzere iki açıdan değerlendirilmiştir. İlbahar vd. (2018), Pisagor Bulanık AHP (PFAHP), Fine Kinney yöntemleri ile bulanık çıkarım sistemine dayalı, Pisagor Bulanık Orantılı Risk Değerlendirme yöntemi (Pythagorean Fuzzy Proportional Risk Assessment Method) olarak adlandırılan yeni bir risk değerlendirme yöntemi önermiştir. Önerilen yöntemde, olasılık ve şiddet parametreleri Pisagor Bulanık AHP (PFAHP) yöntemi kullanılarak belirlenirken, frekans parametresi doğrudan uzmanlardan elde edilmiştir. Daha sonra olasılık, şiddet ve sıklık parametrelerine dayalı olarak bulanık çıkarım sistemi ile risk büyüklüğü elde edilmiştir. Kokangül vd. (2017), AHP ve Fine Kinney yöntemlerini entegre ederek risk değerlendirmesi için bir yaklaşım getirmiştir. Çalışmada öncelikle tehlikeler kategorize edilmiş ve bu kategoriler bulanık AHP yöntemi kullanılarak önceliklendirilmiştir. Risk kategorilerini belirlemek için ise Fine Kinney yöntemi kullanılmıştır.

En çok kullanılan FMEA, Matris ve Fine Kinney yöntemleri dışında literatürde farklı yöntemlerle ilgili çalışmalar da yapılmıştır. Othman ve diğerleri (2016) tarafından yılında yapılan çalışmada HAZOP kullanılarak tanımlanan bir işlemin tehlikeleri, alınacak önlemler önceliğine göre AHP kullanılarak ağırlıklandırılmış ve sıralanmıştır. Yöntemin uygulaması ise bir reaktör ünitesinde yapılmıştır.

Sonuç, önerilen metodolojinin HAZOP analizini takip eden bir süreçte en önemli tehlikeleri tanımlayabildiğini ve sıralayabildiğini göstermektedir. Hadjimichael (2009) havacılık sektörü için bulanık küme teorisini kullanarak Uçuş Operasyonları Risk Analizi Sistemini (FORAS) geliştirmiştir. Model nedensel faktörlere odaklandığı için proaktif bir risk azaltma aracı ve karar yardımı olarak kullanışlıdır. Cho ve diğerleri (2002) çalışmalarında bulanık kavramların kullanıldığı yeni bir metodoloji önermişlerdir. Risk değerlendirme yöntemi olarak olay ağacı, risklerin kesin olarak tahmin edilememesi belirsizliği için ise bulanık yaklaşım kullanılmıştır. Bu çalışmada verilerin yetersiz kaldığı durumda Bayes ağları kullanılarak veri eksikliği benzetilmiş verilerle tamamlanmış; hiç veri bulunamadığı konularda ise uzmanların tecrübe ve bilgilerine dayanılarak öznel yargılar oluşturulmuştur.

Yukarıda bahsedilen parametrelere ek olarak, bazı çalışmalar risk değerlendirme yöntemlerine yeni parametrelerin eklenmesini önermektedir. Örneğin, Yousefia vd. (2018), FMEA’da risk olasılığı, şiddeti ve tespit edilebilirliğine ek olarak tedavi parametrelerinin maliyet ve süresine dayalı yeni bir yöntem önermiştir. Karaşan vd. (2018), Pthygorian bulanık kümelerini ve bulanık çıkarım sistemini kullanarak Güvenlik ve Kritik Etki Analizi (SCEA) adlı yeni bir risk değerlendirme yöntemi önermiştir. Yöntem literatürden farklı olarak risk büyüklüğünün belirlenmesinde olasılık, şiddet, frekans ve saptanabilirlik parametrelerini eş zamanlı olarak dikkate alarak, Fine Kinney ve FMEA yöntemlerinin diğer risk değerlendirme yöntemlerine ve birbirlerine göre üstün yönlerini birleştirmiştir. Böylece hem olası riskin saptanabilme durumunu hem de işin tekrarını dikkate alarak risk büyüklüğünün hesaplanmasında daha hassas bir çözüm sunmaktadır. Yöntemde kullanılan 12isagor bulanık kümeler ve bulanık çıkarım sistemi ilk kez bu çalışmada geliştirilerek kullanılmıştır. Bulanık pisagor kümeler parametrelere ait değerlerin daha hassas tanımlanmasında, bulanık çıkarım ise parametrelerin bileşkesi hesaplanırken kullanılmaktadır. Geliştirilen yöntemin geçerliliği literatürde mevcut durumda kullanılan yöntemlerle kıyaslanarak gösterilmiştir. Şenol ve Yılmaz (2017) çalışmalarında olasılık ve şiddet faktörlerine maliyet unsurunu da dahil etmiştir. Bu faktörlerinin ilişkilerini belirlemek için Bulanık AHP, tehlikelerin öncelik sırasını ve alınacak önlemleri belirlemek için Fuzzy-

TOPSIS yöntemi kullanılmışlardır. Gül ve diğerleri (2017) FMEA'ya KKD kullanımına duyarlılık ve bakıma duyarlılık parametrelerini ekleyerek iki aşamalı bir çalışma yapmışlardır. İlk aşamada parametreler, bulanık AHP kullanılarak önceliklendirilmiştir. İkinci aşamada bu ağırlıklar kullanılarak, hastanenin her bölümündeki tehlike türleri bulanık VIKOR yöntemi kullanılarak önceliklendirilmiştir. Acuner ve Çebi (2016) yaptıkları çalışmada ise endüstriyel kuruluşlar için iş sağlığı ve güvenliğinde etkili risk önleyici bir model geliştirmiştir. Literatürden farklı olarak önerilen yöntemde şiddet parametresi çalışan, çevreye ve donanımına verilen zarar bileşkesi olarak tanımlanmaktadır. Riskin ortaya çıkmasına ilişkin olasılık parametresi ise çalışmada bulanık analitik hiyerarşi yöntemi kullanılarak hesaplanmaktadır. Önerilen çalışmada risk büyüklüğü, skaler çarpım yerine bulanık çıkarım sistemi kullanılarak elde edilmektedir. Çalışmada önerilen yöntem tersanelerdeki gemi üretim sürecinde yaşanan mesleki risklerin analizi için uygulanmıştır. Güneri vd. (2015), iş sağlığı ve güvenliğinde KOBİ'ler için iyi risk değerlendirme yöntemini seçmek amacıyla bulanık AHP yöntemini kullanmıştır. Dört ana kriter (kapsam, pratiklik, maliyet ve hassasiyet) ve üç alternatif risk değerlendirme yöntemi (FMEA, Matris, Fine Kinney) belirlemiş, sonrasında bulanık AHP yardımıyla kriterler ve alternatifler ağırlıklandırılmıştır. Çalışmanın saha çalışması dokuma-baskı firmasında yapılmıştır. Hu vd. (2009) yaptıkları çalışmada, FMEA yönteminde kullanılan 3 faktöre (olasılık, şiddet, fark edilebilirlik) dördüncü olarak sıklık faktörü de eklemiştir. Her bir faktörün ağırlığı bulanık AHP kullanılarak bulunmuş ve çalışma alanındaki riskler için risk öncelik numaraları hesaplanmıştır. Grassi vd. (2009) risk değerlendirme modeli önerisinde olasılık ve şiddet faktörlerinin dışında; insan davranışı ve çevre faktörlerinin risk seviyesine olan etkilerini de incelemiştir. Geliştirilen metodolojinin uygunluğunu göstermek için, bir İtalyan gıda firmasının üretim faaliyetleri incelenmiş, riskler Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak sıralanmıştır.

Literatürdeki bir çok çalışmada risk değerlendirme yöntemleri diğer tekniklerle entegre edilmiştir. Özellikle bulanık kümeler ve bulanık Mamdani, son zamanlarda mesleki risklerin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir. Literatürde incelenen çalışmalar Tablo 1.1'de özetlenmiştir. Bu

Çalışmaların hiçbiri bir çalışma ortamındaki riskli faaliyetlerin doğruluk derecesi, yanlışlık derecesi ve belirsizlik derecesini dikkate almamaktadır ve mesleki risk değerlendirmesinde uzman yargıları önemli bir yer tutmaktadır.

Literatürde yer alan yöntemlerin belirlenen eksiklikleri aşağıdaki gibidir;

- i. Riskin gerçekleşme olasılığı değerlendirilirken yalnızca ilgili önlemin alınmadığı durumlarda riskin gerçekleşme durumu ile ilgilenilir. Oysa ilgili kontrol önleminin alınması durumunda halen artakalan risk söz konusudur ve ilk değerlendirmede risk büyüklüğü hesaplanırken yalnızca mevcut duruma göre hesaplama yapılır.
- ii. Riskin oluşturacağı zarar ise olasılığa benzer olarak sadece ilgili kontrol önleminin alınmaması durumu için tanımlanır ve arta kalan riskin oluşturacağı zarar ya da riskin şiddeti, risk büyüklüğü tanımlanırken dikkate alınmaz.
- iii. Tespit edilebilirlik parametresi ise denetim sırasında ilgili riskin ortaya çıkma durumunun önceden tespit edilebilme potansiyelini tanımlamak amacıyla kullanılır. Burada da denetim harici rutin faaliyetler sırasında riskin önceden tespit edilebilme durumu risk büyüklüğü tanımlanırken doğrudan dikkate alınmaz.
- iv. Sıklık parametresi, yıllık ve haftalık kullanım sıklığına göre risk büyüklüğünün daha doğru belirlenmesini sağlar. Faaliyetin bir hafta boyunca sürekli gerçekleştiği durumda o haftaki risk büyüklüğünü arttırır.

Yukarıda bahsedilen eksiklikler göz önüne alınarak bu tez çalışması kapsamında önerilen ntrosofik küme tabanlı SCEA risk analizi yönteminde, hem analiz ortamındaki belirsizliğin ele alınması hem de farklı durum senaryolarından kaynaklanan kararsızlığın ele alınması amaçlanmaktadır. Önerilen yöntemle birlikte SCEA yönteminde kullanılan parametreler ilk kez, ntrosofik küme tanımında kullanılan doğruluk üyelik derecesi (T), belirsizlik üyelik derecesi (I) ve yanlışlık üyelik derecesi (F) ile üç boyutlu olarak ifade edilmekle birlikte belirsizlik (I) derecesi doğruluk (T) ve yanlışlık (F) değerlendirmelerine bağlı olarak belirlenmektedir.

Tablo 1.1 Literatür taraması özet tablosu

Yayın	Risk Analizi Teknikleri				Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi					Modelleme		Uygulandığı Sektör
	FMEA	Fine Kinney	Matris	Diğer	AHP	ANP	TOPSIS	VIKOR	Diğer	Bulanık	Kesin	
Grassi vd. (2009)			✓				✓			✓		Gıda
Hadjimichael (2009)				FORAS						✓		Hizmet
Hu vd. (2009)	✓				✓					✓		Elektronik
Fera ve Macchiaroli (2010)	✓			SceBRA	✓						✓	Çelik ve Lojistik
Abdelgawad ve Fayek (2010)	✓				✓					✓		İnşaat
Liu ve Tsai (2012)	✓			QFD		✓				✓		İnşaat
Maheswaran ve Loganathan (2013)	✓				✓				PROMETHEE		✓	Üretim
Khaleghi et al. (2013)			✓	ETA						✓		Doğal gaz taşıma sistemi
Haggag and Barakat (2013)			✓							✓		-
Mahdevari (2014)			✓				✓			✓		Madencilik
Chen vd. (2014)	✓			FTA						✓		Kimya
Mandal ve Maiti (2014)	✓					✓				✓		İnşaat
Kang vd (2014)			✓	FTA	✓					✓		Kimya
Güneri vd. (2015)	✓	✓	✓		✓					✓		KOBİ
Vahdani vd. (2015)	✓						✓			✓		Üretim
Yerlikaya ve Efe (2016)	✓									✓		İnşaat
Liu vd. (2015)	✓				✓			✓		✓		Hizmet
Wang vd. (2016)	✓					✓			COPRAS		✓	Hizmet
Acuner ve Çebi (2016)			✓		✓					✓		Gemi
Gül ve Güneri (2016)			✓		✓		✓			✓		İmalat
Othman vd. (2016)				HAZOP	✓						✓	Kimya

Tablo 1.1 Literatür taraması özet tablosu - devamı

Yayın	Risk Analizi Teknikleri				Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi					Modelleme		Uygulandığı Sektör
	FMEA	Fine Kinney	Matris	Diğer	AHP	ANP	TOPSIS	VIKOR	Diğer	Bulanık	Kesin	
Sunaryo ve Hamka (2017)				HIRA, FTA						✓		Tersane
Şişman (2017)	✓				✓			✓		✓		Üretim
Kokangül vd. (2017)		✓			✓					✓		Üretim
Şenol ve Yılmaz (2017)				Yeni yöntem	✓		✓			✓		Metal
Mohsen ve Fereshteh (2017)	✓				✓			✓		✓		Jeotermal Enerji Santrali (JES)
Huang vd. (2017)	✓								TODIM		✓	Üretim
Efe vd. (2017)	✓				✓			✓		✓		İnşaat, tekstil ve metal üretim
Liu vd. (2017a)	✓								GRA		✓	Üretim
Gül vd. (2017)	✓				✓			✓		✓		İnşaat
Liu vd. (2017b)	✓								PROMETHEE		✓	Hizmet
Erdal (2018)	✓								DEMATEL, ARAS		✓	Hizmet
Karaşan vd. (2018)	✓	✓							Pisagor Bulanık Kümeler	✓		İnşaat
İlbahar vd. (2018)		✓			✓				PFAHP	✓		İnşaat
Gül vd. (2018)	✓				✓			✓		✓		Üretim
Fattahi ve Khalilzadeh (2018)	✓				✓					✓		Üretim
Güven (2018)		✓			✓			✓		✓		Üretim
Yousefia vd. (2018)	✓										✓	Otomotiv

Tablo 1.1 Literatür taraması özet tablosu - devamı

Yayın	Risk Analizi Teknikleri				Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi					Modelleme		Uygulandığı Sektör
	FMEA	Fine Kinney	Matris	Diğer	AHP	ANP	TOPSIS	VIKOR	Diğer	Bulanık	Kesin	
Wang vd. (2018a)	✓								Choquet İntegrali, Entropi Ağırlıklandırma Yöntemi		✓	Hizmet
Ersoy vd. (2019)		✓								✓		Madencilik
Tepe ve Kaya (2019)									PBAHS ve NAHP	✓		Üretim
Gül vd. (2019)	✓				✓			✓		✓		Hizmet
Dabbagh ve Yousefi (2019)	✓									✓		Üretim
Koulinas (2019)			✓		✓				PRAT	✓		İnşaat
Zhu (2020)	✓						✓		PROMETHEE, Dilsel Nötrosifik Sayılar, Pişmanlık Teorisi	✓		Kimya
Fattahi vd. (2020)	✓				✓				MULTIMOORA	✓		Üretim
Tang vd. (2020)		✓							TODIM ve BWM (Best Worst Method)	✓		Hizmet
Hacıbektaşoğlu vd. (2021)		✓						✓	COPRAS	✓		Üretim
Yücesan ve Gül (2021)	✓				✓				NAHP	✓		Üretim
Bashary vd. (2021)		✓		FTA			✓			✓		İnşaat
Hassan vd. (2022)	✓								GRA	✓		Petrol taşıma sistemi

1.2 Tezin Amacı

Çalışma ortamında çalışanların sağlığını ve güvenliğini olumsuz etkileyebilecek durumlardan çalışanları korumak, üretimin/hizmetin devamlılığını sağlamak ve verimi artırmak için yapılan çalışmalar giderek önem kazanmaktadır. İş sağlığı ve güvenliğinde risk yönetimi çalışma ortamındaki tehlike kaynaklarının ve risklerin belirlenmesi, seçilecek uygun bir yöntemle risk analizinin yapılması, alınması gereken tedbirlerin uygulanması ve çalışanların tüm süreçle ilgili bilgilendirilmesi yaklaşımıdır. İş kazalarının ve meslek hastalıklarının önlenmesinde risk analizinin etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi önemlidir. Bu nedenle literatürde risk değerlendirme amacıyla kullanılan çeşitli yaklaşımlar mevcuttur. Bu çalışmalar genellikle uzman yargı ve görüşlerine dayanan çalışmalar olmakla birlikte çalışmaların başarısı da risk değerlendirme ekibinde görev alan ekip üyelerinin tecrübesiyle orantılıdır. Risk büyüklüklerinin belirlenmesinden önce tehlike kaynaklarının tanımlanması, ilgili tehlike kaynağından ortaya çıkan risklerin belirlenmesi, olasılık, şiddet vb. parametrelerin tanımlanması geçmiş deneyim ve tecrübeye bağlı faaliyetlerdir. Ayrıca geleneksel yöntemler yalnızca mevcut duruma yönelik risk değerlendirmesi yapar ve kontrol önleminin alınmasıyla elde edilecek durumu dikkate almazlar. Diğer bir ifadeyle bu yöntemler risk analizinde mevcut durum ve artık riski birlikte eş zamanlı olarak ele almazlar. Bu durum uygulanan kontrol tedbirine ilişkin bir belirsizliğin ve/veya kararsızlığın oluşmasına neden olur. Bu nedenle tez çalışması kapsamında işletmelere mesleki risklerin analiz edilmesi için karar destek sistemi önerilmektedir. Karar destek sisteminin veri tabanı için farklı alanlarda karşılaşılan tehlikeler tanımlanarak, bu tehlikelerden ortaya çıkacak riskler belirlenmiş, risklerin ortaya çıkmasını engellemek için kontrol listeleri oluşturularak, risklerin gerçekleşme ihtimalleri ve riskin ortaya çıkması durumunda şiddet değerleri tanımlanmıştır.

Uzman değerlendirmelerinden ya da riskin tanımlandığı koşullardan kaynaklanan belirsizlikleri ve/veya kararsız durumları dikkate almak amacıyla da Nötrosifik küme teorisinden faydalanılmıştır. Nötrosifik küme teorisi bir olgunun tanımlanmasında doğruluk (T), belirsizlik (I) ve yanlışlık (F) parametrelerine ait üyelik fonksiyonlarını kullanmakta, bu sebeple olasılık, şiddet, tespit edilebilirlik

ve sıklık parametrelerinin n trosofik küme teoreminden faydalanılarak ifade edilmesi risk derecelerinin daha doğru belirlenmesi açısından önemlidir.

1.3 Orijinal Katkı

Literatür taramasında risk değerlendirme çalışmalarının çoğunlukla üretim ve inşaat sektörü  rneği alınarak yapıldığı, hizmet sektöründe olan çalışmaların ise incelenen çalışmaların küçük bir kısmını oluşturduğu anlaşılmıştır. Hizmet sektöründe yapılan çalışmaların hastane  rneği ile sınırlı kalması bu alanda bir boşluk olduğunu göstermektedir. Bu nedenle bu çalışma kapsamında iş sağlığı güvenliği açısından risklerin analiz edilmesinde kullanıcılara karar desteği sunacak bir sistemin geliştirilmesi ve uygulamasının ise hizmet sektöründe faaliyet gösteren üniversitelerde yapılması amaçlanmaktadır. Bu çalışmanın özgün yönü ise aşağıdaki gibi özetlenmiştir;

- (i) Risk büyüklüğünün belirlenmesinde kullanılan olasılık, şiddet, sıklık ve tespit edilebilirlik parametrelerinin işlenmesinde ilk kez N trosofik Küme (NS) teoreminden faydalanılmıştır.
- (ii) NS'lerin belirsizlik (I) değeri, doğruluk (T) ve yanlışlık (F) tanımına dayalı bir kural tabanı kullanılarak tanımlanmıştır.
- (iii) Geleneksel risk analizi yöntemlerinden farklı olarak, risk derecesi hesaplanırken hem kontrol önlemleri alınmadan hem de alındıktan sonraki olasılık ve şiddet değerinin birlikte analiz edilmesi sağlanmışır.
- (iv) Mamdani'nin matematiksel işlemleri ilk kez NS'lere uyarlanmıştır;    nk  bu çalışmada risk büyüklüğünü elde etmek için Eğer- İse (If-Then) kural yapısı kullanılmıştır.
- (v) Risk büyüklüğü, n trosofik olasılık, n trosofik şiddet, n trosofik tespit edilebilirlik ve n trosofik sıklık olarak 3 boyutlu değerlendirilen 4 parametrenin bulanık mantığa dayalı hesaplanmasıyla elde edilmiştir.
- (vi) Risk büyüklüklerinin elde edilmesinde n trosofik kümelerde kullanılan skor fonksiyonu için alternatif bir hesaplama yöntemi önerilmiştir.
- (vii) Mesleki risklerin analizi için ilk kez n trosofik tabanlı bir KDS geliştirilmiştir.
- (viii) Geliştirilen model bir  niversite kampüsünde uygulanmıştır.

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİNDE RİSK YÖNETİMİ

Sanayi Devrimi ile birlikte alışlagelen bilgi sistemi ve pratiğinde büyük bir değişim yaşanmıştır. Tarih öncesi dönemlerde görülen iş bölümü oldukça sınırlıdır. Çünkü bu tür toplumlarda bireyler aynı değerlere sahip olduklarından bireysellik kendiliğinden kolektifliğe dönüşmektedir. Geleneksel bir toplumda bir aile, kendi kendine yetebilen aynı düşüncelere sahip insanların bir araya gelerek oluşturduğu “mekanik dayanışma” şeklindedir. Sanayi devrimi sonrasında ise geleneksel toplum, varlığını sürdürebilmek için birçok uzmanlaşmış hizmete ihtiyaç duyan bu yüzden de kolektif bilinçle değil, birbirlerine duydukları ihtiyaçla bir arayan gelen ve aralarında “organik dayanışma” olan modern bir topluma dönüşmüştür. Bu dönüşüm ile birlikte fabrikanın tamamlayıcı unsuru olan işçi, zamanının çoğunu fabrikada tüketir hale gelmiştir. Fabrikalardaki yoğun çalışma saatleri, uygun olmayan iş koşulları gibi sorunlara çözüm bulma arayışları da artmıştır.

Her ne kadar iş kazası ve meslek hastalıkları kavramı sanayi devrimi öncesinde ortaya çıkmış olsa da, sanayileşme iş kazası ve meslek hastalığı vakalarının artmasına sebep olmuştur. Verimli üretim sisteminin devamlılığı için ilk düzenlemeler İngiltere’de başlamış; “Çırakların Sağlığı ve Morali Kanunu” 1802 yılında yürürlüğe girmiştir. 1849 yılında Almanya’da, 1840 yılında İsviçre’de, 1841 yılında Fransa’da çeşitli kanunlar çıkartılmıştır. 1919 yılında Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) kurulmuş, 1920’lerde, ilk meslek hastalıkları listeleri geliştirilmiştir. İkinci Dünya Savaşı bu çalışmalara bir süre ara verilmesine sebep olsa da 1946 yılında ise Dünya Sağlık Örgütü kurulmuştur (Gür, 2020).

Türkiye’de iş sağlığı ve güvenliği alanındaki ilk yasal belge 1865 yılındaki Dilaver Paşa Nizamnamesi olmakla beraber Cumhuriyet döneminden sonra 1926 yılında çıkartılan Borçlar Kanunu ve 1930 yılında yürürlüğe giren Umumi Hıfzıssıhha Kanunlarında işçi sağlığı ve iş güvenliği konularına değinilmiştir. 1936 tarihli ilk İş Kanunu sayesinde, iş sağlığı ve iş güvenliği alanında çok sayıda tüzük oluşturulmuştur. Çalışma Bakanlığı, 1945 yılında 4763 sayılı kanun ile kurulmuş ve İşçi Sağlığı Genel Müdürlüğü oluşturulmuştur. 4857 sayılı İş Kanunu 2003

yılında yürürlüğe girmiştir. Bu kanuna bağlı olarak iş sağlığı ve iş güvenliği alanında yönetmelikler meydana getirilmiştir (Özal ve Çiçek, 2016).

Öncülü 4857 sayılı iş kanunu bulunsa da ülkemizdeki asıl pratikler 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ile oluşturulabilmiştir. Bu sayede hızlı bir iş sağlığı ve güvenliği iklimi yaratılabilmiş ve bu durum iş sağlığı ve güvenliği kültürü oluşturacak şekle dönüşmüştür. Bu kültürün olabildiğince özümsemiğinin kanıtını olarak günümüzde, onarıcı (reaktif) değil de önleyici (proaktif) uygulamaların tercih edilir olması gösterilebilir. Proaktif uygulamalar ile; önlem alma, özel gruplara odaklanma, riskli sektörlere ilişkin özel düzenlemeler oluşturma, işyeri örgütlenmeleri gibi pratikler önceliklendirilmektedir. Bu bakış açısına sahip iş sağlığı ve güvenliği profesyonelleri ve işverenlerin işbirliği ile birlikte, risk değerlendirmesi yapılması, çalışan ve paydaş görüşlerinin alınması, çalışanlara eğitim verilerek bilgilendirilmesi ve iş güvenliği çalışmalarına katılımlarının sağlanması, kalite standartlarının uygulanması, koruma ve önleme bilincinin yerleştirilmesi gerçekleştirilerek risk yönetimi sürecinin yürütülmesi amaçlanmaktadır. Çünkü bir risk yönetim çerçevesi, risk yönetimini kuruluş genelinde her seviyede içine dâhil edecek politikalar, prosedürler ve organizasyon ile ilgili düzenlemeleri sağlar ve TS ISO 31000' a göre şu aşamaları içerir; (i) iletişim ve dayanışma, (ii) Kapsam, bağlam ve kriterler, (iii) Risk değerlendirmesi (risk tanımlaması, risk analizi ve risk değerlendirmesi aşamalarından oluşur), (iv) Risk iyileştirmesi, (v) İzleme ve gözden geçirme, (vi) Kaydetme ve raporlama (TS ISO 31000, 2020).

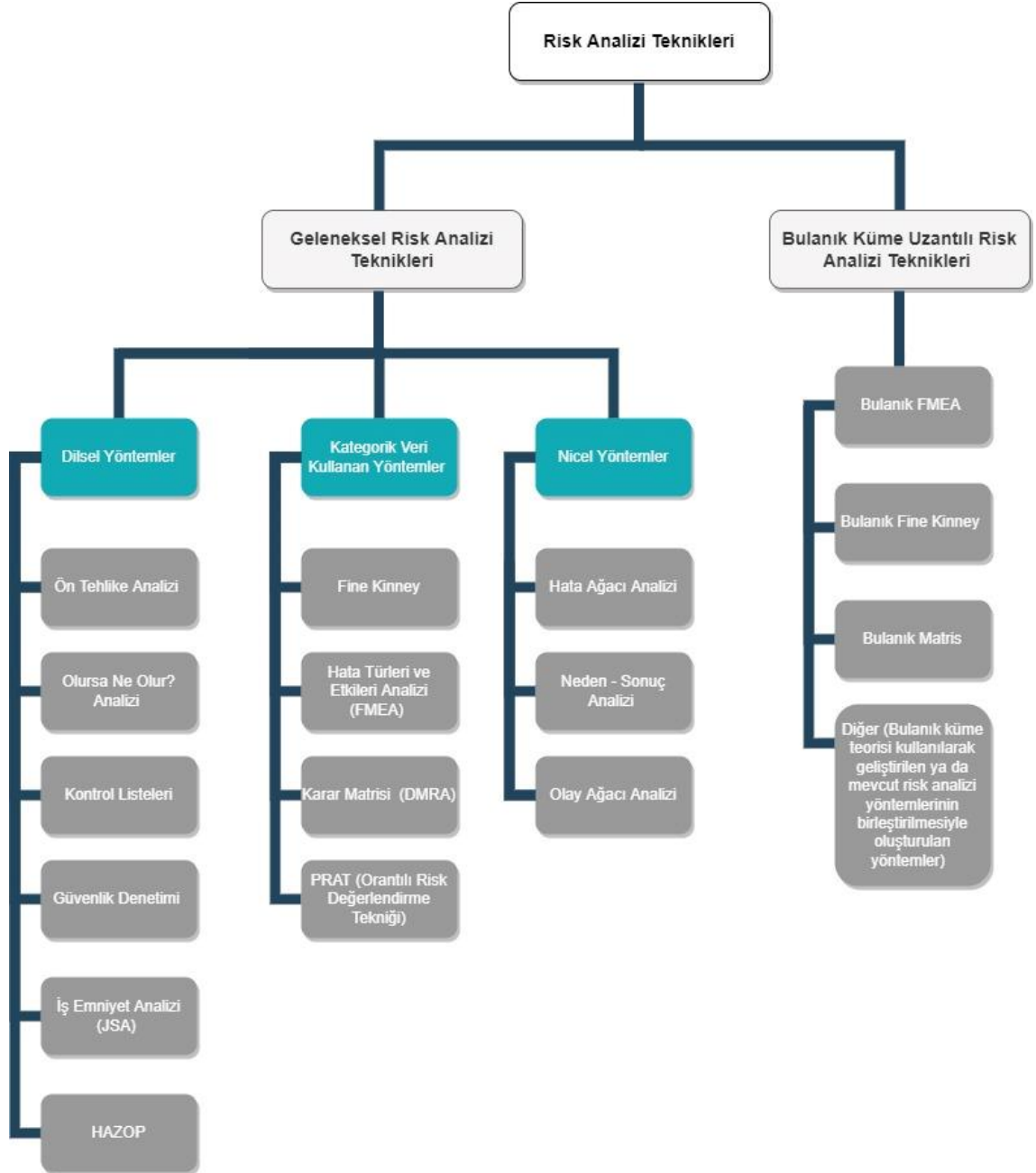
Risk yönetim sürecinde yer alan risk değerlendirmesi, mevcut durum risklerini, eksikliklerini tespit ederek, ilave iyileştirmeye gerek olup olmadığına karar vermesi yönüyle son derece önemli bir yer tutmaktadır. Bu aşamada risk analizinin uygulanması için kullanılacak yöntem ve teknik çok önemlidir. Risk analizi; mevcut önlemleri ve önlemlerin etkinliklerini dikkate alarak tanımlanmış risklerin olası sonuçlarının belirlenmesini sağlar ve “riskin nedenleri ve kaynakları nelerdir?”, “riskin etkilerini kabul edilebilir düzeye çekebilecek veya riskin ihtimalini azaltabilecek önlemler uygulanıyor mu?” vb. sorulara cevap arar (TS EN ISO 31010, 2019).

Literatürde risk analiz için tanımlanmış birçok yöntem bulunmaktadır. Çalışma kapsamında incelenen ve kullanılan risk analizi yöntemleri ayrı başlıklarda açıklanmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında risk analiz yöntemleri için yeni bir sınıflandırma sistemi önerilmiş olup; Şekil 2.1’de gösterilmiştir. Risk analizi yöntemleri geleneksel ve bulanık yöntemler olarak ikiye ayrılmıştır ve geleneksel yöntemler nitel, nicel ve kategorik risk analiz yöntemleri olarak üç başlıkta incelenmiştir.

- Nicel veri kullanan risk analizi yöntemleri, riski sayısal yöntemlerle hesaplar. Nicel veri kullanılan risk analiz yöntemlerinde risk, matematiksel bir ilişki ve çalışma sahasındaki gerçek kaza verileri ile tahmin edilebilen ve ifade edilebilen bir büyüklük olarak düşünülebilir (Özkılıç, 2014). Örneğin; Giyotin makas kullanırken parmak kopma riskini Hata Ağacı Analizi (FTA) ile analiz ettiğimizde parmak kopmasına etki edecek olayları bulmuş oluruz. Ancak, bulduğumuz kök olayın gerçekleşme sayısını, toplam olay sayısına bölersek kök nedenin gerçekleşme olasılığını da sayısal olarak bulmuş oluruz. Daha sonra bulduğumuz kök nedenleri gerçekleşme olasılıklarının sayısal değerlerini "ve" ya da "veya" bağlaçlarıyla birleştirerek ana olayın gerçekleşme olasılığını da hesaplamış oluruz. Bu sebeple, hata ağacı, neden- sonuç analizi ve olay ağacı analizi nicel bir risk değerlendirme yöntemidir.
- Yalnızca dilsel veri kullanan risk analizi yöntemleri ise sayısal değerler yerine sözel ifadelerle başvurur. “Çok nadir”, “beklenir, kesin”, “neredeyse imkansız”, “önemli” gibi önem dereceleri yoluyla risk düzeylerini belirler ve değerlendirir. Bu yöntem daha basit olduğundan hızlı bir değerlendirme yapılması istendiğinde tercih edilir. Ayrıca bu yöntem, sözel bir yöntem olduğundan, sayısal verinin yetersiz olduğu durumlarda risk derecelendirmesi yapar (Radu, 2009; Akyıldız ve Barlas, 2015).
- Kategorik yöntemler parametrelerin ölçümü için kategorik derecelendirme ölçeklerinden faydalanır ve risk düzeyi belirlenirken sözel ifadeleri sayısallaştırır. İçerisinde sayısal olarak ölçülemeyen bir parametre bulunan risk analizi yöntemleri kategoriktir. Örneğin, Kaynak makinası kullanılırken koruyucu gözlük takılmamasının operatörde oluşturacağı göz

hasarı şiddeti, ucuz atlatma (ramak kala), yaralanma, uzuv kaybı vb. bir sınıflandırma ile değerlendirilebilir. Risk skorunun hesaplanması aşamasında ise sözel olarak belirlenen sınıflandırmaya sayısal bir veri ataması yapılarak sonuç sayısallaştırılabilmektedir.



Şekil 2.1 Risk analiz teknikleri

2.1 Matris

Risk değerlendirme matrisi ya da L tipi matris olarak bilinen yöntem en yaygın risk değerlendirme yöntemlerinden biridir. MIL_STD_882-D olarak bilinen ABD askeri standardı kapsamında sistem güvenlik programları için geliştirilmiştir (DoD, 2000).

Matris risk değerlendirme yöntemi, aciliyet ve ihtiyati tedbirler gerektirdiği durumlarda tercih edilen iki değişken arasındaki ilişkiyi analiz etmeye yarayan bir risk değerlendirme tekniğidir (Ceylan ve Başhelvacı, 2011).

Risk matrisi, satırı için “olasılık” kategorilerine ve sütunu için “şiddet” kategorilerine sahip bir tablodur. Risk büyüklüğü, olasılık ve şiddetin çarpılmasıyla eşitlik (2.1)’deki gibi bulunur.

$$\text{Risk büyüklüğü (RM)} = \text{Olasılık (P)} \times \text{şiddet (S)} \quad (2.1)$$

Tablo 2.1 Matris risk değerlendirmesi olasılık değeri açıklama tablosu

Derece	Olasılık	Açıklama
1	ok Düşük	Olma olasılığı düşük
2	Düşük	Sadece nadir durumlarda olabilir
3	Orta	Yılda bir ya da bir kaç kez tekrarlanma olasılığı var
4	Yüksek	Ayda bir ya da birden fazla tekrarlayabilir
5	çok Yüksek	Haftada birden daha az hatta her gün olabilir.

Tablo 2.2 Matris risk değerlendirmesi şiddet değeri açıklama tablosu

Derece	şiddet	Açıklama
1	ok Hafif	İş saati kaybı olmayan, ucuz atlatma ya da hafif ilkyardım gerektiren durum
2	Hafif	İş gün kaybına neden olmayan, ayakta tedavi ya da ilk yardım gerektiren durum
3	Orta	Zarar ve iş günü kaybı içeren tedavisi mümkün yaralanma
4	Ciddi	Ciddi yaralanma, uzun süreli ve yatarak tedavi gerektiren durum
5	çok Ciddi	lmcl durum, iş grememezlik veya meslek hastalığı

Risk büyüklüğü, beş kategori ile verilmektedir. Bu kategoriler;

- i. 1 puan İhmal edilebilir risk,
- ii. 2-6 puan Düşük risk,
- iii. 8-12 puan Orta risk,
- iv. 15-20 puan Yüksek risk,
- v. 25 puan Tolere edilemez risk olarak belirlenmiştir.

2.2 FMEA

Hata modü ve etkileri analizi (FMEA), 1950'lerin sonlarından beri kullanılmakta olan risk değerlendirme tekniğidir. Matris yönteminden farklı olarak, bir risk büyüklüğü elde etmek için olasılık ve şiddet parametrelerinin yanı sıra tespit edilebilirlik parametresi de kullanılmıştır. FMEA yönteminde kullanılan olasılık, şiddet ve tespit edilebilirlik parametreleri için dilsel değişkenler sırasıyla Tablo 2.3, Tablo 2.4 ve Tablo 2.5 'te verilmiştir (Pelaiez ve Bowles, 1994). FMEA yönteminde risk büyüklüğü, risk öncelik numarasına (RPN) olarak adlandırılır ve (2.2) eşitliği kullanılarak hesaplanır.

$$RPN = \text{Olasılık (P)} \times \text{Şiddet (S)} \times \text{Tespit Edilebilirlik (D)} \quad (2.2)$$

Tablo 2.3 FMEA olasılık parametresi için dilsel değişkenler

Derece	Olasılık	Açıklama
10	Çok Yüksek	Hataların ortaya çıkma olasılıkları haftada bir gibi çok yüksektir.
9		
8	Yüksek	Hataların ortaya çıkma olasılıkları iki haftada bir gibi yüksektir.
7		
6	Orta	Hataların ortaya çıkma olasılıkları ayda bir gibidir.
5		
4		
3	Düşük	Hataların ortaya çıkma olasılıkları iki ayda bir gibidir.
2		
1	İmkansız	Hataların ortaya çıkma olasılıkları sıfıra yakındır.

Tablo 2.4 FMEA şiddet parametresi için dilsel değişkenler

Derece	Şiddet	Açıklama
10	Çok Yüksek	Sistemin tamamen hasar görmesine sebep olan öldürücü etkiye sahip hata türü ya da çevresel felaket.
9		
8	Yüksek	Ekipman hasarına, ağır yaralanma, ölüm vb. etkiye sahip hata türü.
7		
6	Orta	İş günü kaybı, yaralanma, ekipmanın hasar görmesine sebep olan hata türü.
5		
4		
3	Düşük	Hafif yaralanma vb. etkiye sahip hata türü.
2		
1	Çok Düşük	Sistemin çalışmasını etkilemeyen hata türü, ucuz atlatma.

Tablo 2.5 FMEA tespit edilebilirlik parametresi için dilsel değişkenler

Derece	Tespit Edilebilirlik	Açıklama
10	Tespit edilemez	Yapılan kontroller sonrası potansiyel bir hatanın fark edilebilmesi mümkün değildir.
9	Çok düşük	Yapılan kontroller sonrası potansiyel bir hatanın fark edilebilebilmesi olası değil.
8	Düşük	Yapılan kontroller sonrası potansiyel bir hatanın fark edilme ihtimali düşüktür.
7		
6	Orta	Yapılan kontroller sonrası potansiyel bir hatanın nedeni ve hata türünün fark edilebilirliği orta.
5		
4	Yüksek	Yapılan kontroller sonrası potansiyel bir hatanın nedeni ve türü için dikkate değer bir uyarı vardır.
3		
2	Çok Yüksek	Yapılan kontroller sonrası potansiyel bir hatanın fark edilebilmesi neredeyse kesin.
1		

Risk öncelik sayısı (RÖS) için üç kategori vardır (Pillay ve Wang, 2003):

- i. $100 < RÖS$ Kritik risk,
- ii. $40 \leq RÖS \leq 100$ Orta derecede kritik risk,
- iii. $RÖS < 40$ Kritik olmayan risk

2.3 Fine Kinney

Fine Kinney yöntemi, 1976'da G. F. Kinney tarafından Güvenlik Yönetimi için Pratik bir Risk Analizi olarak önerilmiştir (Kinney, 1976). Risk değerlendirmesi için en çok tercih edilen yöntemlerden biridir. Yöntemde risk büyüklüğünü elde etmek için olasılık (kaza veya hasar olasılığı), frekans (tehlikenin oluşma sıklığı) ve şiddet (kaza durumunda sonuçların şiddeti) olmak üzere üç parametre kullanılmaktadır. Risk büyüklüğü (2.3) eşitliği ile elde edilir (Fine, 1971). Tablo 2.6'da bu parametrelerin dilsel ölçekleri verilmiştir (Kinney 1976).

$$\text{Risk Büyüklüğü (RM)} = \text{Olasılık (P)} \times \text{Şiddet (S)} \times \text{Frekans (F)} \quad (2.3)$$

Tablo 2.6 Fine Kinney parametreleri için dilsel değişkenler

Olasılık		Frekans		Şiddet	
10	Beklenir	10	Anlık, sürekli tekrar	100	Büyük çaplı felaket
6	Yüksek ihtimalle mümkün	6	Gün içinde bir veya birden fazla tekrar	40	Ölümcül durum
3	Olası	3	Haftada birkaç tekrar	15	Çok ciddi yaralanma, uzuv kaybı
1	Mümkün ama düşük	2	Ayda birkaç tekrar	7	Önem düzeyi yüksek yaralanma
0.5	Mümkün fakat düşük	1	Yılda birkaç tekrar	3	Önem düzeyi düşük zarar/ yaralanma, yerinde ilk yardım
0.2	Pratik olarak imkansız	0.5	Yıl içinde bir veya daha az tekrar	1	Çevresel etkisiz ramak kala
0.1	Neredeyse imkansız				

Risk düzeyi (R), aşağıdaki gibi beş kategori ile verilmektedir (Stankovic ve Stankovic, 2013):

- i. $0,1 < R < 20$ Önemsiz risk
- ii. $21 < R < 70$ Olası risk,
- iii. $71 < R < 200$ Önemli risk,
- iv. $201 < R \leq 400$ Yüksek risk,
- v. $400 < R$ Tolerans gösterilemez risk.

2.4 SCEA

Güvenlik ve Kritik Etki Analizi (SCEA) Karaşan ve diğerleri tarafından önerilmiştir. Bu metodoloji, hem FMEA hem de Fine Kinney yönteminde kullanılan parametrelere dayalı olarak risk büyüklüklerini elde eder. Başka bir deyişle, SCEA yöntemi, bu parametrelerin birleşik etkilerini dikkate almak için olasılık, şiddet, sıklık ve tespit edilebilirlik parametrelerini kullanır. SCEA yönteminde kullanılan parametrelere ilişkin dilsel ifadeler Tablo 2.8’de verilmiştir (Karaşan vd. 2018).

Tablo 2.7 SCEA parametreleri için dilsel değişkenler

Olasılık		Şiddet		Frekans		Tespit Edilebilirlik	
9	Çok yüksek	9	Felaket	9	Kalıcı	9	Kesinlikle imkansız
7	Yüksek	7	Yüksek	7	Düzenli	7	İmkansız
5	Orta	5	Orta	5	Ara sıra	5	Mümkün
3	Düşük	3	Önemli	3	Nadir	3	Kuvvetle muhtemel
1	Çok düşük	1	Önemsiz	1	Çok nadir	1	Kesinlikle mümkün

Risk düzeyi (RM), aşağıdaki dört kategori ile verilmektedir (Karaşan vd. 2018):

- | | | |
|------|-------------------------|---------------|
| i. | $1 \leq RM < 16$ | Önemsiz risk, |
| ii. | $16 \leq RM < 81$ | Önemli risk, |
| iii. | $81 \leq RM < 256$ | Esaslı risk, |
| iv. | $256 \leq RM \leq 6561$ | Kritik risk. |

Klasik mantıkta kesin önermeler bulunmaktadır. Bu sistemde “doğru” ya da “yanlış” olarak iki ihtimal vardır ve üçüncü bir ihtimalin olduğu düşünülmemektedir. Oysa risk analizinde çalışanları ve iş yerini direkt ya da dolaylı etkileyen faktörler, fiziksel, kimyasal, biyolojik, ergonomik, psikolojik risk etmenleri ve yasal yükümlülükler verilecek kararlara etki ederken klasik mantık sistemi yetersiz kalmaktadır. Karar destek sistemleri tüm alternatifleri değerlendirerek karar vericinin kriterlerine göre en iyi alternatifin seçimini sağlaması, karmaşık yapıdaki problemleri analiz etme, riskin kabul edilebilir seviyeye gelene kadar izlenmesini sistemli hale getirerek sürekli iyileştirmenin gereklerini sağlama özellikleri sebebiyle, iş sağlığı ve güvenliğinde risk analizinde kullanılmaktadır. Risk skorunun belirlenmesinde, belirlenen risklerin önceliklendirilmesinde belirsizliği daha rahat ifade edebilmek için; bulanık kümeler, sezgisel bulanık kümeler, nütrosifik kümeler gibi teorilere ihtiyaç duyulmaktadır.

3.1 Nütrosifik Küme Teorisi ve Gelişimi

Bulanık mantığın temeli insan mantığına dayanır. İnsan mantığı soğuk, sıcak, siyah, beyaz, temiz, kirli gibi kesin değerler ile birlikte, çok sıcak, aşırı soğuk, serin gibi kişiden kişiye değişebilen ara değerleri de göz önünde bulundurmaktadır. Bulanık mantık bu tür kesinlik belirtmeyen dilsel ifadeleri ele alırken insan mantığına benzer şekilde işlemektedir. Örneğin, kedi, kuş gibi canlılar, hayvanlar sınıfının üyeleri iken, kaya, bitki gibi canlılar ise üyeleri değildir. Bununla beraber denizyıldızı, bakteri gibi nesneler hayvanlar sınıfında belirsiz bir statüye sahiptir. Bunun gibi gerçekte kesin olarak tanımlanamayan sınıflar insan düşüncesinde önemli bir rol oynamaktadır (Atlas ve Bedirhanoğlu, 2018). Bulanık mantık ise kesin olarak tanımlanamayan sınıfta bulunan bir değişken olduğu durumlarda belirsizliğin giderilmesini sağlar (Zadeh, 1965).

Bulanık mantık insanın iki önemli karar verme yeteneğini ile ilgilenir. Birincisi, belirsizlik, bilginin tam olmayışı, kısmen doğru olması, kısmen olası olması,

çelişkili bilgi barındırması gibi mükemmel olmayan bilgi varlığında insanın karar verme yeteneğidir. İkincisi ise herhangi ölçüm ve hesaplama olmaksızın farklı mental ve fiziksel problemleri çözme yeteneğidir (Zadeh, 2008).

Bulanık mantık kavramı ilk olarak 1965 yılında Lotfi Asker Zadeh tarafından kullanılmıştır. Bulanık mantık ilk kez 1973 yılında, Mamdani tarafından bir buhar makinasında uygulanmış olup, ilk defa ticari olarak çimento fabrikasındaki bir fırının kontrol sistemine entegre edilmiştir (Mamdani ve Assilian, 1975).

Günümüzde ise bulanık mantık, belirsiz düşünce içeren ifadelerin analizinde verimli olması sebebiyle, insan yeteneklerinin ve kararlarının taklidinde, tahmine dayalı cihazların geliştirilmesi sırasında, iş sağlığı ve güvenliği risk analizinde ve yapay zekanın işleyişi gibi alanlarda kullanılmaktadır (Şen, 2012).

Bulanık mantığın ilkeleri şu şekilde özetlenebilmektedir;

- Bulanık mantıkta yaklaşık değerler kullanılmaktadır.
- Bulanık mantıkta bir olgu “biraz”, “fazla”, “çok az” şeklinde dilsel ifadeler ile tanımlanmaktadır.
- Klasik mantıkta bir çıkarımın doğru olanı 1, yanlış olanı da 0 ile temsil etmesine aksi olarak bulanık mantıktaki değerler 0 ile 1 aralığındaki üyelik derecesi ile gösterilmektedir.

Geleneksel bulanık kümeler olarak Tip-1 bulanık kümeler, kesin değerli üyelik derecesine sahiptir. Yargıların öznel olduğu ve tam üyelik derecesinin belirlenemediği durumlarda Tip-1 bulanık kümeler yeterli açıklayıcılığı sağlayamaz. Böylesi durumlarda kullanılmak üzere Tip 2 bulanık küme teorisi geliştirilmiştir. Tip-2 bulanık kümeler, bulanık değerli üyelik derecesine sahip olması sebebiyle belirsizlik içeren sistemlerde kullanılmakta, risk değerlendirmesinde özellikle bilginin aynı fikirde olmayan uzmanlardan elde edildiği durumlarda ise kullanımları yaygınlaşmaktadır.

Bulanık kümelerin, belirsizliği daha iyi ifade edebilmek, üyelik derecesi belirlemede çıkan sorunların üstesinden gelmek, işlem yükü ve karmaşıklığı azaltmak gibi sebeplerle zamanla Tip-1, Tip-2 bulanık kümelerin yanı sıra aralık

değerli bulanık kümeler, kararsız bulanık kümeler, çok üyelikli bulanık kümeler gibi farklı türleri ortaya atılmıştır.

Bulanık küme teorisinde bir evrensel kümenin elemanları $[0,1]$ aralığında üyelik derecesi almaktadır. Bu teoriye üyelik fonksiyonunun yanına üyelik olmama fonksiyonu ilave edilerek bulanık kümelerin daha genel hali 1986'da Atanassov tarafından sezgisel bulanık küme teorisi olarak ortaya atılmıştır (Atanassov, 1986). Buna göre bulanık bir A kümesinin bir elemanın kümeye ait olma derecesi μ_A ise bu kümeye ait olmama derecesi ise $1 - \mu_A$ olarak tanımlanmaktadır. Yani üye olma ve üye olmama derecelerinin toplamı 1'e eşittir. Fakat Atanassov'un "insan deneyimlerine göre belirlenen bir değer gerçek üyelik değerinin tam olarak bilinmemesi" görüşü sebebiyle, bu yaklaşımın gerçek hayatta karşılaşılan uygulamalardaki belirsizliği ele almakta etkin bir yöntem olmadığı düşünülmektedir. Bu sebeple sezgisel bulanık küme teorisinde tereddütlük derecesi adı verilen karar verici hatalarını minimize edebilen üçüncü bir parametreye gerek vardır.

X boş olmayan bir küme olmak üzere A sezgisel bulanık kümesi;

$$A = \{ \langle x, \mu_A(x), \sigma_A(x) \rangle : x \in X \} \quad (3.1)$$

$$X \rightarrow [0,1] \text{ ve } \sigma_A: x \rightarrow [0,1] \text{ olmak üzere her } x \in X \quad (3.2)$$

$$0 \leq \mu_A(x) + \sigma_A(x) \leq 1 \quad (3.3)$$

Sezgisel bulanık küme teorisinde üye olma ve üye olmama derecelerine ek olarak kullanılan tereddütlük derecesi herhangi bir x elemanının A kümesine ait olup olmamasının derecesini belirtmektedir. Tereddütlük derecesi belirli bir konu hakkında, bir uzmanın kararsızlığını ya da bilgisinin eksikliğini yansıtmaktadır (Atanassov, 1986).

$$\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - \sigma_A(x) \quad (3.4)$$

$$0 \leq \pi_A(x) \leq 1 \quad (3.5)$$

Sezgisel bulanık küme teorisinde üyelik fonksiyonu ve üyelik olmama fonksiyonunun aldığı değerler toplamı her zaman $[0,1]$ aralığında kalmaktadır.

Üyelik fonksiyonu ve üyelik olmama fonksiyonunun bu kısıtlaması belirsizlik içeren problemler için modelleme sıkıntısı oluşturmaktadır. Örneğin; bir uzman risk analizinde olasılık hesabı yaparken, diyebilir ki hatanın ortaya çıkma olasılığı için düşündüğü değerin doğru olma olasılığı %50, yanlış olma olasılığı %60 ve emin olmama olasılığı ise %20 (Toktaş, 2017). Bu durumun üstesinden gelmek için Smarandache, bulanık küme ve sezgisel bulanık küme teorisini içeren Latince nötr düşünceler anlamına gelen Neutrosophy'den esinlenerek nütrosofik terimini önererek nütrosofik küme teorisi adı verilen yeni bir küme teorisi sunmuştur (Smarandache, 2000).

Nütrosofik küme yaklaşımında, sezgisel bulanık kümedeki üyelik fonksiyonu yerine doğruluk fonksiyonu ($\text{truth} = T$), üye olmama fonksiyonu yerine yanlışlık fonksiyonu ($\text{Falsity} = F$) ve belirsizlik üyelik fonksiyonu ($\text{Indeterminacy} = I$) kullanılmaktadır (Smarandache, 2000).

Nütrosofik mantık ile sezgisel bulanık mantık arasındaki temel ayrım, nütrosofik mantıkta T , I ve F net sayılar olduğu zaman bu bileşenlerinin toplamının sezgisel bulanık mantıktaki gibi bir (1) olması zorunlu değildir (Smarandache, 2000). T , I , F bileşenlerinin toplamının birden küçük olması eksik bilgiyi; bire eşit olması tam bilgiyi; birden büyük olması çelişkili bilgiyi ifade eder (Atlas ve Bedirhanoğlu, 2018).

Nütrosofik küme yaklaşımında belirsizlik değerinin kullanılması insan düşünce mantığına daha yakındır (Zhang, 2010). Hava durumu ile ilgili tahminde bulunduğumuzu düşünelim. “Hafta sonu kar yağacak” önermesinde kesin bir değerden bahsetmemiz mümkün olmamaktadır. Nütrosofik olarak bu durumun %60 doğru (T), %50 belirsiz (I) ve %30 yanlış (F) olduğunu söyleyebiliriz. Benzer şekilde, “Ali akıllıdır” dediğimizde tamamen öznellik içeren bir cümle kurmuş oluruz ve akıllı olmak kavramı kişiden kişiye göre değişebilir. Ali danışmanına göre (0.35, 0.67, 0.6), kendisine göre (0.8, 0.25, 0.1), eşine göre (0.5, 0.2, 0.3) akıllı olabilir. Yukarıdaki örnekler düşünüldüğünde incelenen olayın karmaşık olduğu veya olayla ilgili yeterli bilginin bulunamadığı durumlarda, kişilerin görüşlerine yer verilmesi gerekmektedir. İş sağlığı ve güvenliği için risk analizi yaparken de riskin gerçekleşme ihtimali ve risk gerçekleştiği durumda ortaya çıkan

şiddet uzmanının kavrayış ve yargısına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bir uzmana belirli bir ifade hakkında fikrini sorduğumuzda, ifadenin doğru olma olasılığının 0.5, ifadenin yanlış olma olasılığının 0.6 ve emin olmadığının derecesinin 0.2 olduğunu düşünebilir. Nötrosifik kümelerin risk analizinde kullanılması, olasılık, şiddet vb. parametrelerin dilsel değişkenler yardımıyla nötrosifik kümelere dönüştürülmesi ve risk skoru belirlenmesi durumunda ise risk derecelerinin daha doğru belirlenmesi açısından önemli olacaktır.

3.1.1 Nötrosifik Kümelerde İşlemler

Tanım 3.1

X bir evrensel küme olsun. x bu evrensel kümede bir eleman ve $x \in X$. Nötrosifik set A : $((T_A(x), I_A(x), F_A(x)))$. (Samarandache, 2000).

$T_A(x)$: Doğruluk üyelik fonksiyonu

$I_A(x)$: Belirsizlik üyelik fonksiyonu

$F_A(x)$: Yanlışlık üyelik fonksiyonu

$T_A(x)$, $I_A(x)$ ve $F_A(x)$ fonksiyonları $]0^-, 1^+ [$ in gerçel, standart ya da standart olmayan alt kümesidir.

$$T_A(x): X \rightarrow]0^-, 1^+ [\quad (3.6)$$

$$I_A(x): X \rightarrow]0^-, 1^+ [\quad (3.7)$$

$$F_A(x): X \rightarrow]0^-, 1^+ [\quad (3.8)$$

$T_A(x)$, $I_A(x)$ ve $F_A(x)$ fonksiyonlarının toplamı için bir sınırlama yoktur.

$$0^- \leq T_A(x) + I_A(x) + F_A(x) \leq 3^+ \quad (3.9)$$

Tanım 3.2

Her $x \in X$ için A nötrosifik kümesinin tümleyeni $c(A)$ ile gösterilir ve $c(A)$ nötrosifik kümesinin doğruluk fonksiyonu, belirsizlik fonksiyonu ve yanlışlık fonksiyonu (Wang vd. 2010):

$$T_{C(A)}(x) = \{1^+\} - T_A(x) \quad (3.10)$$

$$I_{C(A)}(x) = \{1^+\} - I_A(x) \quad (3.11)$$

$$F_{C(A)}(x) = \{1^+\} - F_A(x) \quad (3.12)$$

Tanım 3.3

Her $x \in X$ için A ile B ntrosofik kümelerinin birleşimi C ntrosofik kümesi $C = A \cup B$ ile gösterilir ve C ntrosofik kümesinin doğruluk fonksiyonu, belirsizlik fonksiyonu ve yanlışlık fonksiyonu (Wang vd. 2010):

$$T_C(x) = \max(T_A(x), T_B(x)) \quad (3.13)$$

$$I_C(x) = \max(I_A(x), I_B(x)) \quad (3.14)$$

$$F_C(x) = \min(F_A(x), F_B(x)) \quad (3.15)$$

Tanım 3.4

Her $x \in X$ için A ile B ntrosofik kümelerinin kesişimi C ntrosofik kümesi $C = A \cap B$ ile gösterilir ve C ntrosofik kümesinin doğruluk fonksiyonu, belirsizlik fonksiyonu ve yanlışlık fonksiyonu, (Wang vd. 2010):

$$T_C(x) = \min(T_A(x), T_B(x)) \quad (3.16)$$

$$I_C(x) = \min(I_A(x), I_B(x)) \quad (3.17)$$

$$F_C(x) = \max(F_A(x), F_B(x)) \quad (3.18)$$

Tanım 3.5

Her $x \in X$ için A ile B tek değerli ntrosofik kümelerinin farkı C tek değerli ntrosofik kümesi $C = A / B$ ile gösterilir ve C ntrosofik kümesinin doğruluk fonksiyonu, belirsizlik fonksiyonu ve yanlışlık fonksiyonu Wang vd. 2010).

$$T_C(x) = \min(T_A(x), F_B(x)) \quad (3.19)$$

$$I_C(x) = \min(I_A(x), 1 - I_B(x)) \quad (3.20)$$

$$F_C(x) = \max(F_A(x), T_B(x)) \quad (3.21)$$

Tanım 3.6

Her $x \in X$ için A ile B tek değerli nütrosifik kümelerinin toplama işlemi aşağıdaki şekilde yapılır (Smarandache, 2016):

$$A + B = \langle T_A(x) + T_B(x) - T_A(x) \cdot T_B(x), I_A(x) \cdot I_B(x), F_A(x) \cdot F_B(x) \rangle \quad (3.22)$$

Tanım 3.7

Her $x \in X$ için A ile B tek değerli nütrosifik kümelerinin çıkarma işlemi aşağıdaki şekilde yapılır (Smarandache, 2016):

$$A - B = \langle (T_A(x) - T_B(x)) / (1 - T_B(x)), I_A(x) / I_B(x), F_A(x) / F_B(x) \rangle \quad (3.23)$$

Tanım 3.8

Her $x \in X$ için A ile B tek değerli nütrosifik kümelerinin çarpma işlemi aşağıdaki şekilde yapılır (Smarandache, 2016):

$$A \cdot B = \langle T_A(x) \cdot T_B(x), I_A(x) + I_B(x) - I_A(x) \cdot I_B(x), F_A(x) + F_B(x) - F_A(x) \cdot F_B(x) \rangle \quad (3.24)$$

Tanım 3.9

Her $x \in X$ için A ile B tek değerli nütrosifik kümelerinin bölme işlemi aşağıdaki şekilde yapılır (Smarandache, 2016):

$$A/B = \langle T_A(x) / T_B(x), (I_A(x) - I_B(x)) / (1 - I_B(x)), (F_A(x) - F_B(x)) / (1 - F_B(x)) \rangle \quad (3.25)$$

Tanım 3.10

Her $x \in X$ için A ile B tek değerli nütrosifik küme olsun. A ve k'nın çarpımı ($k > 0$) aşağıdaki gibi yazılır (Samarandache, 2016):

$$k \times A = 1 - (1 - T_A(x))^k, (I_A(x))^k, (F_A(x))^k \quad (3.26)$$

Tanım 3.11

Her $x \in X$ için A ve B üç değerli nütrosifik küme olsun. Toplama işlemi aşağıdaki şekilde yapılır (Biswas ve Pramanik, 2016):

$$A + B = \left\langle \begin{pmatrix} T_{A1}(x) + T_{B1}(x) - T_{A1}(x) \cdot T_{B1}(x), T_{A2}(x) + T_{B2}(x) - T_{A2}(x) \cdot T_{B2}(x) \\ T_{A3}(x) + T_{B3}(x) - T_{A3}(x) \cdot T_{B3}(x) \\ (I_{A1}(x) \cdot I_{B1}(x), I_{A2}(x) \cdot I_{B2}(x), I_{A3}(x) \cdot I_{B3}(x)), \\ (F_{A1}(x) \cdot F_{B1}(x), F_{A2}(x) \cdot F_{B2}(x), F_{A3}(x) \cdot F_{B3}(x)) \end{pmatrix} \right\rangle \quad (3.27)$$

Tanım 3.12

Her $x \in X$ için A ve B üç değerli nütrosifik küme olsun. A ve k'nın çarpımı ($k > 0$) aşağıdaki gibi yazılır (Biswas ve Pramanik, 2016):

$$kXA = \left(\left(1 - (1 - T_{A1}(x))^k, 1 - (1 - T_{A2}(x))^k, 1 - (1 - T_{A3}(x))^k \right), \right. \\ \left. ((I_{A1}(x))^k, (I_{A2}(x))^k, (I_{A3}(x))^k), \right. \\ \left. ((F_{A1}(x))^k, (F_{A2}(x))^k, (F_{A3}(x))^k) \right) \quad (3.28)$$

3.1.2 Skor Fonsiyonu Formülü

Nütrosifik küme formatında doğruluk üyelik derecesi ($T_{RM}(x)$), belirsizlik üyelik derecesi ($I_{RM}(x)$) ve yanlışlık üyelik derecesi ($F_{RM}(x)$) bulunmaktadır. Literatürdeki uygulamalarda farklı teorilere dayalı sayılarla işlem yapıldığında, hesaplama sürecinde gerek işlem kolaylığı sağlanması gerekse nihai çıkarımın daha belirgin olması adına bu üyelik dereceleri tek sayıya dönüştürülmektedir. Bu üç değeri tek değere dönüştürmek için ise skor fonksiyonu ($S(RM)$) formülü kullanılır. Bu formül farklı kaynaklarda aşağıdaki şekillerde ifade edilmiştir;

Teorem 3.1 (Radwan vd. 2016)

$$S(RM^k) = \frac{3 + T_{RM}^k(x) - 2 * I_{RM}^k(x) - F_{RM}^k(x)}{4} \quad (3.29)$$

Teorem 3.2 (Şahin, 2014)

$$S(RM^k) = \frac{1 + T_{RM}^k(x) - 2 * I_{RM}^k(x) - F_{RM}^k(x)}{2} \quad (3.30)$$

Teorem 3.3 (Nancy ve Hang, 2016)

$$S(RM^k) = \frac{1 + (T_{RM}^k(x) - 2 * I_{RM}^k(x) - F_{RM}^k(x)) * (2 - T_{RM}^k(x) - F_{RM}^k(x))}{2} \quad (3.31)$$

Teorem 3.4 (Peng vd. 2016)

$$S(RM^k) = \frac{2 + T_{RM}^k(x) - I_{RM}^k(x) - F_{RM}^k(x)}{3} \quad (3.32)$$

Teorem 3.5 (Nafei vd. 2021)

$$S(RM^k) = \frac{4+(T_{RM}^k(x)-2*I_{RM}^k(x)-F_{RM}^k(x))*(2-T_{RM}^k(x))*(2-F_{RM}^k(x))}{5} \quad (3.33)$$

Bu tez kapsamında önerilen çalışmada risk analiz parametreleri bulanık çıkarımla birleştirilerek risk büyüklüğü belirlenmektedir. Bu parametrelerinin tanımlanmasında ise nütrosifik küme kullanıldığı için bulanık çıkarım sisteminin girdisi nütrosifik küme formatındadır. Literatürde nütrosifik küme tabanlı bir çıkarım sistemi daha önce olmadığı için mevcut skor yöntemleri değerlendirilmiştir. Yaygın kullanılan skor fonksiyonu formülü olan (3.29), uygulama sırasında kullanılmış fakat formülün belirsizlik ve yanlışlık değerini doğruluk değeri büyüklüğünden çıkartması bu sebeple de risk büyüklüğüne negatif bir etkisi olması dikkate alınarak farklı bir bakış açısı bu tez kapsamında önerilmiştir. Buna göre doğruluk üyelik derecesi($T_{RM}(x)$), belirsizlik üyelik derecesi ($I_{RM}(x)$) ve yanlışlık üyelik derecesi ($F_{RM}(x)$) değerlerini tek değere dönüştürmek için ise beta dağılımından esinlenerek türetilen yeni skor fonksiyonu formülü ($S(RM)$) kullanılmış olup aşağıdaki gibidir:

$$S(RM^k) = \frac{4 * T_{RM}^k(x) + I_{RM}^k(x) + F_{RM}^k(x)}{6} \quad (3.34)$$

Bu kapsamda maximum- minimum risk dereceleri hem klasik SCEA ile hem de yeni skor fonksiyonu formülü ile hesaplanarak Tablo 3.1’de gösterilmiştir. Buna göre, yeni önerilen skor fonksiyonu formülü, 1-10 risk büyüklüğüne sahip SCEA yöntemine yakın ve tutarlı sonuç vermesi sebebiyle literatüre önerilmiş ve uygulama sırasında kullanılmıştır.

Tablo 3.1 Klasik SCEA risk skoru ile önerilen yöntemin risk büyüklüğü karşılaştırılması

SCEA Parametreleri	Şiddet			Olasılık			Sıklık			Tespit Edilebilirlik			Önerilen Skor Fonksiyon (3.34)	Klasik SCEA
Nütrosifik Değer	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F		
Maksimum Değer	5	5	5	5	5	5	5	5	1	1	1	1	9.727	10
Minimum Değer	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1	5	1.25	1

3.2 Bulanık Çıkarım Sistemleri

Bulanık çıkarım sistemleri (FIS), Mamdani (1977) tarafından tanıtilen bulanık kural tabanlı sistemler olarak da bilinir ve bu tekniğin ilk yapısı makinelerin kontrol sistemlerinde kullanılmıştır (Sivanandam vd. 2007). Bulanık çıkarım sistemindeki mantıksal ifadeler, “ve”, “veya” bağlantıları ile birleştirilir. Her bir mantıksal ifadenin bir çıktısı vardır. Son sonuç kümesi, bu çıktıların birleştirilmesiyle elde edilir. VE (AND), VEYA (OR) mantıksal bağlantı işlemcileri, her kuralın değerinin belirlenmesinde etkilidir. VE ile oluşturulmuş bir kurala kesişim işlemi uygulanır ve eşik değeri en küçük üyelik derecesine eşit olarak ifade edilir. VEYA ile oluşturulmuş bir kuralda eşik değeri birleştirme işlemi kullanılarak en büyük üyelik derecesi olarak bulunur (Öztürk, 2008).

Mamdani FIS yöntemi yaygın olarak kullanılmasına rağmen, Sugeno FIS, Sugeno (1985) tarafından tanıtilen bir diğer iyi bilinen yöntemdir. İki yöntem arasındaki temel fark, bulanık kuralların sonucunun elde edilmesinde yatmaktadır. Mamdani bulanık sistemler maksimum (max) – minimum (min) işlemlerini kullanırken Sugeno yöntemi doğrusal fonksiyonları kullanır. Ayrıca Sugeno yöntemi durulaştırma işlemi gerektirmez. Ancak Sugeno yönteminin dezavantajı sadece sınırlı değişkenler içeren problemlerin çözümü için kullanılabilmesidir (Sivanandam vd. 2007).

Mamdani FIS, özellikle dilsel ifadelerin modellenmesinde kullanılan yöntemin uzman görüşüne dayalı sezgisel hesaplamaya uygun olması nedeniyle farklı mühendislik sistemlerinde kullanılmıştır. Mamdani bulanık modelinde, EĞER-İSE (IF-THEN)'den oluşan kural tabanı sistemi karakterize eder. Mamdani bulanık modelinin kural tabanı altında EĞER- İSE yapısının genel durumu (3.35) eşitliği ile verilmektedir (Mamdani, 1977).

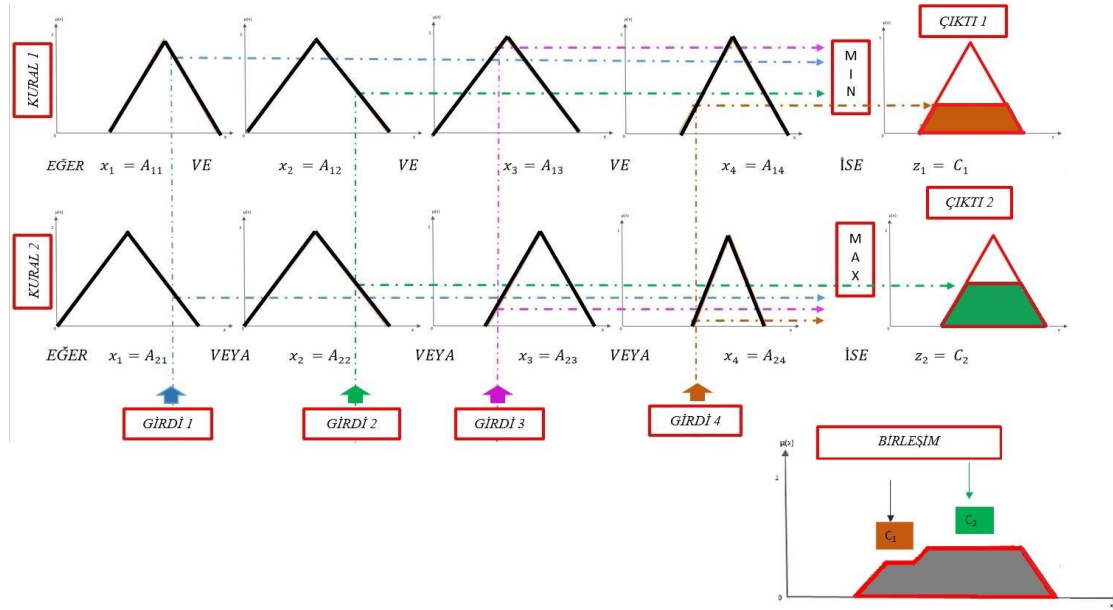
$$\text{EĞER } x_1 A_{i1} \text{ VE } x_2 A_{i2} \text{ VE } x_3 A_{i3} \text{ VE } \dots x_n A_{in} \text{ İSE } y B_i \quad i = 1, 2, 3 \dots k \quad (3.35)$$

Burada k ve x_r ($r = 1, 2, 3, \dots, n$) sırasıyla kural sayısı ve girdi değişken kümesidir. A_i ve B_i ise y çıktı değerinin dilsel değişkenidir.

Literatürde kullanılan birçok teknik olmasına rağmen en yaygın olanı MAX - MIN operatörüdür (Mamdani, 1977; Çebi, 2014).

$$\mu_{Bk}(y) = \max[\min[\mu_{A1k}(x_1), \mu_{A2k}(x_2)]], k = 1,2,3, \dots n \quad (3.36)$$

$\mu_{Bk}, \mu_{A1k}, \mu_{A2k}$ değerleri y çıktı değerinin üyelik dereceleridir. x_1, x_2 ise girdi değerlerinin üyelik dereceleridir.



Şekil 3.1 Bulanık çıkarım sistemi şekilsel gösterimi

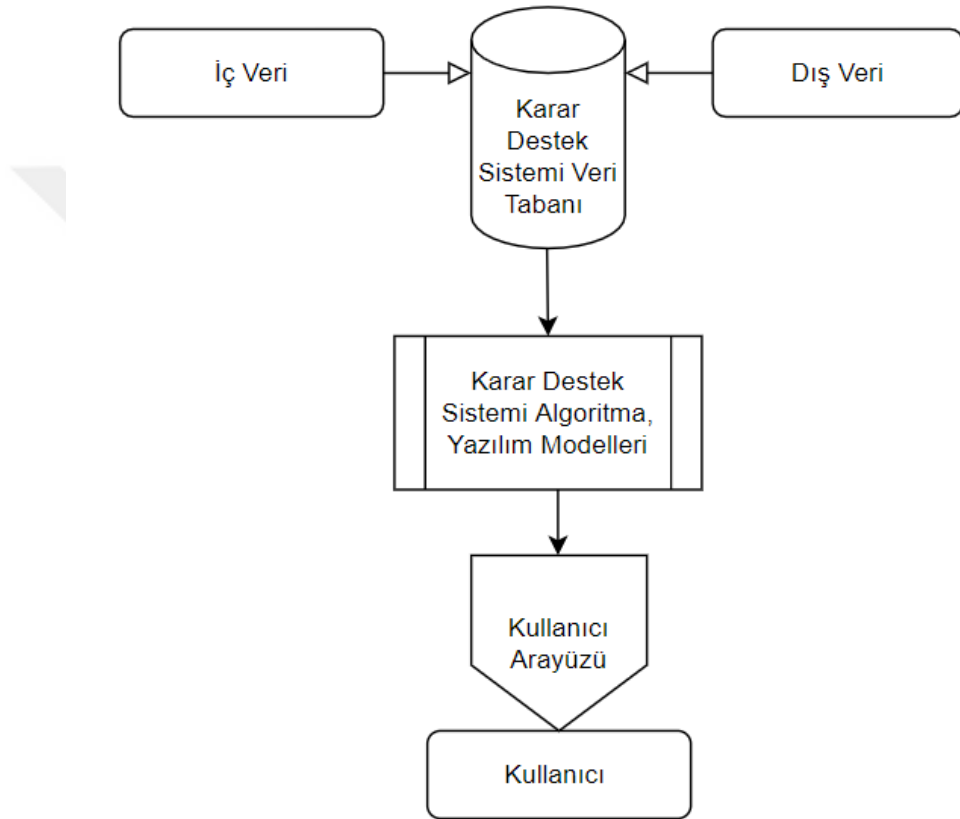
Şekil 3.1 Mamdani FIS'in grafiksel görünümünü sunmaktadır. Bu çalışma kapsamında A_{i1}, A_{i2}, A_{i3} , ve A_{i4} i. kuralın dört girdisidir. 1. Kuralda mantıksal bağlantı “VE” kullanıldığından, birinci kuralın bulanık çıktısı olan C_1 'nin bulanık çıktısı minimum üyelik derecesine 2. Kuralda mantıksal bağlantı “veya” kullanıldığından ikinci kural olan C_2 'nin bulanık çıktısı ise maksimum üyelik derecesine eşittir.

3.3 Karar Destek Sistemleri

Karar Destek Sistemi farklı kaynaklardaki bilgileri düzenleyip analiz ederek kararı modelleyen bu sayede ise karar vericinin seçimine destek veren bilgisayar temelli sistem olarak tanımlanmaktadır (Sauter, 1997). Karar destek sisteminin terimsel ifadesi ilk olarak Gorry ve Scott Morton (1971)'in çalışması olmakla beraber, ilk karar destek sistemi (KDS) Little (1970) ın çalışmasıyla ortaya atılmıştır (Marakas, 1999).

Karar destek sistemleri, verilecek kararlar ile ilgili veriyi anlayarak bir model tabanında değerlendirir ve çıktı veriyi oluşturur. En önemli özelliği ise de

tekrarlanabilir karar verme problemlerine uygulanmasıdır. Bu sebeple iş sağlığı ve güvenliğinde risk analizi çalışmaları için son derece uygundur. Örneğin bir kimya laboratuvarında bulunan risklerin, o laboratuvarın sorumlusu tarafından hızlı bir şekilde analiz edilmesine imkan sağlayacak bir karar destek sistemi geliştirilebilir. Bu sayede İSG alanında yapılan her bir işlem için uzman varlığına ihtiyaç duyulmaz, iş güvenliği uzmanının iş yükü azalır, kullanıcının iş güvenliği anlamındaki bilgi eksikliğinin kapatılmasına yardımcı olur.



Şekil 3.2 Karar destek sistemi şematik gösterimi

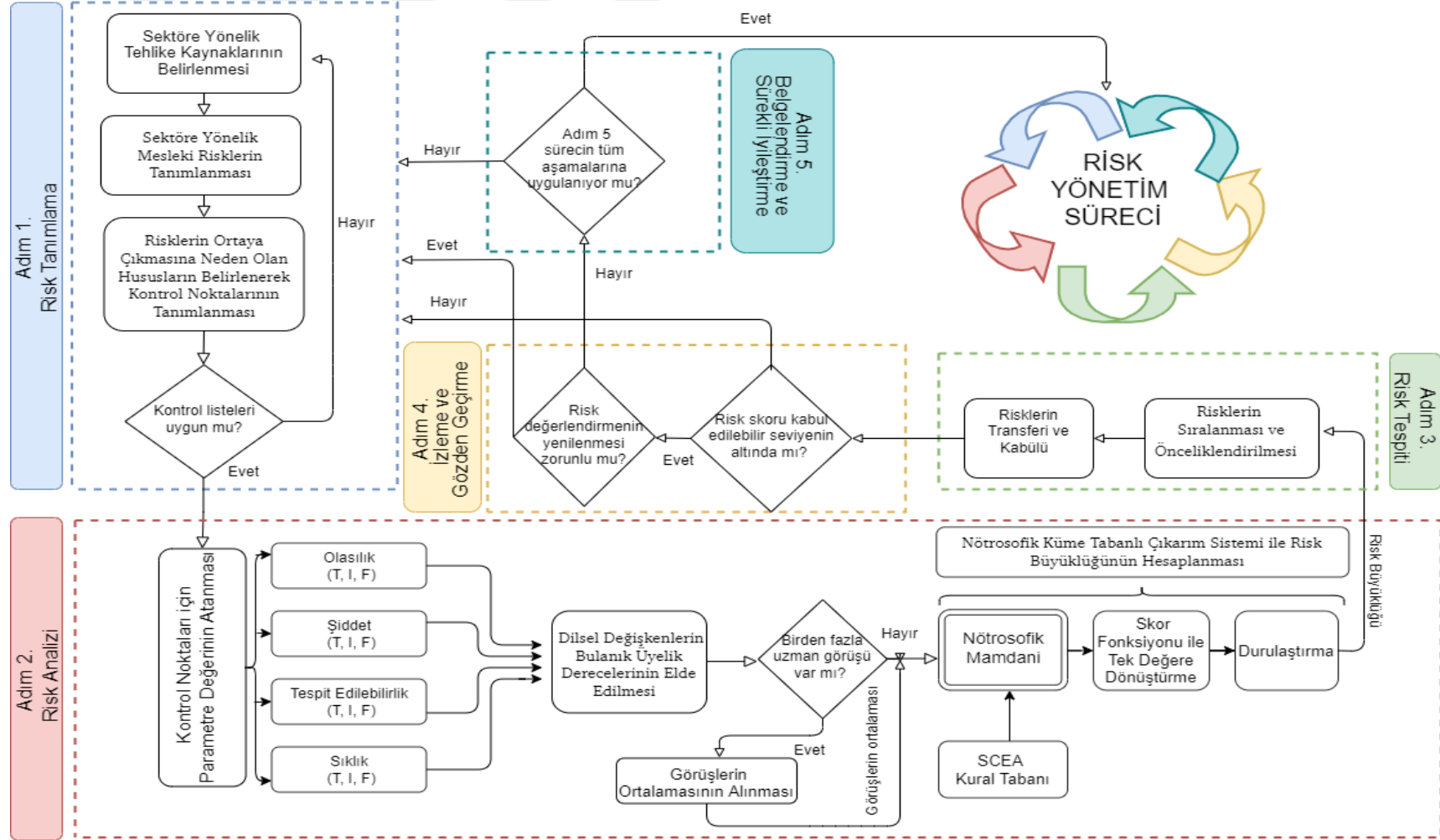
Karar destek sistemlerinin oluşturulması, sistemde olan ve/veya sisteme yeni tanımlanmış verilerin, yine sistemin ihtiyacına göre şekillenmiş gerekli yazılım araçları ve matematiksel/istatistiksel yöntemlerle geliştirilerek son kullanıcıya sunulması aşamalarını içerir (Şekil 3.2). Bir karar destek sistemi geliştirilmesinde ilk aşama veri tabanı oluşturulmasıdır. Bunun için sistemin daha önce kullandığı iç veriler ve sistemin ihtiyaç duyduğu dış kaynaklarda bulunan veriler sisteme dahil edilir. Sistemin ihtiyacına göre belirlenen algoritma, yapay zeka yöntemleri, veri madenciliği yöntemleri, gerekli yazılım araçları, matematiksel ve istatistiksel veri analiz yöntemleri, özel kısıtlar ve isteklerden biri ya da birkaçının ortak

kullanımı ile karar destek sistemini geliştirilir. Geliştirilen bu sistemlerin kullanım öncesi, kullanım sırasında ve periyodik olarak test ve değerlendirmesinin yapılması gerekmektedir (Alaeddinoğlu, 2017).



ÖNERİLEN YÖNTEM VE AŞAMALARI

İş sağlığı ve güvenliğinde risk yönetim süreci çalışma koşullarından kaynaklı tehlike ve riskleri tanımlayarak kabul edilebilir seviyeye indirerek riski kontrol altına almayı amaçlar. Böylece çalışanı ve işletmeyi koruyarak, sağlıklı, güvenli ve verimli bir çalışma ortamı oluşturmak amacıyla proaktif önlemler almak işverenin sorumluluğudur. Bu amaçla işverenin risk analizi yapması ya da yaptırması gerekmektedir. Literatür taramasında risk büyüklüğü elde edilirken çarpımsal yöntemlerden ziyade çıkarımsal kural tabanlı sistemlerin kullanıldığı çalışmalara rastlandığına değinilmiştir. Bu çalışmada, literatüre 2018 yılında Karaşan vd. tarafından önerilmiş olan SCEA yönteminin uzmanların belirsizlik durumlarını da dikkate alan nütrosifik teorisine genişletilmiş modeli önerilmiştir. Literatürde nütrosifik setlerle birlikte çalışan mamdani çıkarım sistemi örneği olmaması göz önüne alınarak bu çalışmada bulanık çıkarım sistemi kullanılmış ve bu yöntem nütrosifik setlere genişletilmiş olup, önerilen yöntemin aşamaları Şekil 4.1’de açıklanmıştır.



Şekil 4.1 Önerilen yaklaşımın aşamaları

4.1 Risk Tanımlama

4.1.1 Sektöre Yönelik Tehlike Kaynaklarının Belirlenmesi

Bu adımda, çalışanı veya işyerini etkileyebilecek iş kazası, ramak kala oluşmasına sebep olabilecek iş ekipmanları ya da cihazlar tehlike kaynağı olarak belirlenir. İSG ile ilgili kanun ve yönetmeliklerde dikkate alınarak, çalışma ortamında bulunan tehlikeler belirlenir.

4.1.2 Sektöre Yönelik Mesleki Risklerin Tanımlanması

Tehlikelerden kaynaklanabilecek zararlı sonuçlar yani riskler bu aşamada tanımlanır. İşletmede meydana gelen kazalara ait geçmişe dayalı istatistikler mevcut olmadığı durumda ise belirlenen tehlike kaynaklarına yönelik kazaların olabilirliği risk değerlendirme ekibi tarafından tanımlanır.

4.1.3 Risklerin Ortaya Çıkmasına Neden Olan Hususların Belirlenerek Kontrol Noktalarının Tanımlanması

Bu aşamada risklerin ortaya çıkmasının kök nedenleri “neden”, “nasıl” gibi sorularla bulunmaya çalışılır. Her risk için yöneticiler, iş güvenliği uzmanları, işyeri destek elemanı ve operatörlerin ya da laboratuvar sorumlularının da görüşleri alınarak kontrol noktaları belirlenir.

4.2 Risk Analizi

4.2.1 Kontrol Noktaları için Parametre Değerinin Atanması

Önerilen bu yöntemde Karaşan vd. (2018) tarafından önerilen olasılık (P), şiddet (S), sıklık (F) ve tespit edilebilirlik (D) parametrelerinden oluşan SCEA risk değerlendirmesi kullanılır. Tablo 4.1’de değerlendirme esnasında kullanılan dilsel ölçek ve bu dilsel ölçeğin ilgili parametre için ne anlama geldiği verilmiştir. Değerlendirme aşamasında, eldeki tüm veriler ışığında belirlenmiş olan kontrol noktalarının her biri ayrı ayrı dikkate alınarak her bir kontrol noktasının kazaya sebebiyet verme durumuna yönelik olasılık, şiddet, sıklık ve tespit edilebilirlik parametre değerleri, nütrosifik küme parametreleri (T, I, F) kullanılarak tanımlanır.

Yöntemde her bir kontrol noktasına ait olasılık, şiddet, sıklık ve tespit edilebilirlik parametreleri için doğruluk (T) ve yanlışlık (F) değerlerinin belirlenmesi için uzmanlardan Tablo 4.2'deki doğruluk ve yanlışlık parametreleri için verilen soruları cevaplamaları istenir. Olasılık parametresi kontrol önlemi alınmadan önce ve alındıktan sonra riskin gerçekleşme olasılığını belirtir. Şiddet parametresi iki yaklaşım arasından karar verici tarafından en kötümser olanı seçilerek belirlenir. 1. yaklaşım riske göre zarar verme şiddeti ile nadir de olsa gerçekleşebilecek şiddeti ölçerken, 2. yaklaşım kontrol noktasına bakılarak ilgili kontrol önlemi alınmadan önce ve alındıktan sonra zarar görme şiddetini analiz eder. Tespit edilebilirlik, riske ait kontrol noktasının tespit edilme durumu olup; ilgili eksikliğin denetimde veya rutin faaliyet esnasında fark edilme durumu olarak tanımlanır. Sıklık parametresi, belirlenirken ilgili makinanın haftalık ve yıllık kullanım sıklığı dikkate alınarak tanımlanır.

Her bir kontrol noktasının doğruluk (T) ve yanlışlık (F) değerlerinin belirlenmesi yukarıda açıklandığı gibi çift yönlü olarak sorgulanarak kontrol noktasının kaza potansiyeli değerlendirilir. Uzmandan alınan yanıtı bağlı olarak yargılardaki kararsızlığı tanımlamak yani belirsizlik (I) değerini belirlenmek için Tablo 4. 3 kullanılır. Örneğin bir kontrol noktasındaki önlem alınmadıysa kazanın gerçekleşme ihtimali çok yüksekse önlem alındıktan sonra burada kazanın gerçekleşme ihtimalinin çok düşük olması beklenir. Karar vericinin ilgili kontrol noktası için olasılık üzerine değerlendirmesini “İlgili kontrol önlemi alınmadıysa, riskin gerçekleşme olasılığını “VH” ve ilgili kontrol önlemi alındıysa, riskin gerçekleşme olasılığını “VL” şeklinde yaptığını düşünelim. İlgili durumun kararsızlığı için Tablo 4.3 kullanılarak belirsizlik “VL” olarak tanımlanır. Dolayısıyla ilgili kontrol noktası için olasılık kazanın gerçekleşme olasılığı (VH, VL, VL) şeklinde tanımlanır. Farz edelim ki karar verici “İlgili kontrol önlemi alındıysa, riskin gerçekleşme olasılığını” önlem alındıktan sonra bile H olarak tanımlasın. Bu durumda belirsizlik Tablo 4.3'ten H olarak okunur ve söz konusu kontrol noktası nedeniyle kazanın gerçekleşme olasılığı (VH, H, H) şeklinde ifade edilir.

Tablo 4.1 Dilsel değişkenler

Dilsel İfade	Bulanık Karşılığı	Olasılık	Şiddet	Tespit Edilebilirlik	Sıklık	
					Yıllık Sıklık	Haftalık Sıklık
Çok düşük (VL)	(0,0,2.5)	Olası değil	İş günü kaybı olmayan ya da üretimin durmasını etkilemeyen çok düşük yaralanma, ucuz atlatma.	Alınan tedbirler ile kaza fark edilemez.	Yılda bir kez	Haftada 1
Düşük (L)	(0,2.5,5)	Uzak olasılık	Yaralanma, sistemin çalışmasını yavaşlatan ya da kısa süreli durduran küçük hasar	Alınan tedbirler ile kazanın fark edilebilmesi ihtimali düşüktür.	Yılda bir kereden fazla	Haftada 2
Orta (M)	(2.5,5,7.5)	Orta olasılık	Yatarak tedavi/ kırık /önemli yaralanma ve/veya sistem performansını etkileyen hasar	Orta düzeyde kontrol uygulanıyor.	Ayda bir veya daha fazla	Haftada 3
Yüksek (H)	(5,7.5,10)	Oldukça mümkün	Kalıcı yaralanma/ uzuv kaybı /ölümcül hastalığa yakalanma ve/veya ekipmanın tamamen hasar görmesi	Kaza oluşmadan önce dikkate değer bir uyarı vardır.	Haftada bir veya bir kereden fazla	Haftada 4
Çok yüksek (VH)	(7.5,10,10)	Beklenir	Öldürücü kaza ve/veya çevresel felaket	Alınan tedbirler ile kazanın fark edilebilmesi mümkündür	Günde bir veya birkaç kez	Haftanın her günü

Tablo 4.2 Doğruluk ve yanlışlık değerlerinin ölçülmesi

Parametre	Anlamı	Nötrosofik Değişken	Cevaplanması İstenen Soru
Olasılık	Her bir kontrol noktası için ayrı ayrı belirlenir. Riskin gerçekleşme olasılığını belirtir.	Doğruluk (T)	İlgili kontrol önlemi alınmadıysa , riskin gerçekleşme olasılığı nedir?
		Yanlışlık (F)	İlgili kontrol önlemi alındıysa, riskin gerçekleşme olasılığı nedir?
Şiddet (Yaklaşım 1)	Riske göre hesaplanır. Risk oluşuktan sonra hasarın şiddetidir.	Doğruluk (T)	Zarar görme şiddeti nedir?
		Yanlışlık (F)	Nadir olarak gerçekleşebilecek şiddet nedir?
Şiddet (Yaklaşım 2)	Her bir kontrol noktası için ayrı ayrı belirlenir. Önlem alınmadan önce ve önlem alındıktan sonra şiddet değerini belirtir.	Doğruluk (T)	İlgili kontrol önlemi alınmadıysa , zarar görme şiddeti nedir?
		Yanlışlık (F)	İlgili kontrol önlemi alındıysa, zarar görme şiddeti nedir?
Sıklık	Tehlike kaynağına göre belirlenir. Tehlikeye maruz kalma sıklığını belirtir. Haftalık kontrol düşünülerek hesaplanır.	Doğruluk (T)	Haftalık ortalama kullanım sıklığı nedir?
		Yanlışlık (F)	Yıllık ortalama kullanım sıklığı nedir?
Tespit Edilebilirlik	Her bir kontrol noktası için ayrı ayrı belirlenir. Mevcut önlemlerle tehlikenin tespit edilip edilemeyeceğini açıklar.	Doğruluk (T)	Kontrol önleminin kontrol aşamasında tespit edilebilirliği nedir? (Denetim faaliyeti sırasında)
		Yanlışlık (F)	Kontrol önleminin rutin çalışma durumunda tespit edilebilirliği nedir?

Tablo 4.3 Belirsizlik (I) değeri ölçülmesi

Olasılık ve Şiddet (Yaklaşım 2) için Değerlendirme		Yanlışlık Değeri Tercihi				
		Çok Düşük (VL)	Düşük (L)	Orta (M)	Yüksek (H)	Çok Yüksek (VH)
Doğruluk Değeri Tercihi	Çok Düşük (VL)	VL	-	-	-	-
	Düşük (L)	VL	VH	-	-	-
	Orta (M)	VL	H	VH	-	-
	Yüksek (H)	VL	M	H	VH	-
	Çok Yüksek (VH)	VL	L	M	H	VH
Tespit Edilebilirlik, Sıklık ve Şiddet (Yaklaşım 1) için Değerlendirme		Yanlışlık Değeri Tercihi				
		Çok Düşük (VL)	Düşük (L)	Orta (M)	Yüksek (H)	Çok Yüksek (VH)
Doğruluk Değeri Tercihi	Çok Düşük (VL)	VL	L	M	H	VH
	Düşük (L)	L	VL	L	M	H
	Orta (M)	M	L	VL	L	M
	Yüksek (H)	H	M	L	VL	L
	Çok Yüksek (VH)	VH	H	M	L	VL

Tablo 4.4 Belirsizlik parametresi için dilsel değerin verilmesi

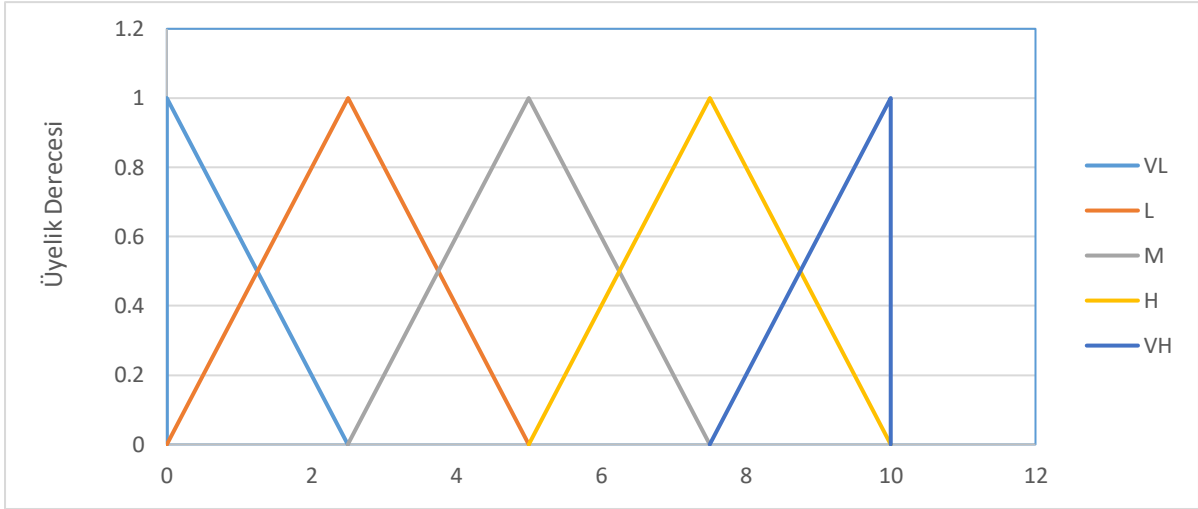
Belirsizlik seviyesi	Kısaltma	Bulanık Karşılığı
Çok düşük belirsizlik	VL	(0,0,2.5)
Düşük belirsizlik	L	(0,2.5,5)
Orta belirsizlik	M	(2.5,5,7.5)
Yüksek belirsizlik	H	(5,7.5,10)
Çok yüksek belirsizlik	VH	(7.5,10,10)

4.2.2 Dilsel değişkenlerin bulanık üyelik derecelerinin elde edilmesi

Her kontrol noktasının uzmanlar tarafından değerlendirilmesinden sonra belirlenen kontrol noktaları, doğruluk, belirsizlik ve yanlışlık değerlerini içeren 3 boyutlu (T, I, F) nütrosifik bir yapı ile tanımlanmış olur. Dilsel olarak belirlenen nütrosifik olasılık, nütrosifik şiddet ve nütrosifik tespit edilebilirlik değerleri, Tablo 4.1 ve 4.4'te verilen ölçek kullanılarak bulanık değerlere dönüştürülür.

Eğer birden fazla uzman görüşü varsa ve uzman görüşlerinde ortak bir karar yoksa bulanık değerlere dönüştürülmüş uzman görüşlerinin ortalamasının alınması için (3.27) ve (3.28) eşitlikleri kullanılır.

Bulanık değerlere dönüştürülmüş olan nütrosifik şiddet, olasılık, tespit edilebilirlik ve sıklık değerleri için Şekil 4.2'deki skala kullanılarak üyelik dereceleri tespit edilir.



Şekil 4.2 SCEA parametreleri için üyelik dereceleri

4.2.3 Nütrosifik küme tabanlı çıkarım sistemi ile risk büyüklüklerinin hesaplanması

Her kontrol noktasına ait olasılık, şiddet, tespit edilebilirlik ve sıklık parametreleri nütrosifik set olarak tanımlandıktan sonra ilk kez bu çalışmada önerilen nütrosifik çıkarım sistemi kullanılarak risk büyüklüğü elde edilir. Bu çalışmada ilk kez sunulan nütrosifik çıkarım sistemi Mamdani tarafından önerilen bulanık çıkarım sisteminden esinlenerek geliştirilmiştir.

Bu adımda, önceki adımda elde edilen parametrelerin üyelik dereceleri, bulanık çıkarım sisteminde girdi olarak kullanılarak riskin büyüklüğü hesaplanır. Bulanık çıkarım sistemi, girdi değerine göre dört değişkenin verilerini kullanan ve çıktı değeri olarak risk büyüklüğünü veren EĞER-İSE (IF-THEN) kural tabanlı bir yapı olup Şekil 4.3'teki gibidir. Kural tabanında yer alan herhangi bir kural aşağıdaki yapıda temsil edilir:

$$R^k: \text{EĞER } RS(T, I, F) \text{ VE } RP(T, I, F) \text{ VE } RD(T, I, F) \text{ VE } RF(T, I, F) \text{ İSE } RM(T, I, F) \quad (4.1)$$

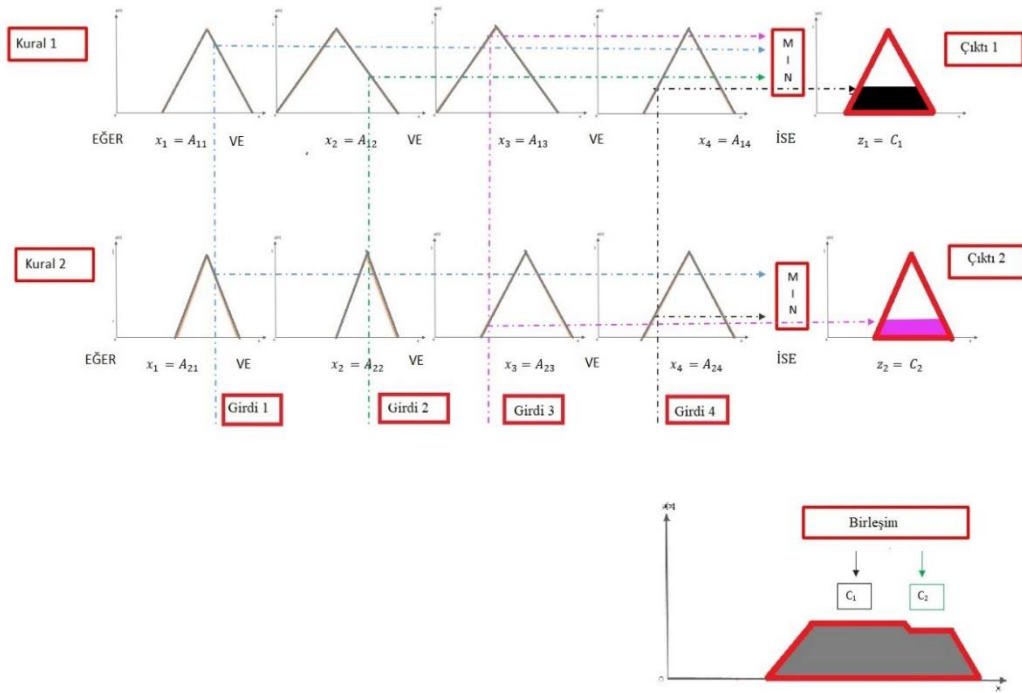
Burada k kural sayısını, R^k k'nci kuralı; RS, RP, RD, RF ise sırasıyla riskin gerçekleşmesi durumunda ortaya çıkacak şiddeti, riskin gerçekleşme olasılığını, riskin tespit edilebilirlik derecesini ve tehlikeli durumun sıklığını, RM ise risk büyüklüğüne ait üyelik değerini ifade etmektedir. Bulanık risk büyüklüğü (RM) nütrosifik girdi değerlerine bağlıdır ve nütrosifik kümelerde birleşim, kesişim işlem operatörleri referans alınarak

hesaplanır. Kural sırası k olmak üzere; doğruluk değeri için risk büyüklüğü $T_{RM}^k(x)$, belirsizlik değeri için risk büyüklüğü $I_{RM}^k(x)$ ve yanlışlık değeri için risk büyüklüğü $F_{RM}^k(x)$ aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanır:

$$T_{RM}^k(x) = \max \left[\min \left(T_{RS}^k(x), T_{RP}^k(x), T_{RD}^k(x), T_{RF}^k(x) \right) \right]$$

$$I_{RM}^k(x) = \max \left[\min \left(I_{RS}^k(x), I_{RP}^k(x), I_{RD}^k(x), I_{RF}^k(x) \right) \right] \quad (4.2)$$

$$F_{RM}^k(x) = \min \left[\max \left(F_{RS}^k(x), F_{RP}^k(x), F_{RD}^k(x), F_{RF}^k(x) \right) \right]$$



Şekil 4.3 Önerilen yöntem için mamdani çıkarım sistemi

Bulanık çıkarım sisteminden elde edilen çıktı, risk büyüklüğü parametresini karşıladığından riskin büyüklüğü, nötrosifik olasılık, nötrosifik şiddet, nötrosifik tespit edilebilirlik ve nötrosifik sıklık değerlerine bağlı olarak hesaplanan üyelik dereceleri ile önemsiz (N), katlanılabilir (Mi), önemli (Ma) ve kritik (C) olarak dört seviyeye ayrılarak hesaplanır. Önerilen yöntemde literatürde yer alan ve daha önce İlbar vd. (2018) ve Çebi vd. (2016) tarafından kullanılmış olan kural tabanı tespit edilebilirlik değeri ile risk skoru arasında ters orantı bulunduğu dikkate alınarak Tablo 4.5'teki gibi düzenlenmiş ve bu çalışmada da kullanılmıştır (Karaşan vd. 2018).

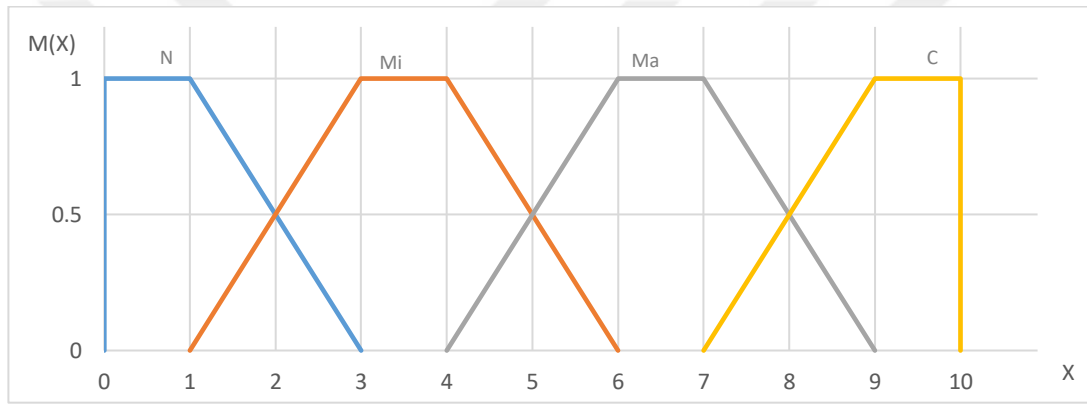
Tablo 4.5 SCEA kural tabanı

		Tespit Edilebilirlik (D)																								
		VH					H					M					L					VL				
Sıklık (F)	Şiddet (S)	Olasılık (P)					Olasılık (P)					Olasılık (P)					Olasılık (P)					Olasılık (P)				
		VL	L	M	H	VH	VL	L	M	H	VH	VL	L	M	H	VH	VL	L	M	H	VH	VL	L	M	H	VH
VL	VL	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	L	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Mi	Mi	Mi
	M	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi
	H	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Mi	N	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Ma	Mi	Mi	Mi	Mi	Ma
	VH	N	N	N	N	Mi	N	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Ma	Ma	Ma	Mi	Mi	Mi	Ma	Ma
L	VL	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Mi	Mi	Mi	N	N	Mi	Mi	Mi
	L	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Mi	Mi	Mi	Mi	N	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Ma	Ma	Ma
	M	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Ma	Mi	Mi	Ma	Ma	Ma	
	H	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Ma	Ma	Mi	Mi	Ma	Ma	Mi	Mi	Ma	C	C
	VH	N	N	N	N	Mi	N	N	N	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	C	C	C
M	VL	N	N	N	N	Mi	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Mi	N	N	N	Mi	Mi	N	N	Mi	Mi	Ma
	L	N	N	N	N	Mi	N	N	N	Mi	Mi	N	N	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Ma	Ma	Mi	Ma	Ma	Ma	Ma
	M	N	N	N	Mi	Mi	N	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Ma	Ma	Mi	Mi	Mi	Ma	Ma	Ma	Mi	Ma	Ma	C	
	H	N	N	N	Mi	Mi	N	Mi	Mi	Mi	Ma	Mi	Ma	Ma	Ma	Ma	Mi	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	C	C	C
	VH	N	N	N	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	C	C	Ma	C	C	C	C
H	VL	N	N	N	Mi	Mi	N	Mi	Mi	Mi	Mi	N	N	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	Ma	Mi	Mi	Mi	Mi	Ma	
	L	N	N	Mi	Mi	Mi	N	Mi	Ma	Ma	Ma	N	Ma	Mi	Ma	Mi	Mi	Mi	Ma	Ma	Mi	Mi	Ma	Ma	Ma	
	M	N	N	Mi	Mi	Mi	Mi	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Mi	Ma	Ma	Ma	C	Mi	Ma	Ma	C	C
	H	N	N	Mi	Mi	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	C	C	Ma	Ma	C	C	C
	VH	N	Mi	Mi	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	C	C	Ma	Ma	C	C	C	Ma	C	C	C	C
VH	VL	N	N	N	N	Mi	N	N	N	N	Mi	N	N	N	Mi	Mi	N	Mi	Mi	Mi	Ma	Mi	Mi	Ma	Ma	Ma
	L	N	N	N	Mi	Mi	N	N	Ma	Ma	Ma	N	N	Mi	Ma	Ma	Mi	Mi	Mi	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	
	M	N	N	Mi	Mi	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Mi	Mi	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	C	C	Ma	Ma	Ma	C	C
	H	N	Mi	Mi	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	C	Ma	Ma	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	VH	Mi	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	C	Ma	Ma	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

Bulanık çıkarımın girdi parametrelerine bağlı olarak, çıktı parametresi olan risk büyüklüğü, doğruluk ($T_{RM}(x)$), belirsizlik ($I_{RM}(x)$) ve yanlışlık ($F_{RM}(x)$) olmak üzere nütrosifik küme formatında elde edilir. Bu değerleri tek değere dönüştürmek için ise skor fonksiyonu formülü kullanılır.

Olası riskli olaylar arasında sıralama yapmak için, risk büyüklüğünü keskin bir değere dönüştürmek gerekir. Bu işlem için (4.3) eşitliğinde verilen ağırlık merkezi yöntemi (Ross, 2004) ve Şekil 4.4'te verilen ölçek kullanılır (Zeng vd. 2007).

$$RM_i = \frac{\sum_{i=1} Z_i \mu_{RM}(y)}{\sum_{i=1} \mu_{RM}(y)} \quad (4.3)$$



Şekil 4.4 Risk büyüklükleri için üyelik dereceleri

4.3 Risk Tespiti

4.3.1 Risklerin sıralanması ve önceliklendirilmesi

Risk büyüklüğü hesaplandıktan sonra riskler üç kategoriye ayrılarak listelenir:

Kategori 1 ($RM < 2.5$): Bu kategori riskin kabul edilebilir düzeyde olduğu ve herhangi bir işlem gerektirmediği anlamına gelir.

Kategori 2 ($2.5 \leq RM < 7.5$): Bu kategoride herhangi bir risk varsa bu, olasılık, şiddet, tespit edilebilirlik ve sıklık parametrelerden birinin ya da birkaçının kabul edilemez seviyede olduğu ve mevcut kontrol önlemlerinin yeterli olmadığı anlamına gelir. Risk azaltma durumuna göre kabul edilebilir.

Kategori 3 ($RM \geq 7.5$): Bu kategori, ciddi bir olayın meydana gelmek üzere olduğu anlamına gelir. Kullanılacak olan ekipman/cihaz ya da gerçekleştirilecek olan faaliyet derhal durdurulmalıdır. Potansiyel riskler ortadan kaldırılmaya veya kabul edilebilir bir düzeye indirilmeye çalışılmalıdır.

4.3.2 Risklerin Transferi ve Kabulü

Tanımlanan risklere karşı üçüncü kategoriden başlamak suretiyle riski ortadan kaldıran ya da risk büyüklüğünü kabul edilebilir seviyeye indiren kontrol önlemleri çalışma ortamına uygulanır. Risklerin Kategori 3'ten başlanarak ortadan kaldırılması, elimine etmenin mümkün olmadığı durumda ise risk büyüklüğünün Kategori 1 seviyesine indirilmesi için öncelikle toplu korunma önlemlerinin uygulanması sağlanır. Bu aşamada aşağıdaki risk kontrol hiyerarşisi uygulanır;

- Tehlike kaynaklarının elimine edilmesi,
- Tehlikeli olanların, tehlikeli olmayan veya daha az tehlikeli prosesler, operasyonlar, malzemeler veya ekipman ile yer değiştirilmesi,
- Tehlike kaynağı ile çalışanın bir araya gelmesinin önlenmesine yönelik mühendislik kontrolleri uygulanması,
- Çalışma biçiminin değiştirilerek maruziyetin azaltılması ya da eğitim gibi idari kontroller alınması,
- Yeterli kişisel koruyucu donanım kullanılması.

4.4 İzleme ve Gözden Geçirme

İzleme ve gözden geçirmenin amacı, uygulama ve sonuçların kalitesini ve etkinliğini izlemek, ek eylemler gerekip gerekmediğini belirlemektir. Belirlenmiş olan kontrol önlemlerinin riski kabul edilebilir seviyede tutacak iyileşmeye sahip olup olmadığı ve kontrollerin etkinliği, periyodik olarak gözden geçirilmelidir. Risk büyüklüğü kabul edilebilir risk seviyesinin üzerine çıktığında ise tüm adımlar tekrarlanmalıdır. Risk değerlendirme çalışmalarının güncel mevzuatta belirtilen, işyerinin taşınması ya da kullanılan teknoloji veya ekipmanların değişmesi, işyerinde iş kazası/ramak kala yaşanması, meslek hastalığı olması, çalışma ortamındaki sınır değerlerle ilgili değişiklik olması, çalışma ortamının etkilenebileceği yeni tehlikenin ortaya çıkması, denetim ve

periyodik muayene sonuçlarına göre gerekli görülmesi ve benzeri durumlarda yenilenmesi gerekmektedir.

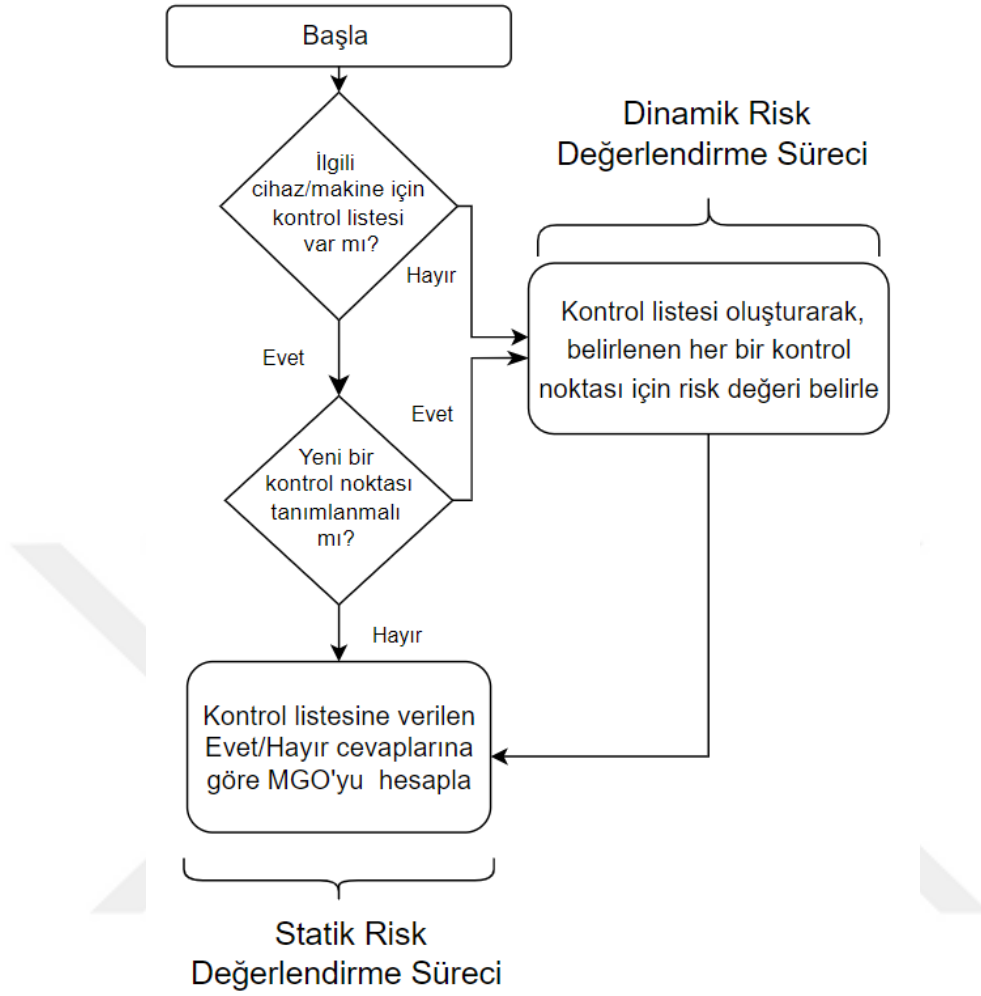
4.5 Belgelendirme ve Sürekli İyileştirme

Risk yönetimi sürecinin uygunluğu, yeterliliği ve etkinliği uygun sistemler aracılığıyla belgelenmeli ve raporlanmalıdır. Risk yönetim sürecinin tüm aşamalarında düzenli bir kayıt ve raporlama yapılmasının yanı sıra iş sağlığı ve güvenliği çalışmalarında başarılı olunması için risk yönetim faaliyet ve sonuçlarının tüm iç paydaşlara iletilmesi, önleyici yaklaşımın benimsetilmesi ve bu çalışmalara herkesin katılımının sağlanması gerekmektedir.



NÖTROSOFİK KÜME TABANLI KARAR DESTEK SİSTEMİ

İşveren, çalışanların işle ilgili sağlık ve güvenliğini sağlamakla yükümlüdür. Bu kapsamda işveren, işyerinin kurumsal kimliğini korumak, çalışanlara karşı maddi, manevi sorumluluklarını yerine getirmek, iş kazaları ve meslek hastalıklarını önlemek için gerekli önlemleri almak zorundadır. Tehlikeden kaynaklı risklerin meydana getirdiği iş kazası ve meslek hastalıkların önlenmesi risk değerlendirmesi ile mümkün olduğundan uzmanlar için bir karar verme süreci olarak tanımlanabilir. Bu kapsamda, analizin doğru bir şekilde gerçekleştirilmesi bilimsel yöntemlerin kullanılmasıyla mümkündür. Riskleri değerlendirebilecek birçok yöntem bulunmakla birlikte, bu yöntemlerin kullanılmasında İSG profesyonellerinin görüşlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Uzmanlardan riskleri analiz ettikten sonra alınacak önlemleri belirlemesi ve termin vererek riskin en kısa sürede en aza indirilmesi için çalışmalar yapması istenir. İSG profesyonelinin ise işyeri büyüklüğüne bağlı olarak risk analizini yapması, önlem alınıp alınmadığını denetlemesi için gerekli zaman oldukça fazla ve masraf açısından maliyetli olabilmektedir. Bu tez kapsamında geliştirilen iki aşamalı karar destek sistemi, çalışan katılımı temelli risk analizi olarak İSG profesyonellerine karar desteği sağlayacak bir çalışmadır. Bu çalışma sayesinde işyerindeki tüm çalışanlar sürece dahil olabilecek iş güvenliği uzmanının iş yükü azaldığı için de zamandan tasarruf sağlanarak karar destek sisteminin geliştirilmesi ve daha etkin önlemler alınması için çalışmalar yapabilmesine olanak sağlayacaktır. Ayrıca bu karar destek sistemi, işletmeye profesyonel bir destek hizmeti sağlayarak, hazırlanacak kontrol listelerinin periyodik olarak kullanılması, işlerin güvenli bir şekilde yürütülmesi için çalışanlar, yöneticiler ve iş güvenliği uzmanları tarafından denetim aracı olarak kullanılabilecektir.



Şekil 5.1 Dinamik ve Statik risk değerlendirmesi akış şeması

5.1 Statik Risk Değerlendirme

Bu risk değerlendirmesi çalışan katımlı risk değerlendirmesi olarak tanımlanmaktadır. Her laboratuvar/atölye için iş güvenliği uzmanlarına sorularak önceden belirlenmiş bir kontrol listesi oluşturulmuş ve geliştirilen karar destek sistemine veri olarak girilmiştir. Bu kontrol listesi üç uzmandan alınan yanıtlara göre puanlanarak önerilen yöntemle analiz edilmiş ve son kullanıcı olarak atölye/laboratuvar sorumlusuna sunulmuştur. Atölye sorumlusu makine/tezgâh ya da ekipmanı çalıştırmadan önce, laboratuvar sorumlusu ise laboratuvarda çalışmaya başlamadan önce o çalışma alanında bulunan bilgisayar/tablet aracılığıyla daha önce oluşturulmuş kontrol sorularını Evet/Hayır biçiminde cevaplandırır. Tablo 5.1’de, altıncı bölümde uygulama olarak seçilen kaynak

laboratuvarındaki tozaltı ark kaynağı için oluşturulan kontrol listesi örneği gösterilmiştir.

Tablo 5.1 Toz altı kaynak makinesi için oluşturulan kontrol listesi örneği

Risk Kodu	Risk Adı	Kontrol Noktası Kodu	Kontrol Noktası	Evet	Hayır
R3	Elektrik çarpması sonucu ciddi yaralanma /ölüm	S1	Cihazın kablolarını takarken ya da çıkarırken sistemin kapalı konumda olduğu kontrol ediliyor mu?		
		S2	Makine ve tesisatın elektrik donanımında ezilmiş veya örselenmiş kablolar, çatlamış ya da kırılmış prizler ve fişler kullanılmamasına dikkat ediliyor mu?		
		S3	Sistem üzerinde kaçak akım rölesi var mı?		
		S4	Tüm sistemin (kumanda kutusu, kaynak makinası ve diğer parçalar) uygun bir şekilde topraklamasını sağlıyor mu?		
R4	Yüksek sıcaklık sonucu deride tahriş, yanma	S5	Operatör uygun eldiven kullanıyor mu?		
		S6	İşlem sırasında ısınan metal ve ilişkili yüzeylere direkt temas edilmesi engelleniyor mu?		
R5	İşlem sırasında yangın/ patlama sonucu yaralanma /ölüm	S7	Kolay tutuşabilecek cisimler ortamdan uzaklaştırılmalı ya da sac levha ile paravan oluşturuluyor mu?		
		S8	Besleme kabloları mekanik ve kimyasal etkilerden korunuyor mu?		

Yanıtlar arka planda çalışan nütrosifik temelli çıkarım sistemine bağlı olarak işlenir ve risk büyüklüğünü üretir. Her bir kontrol noktası için üretilen risk büyüklüğü toplanır ve o makine için güvenilirlik analizi hesaplanır. Makine güvenilirlik oranı (MGO), aşağıdaki (5.1) eşitliği ile hesaplanır:

$$MGO = (ARS - MRS) / ARS \quad (5.1)$$

Burada ARS ve MRS sırasıyla makina azami risk skoru ve hesaplanan risk skorunu göstermektedir. ARS, bir makinenin tüm kontrol noktalarına olumsuz cevap verilmesi

sonucu oluşarak risk skorunu göstermekte olup, MRS ise sadece olumsuz cevap verilen kontrol noktaları için hesaplanan risk büyüklüklerinin toplamıdır. (5.1) eşitliğine göre elde edilen MGO yorumlanmasında Tablo 5.2 ‘deki kurallar uygulanır.

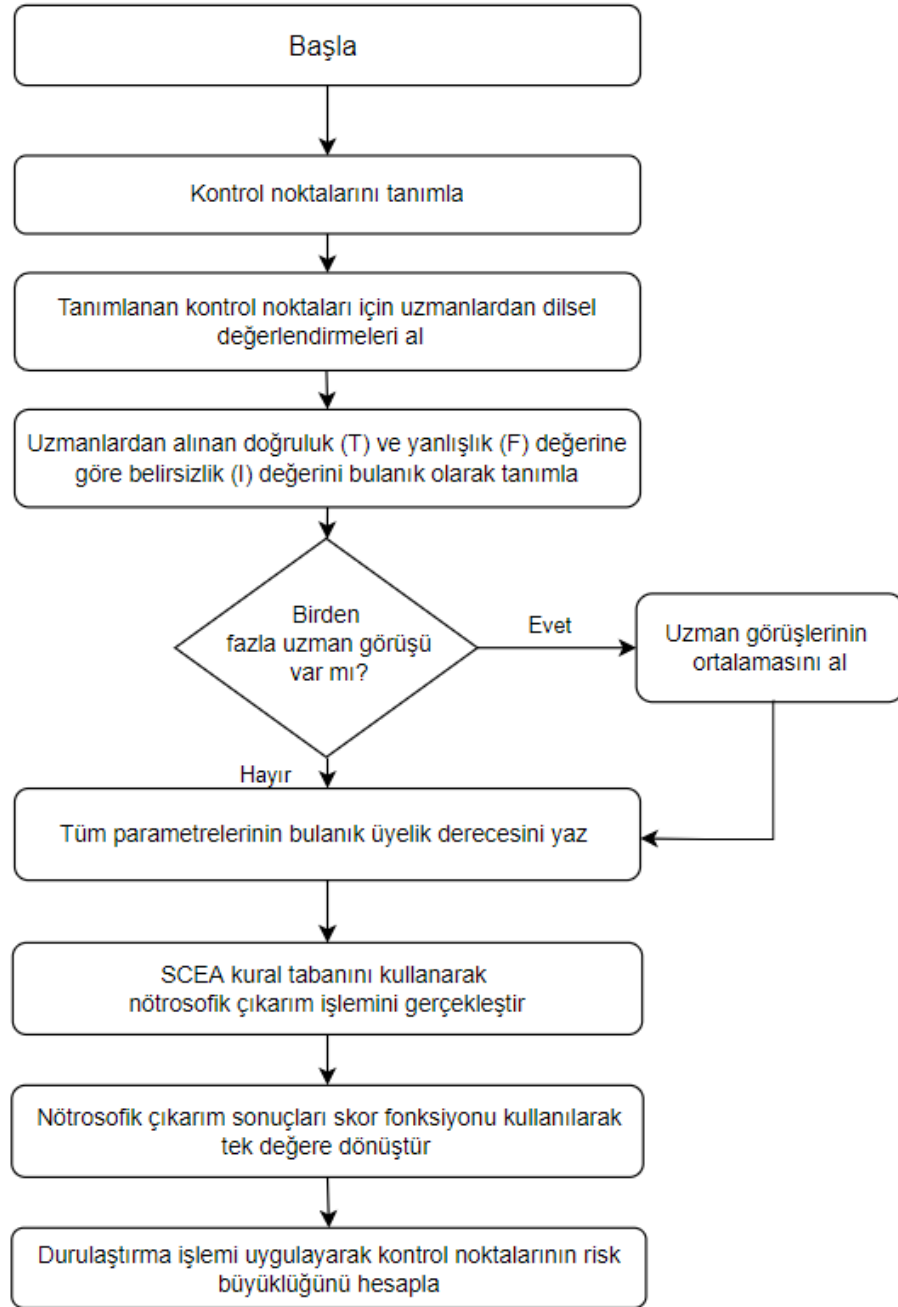
Tablo 5.2 MGO sonucunun yorumlanması

MGO $\geq$ %75	3. Kategori risklerden başlamak üzere kontrol noktalarında iyileştirme yapıp yapılamayacağına bakılır ve operatör /laboratuvar sorumlusu tarafından riskler kabul ediliyorsa makine çalıştırılır.
%25 < MGO < %75	MGO kabul edilebilir oran olan %75 üzerine çıkarılmadan makine çalıştırılmaz.
%25 $\leq$ MGO	İş durdurulur. İlgili iş güvenliği uzmanı ve bakım sorumlusuna haber verilir. Kontrol önlemleri gözden geçirilir ve ilave önlem gerekip gerekmediğine bakılır. MGO, kabul edilebilir oran olan %75 üzerine çıkarılmadan makine çalıştırılmaz.

5.2 Dinamik Risk Değerlendirme

Risk değerlendirmesi uygulaması iş güvenliği uzmanı tarafından risk değerlendirmesinin yenilenmesi gerektiğinde ya da herhangi bir kontrol noktasında değişiklik olduğunda kontrol listesinin oluşturulması ya da yenilenmesi gerekir ve bu aşamada dördüncü bölümde önerilen yöntem uygulanır. Şekil 5.2’de gösterildiği gibi eğer ilgili makine/cihaz ile ilgili kontrol listesi yoksa ya da herhangi bir kontrol noktası veri tabanında tanımlı değilse risk tanımlama aşaması ile sürece başlanır. Tehlike kaynakları, riskler ve kontrol noktaları belirlenerek kontrol listeleri oluşturulur ve veri tabanına eklenir. Karar verici tarafından şiddet parametresine karar verilmesi senaryosu seçilir ve buna göre uzmanların doğruluk ve yanlışlık değerlerini dilsel olarak belirlemeleri istenir. Burada belirlenen değerlere göre sistem tarafından doğruluk (T) ve yanlışlık (F) değerine göre belirsizlik (I) değeri atanır ve nütrosofik çıkarım sistemi uygulanır. Belirlenen risk skoru ise veri tabanına statik risk değerlendirmesinde kullanılmak üzere kaydedilir.

Bu bölümün uygulaması excel visual basic programlama dili ile kodlanmış ve kodlar Ek-A bölümünde verilmiştir.



Şekil 5.2 Dinamik risk değerlendirmesi akış şeması

6 UYGULAMA

Maslow'un ihtiyaçlar hiyerarşisi piramidine göre güvenlik fizyolojik ihtiyaçlardan sonra ikinci sırada yer almaktadır (Maslow, 1943). Bu nedenle, insanların, kendini güvende hissetmediği, sağlık ve güvenlik önlemlerinin alınmadığı yerde bulunmak istememesi son derece doğaldır. Güvenli bir çalışma ortamı oluşturmak iş güvenliği profesyonelinden işverenine, işçiden mühendise kadar herkesin sorumluluğudur. Güvenlik kültürü iş sağlığı ve güvenliğinin geliştirilmesi ve zararların  nlenmesine yönelik tüm paydaşların paylaştığı düşünce, duygu ve eylemler olarak tanımlanmakla birlikte birçok kazanın insanların güvensiz davranışlardan kaynaklandığı analiz edilmiştir. Örneğin, Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu'na göre, 1986 yılında yaşanan Çernobil felaketinin temel nedeni, güvenlik kültürü eksikliğidir (Pidgeon, 1998). 1988 yılında Clapham Junction tren istasyonu kazasının ve aynı yıl gerçekleşen Piper Alpha petrol platformundaki patlamanın da ana nedenleri arasında zayıf güvenlik kültürü gösterilmiştir (Clarke, 1998). Kazaların insan davranışların düzenlenmesi ile önleneceği düşüncesi yıllar içinde yaşanan büyük kazalarla birlikte gelişmiş, davranışlarının ise güvenlik kültürünün önemli bir bileşeni olduğu görüşü yaygınlaşmıştır. İş sağlığı ve güvenliği kültürünün oluşturulması için güvenliği maddiyattan  nde tutan liderlerle çalışılmalı, çalışanların sahiplendiği, hem mesleki eğitim hem de iş güvenliği eğitimlerinin verimli bir şekilde gerçekleştirildiği, güvenlik ile ilgili alınan kararlara çalışanların katılım gösterdiği ve çalışan motivasyonun sağladığı bir çalışma ortamı oluşturulmalıdır. İş sağlığı ve güvenliği eğitimi daha küçük yaşlarda başlamalı, mesleki eğitimle birlikte iş güvenliği bilinci de üniversitelerde kazandırılmalıdır. Çünkü  niversiteler, aynı anda binlerce öğrencinin eğitim aldığı bu sebeple iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları planlanırken akademik ve idari personelle birlikte  ğrenci ve ziyaretçilerin de düşünülmesi gereken kurumlardır.

28509 resmi gazete sayılı “İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği”ne göre kamu kurumları tarafından verilen yükseköğretim faaliyeti 85.42.01

NACE koduyla az tehlikeli olarak değerlendirilmektedir. Fakat az tehlikeli sınıfta yer almasına rağmen üniversiteler laboratuvarları, atölyeleri, yapımı devam eden inşaatları, bakım onarım çalışmaları, mediko sosyal merkezi gibi bölümleri ile tehlikeli sayılabilecek çalışmaların da yapıldığı bir yer olarak değerlendirilmeli ve ona göre önlem alınmalıdır.

Bu tez çalışması kapsamında Türkiye’de bir devlet üniversitesinde faaliyetler gösteren demir işleri, ağaç işleri atölyeleri ve eğitim laboratuvarı olarak kullanılan kaynak atölyesi iş sağlığı ve güvenliği açısından incelenmiş, yeni önerilen risk analizi yöntemi ile riskler analiz edilmiş, sonuçlar yorumlanmıştır.

6.1 Demir ve Ağaç İşleri Atölyeleri için Uygulama Örneği

Tez çalışmasının uygulaması kapsamında incelenen demir ve ağaç işleri atölyesindeki belli başlı tehlikeler aşağıdaki gibidir:

- Titreşim kaynağı oluşturacak ekipman kullanımı
- Gürültülü ekipman kullanımı
- Yüksek ısı, aşırı nem ve benzeri hava hareketleri
- Aydınlatma problemleri
- Mekanik tehlikeler
 - Makine ve tezgahın dönen bölümünde koruyucu bulunmaması
 - Tezgâhı tehlike anında durduracak düğme veya anahtarın bulunmaması
 - Uyarı sistemlerinin yetersizliği
 - Makinelerin periyodik kontrollerinin yapılmaması
- Elektrik
 - Tezgah ve el aletlerinin topraklamasının yapılmamış olması
 - Periyodik kontrolün zamanında yapılmaması,
 - Yıpranmış ve hatalı onarılmış el aletleri
 - Kırık yıpranmış el aletleri

Bu tehlikeler kapsamında dördüncü bölümde önerilen risk yönetim sürecine göre uygulama yapılmış olup, adım adım anlatılmıştır.

Adım 1. Risk Tanımlama

- Sektöre yönelik tehlike kaynaklarının belirlenmesi**

Bu aşamada uygulamanın gerçekleştirildiği atölyelere saha ziyaretleri yapılmış olup; yoğunlukla kullanılan cihazlar Tablo 6.1 'de tehlike kaynağı olarak listelenmiştir.

Tablo 6.1 Atölyeler için belirlenen tehlike kaynakları

Kullanım Yeri	Tehlike Kaynağı	Kısaltma
Ağaç İşleri Atölyesi	Planya	P
Ağaç İşleri Atölyesi	Dairesel Testere	C
Demir İşleri Atölyesi	Sütunlu Matkap	D
Demir İşleri Atölyesi	Taşlama	H
Demir İşleri Atölyesi	Gönye	M
Demir İşleri Atölyesi	Giyotin	G

- Sektöre yönelik mesleki risklerin tanımlanması**

Bu adımda her bir tehlike kaynağının neden olduğu potansiyel riskler ayrı ayrı belirlenir. Belirlenen riskler Tablo 6.2' de verilmiştir.

Tablo 6.2 Atölyeler için belirlenen riskler

Risk Kodu	Risk
R1	Hareketli ekipmana sıkışma sonucu yaralanma, uzuv kopması
R2	Çapak kaçması /parça sıçraması sebebiyle görme kaybı, yaralanma
R3	Elektrik çarpması sonucu ciddi yaralanma /ölüm
R4	Kas İskelet Sistemi Hastalıklarına yakalanma
R5	Kimyasal nüfuz etmesinden kaynaklı deride tahriş / meslek hastalığı
R6	Yangın/ patlama sonucu yaralanma /ölüm

- Risklerin ortaya çıkmasına neden olan hususların belirlenerek kontrol noktalarının tanımlanması**

Bir önceki adımda belirlenen her bir risk için kontrol noktaları atölye sorumluları, iş sağlığı ve güvenliği uzmanları ve operatörlerin görüşleri alınarak tanımlanmıştır. Olası risklerin kontrol listeleri Tablo 6.3'te verilmiştir.

Tablo 6.3 Atölyedeki tehlike kaynakları için tanımlanan kontrol noktaları

Risk kodu	Kontrol Noktası	Tehlike Kaynakları ve Kontrol Noktası Kodları					
		M	P	C	G	D	H
R1	Tezgâhının güç üretim ve hareket iletim kısmındaki hareketli parçaları uygun koruma kapaklarıyla kapatılmalıdır.	MC6	PC1	CC1	GC1	DC1	HC12
	Tezgâh durdurulup emniyete alınmadan tezgâh ya da iş parçası üzerinde kalibrasyon, ayar ya da ölçme işleminin yapılmayacağı çalışan eğitimle kazandırılmalıdır.	MC1	PC2	CC2	GC2	DC2	HC13
	Cihaz kullanma talimatları ve kişisel koruyucu donanım levhaları görünür bir yere asılmalıdır.	MC4	PC3	CC5	GC3	DC5	HC16
	Çift el kumanda sisteminin sürekli çalıştığından emin olunmalıdır.				GC4		
	Birden fazla kişinin çalıştığı tezgahlarda kontrol için tek bir kişi belirlenmelidir.			CC6	GC5		
	Operatöre uygun iş kıyafeti verilmeli. (sarkan, uzun kollu elbise giyilmemeli, kravat takılmamalı)	MC3	PC4	CC3	GC6	DC3	HC14
	Kesim yapılabilecek en kısa parçalar kullanılan makinenin özelliklerine uygun olarak belirlenmeli ve iş parçası buna uygun seçilmelidir.	MC2	PC6		GC7		
	Acil durdurma butonunun kolay erişilebilir ve çalışır durumda olmasını sağlanmalıdır.	MC5	PC5	CC7	GC8	DC4	HC15
	Ayak pedalı yan ve kenar koruması bulunmalı ve yalnızca operatörün ulaşabileceği mesafede olmalıdır.			CC4			
R2	Kullanılan malzemeler tezgâh üzerinde bırakılmamalıdır, gerekli olanlar çalışma masası veya tezgâh dolabı üzerinde düzenli bir şekilde bırakılmalıdır.		PC7	CC8	GC9		HC6
	Tezgâhının güç üretim ve hareket iletim kısmındaki hareketli parçaları uygun koruma kapaklarıyla kapatılmalıdır.			CC9		DC6	HC1
	Delme operasyonunun koruyucusu kontrol edilmelidir.			CC10	GC12		
	Testere ayarlanan hızına ulaşmadan kesime başlanmamalıdır.			CC11			
	İş parçası tezgaha sıkıca bağlanmalıdır.	MC9	PC12	CC12	GC11	DC8	HC3
	Çalışana koruyucu donanım olarak gözlük verilmeli ve kullanım eğitimi verilmelidir.	MC8	PC9	CC13	GC10	DC9	HC4
	Motor havalandırma delikleri kıymık ve talaştan iş başlamadan ve bittikten sonra temizlenmelidir.	MC7					

Tablo 6.3 Atölyedeki tehlike kaynakları için tanımlanan kontrol noktaları - devamı

Risk kodu	Kontrol Noktası	Tehlike Kaynakları ve Kontrol Noktası Kodları					
		M	P	C	G	D	H
R2	Tezgaha şeffaf koruyucu siperlik takılmalıdır.		PC8				HC5
	Kesici takımı tezgaha uygun ve sıkı bir şekilde bağlanmalıdır.		PC10				
	İşlem sonrası oluşan talaşlar fırça yardımıyla tezgah üzerinden temizlenmelidir.		PC11				
	Mil, bıçaklar ve tabla üzerine yapışmış reçine vb. birikintiler işe başlamadan önce mazotlu fırça ile temizlenmelidir.		PC13				
	İş parçası üzerinde taş, çivi vb. yabancı cisimlerin bulunmadığı kontrol edilmelidir.		PC14				
	Bütün ayar ve bağlama düzenleri, özellikle bıçak bağlama cıvataları işe başlamadan önce kontrol edilmelidir.		PC15			DC7	HC2
R3	Elektrik kesintisi, elektrik arızası gibi durumlar yaşandığında makine mutlaka açma/kapama düğmesinden kapatılmalı, bakım onarım ekibine/elektrikçiye haber verilmelidir.	MC10	PC16	CC14	GC13	DC10	HC7
	Tezgâhın şasesine gözle muayene edilebilen topraklama hattı çekilmelidir.	MC11	PC17	CC15	GC14	DC11	HC8
	Sistem üzerinde kaçak akım rölesi kullanılmalıdır.	MC12	PC18	CC16	GC15	DC12	HC9
	Operatör iletken olabilecek yüzük, kolye vb. Kullanmaması konusunda bilgilendirilmelidir.	MC13	PC19	CC17	GC16	DC13	HC10
	Bakım onarıma başlamadan önce cihazın enerjisi kesilerek LOTO uygulanmalıdır.	MC14	PC20	CC18	GC17	DC14	HC11
R4	Ergonomik vücut duruş pozisyonunda çalışılması sağlanmalıdır.				GC18	DC15	HC19
	Ağır yükler ve iş parçaları uygun ekipman aracılığıyla kaldırılıp taşınmalıdır.				GC19	DC16	HC20
R5	Taşlama yağları ve metal partiküller ile temas edilmemesi sağlanmalıdır.						HC17
	Taşlamaya başlamadan önce Havalandırma tertibatı çalıştırılmalı, Periyodik bakımları takip edilmelidir.						HC18
R6	İş yapılan yere yakın yanıcı ve/veya yakıcı cisimler bulunmamalıdır.			CC19			HC21
	Uygun tipte yangın söndürücü bulunmalı ve periyodik bakımları yapılmalıdır.			CC20			HC22

Adım 2. Risk Analizi

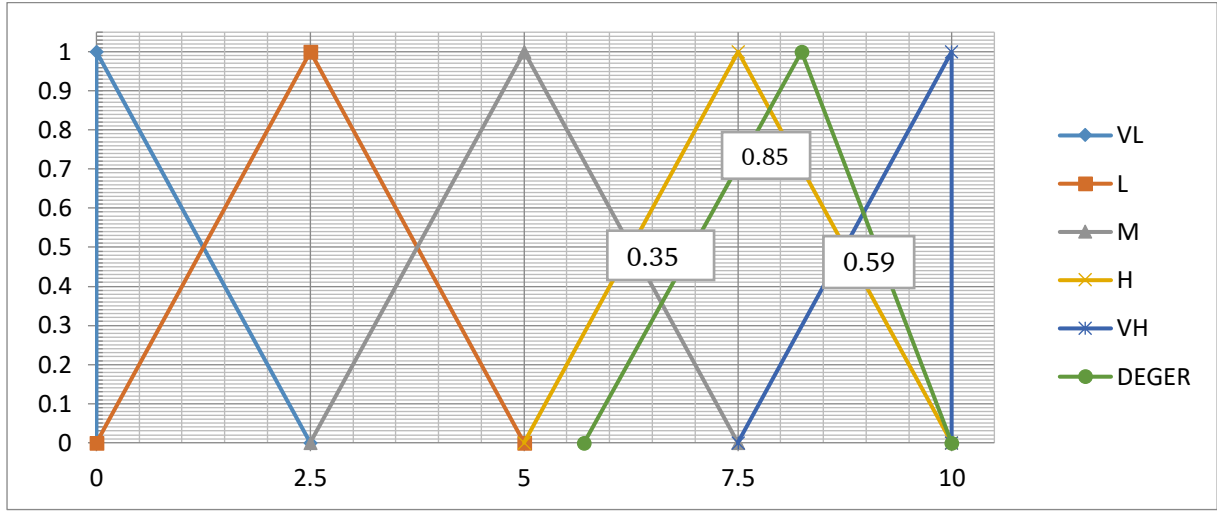
- **Kontrol noktaları için parametre değerinin atanması**

Her bir tehlike kaynağının risk büyüklüğünü belirlemek için, şiddet, olasılık, şiddet, tespit edilebilirlik ve sıklık parametreleri kullanılmıştır. Sıklık parametresi, bir makinenin haftalık ve yıllık kullanım sıklığı; olasılık ve şiddet parametreleri üç iş güvenliği uzmanının olası risklere ilişkin yargıları dikkate alınarak tanımlanmıştır. Daha sonra, ilgili eksikliğin potansiyel riske neden olup olmadığı, hem muayene hem de rutin faaliyetler sırasında fark edilip edilmediğine bakılarak tespit edilebilirlik belirlenmiştir. Veri toplama aşamasında Tablo 4.2'de verilen anketteki sorular kullanılmış şiddet parametresi için de birinci yaklaşım seçilerek yargılar toplanmıştır. Tablo 4.3'teki kural tabanı, yargılardaki tutarsızlığı açıklamak için kullanılmıştır. Olasılık, şiddet, tespit edilebilirlik ve sıklık parametreleri için toplanan dilsel veriler Tablo B.1'de verilmiştir.

- **Dilsel değişkenlerin bulanık üyelik derecelerinin elde edilmesi**

Tablo B.1'de verilen dilsel değerler Tablo 4.1 ve Tablo 4.4 'de verilen ölçekler kullanılarak bulanık sayılara dönüştürülmüştür. Olasılık ve şiddet verileri üç uzmandan elde edildiğinden, değerlendirmelere ilişkin ortak karar matrisi elde etmek için (3.27) ve (3.28) kullanılmıştır. Örneğin; Uzmanların (Uzman-1, Uzman-2 ve Uzman-3) gönyenin MC8 kontrol noktası olasılığına ilişkin tercihleri ((5,7.5,10), (0,0,2.5), (0,0,2.5)); [(7.5,10,10), (0,0,2.5), (0,0,2.5)]; [(5,7.5,10), (2.5,5,7.5) , (0,2.5,5)]'dir. (3.27) ve (3.28) eşitlikleri kullanılarak [(5.703, 8.245,10), (0,0, 4.528), [0,0, 3,149]] ortalama değerleri elde edilmiştir.

Bir sonraki adım, dilsel değerlendirmelerden elde edilen bulanık sayıların üyelik derecelerinin bulunmasıdır. Bulanık sayılara dönüştürülen dilsel değişkenlerin üyelik dereceleri Şekil 4.2'de verilen ölçek kullanılarak hesaplanmıştır. MC8'in doğruluk değerinin üyelik dereceleri örnek olarak Şekil 6.1'de gösterilmiştir. Her parametre için üyelik dereceleri Tablo B.2, B.3, B.4 ve B.5'te verilmiştir.



Şekil 6.1 Gönyenin MC8'in doğruluk değerinin üyelik derecesinin hesaplanması

- **Nötrosifik küme tabanlı çıkarım sistemi ile risk büyüklüğünün hesaplanması**

Bu çalışmada kural tabanı olarak Tablo 4.4'de verilen SCEA kural tabanı kullanılmıştır. Hesaplama sırasında önemsiz (N), katlanılabilir (Mi), önemli (Ma) ve kritik (C) olmak üzere dört risk sonucu düzeyi dikkate alınmıştır. Her riskin risk büyüklüğü, nötrosifik tabanlı bir çıkarım sistemi ve her bir riskin olasılık, şiddet, sıklık ve tespit edilebilirlik parametrelerine bağlı üyelik dereceleri kullanılarak hesaplanmıştır. Nötrosifik risk büyüklüklerini tek bir değere dönüştürmek için (3.29) eşitliğindeki skor fonksiyonu formülü kullanılmıştır. Bu adımda, her bir risk kategorisi için her bir risk sonucunun üyelik derecesi, ağırlık merkezi yöntemi ve Şekil 4.4'deki skala kullanılarak kesin değerlere dönüştürülmüştür. Örneğin; Gönye testere makinesinin kontrol noktası MC8 için N, Mi, Ma ve C'nin nötrosifik kümeleri sırasıyla [(0.85,0.5,0.5); (0.5,1,0.5); (0,0.5,0.5); (0,0,0)] olarak hesaplanmıştır. Bu değerler, literatürde yaygın kullanılan skor fonksiyonu formülü (3.29) eşitliği kullanılarak sırasıyla N, Mi, Ma ve C'ya üyelik dereceleri 0.588, 0.250, 0.375 ve 0.750 olarak hesaplanmıştır. Daha sonra (4.3) eşitliği kullanılmış ve MC8'in risk büyüklüğü 5.968 olarak bulunmuştur. Bu çalışmada belirlenen her bir kontrol noktası için risk büyüklükleri Tablo B.6'da verilmiştir.

Adım 3. Risk Tespiti

- **Risklerin sıralanması ve önceliklendirilmesi**

İşyerinde meydana gelen bir kaza sonucu ölüm, yaralanma gibi ciddi kayıplar; üretimin düşmesi, hizmette aksamalar, ödenecek olan tazminatlar gibi maddi kayıplar; imaj zedelenmesi, motivasyon düşüklüğü gibi manevi kayıplar olmaktadır. Bu nedenle, bir işyerinde kaza meydana gelmeden gerekli tedbirlerinin alınması olası kazanın önlenmesi açısından önemlidir. Bu kazaların en aza indirilmesi amacıyla bu çalışmada makinelerdeki olası riskler için öncelikli olan kontrol noktaları belirlenmiştir.

Çalışmada mevcut kritik riskler;

- Hareketli ekipmana sıkışma sonucu yaralanma, uzuv kopması
- Çapak kaçması /parça sıçraması sebebiyle görme kaybı, yaralanma

olarak belirlenmiştir.

- **Risklerin transferi veya kabulü**

Hesaplanan risk büyüklüklerine göre kritik risklerden korunmak için öncelikli olarak kontrol edilmesi gereken noktalar ise tüm cihazların acil durdurma butonunun kolay erişilebilir ve çalışır durumda olmasının sağlanması, yapılan işe uygun kişisel koruyucu donanım kullanılması, sistem üzerinde kaçak akım rölesi bulunması ve çalışır durumda olması, tüm cihazlarda gövde topraklamasının olması ve periyodik kontrollerinin yapılmasıdır.

Adım 4. İzleme ve Gözden Geçirme

Önlemler alındıktan sonra faaliyetler kontrol edilerek etkinliği izlenmelidir. Mevcut riskin tamamen ortadan kaldırılamadığı ya da azaltılamadığı durumlarda, analizi yapılmış olan cihazda bir değişiklik meydana geldiği durumlarda analizin tekrarlanması sağlanmalıdır.

Adım 5. Belgelendirme ve sürekli iyileştirme

İzleme sonuçlarına bağlı olarak gerektiğinde iyileştirme faaliyetleri başlatılmalı, atölyelerle ilgili iş sağlığı ve güvenliği çalışmaları dokümanite edilerek sonuçları saklanmalıdır.

6.1.1 Önerilen yöntemin klasik SCEA ile karşılaştırılması

Bu bölümde önerilen yöntemden elde edilen sonuçların SCEA yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Her iki yöntem de risk büyüklüğünü elde etmek için aynı parametreleri kullanır. SCEA yönteminden farklı olarak önerilen yöntemde risk büyüklüğü hesaplanırken karar vericilerin belirsizliği dikkate alınmaktadır. SCEA yöntemi ve önerilen yöntemden elde edilen risk büyüklükleri Tablo B.7’de listelenmiştir.

SCEA yöntemi ile önerilen yöntem arasında risk sıralamasında farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılıkların nedeni, önerilen yöntemin uzman değerlendirmelerindeki tutarsızlığı dikkate almasıdır. Örneğin; Dairesel testere makinesinin “CC7- Acil durdurma butonunun kolay erişilebilir ve çalışır durumda olması sağlanmalı” kontrol noktasından kaynaklanan “R1- Hareketli ekipmana sıkışma sonucu yaralanma, uzuv kopması” riskini ele alalım. Önerilen yöntem, CC7’nin neden olduğu R1’in risk büyüklüğünü 6.978 olarak hesaplarken, SCEA yöntemi risk büyüklüğünü 6.190 olarak hesaplamaktadır. Önerilen yöntemden elde edilen risk büyüklüğü, SCEA yönteminden elde edilen risk büyüklüğünden daha büyüktür, çünkü acil durdurma düğmesinin çalışır durumda olup olmadığının rutin çalışma süresi içinde tespit edilme olasılığı düşüktür ve önerilen yöntem bu farkı belirsizlik parametresini dikkate alarak tanımlamaktadır. Benzer şekilde, “PC10- Kesici takımı tezgaha uygun ve sıkı bir şekilde bağlanmalı” kontrol noktası nedeniyle planyanın “R2- Çapak kaçması /parça sıçraması sebebiyle görme kaybı, yaralanma” riskine bakalım. Önerilen yöntem PC10’un neden olduğu R2’nin risk büyüklüğünü 5.710 olarak hesaplarken, klasik SCEA yöntemi risk büyüklüğünü 3.432 olarak hesaplamaktadır. Önerilen yöntemden elde edilen risk büyüklüğü, klasik SCEA yönteminden elde edilen risk büyüklüğünden daha büyüktür, çünkü gerekli risk kontrol önlemi uygulansa da riskin oluşma olasılığı azaltılamayabilir. Bu durum, olasılık tahmininde bir belirsizliğe neden olur. Özetle,

önerilen yöntem, nütrosifik kümelerdeki belirsizlik tanımını da kullanarak SCEA yönteminin parametreleri altındaki riskler için uzman değerlendirmesinin neden olduğu tutarsız durumları dikkate alarak daha hassas bir şekilde risk büyüklüğü hesaplamaktadır.

6.1.2 Önerilen yöntemin iki skor fonksiyonuna göre hesaplanan risk büyüklüklerinin karşılaştırılması

Atölyeler için yapılan bu uygulamada risk büyüklükleri hem literatürde sık kullanılan skor fonksiyonu formülü hem de bu çalışma kapsamında geliştirilen skor fonksiyonu formülü kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır (Tablo B.7). Uygulama kapsamında risk büyüklüğü hesaplanan 111 adet kontrol noktası bulunmakta olup, (3.29) eşitliği ile önerilen skor fonksiyonu formülüne göre bu risk büyüklüklerinin 4.770-7.158 arasında daha dar bir aralıkta kaldığı, yeni önerilen skor fonksiyonu formülü (3.34) ile yapılan hesaplamanın 2.760-6.520 değerleri arasında bir değer aldığı ve bu sonuçların klasik SCEA ile kıyaslandığında yeni skor fonksiyonu formülünün kullanılmasının daha tutarlı sonuç verdiği görülmektedir.

Örneğin, GC2 nolu kontrol noktasını incelendiğinde, bu kontrol noktasında uzmanların verdiği cevaplara göre hesaplanan belirsizlik (I) değerinin düşük (L), çok düşük (VL) değerleri aldığı, bu sebeple de literatürde kullanılan skor fonksiyonu 6.433 risk büyüklüğü hesaplanmışken, yeni skor fonksiyonunun 5.962 ile daha düşük risk büyüklüğü hesapladığı sonucuna varılmıştır.

6.2 Kaynak Laboratuvarı için Uygulama Örneği

Tez çalışmasının uygulaması kapsamında öğrenci ve araştırma laboratuvarı olarak kullanılan kaynak laboratuvarında risk değerlendirmesi yapılmıştır.

Adım 1. Risk Tanımlama

- **Sektöre yönelik tehlike kaynaklarının belirlenmesi**

Bu aşamada laboratuvarda kullanılan Elektrik Ark Kaynağı (E), Gazaltı Ark Kaynağı (G), Tozaltı Ark Kaynağı (S), Oksijenle Kesme Kaynağı (O) tehlike kaynağı olarak belirlenmiştir.

- **Sektöre yönelik mesleki risklerin tanımlanması**

Tehlike kaynaklarından kaynaklanabilecek hasar ve yaralanma ihtimalleri riskler olarak tanımlanmış ve Tablo 6.4'te tanımlanmıştır.

- **Risklerin ortaya çıkmasına neden olan hususların belirlenerek kontrol noktalarının tanımlanması**

Bir önceki adımda belirlenen her bir risk için iş güvenliği uzmanı ve kaynak laboratuvarı sorumlusu öğretim elemanlarının görüşleri alınarak kontrol noktaları tanımlanmıştır. Belirlenen risk ve kontrol noktalarının listesi Tablo 6.4'te verilmiştir.

Tablo 6.4 Kaynak labotaruvarı için belirlenen riskler ve kontrol noktaları

Risk Kodu	Risk Adı	Kontrol Önlemi	E	G	S	O
R1	Çapak sıçraması / mor ve kızılötesi ışınlar sebebiyle görme kaybı	Kaynakçı gözlüğü ve/veya maskesi kullanılmalıdır.	E1	G1		O1
		Göz kamaşmasını önlemek ve yansımaları azaltmak için kabin perdelerinde sarı, yeşil veya turuncu renkli ultraviyole (UV) emici malzemeler kullanılmalıdır.	E2			O2
R2	Solunum sistemi hastalıkları / kanser	İşlem açık havada yapılmalı ya da lokal duman emiş sistemleri kullanılmalıdır.	E3	G2		O3
		Uygun gaz maskesi kullanılmalıdır.	E4	G3		O4
R3	Elektrik çarpması sonucu ciddi yaralanma /ölüm	Cihazın kablolarını takarken ya da çıkarırken sistemin kapalı konumda olduğu kontrol edilmeli.	E5	G4	S1	
		Makina ve tesisatının elektrik donanımında ezilmiş veya örselenmiş kablolar, çatlamış ya da kırılmış prizler ve fişler kullanılmamalıdır.	E6	G5	S2	
		Molalarda veya cüruf temizlerken elektrot pensesi iletken olmayan bir levha üzerine konulmalı.	E7			
		Sistem üzerinde kaçak akım rölesi kullanılmalıdır.	E8	G6	S3	
		Tezgâhın güç üretim kısmını örten kapaklar takılı olmalıdır.				
		Tüm sistemin (kumanda kutusu, kaynak makinası ve diğer parçalar) uygun bir şekilde topraklamasını sağlanmalıdır.	E9	G7	S4	
R4	Yüksek sıcaklık sonucu deride tahriş /yanma	Standartlara ve yapılan işe uygun eldiven kullanılmalıdır.	E10	G8	S5	O5
		İşlem sırasında ısınan metal ve ilişkili yüzeylere direkt temas edilmesi engellenmelidir.	E11	G9	S6	O6
R5	İşlem sırasında çıkan yangın/ patlama sonucu yaralanma /ölüm	Kolay tutuşabilecek cisimler ortamdan uzaklaştırılmalı ya da sac levha ile paravan oluşturulmalı.	E12	G10	S7	O7
		Besleme kabloları mekanik ve kimyasal etkilere korunmalıdır.	E13	G11	S8	O8
		Makinenin regülatör çıkışına emniyet valfi takılmalıdır.				O9
R6	Tüp patlaması sebebiyle yaralanma / ölüm	Basınçlı gaz tüplerinin periyodik muayenesi, deney, bakım ve tamiri yetkililerce yapılmalıdır.		G12		O10
		Tüpler düşmeyecek şekilde dik pozisyonda birbirinden bağımsız olarak zincir ya da kelepçe kullanarak sabitlenmelidir.		G13		O11
		Tüplerde, borularda, vanalarda, koruyucu başlıklarda ve gövdede aşınma, sızıntı, çatlak ya da eziklik olup olmadığı kontrol edilmelidir.		G14		O12
		Tüp basıncını yükseltmek için direkt alev veya elektrikli ısıtma kesinlikle kullanılmamalı ve tüpler 45°C'nin üzerinde sıcaklıklara maruz bırakılmamalıdır.		G15		O13
		Asetilen gazı iletim hattında kullanılan bakır boru ve bakırdan yapılmış parçaların kullanılmamalıdır.				O14

Adım 2. Risk Analizi

- **Kontrol noktaları için parametre değerin atanması**

Uygulamada kullanılan veri seti, Tablo 4.2' de verilen soruların uzmanlara sorulması sonucunda elde edilmiştir. Uzman yargılarındaki kararsızlığı tanımlamak için ise Tablo 4.3 kullanılmıştır. Her bir kontrol noktasının kazaya sebebiyet verme olasılığı $P(T,I,F)$ ve 2. Yaklaşım kullanılarak şiddet $S(T,I,F)$, üç uzmanın farklı görüşleri alınarak oluşturulmuştur. Kazanın önceden tespit edilebilirlik $D(T,I,F)$ derecesi ve makinenin kullanım sıklığına $F(T,I,F)$ ilişkin dilsel değerlendirmede ise laboratuvar sorumlusu ve uzmanların fikir birliği içerisinde verdiği cevaplar kullanılmıştır. Tüm değerlendirmeleri yansıtan dilsel ifadeler Tablo 6.5'te verilmiştir.

Tablo 6.5 Kaynak laboratuvarı için dilsel değişkenler

	Kontrol Noktası	Sıklık			Olasılık Uzman 1			Olasılık Uzman 2			Olasılık Uzman 3			Şiddet Uzman 1			Şiddet Uzman 2			Şiddet Uzman 3			Tespit Edilebilirlik		
		T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
R1	G1	M	VL	M	VH	VL	VL	H	M	L	VH	VL	VL	H	M	L	H	M	L	H	M	L	VH	M	M
R2	G2	M	VL	M	VH	L	L	H	VL	VL	H	M	L	H	M	L	H	H	M	H	M	L	VH	VL	VH
R2	G3	M	VL	M	H	H	M	M	H	L	H	M	L	H	M	L	H	H	M	H	M	L	VH	M	M
R3	G4	M	VL	M	H	M	L	H	M	L	VH	VL	VL	VH	H	H	VH	VH	VH	VH	H	H	H	L	M
R3	G5	M	VL	M	VH	M	M	H	M	L	VH	L	L	VH	H	H	VH	VH	VH	VH	M	M	H	M	L
R3	G6	M	VL	M	H	M	L	H	M	L	H	VL	VL	VH	L	L	VH	VH	VH	VH	L	L	VH	VH	VL
R3	G7	M	VL	M	H	M	L	H	M	L	VH	L	L	VH	H	H	VH	VH	VH	VH	H	H	VH	VH	VL
R4	G8	M	VL	M	H	VL	VL	M	VL	VL	H	VL	VL	M	H	L	M	H	L	M	VL	VL	VH	M	M
R4	G9	M	VL	M	M	H	L	H	M	L	VH	VL	VL	M	H	L	M	H	L	H	VL	VL	H	M	L
R5	G10	M	VL	M	H	M	L	H	M	L	VH	L	L	VH	H	H	VH	VH	VH	VH	M	M	VH	M	M
R5	G11	M	VL	M	H	M	L	H	M	L	H	M	L	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	H	H	H	H	VL
R6	G12	M	VL	M	H	M	L	H	M	L	VH	L	L	VH	H	H	VH	VH	VH	VH	VH	VH	H	H	VL
R6	G13	M	VL	M	H	H	M	H	M	L	H	M	L	VH	H	H	VH	VH	VH	VH	H	H	VH	L	H
R6	G14	M	VL	M	H	M	L	H	M	L	H	M	L	VH	H	H	VH	VH	VH	VH	H	H	H	H	VL
R6	G15	M	VL	M	VH	L	L	H	M	L	VH	L	L	VH	H	H	VH	VH	VH	VH	H	H	H	H	VL
R3	S1	L	L	M	H	M	L	M	H	L	H	M	L	VH	L	L	VH	VH	VH	VH	H	H	H	L	M
R3	S2	L	L	M	H	H	M	M	H	L	H	M	L	VH	M	M	VH	VH	VH	H	H	M	H	M	L
R3	S3	L	L	M	H	M	L	H	M	L	H	M	L	VH	L	L	VH	VH	VH	VH	H	H	VH	VH	VL
R3	S4	L	L	M	VH	L	L	H	M	L	VH	L	L	VH	H	H	VH	VH	VH	VH	M	M	VH	VH	VL
R4	S5	L	L	M	VH	L	L	H	M	L	H	M	L	M	VL	VL	M	VL	VL	M	VL	VL	VH	M	M
R4	S6	L	L	M	H	M	L	M	H	L	H	M	L	M	H	L	M	H	L	M	H	L	H	M	L
R5	S7	L	L	M	VH	L	L	H	M	L	H	M	L	H	H	M	VH	VH	VH	VH	M	M	VH	M	M
R5	S8	L	L	M	H	H	M	H	M	L	H	M	L	H	H	M	VH	VH	VH	VH	M	M	H	H	VL
R1	E1	M	L	H	VH	VL	VL	H	M	L	H	M	L	H	M	L	H	H	M	H	M	L	VH	M	M
R1	E2	M	L	H	H	H	M	H	M	L	H	M	L	H	H	M	H	H	M	H	M	L	H	H	VL
R2	E3	M	L	H	H	M	L	H	M	L	H	VL	VL	H	H	M	H	H	M	H	M	L	VH	VL	VH

Tablo 6.5 Kaynak laboratuvarı için dilsel değişkenler – devamı

Risk	Kontrol Noktası	Sıklık			Olasılık Uzman 1			Olasılık Uzman 2			Olasılık Uzman 3			Şiddet Uzman 1			Şiddet Uzman 2			Şiddet Uzman 3			Tespit Edilebilirlik		
		T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
R2	E4	M	L	H	H	VL	VL	H	H	M	H	VL	VL	H	H	M	H	H	M	H	M	L	VH	M	M
R3	E5	M	L	H	H	M	L	H	M	L	H	VL	VL	H	M	L	VH	VH	VH	VH	H	H	H	L	M
R3	E6	M	L	H	H	H	M	H	M	L	H	VL	VL	H	H	M	VH	VH	VH	VH	H	H	H	M	L
R3	E7	M	L	H	H	M	L	H	M	L	H	VL	VL	VH	M	M	VH	VH	VH	VH	H	H	H	M	L
R3	E8	M	L	H	H	M	L	H	M	L	H	M	L	VH	L	L	VH	VH	VH	VH	H	H	VH	VH	VL
R3	E9	M	L	H	VH	L	L	H	M	L	VH	L	L	VH	H	H	VH	VH	VH	VH	H	H	VH	VH	VL
R4	E10	M	L	H	VH	VL	VL	H	M	L	H	VL	VL	H	M	L	M	H	L	H	M	L	VH	M	M
R4	E11	M	L	H	H	M	L	H	M	L	H	VL	VL	H	H	M	M	H	L	H	M	L	H	M	L
R5	E12	M	L	H	VH	L	L	H	M	L	VH	L	L	VH	M	M	VH	VH	VH	VH	M	M	VH	M	M
R5	E13	M	L	H	H	H	M	H	M	L	H	VL	VL	VH	H	H	VH	VH	VH	VH	M	M	H	H	VL
R1	O1	VL	L	L	VH	L	L	H	M	L	H	M	L	H	M	L	H	H	M	H	M	L	VH	M	M
R1	O2	VL	L	L	H	H	M	H	M	L	H	M	L	H	H	M	H	H	M	H	M	L	H	H	VL
R2	O3	VL	L	L	H	H	M	H	M	L	H	M	L	H	H	M	H	H	M	H	H	M	VH	VL	VH
R2	O4	VL	L	L	H	M	L	H	M	L	H	M	L	H	M	L	H	H	M	H	H	M	VH	M	M
R4	O5	VL	L	L	VH	L	L	M	H	L	H	M	L	VH	L	L	VH	VH	VH	H	M	L	VH	M	M
R4	O6	VL	L	L	H	H	M	M	H	L	H	VL	VL	VH	M	M	VH	VH	VH	VH	H	H	H	M	L
R5	O7	VL	L	L	VH	M	M	H	M	L	VH	L	L	VH	H	H	VH	VH	VH	VH	M	M	VH	M	M
R5	O8	VL	L	L	H	H	M	H	M	L	H	VL	VL	VH	H	H	VH	VH	VH	VH	M	M	H	H	VL
R5	O9	VL	L	L	H	H	M	H	M	L	H	VL	VL	VH	H	H	VH	VH	VH	VH	M	M	VH	H	L
R6	O10	VL	L	L	VH	L	L	H	M	L	VH	L	L	VH	H	H	VH	VH	VH	VH	H	H	H	H	VL
R6	O11	VL	L	L	VH	L	L	H	M	L	H	VL	VL	VH	H	H	VH	VH	VH	VH	H	H	VH	L	H
R6	O12	VL	L	L	VH	L	L	H	M	L	H	VL	VL	VH	H	H	VH	VH	VH	VH	H	H	H	H	VL
R6	O13	VL	L	L	VH	L	L	H	M	L	VH	L	L	VH	H	H	VH	VH	VH	VH	H	H	H	H	VL
R6	O14	VL	L	L	VH	L	L	H	M	L	VH	L	L	VH	H	H	VH	VH	VH	VH	H	H	H	H	VL

- Dilsel değişkenlerin bulanık üyelik derecelerinin elde edilmesi

Tablo 6.5.'te verilen dilsel değişkenler Tablo 4.1 ve Tablo 4.4 'de verilen ölçekler kullanılarak bulanık sayılara dönüştürülmüştür. Olasılık ve şiddet verileri üç uzmandan elde edildiğinden, değerlendirmelere ilişkin ortak karar matrisi elde etmek için (3.27) ve (3.28) eşitlikleri kullanılmıştır. Örnek hesaplama Tablo 6.6'da gösterilmiştir.

Tablo 6.6 Elektrik ark kaynağına ait E9 kontrol noktasının olasılık hesabı

	T	I	F
Uzman-1	(7.5,10,10)	(0, 2.5, 5)	(0, 2.5, 5)
Uzman- 2	(5, 7.5,10)	(2.5, 5, 7.5)	(0, 2.5, 5)
Uzman- 3	(7.5,10,10)	(0, 2.5, 5)	(0, 2.5, 5)
Toplam (Eşitlik (3.27))	(170, 525.5, 730)	(0, 31.25, 187.5)	(0, 15.625, 125)
Ortalama (Eşitlik (3.28))	(6.529, 9.075, 10.00)	(0.000, 3.150, 5.724)	(0.00, 2.50, 5.00)

Şekil 4.2'de verilen ölçek kullanılarak tüm parametrelere ait bulanık sayıların üyelik dereceleri bulunur. Her parametre için üyelik dereceleri ekler bölümünde ayrı ayrı Tablo C.1, C.2, C.3 ve C.4'te verilmiştir.

Gazaltı ark kaynağının G10 kontrol noktasının risk büyüklüğü hesaplaması Tablo 6.7'de verilmiştir. Örneğe göre, tanımlanan riskin N, Mi, Ma ve C'ye ait nütrosifik üyelik dereceleri sırasıyla [(0.5,0.57,0.5); (0.85,0.79,0.5); (0.5,0.38,0.5); (0,0,0.5)]'dir. Bu değerler, skor fonksiyon formülü (3.34) eşitliği kullanılarak sırasıyla 0.512, 0.782, 0.480, 0.083 olarak tek bir N, Mi, Ma ve C üyelik değerine dönüştürülmüştür. Daha sonra (4.9) eşitliği kullanılmış ve G10'un risk büyüklüğü 4.218 olarak elde edilmiştir. Bu çalışmada belirlenen her bir riskin risk büyüklükleri Tablo C.5'te verilmiştir.

Tablo 6.7 Gazaltı kaynağı G10 kontrol noktası risk büyüklüğü

	N	Mi	Ma	C
Üyelik Derecesi	(0.5,0.57,0.5)	(0.85,0.79,0.5)	(0.5,0.38,0.5)	(0,0,0.5)
Skor Değeri (Eşitlik (3.34))	0.512	0.782	0.480	0.083
Risk Büyüklüğü (Eşitlik (4.9))	4.218			

Adım 3. Risk Tespiti

- **Risklerin sıralanması ve önceliklendirilmesi**

Tablo C.5'e göre en yüksek risk olarak "R5-İşlem sırasında çıkan yangın/ patlama sonucu yaralanma /ölüm" riski bulunmuştur. Elektrik ark ve gazaltı ark kaynaklarında ark sıcaklığının merkezi 5500°C civarındadır. Bu sıcaklıklar metalin ısınmasına neden olmakta ve şaloma ile kesme sırasında yüksek alev oluşabilmektedir. Metal sıcaklığı ise metale bağlı olarak değişir ve örneğin çelikte ergiyen kısmın sıcaklığı 1600 °C'yi bulur. Uygulama örneğinde bu açıklamaya uygun olarak, R5 en yüksek risk olarak belirlenmiştir.

Tablo C.5'e göre R5'ten sonraki yüksek risk "R6- Tüp patlaması sebebiyle yaralanma /ölüm" olarak görülmektedir. Çünkü kaynak işlerinde kullanılan gazlar basınçlı silindirik tüplerde bulunmaktadır. Bu tüpler üzerinde bulunan vana kırılırsa, tüp içindeki basınçlı gaz hızla boşalarak roket etkisi oluşturmaktadır. Alev geri tepmesi ve tüpün yüksek sıcaklık veya basınca maruz kalması sebepleriyle de patlaması ihtimali vardır. Bu nedenle R6 yüksek risklidir.

- **Risklerin transferi veya kabulü**

Bir önceki adımda belirlenen risklerin giderilmesi için ortamda kolay tutuşabilecek malzemelerin bulunmaması ya da izole ortam oluşturulması, alev geri tepme emniyet tertibatlarının kullanılması, basınçlı gaz tüplerinin taşınması, depolanması ve kullanılması sırasında belirlenen kontrol tedbirlerinin alınması, periyodik muayenede tüplerin et kalınlığı ölçümünün ihmal edilmemesi gerekmektedir.

Adım 4. İzleme ve Gözden Geçirme

Risk yönetimi, tehlike kaynaklarının ve olması muhtemel kazaların tanımlanıp yönetilmesini sağlama sürecidir. Kontrol noktalarından gelen risk büyüklükleri, güvenliğin önemli bir parçasıdır. Uygulamada tespit edilen tüm mesleki risklerin kategori 1'de verilen seviyelere indirilmesi amacıyla gerçekleştirilen faaliyetler düzenli olarak kontrol edilmelidir.

Adım 5. Belgelendirme ve sürekli iyileştirme

Laboratuvarda çalışma yapan herkese iş sağlığı ve güvenliği eğitimleri verilmeli, tüm cihazlarda kullanım ve bakım talimatları, makine sicil kartı olması sağlanmalı ve periyodik muayeneler düzenli yaptırılmalıdır. Lisans öğrencilerinin bir öğretim elemanı gözetiminde laboratuvar çalışması yapması sağlanarak, laboratuvarda yalnız çalışılmasına izin verilmemelidir. Bu alanda yapılmış olan tüm çalışmalar ise dokümanite edilerek saklanmalıdır.

6.2.1 Önerilen yöntemin klasik SCEA ile karşılaştırılması

Bu bölümde daha önce literatüre önerilmiş olan FIS tabanlı SCEA yöntemi ile önerilen yöntemin kıyaslaması yapılmış olup sonuçlar Tablo C.6 'da gösterilmiştir. Klasik SCEA yalnızca mevcut duruma yönelik risk değerlendirmesi yapar ve kontrol önleminin alınmasından sonraki durumu dikkate almaz. Bu yöntemde, analist tedbirin alınmasından sonraki koşulları dikkate almadığından, olasılık ve şiddet parametresinin yüksek olduğu riskleri, yüksek risk olarak değerlendirmektedir. Bu sebeple yüksek riskli noktalar arasındaki farkı ayırt etmek imkansızlaşır. Oysa önerilen çalışmadaki yöntem, kontrol önlemi uygulanmadan önce ve sonraki durumları dikkate alarak risk büyüklüğünü hesapladığından dolayı yüksek riskli çıkan durumları daha detaylı analiz etme imkanı sunar. Yani önerilen yöntem, her yüksek riskli durumun aynı olmadığını belirtir. Önlem alındıktan sonra riskin azalabileceği durumlar, önlem alınsa bile riskin kabul edilebilir seviyeye inemeyeceği durumlara göre daha alt seviyede çıkar.

Tablo 6.8, iş güvenliği uzmanlarının S2 kontrol noktasının neden olduğu R3 riski hakkındaki yargılarını sunmaktadır. Tabloya göre, önlemler alındıktan sonra şiddet önemli ölçüde azaltılamamaktadır. Ayrıca, iş güvenliği uzmanlarının olayın meydana gelme olasılığı, şiddeti ve tespit edilme durumu hakkındaki yargıları arasında bir belirsizlik vardır. Bu durum, risk değerinin belirlenmesinde tutarsızlığa neden olmaktadır. Bu sebeple, S2 kontrol noktasının neden olduğu R3 riskinin risk değeri önerilen yönteme göre 4.232 iken klasik SCEA'ya göre 3.689'dir. Bunun temel nedeni, önerilen yöntemin değerlendirme sürecinde tutarsızlığı dikkate alması, SCEA'nın ise bunu dikkate almamasıdır.

Tablo 6.8 S2 kontrol noktası için dilsel değişkenler

	Olasılık (P)			Şiddet (S)			Tespit Edilebilirlik (D)			Sıklık (F)		
	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
Uzman-1	H	H	M	VH	M	M	H	M	L	L	L	M
Uzman-2	M	H	L	VH	VH	VH	H	M	L	L	L	M
Uzman-3	H	M	L	H	H	M	H	M	L	L	L	M

Başka bir örnek, Tablo 6.9’da gösterilmektedir. Tabloda uzmanların G2 kontrol noktasının neden olduğu R2 riski hakkındaki yargıları verilmektedir. Tabloya göre, kontrol önlemleri alındıktan sonra olayın meydana gelme olasılığı (P(F)) ve şiddeti (S(F)) kabul edilebilir bir düzeye ulaşmıştır. Ayrıca uzmanların tespit edilebilirlik ve sıklık parametrelerine verdikleri cevaplar arasında herhangi bir belirsizlik (I) bulunmamaktadır. Bu nedenle G2 için önerilen yöntemde risk büyüklüğü 4.083, klasik SCEA’da ise 4.000 olarak hesaplanmış olup; her iki yöntemde de birbirine yakın risk değeri elde edilmiştir.

Tablo 6.9 G2 kontrol noktası için dilsel değişkenler

	Olasılık (P)			Şiddet (S)			Tespit Edilebilirlik (D)			Sıklık (F)		
	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
Uzman-1	VH	L	L	H	M	L	VH	VL	VH	M	VL	M
Uzman-2	H	VL	VL	H	H	M	VH	VL	VH	M	VL	M
Uzman-3	H	M	L	H	M	L	VH	VL	VH	M	VL	M

6.2.2 Şiddet parametresini değerlendirmede kullanılan yaklaşımların kıyaslanması

Şiddet parametresi önerilen yöntemin aşamalarının anlatıldığı dördüncü bölümde ifade edildiği gibi iki farklı bakış açısıyla değerlendirilebilmektedir. Şiddet için 1. Yaklaşım, önerilen yöntemde riske göre hesaplanır. Zarar verme şiddeti ile doğruluk değeri, nadir de olsa gerçekleşecek şiddet sorusu ile de yanlışlık değerinin sorulması sayesinde öngörülemeyen sebeplerden kaynaklanacak şiddet ölçmeye çalışır. 2. Yaklaşım kullanılarak önerilen yöntemde, risk puanı hesaplanırken kontrol noktaları dikkate alınır. Kontrol önlemleri alınmadan ve de alındıktan sonraki şiddet değerleri birlikte analiz edilir, böylece her yüksek riskli durumun aynı olmadığı önlem alındıktan sonra şiddetin azalma, artma durumuna göre risk değerinin değişebileceği vurgulanmış olunur.

Önerilen iki şiddet parametresinden hangisinin seçileceği karar vericiye bağlı olarak değişmekle birlikte, iki parametre arasındaki farklılıkları göstermek üzere uygulama örneği olarak alınan kaynak laboratuvarındaki gazaltı ark kaynağının şiddet parametresi uzmanlar tarafından birinci yaklaşıma göre de değerlendirilmiştir. Uzmanlardan alınan cevaplar Tablo 6.10’da, bu cevaplara göre hesaplanan risk skoru ise karşılaştırmalı olarak Tablo 6.11’de yer almaktadır.

Tablo 6.10 Gazaltı ark kaynağı için şiddetin birinci yaklaşımı kullanılarak tanımlanan dilsel değerler

Risk Kodu	Kontrol Noktası	Şiddet Uzman 1			Şiddet Uzman 2			Şiddet Uzman 3		
		T	I	F	T	I	F	T	I	F
R1	G1	M	L	H	M	L	H	M	L	H
R2	G2	L	L	M	L	L	M	L	L	M
R2	G3	L	L	M	L	L	M	L	L	M
R3	G4	L	VL	L	VL	L	L	L	VL	L
R3	G5	L	VL	L	VL	L	L	L	VL	L
R3	G6	L	VL	L	VL	L	L	L	VL	L
R3	G7	L	VL	L	VL	L	L	L	VL	L
R4	G8	L	L	M	L	L	VL	L	L	M
R4	G9	L	L	M	L	L	VL	L	L	M
R5	G10	M	M	VH	M	L	H	M	M	VH
R5	G11	M	M	VH	M	L	H	M	M	VH
R6	G12	M	M	VH	H	L	VH	M	M	VH
R6	G13	M	M	VH	H	L	VH	M	M	VH
R6	G14	M	M	VH	H	L	VH	M	M	VH
R6	G15	M	M	VH	H	L	VH	M	M	VH

Önerilen yöntemle göre risk değerlendirmesi yapılırken, “kazanın olası sonuçlarını dikkat almak mı?” yoksa “kazaya göre önerilen kontrol noktasının etkinliği ölçmek mi daha öncelikli olmalı?” sorusuna karar vericinin verdiği yanıtı göre şiddet yaklaşımı seçilir. 1. Yaklaşımına göre karar vericiye, kazanın sonunda en çok beklediği şiddet ve nadiren gerçekleşebilecek şiddet sorulurken; 2. Yaklaşımına göre önlem alınmadan önceki ve sonraki şiddet sorulur. Tablo 6.11 aynı karar vericilerin farklı bakış açısına göre vereceği yanıtların ve dolayısıyla risk büyüklüklerinin değişebileceğini göstermektedir. Önerdiğimiz yöntem iki bakış açısına göre de risk büyüklüklerini belirleyebilmekle beraber, şiddet yaklaşımlarının ikisi de karar vericinin kararsızlık

derecesini ölçmeye, bu sayede risk ortamındaki belirsizlik ve kararsızlıktan kaynaklanan eksikliğin önüne geçmeye çalışmaktadır.

Tablo 6.11 Gazaltı ark kaynağı için şiddet yaklaşımlarına göre hesaplanan risk büyüklükleri

Risk Kodu	Kontrol Noktası	Şiddeti 1. Yaklaşım göre hesaplanan risk büyüklüğü	Şiddeti 2. Yaklaşım göre hesaplanan risk büyüklüğü
R1	G1	4.000	3.856
R2	G2	3.419	4.083
R2	G3	3.820	3.972
R3	G4	3.474	5.537
R3	G5	3.796	5.358
R3	G6	3.331	3.802
R3	G7	3.375	3.767
R4	G8	3.346	3.671
R4	G9	4.038	4.126
R5	G10	4.012	4.218
R5	G11	4.068	5.561
R6	G12	4.511	5.468
R6	G13	4.085	4.507
R6	G14	4.427	5.566
R6	G15	4.586	5.393

İSG risk yönetim süreci iş sağlığı ve güvenliği profesyonelleri haricinde işverene ve çalışana da sorumluluk yüklemektedir. İş sağlığı ve güvenliği profesyonelleri, riskleri belirler, iş kazaları ve meslek hastalıklarının kök nedenlerini tespit eder, alınması gerekli önlemler için önerilerde bulunabilir, alınan önlemleri düzenli denetimler ile kontrol eder. Tüm bu süreçlerle ilgili sözlü ve yazılı iletişim kanalları, kurul toplantıları ve de noter onaylı defteri kullanarak işveren/işveren vekilini bilgilendirir. İşveren de iş güvenliği uygulamalarının mevzuata uygun yapıp yapılmadığını takip ederek iş güvenliği profesyonelinin önerilerini dikkate almak, uygunsuzlukların giderilmesini sağlamak, çalışanına gerekli eğitim ve talimat verilmesini denetlemekle yükümlüdür. Çalışanlar ise aldıkları iş sağlığı ve güvenliği eğitime ve işyeri talimatlarına uygun olarak hareket etmeli ve mesai arkadaşlarının sağlık ve güvenliğini tehlikeye düşürecek davranışlardan kaçınmalıdır. Ancak bu şekilde iş kazaları ve meslek hastalıkları minimize edilebilir.

Bu tez çalışmasında, iş sağlığı ve güvenliği süreçlerinin gelişmesine katkı sağlamak, iş kazaları ve meslek hastalıklarını azaltmak için yeni bir risk yönetim süreci önerilmiştir. Bu çerçevede, risk tanımlama, risk analizi, risk tespiti, izleme ve gözden geçirme, belgelendirme ve sürekli iyileştirme olmak üzere beş aşamada tanımlanan risk yönetim süreci, karar vericinin ilgili riski ya da kontrol noktasını değerlendirirken kararsızlığını ele almak amacıyla nütrosifik kümelerle entegre edilerek literatüre sunulmuştur. Bu kapsamda olasılık, şiddet, sıklık ve tespit edilebilirlikten oluşan dört parametrelilik risk değerlendirme yöntemi olan SCEA yöntemi uzman yargılarındaki belirsizliği ele almak için nütrosifik kümelerle birleştirilmiştir. Önerilen geliştirmeyle birlikte, değerlendirme kullanılan risk parametreleri farklı bakış açıları ve farklı durumları yansıtacak şekilde değerlendirilmesi mümkün olmuştur. Risk büyüklüğünü elde eden tekniklerin skaler çarpım işlemini kullanması, risk derecelerinin dağılımının tutarsız değişmesine neden olmaktadır (Pluess vd. 2013; Acuner ve Çebi, 2016; İlbar vd. 2018; Karaşan vd. 2018). Bu nedenle SCEA yöntemi Mamdani bulanık çıkarım sistemini kullanmaktadır. Literatürde de risk büyüklüğü elde edilirken çarpımsal yöntemlerden ziyade çıkarımsal

kural tabanlı sistemlerin kullanılması önerilmektedir (Acuner ve Çebi, 2016; İlbarhar vd. 2018; Karaşan vd. 2018). Bu tez kapsamında da mantıksal çıkarımlar için SCEA yönteminin vazgeçilmez bir bileşeni olan bulanık çıkarım sistemi kullanılmıştır. Ancak literatürde nütrosolik setlerle birlikte çalışan Mamdani çıkarım sistemi örneği olmadığından ve risk değerlendirme sürecindeki belirsizliği ele almak için Mamdani bulanık çıkarım sistemi ilk kez nütrosolik setlere uzatılmıştır.

Önerilen yaklaşımın uygulanması için hizmet sektörü olarak faaliyet gösteren üniversitede demir – ağaç işleri atölyesi ile kaynak laboratuvarı örnek gösterilmiştir. Örnek alınan alanda bulunan tehlike kaynakları belirlenerek, riskleri bertaraf etmek için kontrol listeleri oluşturulmuştur. Bu kontrol noktalarının her biri değerlendirilirken SCEA yönteminde kullanılan parametreler, nütrosolik küme tanımında kullanılan doğruluk üyelik derecesi (T), kararsızlık üyelik derecesi (I) ve yanlışlık üyelik derecesi (F) ile üç boyutlu olarak ifade edilmiştir. Uzmanla ilgili risk ya da karar noktası ile alakalı risk büyüklüğünü hesaplamak için kullanılan her parametre için doğruluk (T) ve yanlışlık (F) olmak üzere iki soru sorulmuştur ve alınan cevaplarından yola çıkılarak, kontrol noktasının kazaya sebebiyet verme durumuna ilişkin belirsizlik (I), olasılık, şiddet, sıklık ve tespit edilebilirlik parametreleri açısından tanımlanmaya çalışılmıştır. Bu sayede belirsizlik (I), doğruluk (T) ve yanlışlık (F) değerlendirmelerine bağlı olarak belirlenmiştir. Nütrosolik kümelerin bu tez çalışmasında kullanılması sayesinde hem kontrol noktasındaki mevcut durum hem de önlem alındıktan sonra oluşacak durumun eş zamanlı olarak değerlendirilmesi sağlanarak risk ortamındaki belirsizlik ve kararsızlıktan kaynaklanan eksikliğin önüne geçilmeye çalışılmıştır. Çalışmada ayrıca nütrosolik kümelerde kullanılan skor fonksiyonu için alternatif bir hesaplama yöntemi beta dağılımından esinlenerek önerilmiş ve risk büyüklüğü hesaplanmıştır. Hesaplanan risk büyüklüğü üç kategoriye ayrılarak önceliklendirilmiş ve her yüksek riskli durumun aynı olmadığı sonucuna varılmıştır. Diğer bir ifadeyle, diğer yöntemlerle analiz edildiğinde yüksek riskli seviyede kabul edilen iki durum, önerilen yöntemle analiz edildiğinde, bu iki riskli durum arasında belirgin bir farklılığın olduğunu göstermiştir. Önerilen yöntem, önlem alındıktan sonra bile kabul edilebilir risk düzeyine indirgenemeyecek riskli durumu önlem alındıktan sonra kabul edilebilir risk düzeyine indirgenebilecek riskli durumdan daha öncelikli olduğunu ortaya koymuştur.

Bu tez kapsamında dinamik ve statik olmak üzere iki aşamalı bir risk değerlendirme süreci tanımlanmış ve karar destek sistemi modülü geliştirilmiştir. Dinamik risk değerlendirmesi iş güvenliği uzmanları tarafından yapılan risk değerlendirme uygulamasını kapsamakla birlikte geliştirilen karar destek modülü sayesinde risk değerlendirmesinin daha hızlı ve doğru yapılması hedeflenmiştir. Statik risk değerlendirme önerisi ile işyerindeki tüm çalışanların risk yönetim sürecine dahil olmaları sağlanmaktadır. Bu iki aşamalı risk değerlendirme yaklaşımının güvenlik kültürünün oluşmasında etkili bir rol üstlenmesi beklenmektedir. Özetle, önerilen yaklaşımın, risk büyüklüğü hesaplama yönteminin ve bu süreçte geliştirilen kontrol listelerinin iş sağlığı ve güvenliğinde risklerin izlenmesi ve kontrol edilmesi sürecinde etkili olacağı düşünülmektedir.

7.1 Önerilen Yöntemin İSG Uygulamalarına Sağlayacağı Katkılar

Çalışmada önerilen risk modelinin iş sağlığı güvenliği uygulamaları açısından sağlayacağı kazanımlar aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

- Önerilen yöntemin yapısında kullanılan nütrosifik küme ve bulanık çıkarım sisteminin kullanımı ile risk değerlendirme sürecinde yaşanan belirsizliklerin daha tutarlı bir şekilde analiz edilmesi ve örtülü risklerin açığa çıkması hususlarında karar vericiye destek sağlayacaktır.
- Geliştirilen yöntemeye dayalı işletmelerin kuracakları karar destek sistemi, risk değerlendirme sürecine aktif çalışan katılımını sağlayarak İSG uzmanlarının problemler karşında çözüm üretme ve süreci takip etme için daha etkin çalışmalarını sağlayacaktır.
- Sürecin etkin takibi ve kontrolü, işletmede yaşanan iş kazalarının ve ramak kala olaylarının sıfırlanmasında işletme yönetimine yardımcı olacaktır. Böylece yaşanan iş kazaları nedeniyle hem çalışanların sağlığı hem de yapılan işin güvenliği korunarak işletmenin iş kazası nedeniyle verimliliğin düşmesi, maliyetlerin artması ve imaj kaybı yaşaması önlenilecektir.

7.2 Çalışmanın Sınırlılıkları

Bu tezde mesleki risklerin değerlendirilmesi için karar destek sistemi oluşturulması amaçlanmış ve bir model önerilmiştir. Uygulama alanının bir üniversitede bulunan demir/ağaç işleri atölyesi ile kaynak laboratuvarı örneğinde kalması çalışmanın sınırlılığını oluşturmaktadır.

Kullanılan nütrosifik küme yaklaşımının iş güvenliği uzmanlarına farklı bir bakış açısı kazandırması beklenmektedir. Fakat nütrosifik kümeler risk değerlendirilmesinde ilk kez önerilen şekilde kullanıldığı için doğruluk (T) ve yanlışlık (F) parametreleri için uzmana sorulan soruların anlaşılmasında düşük de olsa zorluk bulunmaktadır. Ayrıca hesaplama süreci diğer risk değerlendirme tekniklerinden biraz daha uzun sürmektedir. Bu nedenle yöntemi başarıyla uygulayabilmek için önerilen risk yönetim sürecinin tüm aşamalarının doğru bir şekilde anlaşılması gerekmektedir. Risk değerlendirme çalışmanın en önemli aşamasının veri toplama adımı olduğundan, yöntemin uygulanması sırasında dikkat edilmesi gereken bir sınırlılığı olarak gösterilebilir.

Bu çalışmada önerilen yöntem, hem rutin çalışma faaliyetleri sırasında (doğruluk değeri için önerilen soru kullanılarak) hem de nadir durumlarda (yanlışlık değeri için önerilen soru kullanılarak) çalışma ortamında güvenli olmayan koşullar ve bu güvensiz koşullara karşı alınacak önlemlerin etkinliği için bir analiz sunmaktadır. Çalışanların insan faktörü ve psikolojik davranışlarından kaynaklanabilecek ani şok, dikkat dağınıklığı, sabotaj gibi durumlar çalışma ortamında alınan önlemlerin etkinliğini etkileyebilir. Bu nedenle çalışanların stres altındaki psikolojik davranışları bu araştırmanın kapsamı dışında kalmış olup yöntemin sınırlılığını oluşturmaktadır.

7.3 Gelecek Çalışma Önerileri

İleride yapılacak çalışmalarda, bu çalışmada bir örneği oluşturulan ve visual basic kodları paylaşılan karar destek sisteminin kullanıcı ara yüzünün geliştirilmesi, veri tabanının ise genişletilmesi önerilmektedir. Bu amaçla farklı ekipman/cihaz vb. konusunda kontrol noktaları belirlenerek farklı sektörlere yönelik kontrol listeleri oluşturulabilir. Mesleki açıdan deneyimli uzmanlardan görüşler alınarak önerilen yönteme göre yazılan bilgisayar tabanlı karar destek uygulaması ile risk büyüklüğünün

hesaplanması ve veri tabanına işlenmesi sağlanabilir. İşletme tarafından etkin bir şekilde kullanılan bu sistem sayesinde iş güvenliği uzmanlarının iş yükü azalır ve zamanını saha denetimlerinde daha verimli bir şekilde geçirmesi sağlanabilir. İşveren zaman ve maliyet açısından tasarruf yaparak işçilerinin daha güvenli bir ortamda çalışmasını olanak tanımış olur. Çalışanların iş güvenliği süreçlerine aktif katılımı ile de güvenlik kültürünün oluşmasına katkı sağlayabilir.



- Abdelgawad M., Fayek A. R. (2010). Risk management in the construction industry using combined fuzzy FMEA and fuzzy AHP. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136 (9), 1028–1036.
- Acuner O., Çebi S. (2016). An Effective Risk-Preventive Model Proposal For Occupational Accidents At Shipyards. *Brodogradnja/Shipbuilding/Open Access* Volume 67 Number 1.
- Akyıldız H., Barlas B. (2015). Tersanelerde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönünden Risk Analizi Yöntemleri. *İTÜ Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi, Teknik Rapor, DEN 2015/02*.
- Alaeddinoğlu M. F. (2017). İş Sağlığı ve Güvenliğinde Risk Analizi ve Değerlendirmesi için Yapay Sinir Ağları İle Geliştirilmiş Bir Karar Destek Sistemi. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Doktora Tezi*.
- Atanassov K. (1986). Intuitionistic fuzzy sets. *Fuzzy Sets and Systems*, 20, 87-96.
- Atlas M., Bedirhanoglu Ş. (2018). Bulanık Küme Yaklaşımlarının Sınıflandırılması. 19. Uluslararası Eyi Sempozyumu Tam Metin Bildiri Kitabı.
- Bashary A. M., Ravanshadnia M., Abbasianjahromi H., Asnaashari E. (2021). A Hybrid Fuzzy Risk Assessment Framework for Determining Building Demolition Safety Index. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 25(4):1144-1162.
- Birgören B., Yalçinkaya M. (2019). İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesinde Hata Türleri ve Etkileri Analizinin (FMEA) Kullanımı. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi, UMAGD*, 11(1), 41-50.
- Can F. G., Toktaş P. (2018). A novel fuzzy risk matrix based risk assessment approach. *The international journal of cybernetics, systems and management sciences (Kybernetes)*. Vol. 47 No. 9, 2018 pp. 1721-1751.
- Ceylan H., Başhelvacı V. S. (2011). Risk analysis with risk assessment matrix method: an application. *International Journal of Engineering Research and Development*, 3(2), 25-33.
- Chen Z., Wu X., Qin J. (2014). Risk assessment of an oxygen-enhanced combustor using a structural model based on the FMEA and fuzzy fault tree. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 32- 349e357.
- Clarke S. (1998). Safety culture on the UK railway network. *Work & Stress*, 12:3, 285-292, DOI: 10.1080/02678379808256867.
- Çebi A., Togan V., Çebi S. (2016). A fuzzy inference based model for evaluation of occupational risks at construction site. *International Journal of Civil Engineering and Applications*. 6 (81), 61–77.

- Çebi S., Akyüz E., Sahin Y. (2017). Developing Web Based Decision Support System for Evaluation Occupational Risks At Shipyards. *Brodogradnja/Shipbuilding*. 2017: 68 (1).
- Çiçek Ö., Öçal M. (2016). Dünyada ve Türkiye’de İş Sağlığı ve İş Güvenliğinin Tarihsel Gelişimi. *Hak İş Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi*. 5/11 124.
- Dabbagh R., Yousefi S. (2019). A hybrid decision-making approach based on FCM and MOORA for occupational health and safety risk analysis. *Journal of Safety Research*. Department of Defence (DoD) (2000). Standard Practice for System Safety. MILSTD-882D.
- Efe B., Kurt M., Efe Ö. F. (2017). An integrated intuitionistic fuzzy set and mathematical programming approach for an occupational health and safety policy. *Gazi University Journal of Science*, 30 (2): 73–95.
- Erdal H. (2018). İş Sağlığı ve Güvenliği İçin Dematel-Aras Tabanlı Risk Değerlendirme Metodolojisi ve Bir Uygulama. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8 (2): 1831-1853.
- Ersoy M., Çelik M. Y., Yeşilkaya L., Çolak O. (2019). İş sağlığı ve güvenliği problemlerinin çözümünde Fine-Kinney ve Gia yöntemlerinin entegrasyonu. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University* 34:2 751-770.
- Fattahi R, Tavakkoli-Moghaddam R, Khalilzadeh M, Shahsavari-Pour N, Soltani R. (2020). A novel FMEA model based on fuzzy multiple-criteria decision-making methods for risk assessment. *Journal of Enterprise Information Management*, 1741-0398.
- Fattahi R., Khalilzadeh M. (2018). Risk evaluation using a novel hybrid method based on FMEA, extended MULTIMOORA, and AHP methods under fuzzy environment. *Safety Science*, 102, 290-300.
- Fera M., Macchiaroli R. (2010). Appraisal of a new risk assessment model for SME. *Safety Science* 48, 1361–1368.
- Fine W. T. (1971). Mathematical Evaluations for Controlling Hazards. *Journal of Safety Research*, 3, 157-166.
- Grass A., Gamberini, R., Mora, C. ve Rimini, B. (2009). A fuzzy multi-attribute model for risk evaluation in workplaces. *Safety Science*, 47 (5): 707–716.
- Gül M., Ak M. F., Güneri A. F. (2017). Occupational health and safety risk assessment in hospitals: A case study using two-stage fuzzy multi-criteria approach. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 23 (2): 187–202.
- Gül M., Ak M. F., Güneri A. F. (2019). Pythagorean fuzzy VIKOR-based approach for safety risk assessment in mine industry. *Journal of Safety Research* 69, 135–153.
- Gül M, Çelik E. (2018). Fuzzy rule-based Fine–Kinney risk assessment approach for rail transportation systems. *Human Ecological Risk Assessment*, 24(7):1786–1812.

- Gül M., Guven B., Güneri A.F. (2017). A new fine-Kinney-based risk assessment framework using FAHP-FVIKOR incorporation. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*.
- Gül M., Güneri A. F. (2016). A fuzzy multi criteria risk assessment based on decision matrix technique: A case study for aluminum industry. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 40, 89-100.
- Gül M., Güneri A. F., Başkan M. (2018). An occupational risk assessment approach for construction and operation period of wind turbines, *Global J. Environ. Sci. Manage.*, 4(3): 281-298.
- Güneri A. F., Gül, M., Özgürler Ş. (2015). A fuzzy AHP methodology for selection of risk assessment methods in occupational safety. *International Journal of Risk Assessment and Management*, 18 (3–4): 319–335.
- Gür B. (2020). Yeraltı ve Yerüstü Kömür Madenlerinde Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Algılarının Belirlenmesi: Çorum Örneği. İstanbul Rumeli Üniversitesi İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- Güven B. (2018). Bütünleşik Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Bulanık Vikor Yöntemleri ile Fine-Kinney Risk Değerlendirme Metodu Uygulaması: Silah Endüstrisinde Örnek Çalışma. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Hacıbektaşoğlu S. E., Mertoğlu B., Tozan H. (2021). Application of a Novel Hybrid f-SC Risk Analysis Method in the Paint Industry. *Sustainability*, 13, 13605.
- Hadjimichael M. (2009). A Fuzzy Expert System for Aviation Risk Assessment. *Expert Systems with Applications*, 36, 6512-6519.
- Haggag O. Y. A., Barakat W. (2013). Application of fuzzy logic for risk assessment using risk matrix. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 3, 2013: 49-54.
- Hassan S., Wang J., Kontovas C., Bashir M. (2022). Modified FMEA hazard identification for cross-country petroleum pipeline using Fuzzy Rule Base and approximate reasoning. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Volume 74, 104616.
- Hu A. H., Hsu C. W., Kuo T. C., Wu W. C. (2009). Risk evaluation of green components to hazardous substance using FMEA and FAHP. *Expert Systems with Applications*, 36 (3 part 2): 7142–7147.
- Huang J., Li Z.S., Liu H.C. (2017). New approach for failure mode and effect analysis using linguistic distribution assessments and TODIM method. *Reliability Engineering & System Safety*, 167, 302–309.
- İlbahar E., Karaşan A., Çebi S., Kahraman C. (2018). A novel approach to risk assessment for occupational health and safety using Pythagorean fuzzy AHP & fuzzy inference system. *Safety Science* 103 124–136.

- Kang J., Liang W., Zhang L. (2014). A new risk evaluation method for oil storage tank zones based on the theory of two types of hazards. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 29:267–76.
- Karaşan A., İlbahar E., Çebi S., Kahraman C. (2018). A new risk assessment approach: Safety and Critical Effect Analysis (SCEA) and its extension with Pythagorean fuzzy sets. *Safety Science* 108 173–187.
- Khaleghi S., Givvehchi S., Karimi S. (2013). Fuzzy risk assessment and categorization, based on event tree analysis (ETA) and layer of protection analysis (lopa): case study in gas transport system. *World Applied Programming*, 2013:417-426.
- Kinney G. F. (1976). *Practical Risk Analysis for Safety Management* China Lake. CA: Naval Weapons Center Ordnance Lab White Oak MD.
- Kokangül A., Polat U., Dağsuyu C. (2017). A new approximation for risk assessment using the AHP and Fine Kinney methodologies. *Safety Science*, 91: 24–32.
- Koulinas G. K., Marhavilas P.K., Demesouka O.E., Vavatsikos, A.P. Koulouriotis, D.E. (2019). Risk analysis and assessment in the worksites using the fuzzy-analytical hierarchy process and a quantitative technique – A case study for the Greek construction sector. *Safety Science* 112 -96–104.
- Liu H. C., Li Z., Song W., Su Q. (2017a). Failure mode and effect analysis using cloud model theory and PROMETHEE method. *IEEE Transactions on Reliability*, 66(4), 1058-1072.
- Liu H. C., Wang L. E., You X. Y., Wu S. M. (2017b). Failure mode and effect analysis with extended grey relational analysis method in cloud setting. *Total Qual. Manage. Bus. Excellence* 1–23.
- Liu H. C., You J. X., You X. Y., Shan M. M. (2015). A novel approach for failure mode and effects analysis using combination weighting and fuzzy VIKOR method. *Applied Soft Computing Journal*, 28: 579–588.
- Liu H. T., Tsai Y. L. (2012). A fuzzy risk assessment approach for occupational hazards in the construction industry. *Safety Science*, 50(4), 1067-1078.
- Mahdevari S., Shahriar K., Esfahanipour, A. (2014). Human health and safety risks management in underground coal mines using fuzzy TOPSIS. *Science of the Total Environment*, 488–489 (1): 85–99.
- Maheswaran K., Loganathan T. (2013). A Novel Approach for Prioritization of Failure modes in FMEA using MCDM. *International Journal of Engineering Research and Applications*, SSN: 2248-9622, Vol. 3, Issue 4, pp.733-739.
- Mamdani E.H., Assilian S. (1975). An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. *International journal*.
- Mandal S., Maiti J. (2014). Risk Analysis Using FMEA: Fuzzy Similarity Value and Possibility Theory Based Approach. *Expert Systems with Applications*, 41, 3527-3537.
- Marakas G. M. (1999). *Decision Support Systems: In the Twenty First Century*. Prentice Hall, New Jersey.

- Marhavilas P.K., Koulouriotis D., Gemeni V. (2011). Risk analysis and assessment methodologies in the work sites: On a review, classification and comparative study of the scientific literature of the period 2000-2009. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, vol. 24, pp. 477-523.
- Maslow A. H. (1943). A Theory of Human Motivation. *Psychological Review*, 50, 370-396.
- Mohsen O., Fereshteh N. (2017). An extended VIKOR method based on entropy measure for the failure modes risk assessment–A case study of the geothermal power plant (GPP). *Safety Science* 92: 160-172.
- Nafei A., Javadpour A., Nasser H., Yuan W. (2021). Optimized score function and its application in group multiattribute decision making based on fuzzy neutrosophic sets *International Journal of Intelligent System* 1–22.
- Nancy Garg H. (2016). An Improved Score Function For Ranking Neutrosophic Sets And Its Application To Decision-Making Process" *International Journal for Uncertainty Quantification* 6(5):377- 385.
- Othman M. R., Idris R., Hassim M. H., Ibrahim W. H. W. (2016). Prioritizing HAZOP analysis using analytic hierarchy process (AHP). *Clean Technologies and Environmental Policy*, 18(5), 1345-1360.
- Pelaez C.E., Bowles J.B. (1994). Using fuzzy logic for system criticality analysis. In: *Reliability and Maintainability Symposium, Proceedings, Annual. IEEE*, syf. 449–455.
- Peng J. J., Wang J. Q., Wang J., Zhang H. Y., Chen X. H. (2016). Simplified neutrosophic sets and their applications in multi-criteria group decision-making problems. *International Journal of Systems Science*, 47:2342–2358.
- Pidgeon N. (1998). Safety culture: Key theoretical issues. *Work & Stress*, 12(3), 202–216.
- Pillay A., Wang, J. (2003). Modified failure mode and effects analysis using approximate reasoning. *Reliability Engineering and System Safety*, 79: 69–85.
- Radu L. D. (2009). Qualitative, Semi-Qualitative and, Quantitative Methods for Risk Assessment: Case of the Financial Audit. *Stiente Economice*, 56. 643-657.
- Radwan M.N., Senousy M.B., Riad A.M. (2016). Neutrosophic AHP multi criteria decision making method applied on the selection of learning management system. *International Journal of Advancements in Computing Technology (IJACT)* 8 (5).
- Rezaee J. M. (2020). Risk analysis of health, safety and environment in chemical industry integrating linguistic FMEA, fuzzy inference system and fuzzy DEA. *Stoch Environ Res Risk Assess*, vol. 34, pp. 201–218.
- Sauter V.(1997). *Decision Support Systems*. John Wiley & Sons, New York.
- Smarandache F. (2016). Subtraction and Division of Neutrosophic Numbers. *Creighton University, The Society for Mathematics of Uncertainty (SMU), Critical Review. Volume XIII*, 103-110.

- Smarandache F. (2000). Definition of Neutrosophic Logic, a Generalization of the Intuitionistic Fuzzy Logic. Proceeding of the Third Conference of the European Society for Fuzzy Logic and Technology.
- Stankovic M., Stankovic V. (2013). Comparative Analysis Of Methods For Risk Assessment - "Kinney" And "Auva". Safety Engineering, Vol 3, No3 - 129-136.
- Sunaryo, Hamka M. A. (2017). Safety Risks Assessment on Container Terminal Using Hazard Identification and Risk Assessment and Fault Tree Analysis Methods. 10th International Conference on Marine Technology, Science Direct, Procedia Engineering 194 (2017) 307 – 314.
- Şahin R. (2014). Multi- criteria neutrosophic decision making method based on score and accuracy functions under neutrosophic environment. arXiv Prepr. arXiv1412.5202
- Şen Z. (2012). Bulanık Bilim Felsefesi. Yükseköğretim ve Bilim Dergisi 2, 20-24. DOI: 10.5961/jhes.2012.029.
- Şenol M. B., Yılmaz N. (2017). İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirme Süreci İçin Bulanık Çok Kriterli Bir Model ve Uygulaması. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 32 (1): 85–95.
- Şişman B. (2017). Hata Türü ve Etkileri Analizinde Bulanık Ahp ve Bulanık Vikor Yöntemleri ile Otomotiv Sektöründe Risk Değerlendirmesi. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt.9 Sayı.18, s.234-250.
- T.C. Resmi Gazete, (2012), İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği, Sayı: 28512.
- Tang J., Liu X., Wang W. (2020). A hybrid risk prioritization method based on generalized TODIM and BWM for Fine-Kinney under interval type-2 fuzzy environment. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, DOI: 10.1080/10807039.2020.1789840.
- Tepe S., Kaya İ. (2019). A fuzzy-based risk assessment model for evaluations of hazards with a real-case study. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal,
- Toktaş Y. (2017) Çok Değerli Neutrosophic Kümelerin Üzerine Bazı Benzerlik Ölçümleri ve Uygulamaları. Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- TS EN 31010, (2019). Risk management - Risk assessment techniques.
- TS ISO 31000, (2020). Risk Yönetimi- Klavuz Bilgiler.
- Vahdani B., Salimi M., Charkhchian M. (2015). A new FMEA method by integrating fuzzy belief structure and TOPSIS to improve risk evaluation process. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 77 (1–4): 357–368.
- Wang L. E., Liu H. C., Quan M.Y. (2016). Evaluating The Risk of Failure Modes With a Hybrid MCDM Model Under Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Environments. Computers & Industrial Engineering 102:175–185.

- Wang H., Smarandache F., Zhang Y. Q., Sunderraman R. (2010). Single valued neutrosophic sets. *Multispace and Multistructure*. 4, 410–413.
- Wang W., Liu X., Qinc Y. (2018a). A risk evaluation and prioritization method for FMEA with prospect theory and Choquet integral. *Safety Science* 110, 152–163.
- Wang W, Liu X, Qin Y. (2018b). A fuzzy Fine-Kinney-based risk evaluation approach with extended MULTIMOORA method based on Choquet integral. *Comput Ind Eng*. 125:111–123.
- Yerlikaya M. A., Efe Ö. F. (2016). İş Güvenliğinde Bulanık Promethee Yöntemiyle Hata Türleri ve Etkilerinin Analizi: Bir İnşaat Firmasında Uygulama. *Güfbed/Gustij* 6 (2): 126-137, Ankara.
- Yousefia S., Alizadeha A., Hayatia J., Bagheryb M. (2018). HSE risk prioritization using robust DEA-FMEA approach with undesirable outputs: A study of automotive parts industry in Iran, *Safety Science* 102, 144–158.
- Yücesan M., Gül M. (2021). Failure modes and effects analysis based on neutrosophic analytic hierarchy process: method and application. *Soft Computing*, 25:11035–11052.
- Zadeh L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and control*, 8(3), 338- 353.
- Zhang M. (2010). *Novel Approaches to Image Segmentation Based on Neutrosophic Logic*. Utah State University.
- Zhu J., Shuai B., Li G., Chin K. S., Wang R. (2020). Failure mode and effect analysis using regret theory and PROMETHEE under linguistic neutrosophic context. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 64-104048.

A

KARAR DESTEK SİSTEMİ KODLARI



Olasılık için üç uzmandan alınan doğruluk ve yanlışlık verilerine göre belirsizlik değerinin belirlenmesi ve tüm değerlerin ortalamasının alınması, dilsel değişkenlerin bulanık değerlere dönüştürülmesi excel visual basic aracılığıyla aşağıdaki gibi kodlanmıştır. Aynı kodlar şiddet için de kullanılmış olduğundan örnek oluşturması adına yalnızca olasılık kodları verilmiştir.

```

Sub soru()
N = Worksheets("sorular").Cells(2, 1)
For i = 4 To N + 3
Worksheets("Olasilik").Cells(i - 1, 1) =
Worksheets("sorular").Cells(i, 2)
Worksheets("Siddet").Cells(i - 1, 1) =
Worksheets("sorular").Cells(i, 2)
Worksheets("Frekans").Cells(i - 1, 1) =
Worksheets("sorular").Cells(i, 2)
Worksheets("Tespit").Cells(i - 1, 1) =
Worksheets("sorular").Cells(i, 2)
Next
End Sub

Sub AHesap()
N = Worksheets("Sorular").Cells(2, 1)
For i = 3 To 2 + N
dogru1 = Worksheets("Olasilik").Cells(i, 2)
belir1 = Worksheets("Olasilik").Cells(i, 3)
yanli1 = Worksheets("Olasilik").Cells(i, 4)
dogru2 = Worksheets("Olasilik").Cells(i, 5)
belir2 = Worksheets("Olasilik").Cells(i, 6)
yanli2 = Worksheets("Olasilik").Cells(i, 7)
dogru3 = Worksheets("Olasilik").Cells(i, 8)
belir3 = Worksheets("Olasilik").Cells(i, 9)
yanli3 = Worksheets("Olasilik").Cells(i, 10)
Select Case dogru1
Case "Çok Düşük":
d1 = 0
ii1 = 0
f1 = 2.5
Case "Düşük":
d1 = 0
ii1 = 2.5
f1 = 5
Case "Orta":
d1 = 2.5
ii1 = 5
f1 = 7.5
Case "Yüksek":
d1 = 5
ii1 = 7.5
f1 = 10
Case "Çok Yüksek":
d1 = 7.5
ii1 = 10
f1 = 10
End Select
Select Case dogru2
Case "Çok Düşük":
d2 = 0
ii2 = 0
f2 = 2.5
Case "Düşük":
d2 = 0
ii2 = 2.5
f2 = 5
Case "Orta":
d2 = 2.5
ii2 = 5
f2 = 7.5
Case "Yüksek":
d2 = 5
ii2 = 7.5
f2 = 10
Case "Çok Yüksek":
d2 = 7.5
ii2 = 10
f2 = 10
End Select
Select Case dogru3
Case "Çok Düşük":
d3 = 0
ii3 = 0
f3 = 2.5
Case "Düşük":
d3 = 0
ii3 = 2.5
f3 = 5
Case "Orta":
d3 = 2.5
ii3 = 5
f3 = 7.5
Case "Yüksek":
d3 = 5
ii3 = 7.5
f3 = 10
Case "Çok Yüksek":
d3 = 7.5
ii3 = 10
f3 = 10
End Select

```

```

Case "Orta":
d3 = 2.5
ii3 = 5
f3 = 7.5
Case "Yüksek":
d3 = 5
ii3 = 7.5
f3 = 10
Case "Çok Yüksek":
d3 = 7.5
ii3 = 10
f3 = 10
End Select

= 1 - (((((d1 + d2) - d1 * d2) + d3) - (((d1 + d2)
- d1 * d2))) * d3))
If d_d < 0 Then
d_d = d_d * (-1)
d_d = 1 + ((d_d) ^ (1 / 3))
Worksheets("Olasilik").Cells(i, 13) = d_d
= 1 - ((d_d) ^ (1 / 3))
Worksheets("Olasilik").Cells(i, 13) = d_d
End If
d_d = 1 - (((((ii1 + ii2) - ii1 * ii2) + ii3) - (((ii1
+ ii2) - ii1 * ii2))) * ii3))
If d_d < 0 Then
d_d = d_d * (-1)
d_d = 1 + ((d_d) ^ (1 / 3))
Worksheets("Olasilik").Cells(i, 14) = d_d
Else
d_d = 1 - ((d_d) ^ (1 / 3))
Worksheets("Olasilik").Cells(i, 14) = d_d
End If
d_d = 1 - (((((f1 + f2) - f1 * f2) + f3) - (((f1 +
f2) - f1 * f2))) * f3))
If d_d < 0 Then
d_d = d_d * (-1)
d_d = 1 + ((d_d) ^ (1 / 3))
Worksheets("Olasilik").Cells(i, 15) = d_d
Else
d_d = 1 - ((d_d) ^ (1 / 3))
Worksheets("Olasilik").Cells(i, 15) = d_d
End If
Select Case yanli1
Case "Çok Düşük":
d1 = 0
ii1 = 0
f1 = 2.5
Case "Düşük":
d1 = 0
ii1 = 2.5
f1 = 5
Case "Orta":
d1 = 2.5
ii1 = 5
f1 = 7.5

```

```

Case "Yüksek":
d1 = 5
ii1 = 7.5
f1 = 10
Case "Çok Yüksek":
d1 = 7.5
ii1 = 10
f1 = 10
End Select
Select Case yanli2
Case "Çok Düşük":
d2 = 0
ii2 = 0
f2 = 2.5
Case "Düşük":
d2 = 0
ii2 = 2.5
f2 = 5
Case "Orta":
d2 = 2.5
ii2 = 5
f2 = 7.5
Case "Yüksek":
d2 = 5
ii2 = 7.5
f2 = 10
Case "Çok Yüksek":
d2 = 7.5
ii2 = 10
f2 = 10
End Select
Select Case yanli3
Case "Çok Düşük":
d3 = 0
ii3 = 0
f3 = 2.5
Case "Düşük":
d3 = 0
ii3 = 2.5
f3 = 5
Case "Orta":
d3 = 2.5
ii3 = 5
f3 = 7.5
Case "Yüksek":
d3 = 5
ii3 = 7.5
f3 = 10
Case "Çok Yüksek":
d3 = 7.5
ii3 = 10
f3 = 10
End Select

```

```

    f_d = (d1 * d2 * d3) ^ (1 / 3)
Worksheets("Olasilik").Cells(i, 19) = f_d
    f_ii = (ii1 * ii2 * ii3) ^ (1 / 3)
Worksheets("Olasilik").Cells(i, 20) = f_ii
    f_f = (f1 * f2 * f3) ^ (1 / 3)
Worksheets("Olasilik").Cells(i, 21) = f_f

If (dogru1 = "Çok Düşük") And (yanli1 = "Çok
Düşük") Then
    d1 = 0
    ii1 = 0
    f1 = 2.5
End If
If (dogru1 = "Düşük") And (yanli1 = "Çok Düşük")
Then
    d1 = 0
    ii1 = 0
    f1 = 2.5
End If
If (dogru1 = "Orta") And (yanli1 = "Çok Düşük")
Then
    d1 = 0
    ii1 = 0
    f1 = 2.5
End If
If (dogru1 = "Yüksek") And (yanli1 = "Çok Düşük")
Then
    d1 = 0
    ii1 = 0
    f1 = 2.5
End If
If (dogru1 = "Çok Yüksek") And (yanli1 = "Çok
Düşük") Then
    d1 = 0
    ii1 = 0
    f1 = 2.5
End If
If (dogru1 = "Düşük") And (yanli1 = "Düşük")
Then
    d1 = 7.5
    ii1 = 10
    f1 = 10
End If
If (dogru1 = "Orta") And (yanli1 = "Düşük") Then
    d1 = 5
    ii1 = 7.5
    f1 = 10
End If
If (dogru1 = "Yüksek") And (yanli1 = "Düşük")
Then
    d1 = 2.5
    ii1 = 5
    f1 = 7.5
End If

```

```

If (dogru1 = "Çok Yüksek") And (yanli1 =
"Düşük") Then
    d1 = 0
    ii1 = 2.5
    f1 = 5
End If
If (dogru1 = "Orta") And (yanli1 = "Orta")
Then
    d1 = 7.5
    ii1 = 10
    f1 = 10
End If
If (dogru1 = "Yüksek") And (yanli1 =
"Orta") Then
    d1 = 5
    ii1 = 7.5
    f1 = 10
End If
If (dogru1 = "Çok Yüksek") And (yanli1 =
"Orta") Then
    d1 = 2.5
    ii1 = 5
    f1 = 7.5
End If
If (dogru1 = "Yüksek") And (yanli1 =
"Yüksek") Then
    d1 = 7.5
    ii1 = 10
    f1 = 10
End If
If (dogru1 = "Çok Yüksek") And (yanli1
= "Yüksek") Then
    d1 = 5
    ii1 = 7.5
    f1 = 10
End If
If (dogru1 = "Çok Yüksek") And (yanli1
= "Çok Yüksek") Then
    d1 = 7.5
    ii1 = 10
    f1 = 10
End If
If (dogru2 = "Çok Düşük") And (yanli2 =
"Çok Düşük") Then
    d2 = 0
    ii2 = 0
    f2 = 2.5
End If
If (dogru2 = "Düşük") And (yanli2 = "Çok
Düşük") Then
    d2 = 0
    ii2 = 0
    f2 = 2.5
End If

```

End If

If (dogru2 = "Orta") And (yanli2 = "Çok Düşük") Then

d2 = 0
ii2 = 0
f2 = 2.5

End If

If (dogru2 = "Yüksek") And (yanli2 = "Çok Düşük") Then

d2 = 0
ii2 = 0
f2 = 2.5

End If

If (dogru2 = "Çok Yüksek") And (yanli2 = "Çok Düşük") Then

d2 = 0
ii2 = 0
f2 = 2.5

End If

If (dogru2 = "Düşük") And (yanli2 = "Düşük") Then

d2 = 7.5
ii2 = 10
f2 = 10

End If

If (dogru2 = "Orta") And (yanli2 = "Düşük") Then

d2 = 5
ii2 = 7.5
f2 = 10

End If

If (dogru2 = "Yüksek") And (yanli2 = "Düşük") Then

d2 = 2.5
ii2 = 5
f2 = 7.5

End If

If (dogru2 = "Çok Yüksek") And (yanli2 = "Düşük") Then

d2 = 0
ii2 = 2.5
f2 = 5

End If

If (dogru2 = "Orta") And (yanli2 = "Orta") Then

d2 = 7.5
ii2 = 10
f2 = 10

End If

If (dogru2 = "Yüksek") And (yanli2 = "Orta") Then

d2 = 5
ii2 = 7.5
f2 = 10

End If

If (dogru2 = "Çok Yüksek") And (yanli2 = "Orta") Then

d2 = 2.5
ii2 = 5
f2 = 7.5

End If

If (dogru2 = "Yüksek") And (yanli2 = "Yüksek") Then

d2 = 7.5
ii2 = 10
f2 = 10

End If

If (dogru2 = "Çok Yüksek") And (yanli2 = "Yüksek") Then

d2 = 5
ii2 = 7.5
f2 = 10

End If

If (dogru2 = "Çok Yüksek") And (yanli2 = "Çok Yüksek") Then

d2 = 7.5
ii2 = 10
f2 = 10

End If

If (dogru3 = "Çok Düşük") And (yanli3 = "Çok Düşük") Then

d3 = 0
ii3 = 0
f3 = 2.5

End If

If (dogru3 = "Düşük") And (yanli3 = "Çok Düşük") Then

d3 = 0
ii3 = 0
f3 = 2.5

End If

If (dogru3 = "Orta") And (yanli3 = "Çok Düşük") Then

d3 = 0
ii3 = 0
f3 = 2.5

End If

If (dogru3 = "Yüksek") And (yanli3 = "Çok Düşük") Then

d3 = 0
ii3 = 0
f3 = 2.5

End If

If (dogru3 = "Çok Yüksek") And (yanli3 = "Çok Düşük") Then

d3 = 0
ii3 = 0
f3 = 2.5

End If

```

If (dogru3 = "Düşük") And (yanli3 =
"Düşük") Then
    d3 = 7.5
    ii3 = 10
    f3 = 10
End If
If (dogru3 = "Orta") And (yanli3 = "Düşük")
Then
    d3 = 5
    ii3 = 7.5
    f3 = 10
End If
If (dogru3 = "Yüksek") And (yanli3 =
"Düşük") Then
    d3 = 2.5
    ii3 = 5
    f3 = 7.5
End If
If (dogru3 = "Çok Yüksek") And
(yanli3 = "Düşük") Then
    d3 = 0
    ii3 = 2.5
    f3 = 5
End If
If (dogru3 = "Orta") And (yanli3 = "Orta")
Then
    d3 = 7.5
    ii3 = 10
    f3 = 10
End If
If (dogru3 = "Yüksek") And (yanli3 = "Orta")
Then
    d3 = 5
    ii3 = 7.5
    f3 = 10
End If
If (dogru3 = "Çok Yüksek") And (yanli3 =
"Orta") Then
    d3 = 2.5
    ii3 = 5
    f3 = 7.5
End If
If (dogru3 = "Yüksek") And (yanli3 =
"Yüksek") Then
    d3 = 7.5
    ii3 = 10
    f3 = 10
End If
If (dogru3 = "Çok Yüksek") And (yanli3 =
"Yüksek") Then
    d3 = 5
    ii3 = 7.5
    f3 = 10
End If
End If
If (dogru3 = "Çok Yüksek") And (yanli3 =
"Çok Yüksek") Then
    d3 = 7.5
    ii3 = 10
    f3 = 10
End If
ii_d = (d1 * d2 * d3) ^ (1 / 3)
Worksheets("Olasilik").Cells(i, 16) = ii_d
ii_ii = (ii1 * ii2 * ii3) ^ (1 / 3)
Worksheets("Olasilik").Cells(i, 17) = ii_ii
ii_f = (f1 * f2 * f3) ^ (1 / 3)
Worksheets("Olasilik").Cells(i, 18) = ii_f
Next i
End Sub

```

Tespit edilebilirlik ve sıklık parametreleri için ise tek değerlendirme alınmış bu nedenle ortalama hesaplanmamıştır. Tespit edilebilirlik kodları da aşağıdaki gibi örnek olarak verilmiştir:

```

Sub Tespit()
    N = Worksheets("Sorular").Cells(2, 1)
    For i = 3 To 2 + N
        dogru1 = Worksheets("Tespit").Cells(i, 2)
        belir1 = Worksheets("Tespit").Cells(i, 3)
        yanli1 = Worksheets("Tespit").Cells(i, 4)
        Select Case dogru1
            Case "Çok Düşük":
                d1 = 0
                ii1 = 0
                f1 = 2.5
            Case "Düşük":
                d1 = 0
                ii1 = 2.5
                f1 = 5
            Case "Orta":
                d1 = 2.5
                ii1 = 5
                f1 = 7.5
            Case "Yüksek":
                d1 = 5
                ii1 = 7.5
                f1 = 10
            Case "Çok Yüksek":
                d1 = 7.5
                ii1 = 10
                f1 = 10
        End Select
        Worksheets("Tespit").Cells(i, 13) = d1
        Worksheets("Tespit").Cells(i, 14) = ii1
        Worksheets("Tespit").Cells(i, 15) = f1
        If (dogru1 = "Çok Düşük") And (yanli1 = "Çok Düşük") Then
            d1 = 0
            ii1 = 0
            f1 = 2.5
        End If
        If (dogru1 = "Düşük") And (yanli1 = "Çok Düşük") Then
            d1 = 0
            ii1 = 2.5
            f1 = 5
        End If
        If (dogru1 = "Orta") And (yanli1 = "Çok Düşük") Then
            d1 = 2.5
            ii1 = 5
            f1 = 7.5
        End If
        If (dogru1 = "Yüksek") And (yanli1 = "Çok Düşük") Then
            d1 = 5
            ii1 = 7.5
            f1 = 10
        End If
        If (dogru1 = "Çok Yüksek") And (yanli1 = "Çok Düşük") Then
            d1 = 7.5
            ii1 = 10
            f1 = 10
        End If
    Next i
End Sub

```

```

        If (dogru1 = "Düşük") And (yanli1 = "Orta") Then
            d1 = 0
            ii1 = 2.5
            fl = 5
        End If

        If (dogru1 = "Orta") And (yanli1 = "Orta") Then
            d1 = 0
            ii1 = 0
            fl = 2.5
        End If

        If (dogru1 = "Yüksek") And (yanli1 = "Orta") Then
            d1 = 0
            ii1 = 2.5
            fl = 5
        End If

        If (dogru1 = "Çok Yüksek") And (yanli1 = "Orta") Then
            d1 = 2.5
            ii1 = 5
            fl = 7.5
        End If

        If (dogru1 = "Çok Düşük") And (yanli1 = "Yüksek") Then
            d1 = 5
            ii1 = 7.5
            fl = 10
        End If

        If (dogru1 = "Düşük") And (yanli1 = "Yüksek") Then
            d1 = 2.5
            ii1 = 5
            fl = 7.5
        End If

        If (dogru1 = "Orta") And (yanli1 = "Yüksek") Then
            d1 = 0
            ii1 = 2.5
            fl = 5
        End If

        If (dogru1 = "Çok Yüksek") And (yanli1 = "Çok Yüksek") Then
            d1 = 0
            ii1 = 0
            fl = 2.5
        End If

        If (dogru1 = "Düşük") And (yanli1 = "Çok Yüksek") Then
            d1 = 5
            ii1 = 7.5
            fl = 10
        End If

        If (dogru1 = "Orta") And (yanli1 = "Çok Yüksek") Then
            d1 = 2.5
            ii1 = 5
            fl = 7.5
        End If

        If (dogru1 = "Yüksek") And (yanli1 = "Çok Yüksek") Then
            d1 = 0
            ii1 = 2.5
            fl = 5
        End If

        If (dogru1 = "Çok Yüksek") And (yanli1 = "Çok Yüksek") Then
            d1 = 0
            ii1 = 0
            fl = 2.5
        End If

        Worksheets("Tespit").Cells(i, 16) = d1
        Worksheets("Tespit").Cells(i, 17) = ii1
        Worksheets("Tespit").Cells(i, 18) = fl
    Next i
End Sub

        If (dogru1 = "Düşük") And (yanli1 = "Orta") Then
            d1 = 0
            ii1 = 2.5
            fl = 5
        End If

        If (dogru1 = "Orta") And (yanli1 = "Orta") Then
            d1 = 0
            ii1 = 0
            fl = 2.5
        End If

        If (dogru1 = "Yüksek") And (yanli1 = "Orta") Then
            d1 = 0
            ii1 = 2.5
            fl = 5
        End If

        If (dogru1 = "Çok Yüksek") And (yanli1 = "Orta") Then
            d1 = 2.5
            ii1 = 5
            fl = 7.5
        End If

        If (dogru1 = "Çok Düşük") And (yanli1 = "Yüksek") Then
            d1 = 5
            ii1 = 7.5
            fl = 10
        End If

        If (dogru1 = "Düşük") And (yanli1 = "Yüksek") Then
            d1 = 2.5
            ii1 = 5
            fl = 7.5
        End If

        If (dogru1 = "Orta") And (yanli1 = "Yüksek") Then
            d1 = 0
            ii1 = 2.5
            fl = 5
        End If

        If (dogru1 = "Çok Yüksek") And (yanli1 = "Çok Yüksek") Then
            d1 = 0
            ii1 = 0
            fl = 2.5
        End If

        Worksheets("Tespit").Cells(i, 16) = d1
        Worksheets("Tespit").Cells(i, 17) = ii1
        Worksheets("Tespit").Cells(i, 18) = fl
    Next i
End Sub

        If (dogru1 = "Düşük") And (yanli1 = "Orta") Then
            d1 = 0
            ii1 = 2.5
            fl = 5
        End If

        If (dogru1 = "Orta") And (yanli1 = "Orta") Then
            d1 = 0
            ii1 = 0
            fl = 2.5
        End If

        If (dogru1 = "Yüksek") And (yanli1 = "Orta") Then
            d1 = 0
            ii1 = 2.5
            fl = 5
        End If

        If (dogru1 = "Çok Yüksek") And (yanli1 = "Orta") Then
            d1 = 2.5
            ii1 = 5
            fl = 7.5
        End If

        If (dogru1 = "Çok Düşük") And (yanli1 = "Yüksek") Then
            d1 = 5
            ii1 = 7.5
            fl = 10
        End If

        If (dogru1 = "Düşük") And (yanli1 = "Yüksek") Then
            d1 = 2.5
            ii1 = 5
            fl = 7.5
        End If

        If (dogru1 = "Orta") And (yanli1 = "Yüksek") Then
            d1 = 0
            ii1 = 2.5
            fl = 5
        End If

        If (dogru1 = "Çok Yüksek") And (yanli1 = "Çok Yüksek") Then
            d1 = 0
            ii1 = 0
            fl = 2.5
        End If

        Worksheets("Tespit").Cells(i, 16) = d1
        Worksheets("Tespit").Cells(i, 17) = ii1
        Worksheets("Tespit").Cells(i, 18) = fl
    Next i
End Sub

```

Olasılık için üyelik derecelerinin belirlenmesi işlemi excel visual basic programlama dili kullanılarak aşağıdaki gibi yazılmıştır. Diğer parametreler de benzer şekilde yazıldığından örnek olarak olasılık verilmiştir.

```

Sub Oval1_Tıkla()
    N = Worksheets("Sorular").Cells(2, 1)
    sut = 1
    For i = 1 To N + 2
    For j = 13 To 13 + 8
    Worksheets("Derece").Cells(i + 1, sut) =
    Worksheets("Olasilik").Cells(i, j)
        sut = sut + 1
    Next j
    sut = 1
    Next i
    'Olasilik hesapla
    ' d hesapla
    For sat = 4 To N + 3
        b1 = Worksheets("Derece").Cells(sat, 1)
        b2 = Worksheets("Derece").Cells(sat, 2)
        b3 = Worksheets("Derece").Cells(sat, 3)
        'VL
        enb = 0
        x1 = 0
        x2 = 2.5
        x3 = b1
        x4 = b2
        y = (x2 - x3) / ((x2 - x1) - (x3 - x4))
        If (enb < y) And (y <= 1.00001) Then
            enb = y
        End If
        x1 = 0
        x2 = 2.5
        x3 = b2
        x4 = b3
        y = (-x2 + x4) / ((x1 - x2) - (x3 - x4) +
0.000001)
        If (enb < y) And (y <= 1.00001) Then
            enb = y
        End If
        Worksheets("DereceD").Cells(sat, 1) = enb
        'L
        enb = 0
        x1 = 0
        x2 = 2.5
        x3 = b1
        x4 = b2
        y = (x3 - x1) / ((x2 - x1) - (x4 - x3) + 0.000001)
        If (enb < y) And (y <= 1.00001) Then
            enb = y
        End If

        x1 = 0
        x2 = 2.5
        x3 = b2
        x4 = b3
        y = (x1 - x4) / ((x1 - x2) + (x3 - x4) +
0.000001)
        If (enb < y) And (y <= 1.00001) Then
            enb = y
        End If
        x1 = 2.5
        x2 = 5
        x3 = b1
        x4 = b2
        y = (x2 - x3) / ((x2 - x1) - (x3 - x4) + 0.000001)
        If (enb < y) And (y <= 1.00001) Then
            enb = y
        End If
        x1 = 2.5
        x2 = 5
        x3 = b2
        x4 = b3
        y = (x4 - x2) / ((x1 - x2) - (x3 - x4) + 0.000001)
        If (enb < y) And (y <= 1.00001) Then
            enb = y
        End If
        Worksheets("DereceD").Cells(sat, 2) = enb
        'M
        enb = 0
        x1 = 2.5
        x2 = 5
        x3 = b1
        x4 = b2
        y = (x3 - x1) / ((x2 - x1) - (x4 - x3) + 0.000001)
        If (enb < y) And (y <= 1.00001) Then
            enb = y
        End If
        x1 = 2.5
        x2 = 5
        x3 = b2
        x4 = b3
        y = (x1 - x4) / ((x1 - x2) + (x3 - x4) +
0.000001)
        If (enb < y) And (y <= 1.00001) Then
            enb = y
        End If
    Next sat
End Sub

```

```

Worksheets("DereceD").Cells(sat, 4) = enb
    'VH
    enb = 0
    x1 = 7.5
    x2 = 10
    x3 = b1
    x4 = b2
    y = (x3 - x1) / ((x2 - x1) - (x4 - x3) + 0.000001)
    If (enb < y) And (y <= 1.000001) Then
        enb = y
    End If
x1 = 7.5
x2 = 10
x3 = b2
x4 = b3
y = (x1 - x4) / ((x1 - x4) - (x4 - x3) + 0.000001)
If (enb < y) And (y <= 1.000001) Then
    enb = y
End If
Worksheets("DereceD").Cells(sat, 5) = enb
Next sat
' B hesapla
For sat = 4 To N + 3
    b1 = Worksheets("Derece").Cells(sat, 4)
    b2 = Worksheets("Derece").Cells(sat, 5)
    b3 = Worksheets("Derece").Cells(sat, 6)
    'VL
    enb = 0
    x1 = 0
    x2 = 2.5
    x3 = b1
    x4 = b2
    y = (x2 - x3) / ((x2 - x1) - (x3 - x4))
    If (enb < y) And (y <= 1.000001) Then
        enb = y
    End If
    x1 = 0
    x2 = 2.5
    x3 = b2
    x4 = b3
    y = (-x2 + x4) / ((x1 - x2) - (x3 - x4) + 0.000001)
    If (enb < y) And (y <= 1.000001) Then
        enb = y
    End If
    Worksheets("DereceB").Cells(sat, 1) = enb
    'L
    enb = 0
    x1 = 0
    x2 = 2.5
    x3 = b1
    x4 = b2
    y = (x3 - x1) / ((x2 - x1) - (x4 - x3) + 0.000001)

```

```

If (enb < y) And (y <= 1.000001) Then
    enb = y
End If
x1 = 0
x2 = 2.5
x3 = b2
x4 = b3
y = (x1 - x4) / ((x1 - x2) + (x3 - x4) +
0.000001)
If (enb < y) And (y <= 1.000001) Then
    enb = y
End If
x1 = 2.5
x2 = 5
x3 = b1
x4 = b2
y = (x2 - x3) / ((x2 - x1) - (x3 - x4) + 0.000001)
If (enb < y) And (y <= 1.000001) Then
    enb = y
End If
x1 = 2.5
x2 = 5
x3 = b2
x4 = b3
y = (x4 - x2) / ((x1 - x2) - (x3 - x4) + 0.000001)
If (enb < y) And (y <= 1.000001) Then
    enb = y
End If
Worksheets("DereceB").Cells(sat, 2) = enb
'M
enb = 0
x1 = 2.5
x2 = 5
x3 = b1
x4 = b2
y = (x3 - x1) / ((x2 - x1) - (x4 - x3) + 0.000001)
If (enb < y) And (y <= 1.000001) Then
    enb = y
End If
x1 = 2.5
x2 = 5
x3 = b2
x4 = b3
y = (x1 - x4) / ((x1 - x2) + (x3 - x4) +
0.000001)
If (enb < y) And (y <= 1.000001) Then
    enb = y
End If
x1 = 5
x2 = 7.5
x3 = b2
x4 = b3
y = (x4 - x2) / ((x1 - x2) - (x3 - x4) + 0.000001)
If (enb < y) And (y <= 1.000001) Then
    enb = y
End If
Worksheets("DereceB").Cells(sat, 3) = enb
'H
enb = 0
x1 = 5
x2 = 7.5
x3 = b1
x4 = b2
y = (x3 - x1) / ((x2 - x1) - (x4 - x3) + 0.000001)
If (enb < y) And (y <= 1.000001) Then
    enb = y
End If
x1 = 5
x2 = 7.5
x3 = b2
x4 = b3
y = (x1 - x4) / ((x1 - x2) + (x3 - x4) +
0.000001)
If (enb < y) And (y <= 1.000001) Then
    enb = y
End If
x1 = 7.5
x2 = 10
x3 = b1
x4 = b2
y = (x2 - x3) / ((x2 - x1) - (x3 - x4) + 0.000001)
If (enb < y) And (y <= 1.000001) Then
    enb = y
End If
x1 = 7.5
x2 = 10
x3 = b2
x4 = b3
y = (x4 - x2) / ((x1 - x2) - (x3 - x4) + 0.000001)
If (enb < y) And (y <= 1.000001) Then
    enb = y
End If
Worksheets("DereceB").Cells(sat, 4) = enb
'VH
enb = 0
x1 = 7.5
x2 = 10
x3 = b1
x4 = b2
y = (x3 - x1) / ((x2 - x1) - (x4 - x3) + 0.000001)
If (enb < y) And (y <= 1.000001) Then
    enb = y
End If

```

```

x1 = 7.5
x2 = 10
x3 = b2
x4 = b3
y = (x1 - x4) / ((x1 - x4) - (x4 - x3) + 0.000001)
If (enb < y) And (y <= 1.00001) Then
    enb = y
End If
Worksheets("DereceB").Cells(sat, 5) = enb
Next sat
' y hesapla
For sat = 4 To N + 3
    b1 = Worksheets("Derece").Cells(sat, 7)
    b2 = Worksheets("Derece").Cells(sat, 8)
    b3 = Worksheets("Derece").Cells(sat, 9)
    'VL
    enb = 0
    x1 = 0
    x2 = 2.5
    x3 = b1
    x4 = b2
    y = (x2 - x3) / ((x2 - x1) - (x3 - x4))
    If (enb < y) And (y <= 1.00001) Then
        enb = y
    End If
    x1 = 0
    x2 = 2.5
    x3 = b2
    x4 = b3
    y = (-x2 + x4) / ((x1 - x2) - (x3 - x4) +
0.000001)
    If (enb < y) And (y <= 1.00001) Then
        enb = y
    End If
    Worksheets("DereceY").Cells(sat, 1) = enb
    'L
    enb = 0
x1 = 0
    x2 = 2.5
    x3 = b1
    x4 = b2
    y = (x3 - x1) / ((x2 - x1) - (x4 - x3) + 0.000001)
    If (enb < y) And (y <= 1.00001) Then
        enb = y
    End If
    x1 = 0
    x2 = 2.5
    x3 = b2
    x4 = b3
    y = (x1 - x4) / ((x1 - x2) + (x3 - x4) + 0.000001)
    If (enb < y) And (y <= 1.00001) Then
        enb = y
    End If

```

```

x1 = 2.5
x2 = 5
x3 = b1
x4 = b2
y = (x2 - x3) / ((x2 - x1) - (x3 - x4) + 0.000001)
If (enb < y) And (y <= 1.00001) Then
    enb = y
End If
x1 = 2.5
x2 = 5
x3 = b2
x4 = b3
y = (x4 - x2) / ((x1 - x2) - (x3 - x4) + 0.000001)
If (enb < y) And (y <= 1.00001) Then
    enb = y
End If
Worksheets("DereceY").Cells(sat, 2) = enb
'M
enb = 0
x1 = 2.5
x2 = 5
x3 = b1
x4 = b2
y = (x3 - x1) / ((x2 - x1) - (x4 - x3) + 0.000001)
If (enb < y) And (y <= 1.00001) Then
    enb = y
End If
x1 = 2.5
x2 = 5
x3 = b2
x4 = b3
y = (x1 - x4) / ((x1 - x2) + (x3 - x4) +
0.000001)
If (enb < y) And (y <= 1.00001) Then
    enb = y
End If
x1 = 5
x2 = 7.5
x3 = b1
x4 = b2
y = (x2 - x3) / ((x2 - x1) - (x3 - x4) + 0.000001)
If (enb < y) And (y <= 1.00001) Then
    enb = y
End If
x1 = 5
x2 = 7.5
x3 = b2
x4 = b3
y = (x4 - x2) / ((x1 - x2) - (x3 - x4) + 0.000001)
If (enb < y) And (y <= 1.00001) Then
    enb = y

```

```

End If
Worksheets("DereceY").Cells(sat, 3) = enb
'H
enb = 0
x1 = 5
x2 = 7.5
x3 = b1
x4 = b2
y = (x3 - x1) / ((x2 - x1) - (x4 - x3) + 0.000001)
If (enb < y) And (y <= 1.00001) Then
    enb = y
End If
x1 = 5
x2 = 7.5
x3 = b2
x4 = b3
y = (x1 - x4) / ((x1 - x2) + (x3 - x4) +
0.000001)
If (enb < y) And (y <= 1.00001) Then
    enb = y
End If
x1 = 7.5
x2 = 10
x3 = b1
x4 = b2
y = (x2 - x3) / ((x2 - x1) - (x3 - x4) + 0.000001)
If (enb < y) And (y <= 1.00001) Then
    enb = y
End If
x1 = 7.5
x2 = 10
x3 = b2
x4 = b3
y = (x4 - x2) / ((x1 - x2) - (x3 - x4) + 0.000001)
If (enb < y) And (y <= 1.00001) Then
    enb = y
End If
Worksheets("DereceY").Cells(sat, 4) = enb
'VH
enb = 0
x1 = 7.5
x2 = 10
x3 = b1
x4 = b2
y = (x3 - x1) / ((x2 - x1) - (x4 - x3) + 0.000001)
If (enb < y) And (y <= 1.00001) Then
    enb = y
End If
x1 = 7.5
x2 = 10
x3 = b2
x4 = b3
y = (x1 - x4) / ((x1 - x4) - (x4 - x3) + 0.000001)
If (enb < y) And (y <= 1.00001) Then
    enb = y
End If
Worksheets("DereceY").Cells(sat, 5) = enb
Next sat
End Sub

```

Tüm parametreler için bulanık çıkarım sistemi için excel visual basic programlama dili kullanılarak aşağıdaki kodlar oluşturulmuştur:

```
Sub fis()  
N = Worksheets("Sorular").Cells(2, 1)  
'dogruluk  
satfis = 3  
For sat = 4 To N + 3  
sut = 1  
VL = Worksheets("DereceD").Cells(sat, sut)  
L = Worksheets("DereceD").Cells(sat, sut + 1)  
M = Worksheets("DereceD").Cells(sat, sut + 2)  
H = Worksheets("DereceD").Cells(sat, sut + 3)  
VH = Worksheets("DereceD").Cells(sat, sut + 4)  
Worksheets("Olcek").Cells(47, 4) = VL  
Worksheets("Olcek").Cells(48, 4) = L  
Worksheets("Olcek").Cells(49, 4) = M  
Worksheets("Olcek").Cells(50, 4) = H  
Worksheets("Olcek").Cells(51, 4) = VH  
sut = 7  
VL = Worksheets("DereceD").Cells(sat, sut)  
L = Worksheets("DereceD").Cells(sat, sut + 1)  
M = Worksheets("DereceD").Cells(sat, sut + 2)  
H = Worksheets("DereceD").Cells(sat, sut + 3)  
VH = Worksheets("DereceD").Cells(sat, sut + 4)  
Worksheets("Olcek").Cells(47, 2) = VL  
Worksheets("Olcek").Cells(48, 2) = L  
Worksheets("Olcek").Cells(49, 2) = M  
Worksheets("Olcek").Cells(50, 2) = H  
Worksheets("Olcek").Cells(51, 2) = VH  
sut = 1  
VL = Worksheets("DereceD").Cells(sat + 16, sut)  
L = Worksheets("DereceD").Cells(sat + 16, sut + 1)  
M = Worksheets("DereceD").Cells(sat + 16, sut + 2)  
H = Worksheets("DereceD").Cells(sat + 16, sut + 3)  
VH = Worksheets("DereceD").Cells(sat + 16, sut + 4)  
Worksheets("Olcek").Cells(47, 6) = VL  
Worksheets("Olcek").Cells(48, 6) = L  
Worksheets("Olcek").Cells(49, 6) = M  
Worksheets("Olcek").Cells(50, 6) = H  
Worksheets("Olcek").Cells(51, 6) = VH  
  
sut = 7  
VL = Worksheets("DereceD").Cells(sat + 16, sut)  
L = Worksheets("DereceD").Cells(sat + 16, sut + 1)  
M = Worksheets("DereceD").Cells(sat + 16, sut + 2)  
H = Worksheets("DereceD").Cells(sat + 16, sut + 3)  
VH = Worksheets("DereceD").Cells(sat + 16, sut + 4)  
  
Worksheets("Olcek").Cells(47, 8) = VL  
Worksheets("Olcek").Cells(48, 8) = L  
Worksheets("Olcek").Cells(49, 8) = M  
Worksheets("Olcek").Cells(50, 8) = H  
Worksheets("Olcek").Cells(51, 8) = VH
```

```
Worksheets("fis").Cells(satfis, 2) =  
Worksheets("Olcek").Cells(42, 7)  
Worksheets("fis").Cells(satfis, 5) =  
Worksheets("Olcek").Cells(42, 8)  
Worksheets("fis").Cells(satfis, 8) =  
Worksheets("Olcek").Cells(42, 9)  
Worksheets("fis").Cells(satfis, 11) =  
Worksheets("Olcek").Cells(42, 10)  
  
satfis = satfis + 1  
Next sat  
'belirsizlik  
satfis = 3  
For sat = 3 To N + 2  
sut = 1  
VL = Worksheets("DereceB").Cells(sat, sut)  
L = Worksheets("DereceB").Cells(sat, sut + 1)  
M = Worksheets("DereceB").Cells(sat, sut + 2)  
H = Worksheets("DereceB").Cells(sat, sut + 3)  
VH = Worksheets("DereceB").Cells(sat, sut + 4)  
  
Worksheets("Olcek").Cells(47, 4) = VL  
Worksheets("Olcek").Cells(48, 4) = L  
Worksheets("Olcek").Cells(49, 4) = M  
Worksheets("Olcek").Cells(50, 4) = H  
Worksheets("Olcek").Cells(51, 4) = VH  
  
sut = 7  
VL = Worksheets("DereceB").Cells(sat, sut)  
L = Worksheets("DereceB").Cells(sat, sut + 1)  
M = Worksheets("DereceB").Cells(sat, sut + 2)  
H = Worksheets("DereceB").Cells(sat, sut + 3)  
VH = Worksheets("DereceB").Cells(sat, sut + 4)  
  
Worksheets("Olcek").Cells(47, 2) = VL  
Worksheets("Olcek").Cells(48, 2) = L  
Worksheets("Olcek").Cells(49, 2) = M  
Worksheets("Olcek").Cells(50, 2) = H  
Worksheets("Olcek").Cells(51, 2) = VH  
  
sut = 1  
VL = Worksheets("DereceB").Cells(sat + 16, sut)  
L = Worksheets("DereceB").Cells(sat + 16, sut + 1)
```

```

M = Worksheets("DereceB").Cells(sat + 16, sut + 2)
H = Worksheets("DereceB").Cells(sat + 16, sut + 3)
VH = Worksheets("DereceB").Cells(sat + 16, sut + 4)
Worksheets("Olcek").Cells(47, 6) = VL
Worksheets("Olcek").Cells(48, 6) = L
Worksheets("Olcek").Cells(49, 6) = M
Worksheets("Olcek").Cells(50, 6) = H
Worksheets("Olcek").Cells(51, 6) = VH
sut = 7
VL = Worksheets("DereceB").Cells(sat + 16, sut)
L = Worksheets("DereceB").Cells(sat + 16, sut + 1)
M = Worksheets("DereceB").Cells(sat + 16, sut + 2)
H = Worksheets("DereceB").Cells(sat + 16, sut + 3)
VH = Worksheets("DereceB").Cells(sat + 16, sut + 4)

```

```

Worksheets("Olcek").Cells(47, 8) = VL
Worksheets("Olcek").Cells(48, 8) = L
Worksheets("Olcek").Cells(49, 8) = M
Worksheets("Olcek").Cells(50, 8) = H
Worksheets("Olcek").Cells(51, 8) = VH

```

```

Worksheets("fis").Cells(satfis, 3) =
Worksheets("Olcek").Cells(42, 7)
Worksheets("fis").Cells(satfis, 6) =
Worksheets("Olcek").Cells(42, 8)
Worksheets("fis").Cells(satfis, 9) =
Worksheets("Olcek").Cells(42, 9)
Worksheets("fis").Cells(satfis, 12) =
Worksheets("Olcek").Cells(42, 10)
satfis = satfis + 1
Next sat

```

```

'Yanlışlık
satfis = 3
For sat = 4 To N + 3
sut = 1
VL = Worksheets("DereceY").Cells(sat, sut)
L = Worksheets("DereceY").Cells(sat, sut + 1)
M = Worksheets("DereceY").Cells(sat, sut + 2)
H = Worksheets("DereceY").Cells(sat, sut + 3)
VH = Worksheets("DereceY").Cells(sat, sut + 4)
If VL > 0 Then
    VL = 1 - VL
End If
If L > 0 Then
    L = 1 - L
End If
If M > 0 Then
    M = 1 - M
End If
If H > 0 Then
    H = 1 - H
End If
If VH > 0 Then

```

```

Worksheets("Olcek").Cells(47, 4) = VL
Worksheets("Olcek").Cells(48, 4) = L
Worksheets("Olcek").Cells(49, 4) = M
Worksheets("Olcek").Cells(50, 4) = H
Worksheets("Olcek").Cells(51, 4) = VH
sut = 7
VL = Worksheets("DereceY").Cells(sat, sut)
L = Worksheets("DereceY").Cells(sat, sut + 1)
M = Worksheets("DereceY").Cells(sat, sut + 2)
H = Worksheets("DereceY").Cells(sat, sut + 3)
VH = Worksheets("DereceY").Cells(sat, sut + 4)
If VL > 0 Then
    VL = 1 - VL
End If
If L > 0 Then
    L = 1 - L
End If
If M > 0 Then
    M = 1 - M
End If
If H > 0 Then
    H = 1 - H
End If
If VH > 0 Then
    VH = 1 - VH
End If
Worksheets("Olcek").Cells(47, 2) = VL
Worksheets("Olcek").Cells(48, 2) = L
Worksheets("Olcek").Cells(49, 2) = M
Worksheets("Olcek").Cells(50, 2) = H
Worksheets("Olcek").Cells(51, 2) = VH
sut = 1
VL = Worksheets("DereceY").Cells(sat + 16,
sut)
L = Worksheets("DereceY").Cells(sat + 16,
sut + 1)
M = Worksheets("DereceY").Cells(sat + 16,
sut + 2)
H = Worksheets("DereceY").Cells(sat + 16,
sut + 3)
VH = Worksheets("DereceY").Cells(sat + 16,
sut + 4)
If VL > 0 Then
    VL = 1 - VL
End If
If L > 0 Then
    L = 1 - L
End If
If M > 0 Then
    M = 1 - M
End If
If H > 0 Then

```

```

H = 1 - H
End If
If VH > 0 Then
    VH = 1 - VH
End If
Worksheets("Olcek").Cells(47, 6) = VL
Worksheets("Olcek").Cells(48, 6) = L
Worksheets("Olcek").Cells(49, 6) = M
Worksheets("Olcek").Cells(50, 6) = H
Worksheets("Olcek").Cells(51, 6) = VH

sut = 7
VL = Worksheets("DereceY").Cells(sat + 16, sut)
L = Worksheets("DereceY").Cells(sat + 16, sut + 1)
M = Worksheets("DereceY").Cells(sat + 16, sut + 2)
H = Worksheets("DereceY").Cells(sat + 16, sut + 3)
VH = Worksheets("DereceY").Cells(sat + 16, sut + 4)
If VL > 0 Then
    VL = 1 - VL
End If
If L > 0 Then
    L = 1 - L
End If
If M > 0 Then
    M = 1 - M
End If
If H > 0 Then
    H = 1 - H
End If
If VH > 0 Then
    VH = 1 - VH
End If
Worksheets("Olcek").Cells(47, 8) = VL
Worksheets("Olcek").Cells(48, 8) = L
Worksheets("Olcek").Cells(49, 8) = M
Worksheets("Olcek").Cells(50, 8) = H
Worksheets("Olcek").Cells(51, 8) = VH

Worksheets("fis").Cells(satfis, 4) = Worksheets("Olcek").Cells(42, 7)
Worksheets("fis").Cells(satfis, 7) = Worksheets("Olcek").Cells(42, 8)
Worksheets("fis").Cells(satfis, 10) = Worksheets("Olcek").Cells(42, 9)
Worksheets("fis").Cells(satfis, 13) = Worksheets("Olcek").Cells(42, 10)

satfis = satfis + 1
Next sat
For i = 0 To N + 1
    Worksheets("Sonuc").Cells(i + 1, 1) = Worksheets("Sorular").Cells(i + 3, 2)
    Worksheets("Sonuc").Cells(i + 2, 2) = Worksheets("fis").Cells(i + 3, 18)
Next i
End Sub

```

B

ATÖLYELER İÇİN EK TABLOLAR



Tablo B.1 Atölyeler için tanımlanan dilsel değişkenler

Risk	Kontrol Noktası	Sıklık			Şiddet Uzman 1			Şiddet Uzman 2			Şiddet Uzman 3			Tespit Edilebilirlik			Olasılık Uzman 1			Olasılık Uzman 2			Olasılık Uzman 3		
		T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
R1	CC1	VH	VL	VH	M	L	H	M	L	H	M	L	H	H	L	M	H	M	L	H	M	L	H	M	L
R1	CC2	VH	VL	VH	M	L	H	M	L	H	M	L	H	H	M	L	H	H	M	H	H	M	H	M	L
R1	CC3	VH	VL	VH	M	L	H	M	L	H	M	L	H	VH	VL	VH	H	H	M	H	M	L	H	M	L
R1	CC4	VH	VL	VH	M	L	H	M	L	H	M	L	H	H	H	VL	H	M	L	VH	VL	VL	VH	L	L
R1	CC5	VH	VL	VH	M	L	H	M	L	H	M	L	H	H	L	M	H	H	M	H	H	M	H	H	M
R1	CC6	VH	VL	VH	M	L	H	M	L	H	M	L	H	VH	L	H	H	H	M	H	H	M	H	M	L
R1	CC7	VH	VL	VH	M	L	H	M	L	H	M	L	H	VH	H	L	H	VL	VL	VH	VL	VL	VH	VL	VL
R2	CC8	VH	VL	VH	M	L	H	L	M	H	L	M	H	H	L	M	H	H	M	H	H	M	H	H	M
R2	CC9	VH	VL	VH	M	L	H	L	M	H	L	M	H	M	M	VL	H	H	M	H	M	L	H	M	L
R2	CC10	VH	VL	VH	M	L	H	L	M	H	L	M	H	M	M	VL	H	M	L	H	M	L	H	M	L
R2	CC11	VH	VL	VH	M	L	H	L	M	H	L	M	H	H	L	M	H	H	M	H	H	M	H	H	M
R2	CC12	VH	VL	VH	M	L	H	L	M	H	L	M	H	H	L	M	H	M	L	H	M	L	H	M	L
R2	CC13	VH	VL	VH	M	L	H	L	M	H	L	M	H	VH	VL	VH	H	M	L	VH	VL	VL	VH	L	L
R3	CC14	VH	VL	VH	M	L	H	L	M	H	L	M	H	VH	M	M	H	M	L	H	M	L	H	M	L
R3	CC15	VH	VL	VH	M	L	H	L	M	H	L	M	H	H	H	VL	H	M	L	H	M	L	H	M	L
R3	CC16	VH	VL	VH	M	L	H	L	M	H	L	M	H	M	M	VL	VH	VL	VL	VH	VL	VL	H	VL	VL
R3	CC17	VH	VL	VH	M	L	H	L	M	H	L	M	H	VH	M	M	H	H	M	H	H	M	H	M	L
R3	CC18	VH	VL	VH	M	L	H	L	M	H	L	M	H	H	H	VL	H	M	L	H	M	L	H	VL	VL
R6	CC19	VH	VL	VH	L	M	H	L	M	H	L	M	H	VH	L	H	H	M	L	VH	L	L	H	M	L
R6	CC20	VH	VL	VH	L	M	H	L	M	H	L	M	H	VH	VL	VH	VH	M	M	VH	M	M	H	M	L
R1	DC1	VH	VL	VH	M	L	H	M	L	H	M	L	H	H	M	L	H	VL	VL	VH	VL	VL	VH	VL	VL
R1	DC2	VH	VL	VH	M	L	H	M	L	H	M	L	H	H	M	L	H	H	M	H	H	M	H	H	M
R1	DC3	VH	VL	VH	M	L	H	M	L	H	M	L	H	VH	VL	VH	H	M	L	H	M	L	H	M	L
R1	DC4	VH	VL	VH	M	L	H	M	L	H	M	L	H	VH	L	H	VH	VL	VL	VH	VL	VL	VH	VL	VL
R1	DC5	VH	VL	VH	M	L	H	M	L	H	M	L	H	VH	VL	VH	H	H	M	H	H	M	H	H	M

Risk	Kontrol Noktası	Sıklık			Şiddet Uzman 1			Şiddet Uzman 2			Şiddet Uzman 3			Tespit Edilebilirlik			Olasılık Uzman 1			Olasılık Uzman 2			Olasılık Uzman 3		
		T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
R2	DC6	VH	VL	VH	M	L	H	M	L	H	M	L	H	H	M	L	H	M	L	H	M	L	H	M	L
R2	DC7	VH	VL	VH	M	L	H	M	L	H	M	L	H	VH	H	L	H	M	L	H	M	L	H	M	L
R2	DC8	VH	VL	VH	M	L	H	M	L	H	M	L	H	H	H	VL	H	M	L	H	M	L	H	M	L
R2	DC9	VH	VL	VH	M	L	H	M	L	H	M	L	H	VH	VL	VH	H	M	L	VH	VL	VL	VH	VL	VL
R3	DC10	VH	VL	VH	M	L	H	L	M	H	L	M	H	VH	M	M	M	H	L	VH	L	L	VH	L	L
R3	DC11	VH	VL	VH	M	L	H	L	M	H	L	M	H	H	H	VL	H	M	L	VH	VL	VL	VH	VL	VL
R3	DC12	VH	VL	VH	M	L	H	L	M	H	L	M	H	M	M	VL	VH	VL	VL	VH	VL	VL	VH	VL	VL
R3	DC13	VH	VL	VH	M	L	H	L	M	H	L	M	H	VH	M	M	H	H	M	H	M	L	H	M	L
R3	DC14	VH	VL	VH	L	L	M	L	L	M	L	L	M	H	H	VL	H	M	L	H	M	L	H	M	L
R4	DC15	VH	VL	VH	L	L	M	L	L	M	L	L	M	VH	VL	VH	H	M	L	H	M	L	H	M	L
R4	DC16	VH	VL	VH	L	L	M	L	L	M	L	L	M	VH	L	H	H	M	L	H	M	L	H	M	L
R1	GC1	VH	VL	VH	M	L	H	M	L	H	M	L	H	H	L	M	H	M	L	VH	VL	VL	VH	L	L
R1	GC2	VH	VL	VH	M	L	H	M	L	H	M	L	H	H	M	L	H	M	L	VH	VL	VL	VH	L	L
R1	GC3	VH	VL	VH	M	L	H	M	L	H	M	L	H	H	M	L	H	H	M	VH	VL	VL	VH	L	L
R1	GC4	VH	VL	VH	M	L	H	M	L	H	M	L	H	VH	VH	VL	H	VL	VL	VH	VL	VL	VH	L	L
R1	GC5	VH	VL	VH	M	L	H	M	L	H	M	L	H	VH	L	H	H	M	L	H	M	L	H	M	L
R1	GC6	VH	VL	VH	M	L	H	M	L	H	M	L	H	VH	VL	VH	H	M	L	H	M	L	H	M	L
R1	GC7	VH	VL	VH	M	L	H	M	L	H	M	L	H	VH	M	M	H	M	L	VH	VL	VL	VH	L	L
R1	GC8	VH	VL	VH	M	L	H	M	L	H	M	L	H	VH	H	L	H	VL	VL	VH	VL	VL	VH	VL	VL
R2	GC9	VH	VL	VH	M	L	H	L	M	H	M	L	H	H	L	M	H	H	M	M	H	L	M	H	L
R2	GC10	VH	VL	VH	M	L	H	L	M	H	M	L	H	VH	VL	VH	H	M	L	VH	VL	VL	VH	VL	VL
R2	GC11	VH	VL	VH	M	L	H	L	M	H	M	L	H	H	L	M	H	M	L	H	M	L	H	M	L
R2	GC12	VH	VL	VH	M	L	H	L	M	H	M	L	H	VH	H	L	H	H	M	H	M	L	H	M	L
R3	GC13	VH	VL	VH	M	L	H	L	M	H	M	L	H	VH	M	M	H	M	L	H	M	L	H	M	L
R3	GC14	VH	VL	VH	M	L	H	L	M	H	M	L	H	H	H	VL	H	M	L	H	H	M	H	M	L
R3	GC15	VH	VL	VH	M	L	H	L	M	H	M	L	H	M	M	VL	VH	VL	VL	VH	VL	VL	H	VL	VL
R3	GC16	VH	VL	VH	M	L	H	L	M	H	M	L	H	VH	M	M	H	H	M	H	H	M	H	M	L
R3	GC17	VH	VL	VH	M	L	H	L	M	H	M	L	H	H	H	VL	VH	L	L	H	M	L	H	VL	VL

Risk	Kontrol Noktası	Sıklık			Şiddet Uzman 1			Şiddet Uzman 2			Şiddet Uzman 3			Tespit Edilebilirlik			Olasılık Uzman 1			Olasılık Uzman 2			Olasılık Uzman 3		
		T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
R4	GC18	VH	VL	VH	L	L	M	L	L	M	L	L	M	VH	VL	VH	H	M	L	H	M	L	H	M	L
R4	GC19	VH	VL	VH	L	L	M	L	L	M	L	L	M	VH	L	H	H	M	L	H	M	L	H	M	L
R1	HC12	M	L	H	M	L	H	M	L	H	M	L	H	H	M	L	H	M	L	H	M	L	H	M	L
R1	HC13	M	L	H	M	L	H	M	L	H	M	L	H	H	M	L	H	H	M	H	H	M	H	M	L
R1	HC14	M	L	H	M	L	H	M	L	H	M	L	H	VH	VL	VH	H	M	L	H	M	L	H	M	L
R1	HC15	M	L	H	M	L	H	M	L	H	M	L	H	VH	L	H	VH	VL	VL	VH	VL	VL	VH	L	L
R1	HC16	M	L	H	M	L	H	M	L	H	M	L	H	VH	VL	VH	H	H	M	H	H	M	VH	M	M
R2	HC1	M	L	H	M	L	H	M	L	H	M	L	H	VH	M	M	H	M	L	H	H	M	H	M	L
R2	HC2	M	L	H	M	L	H	M	L	H	M	L	H	H	M	L	H	H	M	H	H	M	H	M	L
R2	HC3	M	L	H	M	L	H	M	L	H	M	L	H	H	H	VL	H	H	M	H	VH	H	H	M	L
R2	HC4	M	L	H	M	L	H	M	L	H	M	L	H	VH	VL	VH	VH	L	L	VH	VL	VL	H	VL	VL
R2	HC5	M	L	H	M	L	H	M	L	H	M	L	H	VH	VL	VH	H	M	L	H	M	L	H	M	L
R2	HC6	M	L	H	M	L	H	M	L	H	M	L	H	VH	M	M	H	H	M	M	H	L	H	M	L
R3	HC7	M	L	H	M	L	H	L	M	H	L	M	H	VH	M	M	H	M	L	H	M	L	H	M	L
R3	HC8	M	L	H	M	L	H	L	M	H	L	M	H	H	H	VL	H	M	L	H	H	M	H	M	L
R3	HC9	M	L	H	M	L	H	L	M	H	L	M	H	M	M	VL	VH	VL	VL	VH	VL	VL	VH	VL	VL
R3	HC10	M	L	H	M	L	H	L	M	H	L	M	H	VH	M	M	H	H	M	H	H	M	H	H	M
R3	HC11	M	L	H	M	L	H	L	M	H	L	M	H	H	H	VL	H	M	L	H	M	L	H	M	L
R4	HC19	M	L	H	L	L	M	L	L	M	L	L	M	VH	VL	VH	H	M	L	H	M	L	H	M	L
R4	HC20	M	L	H	L	L	M	L	L	M	L	L	M	VH	L	H	H	M	L	H	M	L	H	M	L
R5	HC17	M	L	H	L	M	H	L	L	M	M	VL	M	H	M	L	H	H	M	VH	VL	VL	VH	L	L
R5	HC18	M	L	H	L	M	H	L	L	M	M	VL	M	VH	M	M	VH	L	L	H	M	L	H	M	L
R6	HC21	M	L	H	L	M	H	L	M	H	L	M	H	H	L	M	VH	L	L	VH	VL	VL	VH	VL	VL
R6	HC22	M	L	H	L	M	H	L	M	H	L	M	H	VH	L	H	VH	M	M	H	M	L	H	VL	VL
R1	MC1	VL	M	M	M	L	H	M	L	H	M	L	H	VH	L	H	H	M	L	VH	VL	VL	H	M	L
R1	MC2	VL	M	M	M	L	H	M	L	H	M	L	H	VH	M	M	H	H	M	H	M	L	H	M	L
R1	MC3	VL	M	M	M	L	H	M	L	H	M	L	H	VH	VL	VH	H	H	M	H	M	L	VH	L	L
R1	MC4	VL	M	M	M	L	H	M	L	H	M	L	H	VH	VL	VH	VH	M	M	H	H	M	M	H	L

Risk	Kontrol Noktası	Sıklık			Şiddet Uzman 1			Şiddet Uzman 2			Şiddet Uzman 3			Tespit Edilebilirlik			Olasılık Uzman 1			Olasılık Uzman 2			Olasılık Uzman 3		
		T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
R1	MC5	VL	M	M	M	L	H	M	L	H	M	L	H	VH	L	H	H	M	L	VH	VL	VL	H	VL	VL
R1	MC6	VL	M	M	M	L	H	M	L	H	M	L	H	VH	L	H	H	M	L	VH	VL	VL	H	VL	VL
R2	MC7	VL	M	M	M	L	H	M	L	H	M	L	H	H	H	VL	M	H	L	H	M	L	H	M	L
R2	MC8	VL	M	M	M	L	H	M	L	H	M	L	H	VH	L	H	H	VL	VL	VH	VL	VL	H	M	L
R2	MC9	VL	M	M	M	L	H	M	L	H	M	L	H	H	M	L	M	H	L	H	M	L	H	H	M
R3	MC10	VL	M	M	M	L	H	L	M	H	L	M	H	VH	M	M	H	M	L	VH	L	L	H	M	L
R3	MC11	VL	M	M	M	L	H	L	M	H	L	M	H	H	H	VL	H	M	L	VH	VL	VL	H	M	L
R3	MC12	VL	M	M	M	L	H	L	M	H	L	M	H	M	M	VL	VH	VL	VL	VH	VL	VL	H	VL	VL
R3	MC13	VL	M	M	M	L	H	L	M	H	L	M	H	VH	M	M	H	M	L	H	M	L	H	M	L
R3	MC14	VL	M	M	M	L	H	L	M	H	L	M	H	H	H	VL	H	M	L	H	M	L	H	VL	VL
R1	PC1	VL	M	M	M	L	H	M	L	H	M	L	H	VH	L	H	H	M	L	H	M	L	H	VL	VL
R1	PC2	VL	M	M	M	L	H	M	L	H	M	L	H	H	M	L	M	H	L	H	H	M	H	M	L
R1	PC3	VL	M	M	M	L	H	M	L	H	M	L	H	VH	VL	VH	VH	VL	VL	H	M	L	H	VL	VL
R1	PC4	VL	M	M	M	L	H	M	L	H	M	L	H	VH	L	H	H	M	L	VH	VL	VL	H	VL	VL
R1	PC5	VL	M	M	M	L	H	M	L	H	M	L	H	H	M	L	H	H	M	H	H	M	VH	L	L
R1	PC6	VL	M	M	M	L	H	M	L	H	M	L	H	VH	VL	VH	VH	M	M	H	H	M	M	H	L
R2	PC7	VL	M	M	M	L	H	M	L	H	M	L	H	H	L	M	M	H	L	M	H	L	H	M	L
R2	PC8	VL	M	M	M	L	H	M	L	H	M	L	H	H	L	M	H	M	L	H	M	L	H	M	L
R2	PC9	VL	M	M	M	L	H	M	L	H	M	L	H	VH	L	H	H	M	L	VH	VL	VL	H	M	L
R2	PC10	VL	M	M	M	L	H	M	L	H	M	L	H	H	M	L	H	M	L	H	M	L	VH	L	L
R2	PC11	VL	M	M	M	L	H	M	L	H	M	L	H	H	M	L	H	M	L	H	M	L	M	VL	VL
R2	PC12	VL	M	M	M	L	H	M	L	H	M	L	H	H	M	L	H	VL	VL	H	M	L	H	M	L
R2	PC13	VL	M	M	M	L	H	M	L	H	M	L	H	H	H	VL	H	M	L	H	M	L	H	VL	VL
R2	PC14	VL	M	M	M	L	H	M	L	H	M	L	H	H	H	VL	H	M	L	VH	VL	VL	H	M	L
R2	PC15	VL	M	M	M	L	H	M	L	H	M	L	H	M	M	VL	H	M	L	VH	VL	VL	H	M	L
R3	PC16	VL	M	M	M	L	H	L	M	H	L	M	H	VH	M	M	M	H	L	H	M	L	H	M	L
R3	PC17	VL	M	M	M	L	H	L	M	H	L	M	H	H	H	VL	H	M	L	VH	VL	VL	H	M	L
R3	PC18	VL	M	M	M	L	H	L	M	H	L	M	H	M	M	VL	VH	VL	VL	VH	VL	VL	H	VL	VL

Risk	Kontrol Noktası	Sıklık			Şiddet Uzman 1			Şiddet Uzman 2			Şiddet Uzman 3			Tespit Edilebilirlik			Olasılık Uzman 1			Olasılık Uzman 2			Olasılık Uzman 3		
		T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
R3	PC19	VL	M	M	M	L	H	L	M	H	L	M	H	VH	M	M	H	H	M	H	H	M	H	M	L
R3	PC20	VL	M	M	M	L	H	L	M	H	L	M	H	H	H	VL	H	M	L	H	M	L	H	VL	VL

Tablo B.2 Şiddet parametresinin üyelik dereceleri

Kontrol Noktası	Şiddet Parametresinin Üyelik Dereceleri														
	VL			L			M			H			VH		
	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
CC1	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
CC2	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
CC3	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
CC4	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
CC5	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
CC6	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
CC7	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
CC8	0.1	0.38	0	0.83	0.77	0	0.62	0.79	0.5	0.13	0.3	1	0	0	0.5
CC9	0.1	0.38	0	0.83	0.77	0	0.62	0.79	0.5	0.13	0.3	1	0	0	0.5
CC10	0.1	0.38	0	0.83	0.77	0	0.62	0.79	0.5	0.13	0.3	1	0	0	0.5
CC11	0.1	0.38	0	0.83	0.77	0	0.62	0.79	0.5	0.13	0.3	1	0	0	0.5
CC12	0.1	0.38	0	0.83	0.77	0	0.62	0.79	0.5	0.13	0.3	1	0	0	0.5
CC13	0.1	0.38	0	0.83	0.77	0	0.62	0.79	0.5	0.13	0.3	1	0	0	0.5
CC14	0.1	0.38	0	0.83	0.77	0	0.62	0.79	0.5	0.13	0.3	1	0	0	0.5
CC15	0.1	0.38	0	0.83	0.77	0	0.62	0.79	0.5	0.13	0.3	1	0	0	0.5
CC16	0.1	0.38	0	0.83	0.77	0	0.62	0.79	0.5	0.13	0.3	1	0	0	0.5
CC17	0.1	0.38	0	0.83	0.77	0	0.62	0.79	0.5	0.13	0.3	1	0	0	0.5
CC18	0.1	0.38	0	0.83	0.77	0	0.62	0.79	0.5	0.13	0.3	1	0	0	0.5
CC19	0.5	0	0	1	0.5	0	0.5	1	0.5	0	0.5	1	0	0	0.5
CC20	0.5	0	0	1	0.5	0	0.5	1	0.5	0	0.5	1	0	0	0.5
MC1	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
MC2	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
MC3	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
MC4	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
MC5	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
MC6	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
MC7	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
MC8	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
MC9	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
MC10	0.1	0.38	0	0.83	0.77	0	0.62	0.79	0.5	0.13	0.3	1	0	0	0.5
MC11	0.1	0.38	0	0.83	0.77	0	0.62	0.79	0.5	0.13	0.3	1	0	0	0.5
MC12	0.1	0.38	0	0.83	0.77	0	0.62	0.79	0.5	0.13	0.3	1	0	0	0.5

Kontrol Noktası	Şiddet Parametresinin Üyelik Dereceleri														
	VL			L			M			H			VH		
	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
MC13	0.1	0.38	0	0.83	0.77	0	0.62	0.79	0.5	0.13	0.3	1	0	0	0.5
MC14	0.1	0.38	0	0.83	0.77	0	0.62	0.79	0.5	0.13	0.3	1	0	0	0.5
DC1	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
DC2	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
DC3	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
DC4	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
DC5	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
DC6	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
DC7	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
DC8	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
DC9	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
DC10	0.1	0.38	0	0.83	0.77	0	0.62	0.79	0.5	0.13	0.3	1	0	0	0.5
DC11	0.1	0.38	0	0.83	0.77	0	0.62	0.79	0.5	0.13	0.3	1	0	0	0.5
DC12	0.1	0.38	0	0.83	0.77	0	0.62	0.79	0.5	0.13	0.3	1	0	0	0.5
DC13	0.1	0.38	0	0.83	0.77	0	0.62	0.79	0.5	0.13	0.3	1	0	0	0.5
DC14	0.1	0.38	0	0.83	0.77	0	0.62	0.79	0.5	0.13	0.3	1	0	0	0.5
DC15	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0	0.5	0	0	0
DC16	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0	0.5	0	0	0
PC1	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
PC2	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
PC3	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
PC4	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
PC5	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
PC6	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
PC7	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
PC8	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
PC9	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
PC10	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
PC11	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
PC12	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
PC13	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
PC14	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
PC15	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
PC16	0.1	0.38	0	0.83	0.77	0	0.62	0.79	0.5	0.13	0.3	1	0	0	0.5

Kontrol Noktası	Şiddet Parametresinin Üyelik Dereceleri														
	VL			L			M			H			VH		
	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
PC17	0.1	0.38	0	0.83	0.77	0	0.62	0.79	0.5	0.13	0.3	1	0	0	0.5
PC18	0.1	0.38	0	0.83	0.77	0	0.62	0.79	0.5	0.13	0.3	1	0	0	0.5
PC19	0.1	0.38	0	0.83	0.77	0	0.62	0.79	0.5	0.13	0.3	1	0	0	0.5
PC20	0.1	0.38	0	0.83	0.77	0	0.62	0.79	0.5	0.13	0.3	1	0	0	0.5
GC1	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
GC2	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
GC3	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
GC4	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
GC5	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
GC6	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
GC7	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
GC8	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
GC9	0.42	0.44	0	0.79	0.88	0	0.78	0.63	0.5	0.3	0.14	1	0	0	0.5
GC10	0.42	0.44	0	0.79	0.88	0	0.78	0.63	0.5	0.3	0.14	1	0	0	0.5
GC11	0.42	0.44	0	0.79	0.88	0	0.78	0.63	0.5	0.3	0.14	1	0	0	0.5
GC12	0.42	0.44	0	0.79	0.88	0	0.78	0.63	0.5	0.3	0.14	1	0	0	0.5
GC13	0.42	0.44	0	0.79	0.88	0	0.78	0.63	0.5	0.3	0.14	1	0	0	0.5
GC14	0.42	0.44	0	0.79	0.88	0	0.78	0.63	0.5	0.3	0.14	1	0	0	0.5
GC15	0.42	0.44	0	0.79	0.88	0	0.78	0.63	0.5	0.3	0.14	1	0	0	0.5
GC16	0.42	0.44	0	0.79	0.88	0	0.78	0.63	0.5	0.3	0.14	1	0	0	0.5
GC17	0.42	0.44	0	0.79	0.88	0	0.78	0.63	0.5	0.3	0.14	1	0	0	0.5
GC18	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0	0.5	0	0	0
GC19	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0	0.5	0	0	0
HC12	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
HC13	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
HC14	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
HC15	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
HC16	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
HC1	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
HC2	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
HC3	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
HC4	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
HC5	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
HC6	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5

Kontrol Noktası	Şiddet Parametresinin Üyelik Dereceleri														
	VL			L			M			H			VH		
	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
HC7	0.1	0.38	0	0.83	0.77	0	0.62	0.79	0.5	0.13	0.3	1	0	0	0.5
HC8	0.1	0.38	0	0.83	0.77	0	0.62	0.79	0.5	0.13	0.3	1	0	0	0.5
HC9	0.1	0.38	0	0.83	0.77	0	0.62	0.79	0.5	0.13	0.3	1	0	0	0.5
HC10	0.1	0.38	0	0.83	0.77	0	0.62	0.79	0.5	0.13	0.3	1	0	0	0.5
HC11	0.1	0.38	0	0.83	0.77	0	0.62	0.79	0.5	0.13	0.3	1	0	0	0.5
HC19	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0	0.5	0	0	0
HC20	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0	0.5	0	0	0
HC17	0.1	1	0	0.83	0.64	0.36	0.62	0.28	0.85	0.13	0	0.64	0	0	0.15
HC18	0.1	1	0	0.83	0.64	0.36	0.62	0.28	0.85	0.13	0	0.64	0	0	0.15
HC21	0.5	0	0	1	0.5	0	0.5	1	0.5	0	0.5	1	0	0	0.5
HC22	0.5	0	0	1	0.5	0	0.5	1	0.5	0	0.5	1	0	0	0.5

Tablo B.3 Olasılık parametresinin üyelik dereceleri

Kontrol Noktası	Olasılık Parametresinin Üyelik Dereceleri														
	VL			L			M			H			VH		
	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
CC1	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
CC2	0	0	0.38	0	0.21	0.77	0.5	0.69	0.79	1	0.81	0.3	0.5	0.32	0
CC3	0	0	0.44	0	0.36	0.88	0.5	0.85	0.63	1	0.64	0.14	0.5	0.15	0
CC4	0	1	1	0	0.64	0.61	0.19	0.28	0.22	0.69	0	0	0.73	0	0
CC5	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	1	1	1	0.5	0.5	0.5	0
CC6	0	0	0.38	0	0.21	0.77	0.5	0.69	0.79	1	0.81	0.3	0.5	0.32	0
CC7	0	1	1	0	0.5	0.5	0.19	0	0	0.69	0	0	0.73	0	0
CC8	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	1	1	1	0.5	0.5	0.5	0
CC9	0	0	0.44	0	0.36	0.88	0.5	0.85	0.63	1	0.64	0.14	0.5	0.15	0
CC10	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
CC11	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	1	1	1	0.5	0.5	0.5	0
CC12	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
CC13	0	1	1	0	0.64	0.61	0.19	0.28	0.22	0.69	0	0	0.73	0	0
CC14	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
CC15	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
CC16	0	1	1	0	0.5	0.5	0.19	0	0	0.69	0	0	0.73	0	0
CC17	0	0	0.38	0	0.21	0.77	0.5	0.69	0.79	1	0.81	0.3	0.5	0.32	0
CC18	0	1	1	0	0.67	0.61	0.5	0.35	0.22	1	0.03	0	0.5	0	0
CC19	0	0.38	0.5	0	0.77	1	0.35	0.79	0.5	0.85	0.3	0	0.59	0	0
CC20	0	0	0.38	0	0.5	0.77	0.19	1	0.79	0.69	0.5	0.3	0.73	0	0
MC1	0	1	1	0	0.67	0.61	0.35	0.35	0.22	0.85	0.03	0	0.59	0	0
MC2	0	0	0.44	0	0.36	0.88	0.5	0.85	0.63	1	0.64	0.14	0.5	0.15	0
MC3	0	0.35	0.44	0	0.71	0.88	0.35	0.92	0.63	0.85	0.42	0.14	0.59	0	0
MC4	0	0	0.38	0.11	0.21	0.77	0.59	0.69	0.79	0.92	0.81	0.3	0.35	0.32	0
MC5	0	1	1	0	0.59	0.55	0.35	0.18	0.11	0.85	0	0	0.59	0	0
MC6	0	1	1	0	0.59	0.55	0.35	0.18	0.11	0.85	0	0	0.59	0	0
MC7	0	0	0.5	0.22	0.36	1	0.7	0.85	0.5	0.81	0.64	0	0.31	0.15	0
MC8	0	1	1	0	0.59	0.55	0.35	0.18	0.11	0.85	0	0	0.59	0	0
MC9	0	0	0.44	0.22	0.21	0.88	0.7	0.69	0.63	0.81	0.81	0.14	0.31	0.32	0
MC10	0	0.38	0.5	0	0.77	1	0.35	0.79	0.5	0.85	0.3	0	0.59	0	0
MC11	0	1	1	0	0.67	0.61	0.35	0.35	0.22	0.85	0.03	0	0.59	0	0
MC12	0	1	1	0	0.5	0.5	0.19	0	0	0.69	0	0	0.73	0	0
MC13	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0

Kontrol Noktası	Olasılık Parametresinin Üyelik Dereceleri														
	VL			L			M			H			VH		
	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
MC14	0	1	1	0	0.67	0.61	0.5	0.35	0.22	1	0.03	0	0.5	0	0
DC1	0	1	1	0	0.5	0.5	0.19	0	0	0.69	0	0	0.73	0	0
DC2	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	1	1	1	0.5	0.5	0.5	0
DC3	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
DC4	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0	0.5	0	0	1	0	0
DC5	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	1	1	1	0.5	0.5	0.5	0
DC6	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
DC7	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
DC8	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
DC9	0	1	1	0	0.59	0.55	0.19	0.18	0.11	0.69	0	0	0.73	0	0
DC10	0	0.41	0.5	0	0.82	1	0.46	0.73	0.5	0.93	0.25	0	0.42	0	0
DC11	0	1	1	0	0.59	0.55	0.19	0.18	0.11	0.69	0	0	0.73	0	0
DC12	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0	0.5	0	0	1	0	0
DC13	0	0	0.44	0	0.36	0.88	0.5	0.85	0.63	1	0.64	0.14	0.5	0.15	0
DC14	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
DC15	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
DC16	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
PC1	0	1	1	0	0.67	0.61	0.5	0.35	0.22	1	0.03	0	0.5	0	0
PC2	0	0	0.44	0.21	0.21	0.88	0.7	0.69	0.63	0.81	0.81	0.14	0.31	0.32	0
PC3	0	0	0.38	0.11	0.21	0.77	0.59	0.69	0.79	0.92	0.81	0.3	0.35	0.32	0
PC4	0	1	1	0	0.59	0.55	0.35	0.18	0.11	0.85	0	0	0.59	0	0
PC5	0	0.32	0.38	0	0.64	0.77	0.35	0.97	0.79	0.85	0.56	0.3	0.59	0	0
PC6	0	0.32	0.38	0	0.64	0.77	0.35	0.97	0.79	0.85	0.56	0.3	0.59	0	0
PC7	0	0	0.5	0.37	0.21	1	0.86	0.69	0.5	0.64	0.81	0	0.15	0.32	0
PC8	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
PC9	0	1	1	0	0.67	0.61	0.35	0.35	0.22	0.85	0.03	0	0.59	0	0
PC10	0	0.38	0.5	0	0.77	1	0.35	0.79	0.5	0.85	0.3	0	0.59	0	0
PC11	0	1	1	0.22	0.67	0.61	0.7	0.35	0.22	0.81	0.03	0	0.31	0	0
PC12	0	1	1	0	0.67	0.61	0.5	0.35	0.22	1	0.03	0	0.5	0	0
PC13	0	1	1	0	0.67	0.61	0.5	0.35	0.22	1	0.03	0	0.5	0	0
PC14	0	1	1	0	0.67	0.61	0.35	0.35	0.22	0.85	0.03	0	0.59	0	0
PC15	0	1	1	0	0.67	0.61	0.35	0.35	0.22	0.85	0.03	0	0.59	0	0
PC16	0	0	0.5	0.37	0.36	1	0.86	0.85	0.5	0.64	0.64	0	0.15	0.15	0
PC17	0	1	1	0	0.67	0.61	0.35	0.35	0.22	0.85	0.03	0	0.59	0	0

Kontrol Noktası	Olasılık Parametresinin Üyelik Dereceleri														
	VL			L			M			H			VH		
	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
PC18	0	1	1	0	0.5	0.5	0.19	0	0	0.69	0	0	0.73	0	0
PC19	0	0	0.38	0	0.21	0.77	0.5	0.69	0.79	1	0.81	0.3	0.5	0.32	0
PC20	0	1	1	0	0.67	0.61	0.5	0.35	0.22	1	0.03	0	0.5	0	0
GC1	0	1	1	0	0.64	0.61	0.19	0.28	0.22	0.69	0	0	0.73	0	0
GC2	0	1	1	0	0.64	0.61	0.19	0.28	0.22	0.69	0	0	0.73	0	0
GC3	0	1	1	0	0.67	0.64	0.19	0.33	0.28	0.69	0	0	0.73	0	0
GC4	0	1	1	0	0.55	0.55	0.19	0.11	0.11	0.69	0	0	0.73	0	0
GC5	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
GC6	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
GC7	0	1	1	0	0.64	0.61	0.19	0.28	0.22	0.69	0	0	0.73	0	0
GC8	0	1	1	0	0.5	0.5	0.19	0	0	0.69	0	0	0.73	0	0
GC9	0	0	0.44	0.37	0	0.88	0.86	0.5	0.63	0.64	1	0.14	0.15	0.5	0
GC10	0	1	1	0	0.59	0.55	0.19	0.18	0.11	0.69	0	0	0.73	0	0
GC11	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
GC12	0	0	0.44	0	0.36	0.88	0.5	0.85	0.63	1	0.64	0.14	0.5	0.15	0
GC13	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
GC14	0	0	0.44	0	0.36	0.88	0.5	0.85	0.63	1	0.64	0.14	0.5	0.15	0
GC15	0	1	1	0	0.5	0.5	0.19	0	0	0.69	0	0	0.73	0	0
GC16	0	0	0.38	0	0.21	0.77	0.5	0.69	0.79	1	0.81	0.3	0.5	0.32	0
GC17	0	0.44	1	0	0.88	0.61	0.35	0.63	0.22	0.85	0.14	0	0.59	0	0
GC18	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
GC19	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
HC12	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
HC13	0	0	0.38	0	0.21	0.77	0.5	0.69	0.79	1	0.81	0.3	0.5	0.32	0
HC14	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
HC15	0	1	1	0	0.55	0.55	0	0.11	0.11	0.5	0	0	1	0	0
HC16	0	0	0	0	0.21	0.5	0.35	0.69	1	0.85	0.81	0.5	0.59	0.32	0
HC1	0	0	0.44	0	0.36	0.88	0.5	0.85	0.63	1	0.64	0.14	0.5	0.15	0
HC2	0	0	0.38	0	0.21	0.77	0.5	0.69	0.79	1	0.81	0.3	0.5	0.32	0
HC3	0	0	0.35	0	0.09	0.71	0.5	0.56	0.91	1	0.94	0.42	0.5	0.36	0
HC4	0	1	1	0	0.55	0.55	0.19	0.11	0.11	0.69	0	0	0.73	0	0
HC5	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
HC6	0	0	0.44	0.37	0.21	0.88	0.86	0.69	0.63	0.64	0.81	0.14	0.15	0.32	0
HC7	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0

Kontrol Noktası	Olasılık Parametresinin Üyelik Dereceleri														
	VL			L			M			H			VH		
	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
HC8	0	0	0.44	0	0.36	0.88	0.5	0.85	0.63	1	0.64	0.14	0.5	0.15	0
HC9	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0	0.5	0	0	1	0	0
HC10	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	1	1	1	0.5	0.5	0.5	0
HC11	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
HC19	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
HC20	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
HC17	0	1	1	0	0.67	0.64	0.19	0.33	0.28	0.69	0	0	0.73	0	0
HC18	0	0.38	0.5	0	0.77	1	0.35	0.79	0.5	0.85	0.3	0	0.59	0	0
HC21	0	1	1	0	0.55	0.55	0	0.11	0.11	0.5	0	0	1	0	0
HC22	0	1	1	0	0.67	0.64	0.35	0.35	0.28	0.85	0.03	0	0.59	0	0

Tablo B.4 Tespit edilebilirlik parametresinin üyelik dereceleri

Kontrol Noktası	Tespit Edilebilirlik Parametresinin Üyelik Dereceleri														
	VL			L			M			H			VH		
	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
CC1	0	0.5	0	0	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0
CC2	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
CC3	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
CC4	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0
CC5	0	0.5	0	0	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0
CC6	0	0.5	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5
CC7	0	0	0.5	0	0	1	0	0.5	0.5	0.5	1	0	1	0.5	0
CC8	0	0.5	0	0	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0
CC9	0	0	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0	0
CC10	0	0	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0	0
CC11	0	0.5	0	0	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0
CC12	0	0.5	0	0	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0
CC13	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
CC14	0	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0
CC15	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0
CC16	0	0	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0	0
CC17	0	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0
CC18	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0
CC19	0	0.5	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5
CC20	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
MC1	0	0.5	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5
MC2	0	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0
MC3	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
MC4	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
MC5	0	0	0.5	0	0	1	0	0.5	0.5	0.5	1	0	1	0.5	0
MC6	0	0.5	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5
MC7	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0
MC8	0	0.5	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5
MC9	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
MC10	0	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0
MC11	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0
MC12	0	0	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0	0
MC13	0	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0

Kontrol Noktası	Tespit Edilebilirlik Parametresinin Üyelik Dereceleri														
	VL			L			M			H			VH		
	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
MC14	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0
DC1	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
DC2	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
DC3	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
DC4	0	0	0.5	0	0.5	0	0	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5
DC5	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
DC6	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
DC7	0	0	0.5	0	0	1	0	0.5	0.5	0.5	1	0	1	0.5	0
DC8	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0
DC9	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
DC10	0	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0
DC11	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0
DC12	0	0	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0	0
DC13	0	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0
DC14	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0
DC15	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
DC16	0	0.5	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5
PC1	0	0.5	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5
PC2	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
PC3	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
PC4	0	0.5	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5
PC5	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
PC6	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
PC7	0	0.5	0	0	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0
PC8	0	0.5	0	0	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0
PC9	0	0.5	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5
PC10	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
PC11	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
PC12	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
PC13	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0
PC14	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0
PC15	0	0	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0	0
PC16	0	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0
PC17	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0

Kontrol Noktası	Tespit Edilebilirlik Parametresinin Üyelik Dereceleri														
	VL			L			M			H			VH		
	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
PC18	0	0	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0	0
PC19	0	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0
PC20	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0
GC1	0	0.5	0	0	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0
GC2	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
GC3	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
GC4	0	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0
GC5	0	0.5	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5
GC6	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
GC7	0	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0
GC8	0	0	0.5	0	0	1	0	0.5	0.5	0.5	1	0	1	0.5	0
GC9	0	0.5	0	0	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0
GC10	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
GC11	0	0.5	0	0	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0
GC12	0	0	0.5	0	0	1	0	0.5	0.5	0.5	1	0	1	0.5	0
GC13	0	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0
GC14	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0
GC15	0	0	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0	0
GC16	0	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0
GC17	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0
GC18	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0	0
GC19	0	0.5	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5
HC12	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
HC13	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
HC14	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
HC15	0	0	0.5	0	0	1	0	0.5	0.5	0.5	1	0	1	0.5	0
HC16	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
HC1	0	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0
HC2	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0	0	0
HC3	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0.5	0	0	1	0	0	0.5	0
HC4	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
HC5	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
HC6	0	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0
HC7	0	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0

Kontrol Noktası	Tespit Edilebilirlik Parametresinin Üyelik Dereceleri														
	VL			L			M			H			VH		
	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
HC8	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0
HC9	0	0	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0	0
HC10	0	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0
HC11	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0
HC19	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
HC20	0	0.5	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5
HC17	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
HC18	0	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0
HC21	0	0.5	0	0	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0
HC22	0	0.5	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5

Tablo B.5 Sıklık parametresinin üyelik dereceleri

Kontrol Noktası	Sıklık Parametresinin Üyelik Dereceleri														
	VL			L			M			H			VH		
	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
CC1	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
CC2	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
CC3	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
CC4	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
CC5	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
CC6	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
CC7	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
CC8	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
CC9	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
CC10	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
CC11	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
CC12	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
CC13	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
CC14	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
CC15	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
CC16	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
CC17	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
CC18	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
CC19	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
CC20	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
MC1	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0
MC2	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0
MC3	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0
MC4	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0
MC5	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0
MC6	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0
MC7	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0
MC8	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0
MC9	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0
MC10	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0
MC11	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0
MC12	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0
MC13	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0

Kontrol Noktası	Sıklık Parametresinin Üyelik Dereceleri														
	VL			L			M			H			VH		
	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
MC14	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0
DC1	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
DC2	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
DC3	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
DC4	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
DC5	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
DC6	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
DC7	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
DC8	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
DC9	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
DC10	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
DC11	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
DC12	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
DC13	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
DC14	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
DC15	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
DC16	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
PC1	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0
PC2	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0
PC3	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0
PC4	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0
PC5	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0
PC6	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0
PC7	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0
PC8	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0
PC9	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0
PC10	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0
PC11	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0
PC12	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0
PC13	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0
PC14	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0
PC15	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0
PC16	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0
PC17	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0

Kontrol Noktası	Sıklık Parametresinin Üyelik Dereceleri														
	VL			L			M			H			VH		
	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
PC18	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0
PC19	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0
PC20	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0
GC1	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
GC2	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
GC3	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
GC4	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
GC5	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
GC6	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
GC7	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
GC8	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
GC9	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
GC10	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
GC11	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
GC12	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
GC13	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
GC14	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
GC15	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
GC16	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
GC17	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
GC18	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
GC19	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
HC12	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
HC13	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
HC14	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
HC15	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
HC16	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
HC1	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
HC2	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
HC3	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
HC4	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
HC5	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
HC6	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
HC7	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5

Kontrol Noktası	Sıklık Parametresinin Üyelik Dereceleri														
	VL			L			M			H			VH		
	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
HC8	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
HC9	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
HC10	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
HC11	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
HC19	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
HC20	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
HC17	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
HC18	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
HC21	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
HC22	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	F

Tablo B.6 (3.29) eşitliğindeki skor fonksiyonu formülüne göre hesaplanan risk büyüklükleri

Risk	Kontrol Noktası	N			Mi			Ma			C			Skor Fonksiyonu				RM	Sıralama
		T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	c	Mi	Ma	C		
R1	DC4	0	1	0.5	0.5	0.5	0.5	1	0	0.5	0.5	0	0	0.125	0.500	0.875	0.875	7.158	1
R1	CC7	0.19	1	0.5	0.69	0.5	0.5	0.73	0.11	0.5	0.5	0	0	0.173	0.548	0.753	0.875	6.978	2
R1	GC5	0.5	1	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0.250	0.625	0.500	0.875	6.667	3
R2	HC3	0	0.94	0	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0.280	0.500	0.625	0.750	6.568	4
R2	DC9	0.19	1	0	0.69	0.5	0	0.73	0.18	0.5	0.5	0	0	0.298	0.673	0.718	0.875	6.540	5
R4	DC15	0.5	1	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0.250	0.625	0.500	0.750	6.471	6
R4	GC19	0.5	1	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0.250	0.625	0.500	0.750	6.471	7
R1	CC4	0.19	1	0	0.5	0.5	0	0.73	0	0.5	0.5	0	0.5	0.298	0.625	0.808	0.750	6.431	8
R1	DC1	0.19	1	0	0.5	0.5	0	0.73	0	0.5	0.5	0	0.5	0.298	0.625	0.808	0.750	6.432	9
R1	GC2	0.19	1	0	0.5	0.5	0	0.73	0	0.5	0.5	0	0.5	0.298	0.625	0.808	0.750	6.433	10
R1	GC3	0.19	1	0	0.5	0.5	0	0.73	0	0.5	0.5	0	0.5	0.298	0.625	0.808	0.750	6.434	11
R3	DC12	0.1	0.79	0	0.5	0.5	0	0.83	0.3	0.5	0.5	0	0	0.380	0.625	0.683	0.875	6.403	12
R2	DC6	0.5	1	0	0.5	0.5	0.5	1	0	0.5	0.5	0	0.5	0.375	0.500	0.875	0.750	6.400	13
R1	GC1	0.19	1	0	0.5	0.5	0	0.73	0.28	0.5	0.5	0	0.5	0.298	0.625	0.668	0.750	6.397	14
R3	CC16	0.1	0.79	0	0.5	0.5	0	0.73	0.3	0.5	0.5	0	0	0.380	0.625	0.658	0.875	6.398	15
R1	GC7	0.19	1	0	0.69	0.5	0	0.73	0	0.5	0.5	0	0.5	0.298	0.673	0.808	0.750	6.386	16
R1	GC8	0.19	1	0	0.69	0.5	0	0.73	0	0.5	0.5	0	0.5	0.298	0.673	0.808	0.750	6.386	17
R2	DC8	0.5	1	0	0.5	0.5	0.5	1	0.18	0.5	0.5	0	0.5	0.375	0.500	0.785	0.750	6.378	18
R3	GC15	0.42	0.88	0	0.5	0.5	0	0.73	0.14	0.5	0.5	0	0	0.415	0.625	0.738	0.875	6.344	19
R2	CC10	0.1	0.79	0	0.5	0.5	0.5	0.83	0.3	0.5	0.5	0	0.5	0.380	0.500	0.683	0.750	6.338	20
R2	CC9	0.1	0.79	0	0.5	0.5	0.5	0.83	0.3	0.5	0.5	0	0.5	0.380	0.500	0.683	0.750	6.338	21
R1	CC1	0.5	1	0	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0.375	0.500	0.625	0.750	6.333	22
R2	GC10	0.42	0.88	0	0.73	0.63	0	0.73	0.18	0.5	0.3	0	0	0.415	0.618	0.718	0.825	6.275	23
R5	HC17	0.5	1	0.36	0.73	0.5	0.5	0.5	0.28	0.5	0	0	0.5	0.285	0.558	0.610	0.625	6.274	24
R2	CC13	0.19	0.77	0	0.73	0.79	0	0.62	0.3	0.5	0.13	0	0	0.413	0.538	0.630	0.783	6.263	25

Risk	Kontrol Noktası	N			Mi			Ma			C			Skor Fonksiyonu				RM	Sıralama
		T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	c	Mi	Ma	C		
R2	DC7	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0	0.5	0.375	0.625	0.750	0.750	6.250	26
R1	CC6	0.5	0.81	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0.345	0.625	0.500	0.750	6.236	27
R1	CC5	0.5	1	0	0.5	0.5	0	1	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0.375	0.625	0.625	0.750	6.211	28
R1	DC2	0.5	1	0	0.5	0.5	0	1	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0.375	0.625	0.625	0.750	6.212	29
R2	HC2	0	0.5	0	0.5	0.81	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0.500	0.345	0.625	0.750	6.196	30
R1	GC4	0.19	1	0	0.69	0	0	0.73	0	0.5	0.5	0	0.5	0.298	0.923	0.808	0.750	6.171	31
R1	CC2	0.5	0.81	0	0.5	0.5	0.5	1	0.32	0.5	0.5	0	0.5	0.470	0.500	0.715	0.750	6.150	32
R3	GC14	0.5	0.85	0	0.5	0.5	0.5	0.79	0.14	0.5	0.3	0	0.5	0.450	0.500	0.753	0.700	6.126	33
R3	HC9	0.5	0.77	0	0.83	0.79	0.5	0.5	0.3	0.5	0.5	0	0.5	0.490	0.438	0.600	0.750	6.121	34
R4	GC18	0.5	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0.500	0.375	0.500	0.750	6.118	35
R3	GC17	0.42	0.88	0	0.5	0.5	0	0.79	0	0.5	0.3	0	0.5	0.415	0.625	0.823	0.700	6.116	36
R3	DC11	0.19	0.79	0	0.5	0.5	0	0.73	0	0.5	0.13	0	0.5	0.403	0.625	0.808	0.658	6.070	37
R3	GC13	0.5	0.88	0	0.79	0.5	0.5	0.5	0.14	0.5	0.3	0	0.5	0.435	0.573	0.680	0.700	6.067	38
R2	GC12	0.5	0.85	0	0.79	0.5	0.5	0.5	0.14	0.5	0.3	0	0.5	0.450	0.573	0.680	0.700	6.035	39
R3	CC15	0.5	0.79	0	0.5	0.5	0.5	0.83	0	0.5	0.13	0	0.5	0.480	0.500	0.833	0.658	6.025	40
R3	DC14	0.5	0.79	0	0.5	0.5	0.5	0.83	0	0.5	0.13	0	0.5	0.480	0.500	0.833	0.658	6.025	41
R3	PC18	0.73	0.77	0	0.5	0.79	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0.548	0.355	0.500	0.750	6.024	42
R3	MC12	0.73	0.77	0	0.5	0.79	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0.548	0.355	0.500	0.750	6.024	43
R1	HC15	0.5	1	0	1	0.5	0.45	0.5	0.11	0.5	0	0	0.5	0.375	0.638	0.695	0.625	6.019	44
R6	CC19	0.5	0.79	0.5	0.73	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.3	0	0.355	0.558	0.500	0.600	6.005	45
R4	DC16	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0.500	0.500	0.500	0.750	6.000	46
R5	HC18	0.83	0.79	0.5	0.62	0.64	0.5	0.5	0.3	0.5	0	0	0.5	0.438	0.460	0.600	0.625	5.996	47
R1	PC5	0.85	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0	0.5	0.5	0	0	0	0.588	0.250	0.375	0.750	5.968	48
R1	MC6	0.85	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0	0.5	0.5	0	0	0	0.588	0.250	0.375	0.750	5.968	49
R2	MC8	0.85	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0	0.5	0.5	0	0	0	0.588	0.250	0.375	0.750	5.968	50
R2	GC11	0.5	0.88	0	0.5	0.5	0.5	0.79	0.5	0.5	0.3	0.14	0.5	0.435	0.500	0.573	0.630	5.961	51
R2	GC9	0.5	0.88	0	0.5	0.5	0.5	0.79	0.5	0.5	0.3	0.14	0.5	0.435	0.500	0.573	0.630	5.961	52
R1	GC6	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0.625	0.500	0.500	0.875	5.950	53

Risk	Kontrol Noktası	N			Mi			Ma			C			Skor Fonksiyonu				RM	Sıralama
		T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	c	Mi	Ma	C		
R1	DC3	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0.625	0.500	0.500	0.875	5.950	54
R1	DC5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0.625	0.500	0.500	0.875	5.950	55
R4	HC19	1	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0.625	0.250	0.500	0.750	5.941	56
R1	MC1	0.85	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0	0.5	0.5	0	0.03	0	0.588	0.250	0.375	0.735	5.937	57
R2	PC9	0.85	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0	0.5	0.5	0	0.03	0	0.588	0.250	0.375	0.735	5.937	58
R3	CC18	0.5	0.79	0	0.5	0.5	0	0.83	0	0.5	0.13	0	0.5	0.480	0.625	0.833	0.658	5.928	59
R1	CC3	0.5	0.5	0	1	0.85	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0.625	0.575	0.500	0.875	5.893	60
R3	DC10	0.46	0.79	0	0.83	0.5	0.5	0.5	0.3	0.5	0.13	0	0.5	0.470	0.583	0.600	0.658	5.877	61
R3	CC14	0.5	0.79	0	0.83	0.5	0.5	0.5	0.3	0.5	0.13	0	0.5	0.480	0.583	0.600	0.658	5.856	62
R3	DC13	0.5	0.79	0	0.83	0.5	0.5	0.5	0.3	0.5	0.13	0	0.5	0.480	0.583	0.600	0.658	5.856	63
R3	CC17	0.5	0.79	0	0.83	0.5	0.5	0.5	0.32	0.5	0.13	0	0.5	0.480	0.583	0.590	0.658	5.851	64
R2	PC14	0.85	1	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0.5	0.463	0.500	0.500	0.625	5.850	65
R2	PC15	0.85	1	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0.5	0.463	0.500	0.500	0.625	5.850	66
R2	PC11	0.81	1	0	0.5	0.5	0.5	0.31	0.5	0.5	0	0	0.5	0.453	0.500	0.453	0.625	5.847	67
R1	PC1	1	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0	0.5	0.5	0	0.03	0	0.625	0.250	0.375	0.735	5.844	68
R3	GC16	0.5	0.85	0	0.79	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.3	0	0.5	0.450	0.573	0.250	0.700	5.825	69
R3	MC11	0.85	0.5	0.5	0.5	1	0	0	0.59	0.5	0	0	0	0.588	0.375	0.330	0.750	5.825	70
R3	MC14	0.83	0.79	0	0.5	0.67	0.5	0.13	0.5	0.5	0	0	0.5	0.563	0.415	0.408	0.625	5.825	71
R1	PC4	0.85	0.5	0.5	0.5	1	0	0	0.59	0.5	0	0	0	0.588	0.375	0.330	0.750	5.825	72
R3	PC20	0.83	1	0	0.5	0.5	0.5	0.13	0.5	0.5	0	0	0.5	0.458	0.500	0.408	0.625	5.809	73
R2	HC1	0.5	0.5	0.5	1	0.85	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0.5	0.500	0.450	0.500	0.625	5.807	74
R1	MC5	0.85	1	0	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0	0	0.5	0.463	0.500	0.375	0.625	5.777	75
R1	HC14	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0	0	0	0.500	0.625	0.250	0.750	5.765	76
R2	HC5	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0	0	0	0.500	0.625	0.250	0.750	5.765	77
R2	PC12	1	1	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0.5	0.500	0.500	0.500	0.625	5.765	78
R2	PC13	1	1	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0.5	0.500	0.500	0.500	0.625	5.765	79
R3	HC11	0.5	0.79	0	0.83	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0.5	0.480	0.583	0.500	0.625	5.742	80
R3	HC8	0.5	0.79	0	0.83	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0.5	0.480	0.583	0.500	0.625	5.742	81

Risk	Kontrol Noktası	N			Mi			Ma			C			Skor Fonksiyonu				RM	Sıralama
		T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	c	Mi	Ma	C		
R2	MC7	0.81	0.85	0	0.5	0.64	0.5	0.31	0.5	0.5	0	0	0.5	0.528	0.430	0.453	0.625	5.732	82
R2	HC4	0.5	0.5	0	0.73	0.55	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0.625	0.533	0.500	0.750	5.713	83
R2	PC10	0.85	0.77	0	0.5	0.79	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0.5	0.578	0.355	0.500	0.625	5.710	84
R4	HC20	1	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0.5	0.625	0.250	0.500	0.625	5.688	85
R3	HC7	0.83	0.5	0.5	0.62	0.79	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0.5	0.583	0.385	0.500	0.625	5.674	86
R2	HC6	0.86	0.5	0.5	0.64	0.81	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0.5	0.590	0.380	0.500	0.625	5.661	87
R1	PC6	0.85	0.64	0	0.5	0.97	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0.5	0.643	0.265	0.500	0.625	5.635	88
R3	PC17	0.83	0.79	0	0.5	0.67	0.5	0.13	0.5	0.5	0	0	0.5	0.563	0.415	0.408	0.625	5.634	89
R2	CC12	0.5	0.79	0	0.5	0.5	0.5	0.83	0.5	0.5	0.13	0.3	0.5	0.480	0.500	0.583	0.508	5.620	90
R1	HC12	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0.5	0.625	0.375	0.500	0.625	5.588	91
R3	MC10	0.83	0.77	0.5	0.13	0.77	0.5	0	0.79	0.5	0	0.3	0.5	0.448	0.273	0.230	0.475	5.542	92
R2	CC11	0.5	0.79	0	0.5	0.5	0	0.83	0.5	0.5	0.13	0.3	0.5	0.480	0.625	0.583	0.508	5.527	93
R2	CC8	0.5	0.79	0	0.5	0.5	0	0.83	0.5	0.5	0.13	0.3	0.5	0.480	0.625	0.583	0.508	5.527	94
R1	HC13	0.5	0.5	0	1	0.81	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0.5	0.625	0.470	0.500	0.625	5.520	95
R6	HC21	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.11	0.5	0.625	0.375	0.500	0.570	5.471	96
R3	HC10	0.83	0.5	0	0.62	0.79	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0.5	0.708	0.385	0.500	0.625	5.410	97
R1	MC2	1	0.5	0.5	0.5	0.85	0.5	0	0.5	0.5	0	0.15	0.5	0.625	0.325	0.375	0.550	5.360	98
R6	HC22	0.85	0.5	0.5	0.59	1	0.36	0.5	0.5	0.5	0	0.35	0.5	0.588	0.308	0.500	0.450	5.321	99
R1	HC16	0.5	0.5	0	0.85	0.5	0.5	0.5	0.81	0.5	0	0.32	0	0.625	0.588	0.345	0.590	5.257	100
R6	CC20	0.69	0.5	0	0.73	1	0	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0	0.673	0.433	0.500	0.500	5.179	101
R3	PC16	0.83	0.5	0.5	0.13	0.77	0.5	0	0.79	0.5	0	0.3	0.5	0.583	0.273	0.230	0.475	5.149	102
R3	MC13	0.83	0.5	0.5	0.13	0.77	0.5	0	0.79	0.5	0	0.3	0.5	0.583	0.273	0.230	0.475	5.149	103
R3	PC19	0.83	0.5	0.5	0.13	0.77	0.5	0	0.79	0.5	0	0.32	0.5	0.583	0.273	0.230	0.465	5.118	104
R1	MC3	0.85	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.92	0.5	0	0.42	0	0.588	0.500	0.165	0.540	5.100	105
R2	PC8	1	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0.625	0.250	0.500	0.375	5.071	106
R2	MC9	0.81	0.5	0	0.5	0.81	0.5	0.31	0.5	0.5	0	0.32	0.5	0.703	0.345	0.453	0.465	5.038	107
R1	PC2	0.81	0.5	0	0.5	0.81	0.5	0.31	0.5	0.5	0	0.32	0.5	0.703	0.345	0.453	0.465	5.038	108
R1	PC3	0.92	0.5	0.5	0.35	0.5	0.5	0	0.81	0.5	0	0.5	0	0.605	0.463	0.220	0.500	5.032	109

Risk	Kontrol Noktası	N			Mi			Ma			C			Skor Fonksiyonu				RM	Sıralama
		T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	c	Mi	Ma	C		
R1	MC4	0.92	0.5	0.5	0.35	0.5	0.5	0	0.81	0.5	0	0.5	0	0.605	0.463	0.220	0.500	5.032	110
R2	PC7	0.86	0.5	0.5	0.5	0.69	0.5	0.15	0.81	0.5	0	0.5	0.5	0.590	0.405	0.258	0.375	4.770	111

Tablo B.7 Hesaplanan risk büyüklüklerinin karşılaştırılması

Risk	Kontrol Noktası	Skor Fonksiyonu (Eşitlik 3.29)				Skor Fonksiyonu (Eşitlik 3.34)				RM (Eşitlik 3.29'a göre)	RM (Eşitlik 3.34' e göre)	RM (Klasik SCEA' ya göre)
		C	Mi	Ma	C	N	Mi	Ma	C			
R1	DC4	0.125	0.500	0.875	0.875	0.250	0.500	0.750	0.333	7.158	5.909	7.000
R1	CC7	0.173	0.548	0.753	0.875	0.377	0.627	0.588	0.333	6.978	5.369	6.190
R1	GC5	0.250	0.625	0.500	0.875	0.583	0.833	0.500	0.333	6.667	4.778	5.200
R2	HC3	0.280	0.500	0.625	0.750	0.157	0.500	0.833	0.417	6.568	6.376	7.000
R2	DC9	0.298	0.673	0.718	0.875	0.293	0.543	0.600	0.333	6.540	5.650	6.190
R4	DC15	0.250	0.625	0.500	0.750	0.583	0.833	0.500	0.000	6.471	3.870	4.000
R4	GC19	0.250	0.625	0.500	0.750	0.583	0.833	0.500	0.000	6.471	3.870	4.000
R1	CC4	0.298	0.625	0.808	0.750	0.293	0.417	0.570	0.417	6.431	5.963	6.406
R1	DC1	0.298	0.625	0.808	0.750	0.293	0.417	0.570	0.417	6.432	5.963	6.406
R1	GC2	0.298	0.625	0.808	0.750	0.293	0.417	0.570	0.417	6.433	5.963	6.406
R1	GC3	0.298	0.625	0.808	0.750	0.293	0.417	0.570	0.417	6.434	5.963	6.406
R3	DC12	0.380	0.625	0.683	0.875	0.198	0.417	0.687	0.333	6.403	6.119	6.689
R2	DC6	0.375	0.500	0.875	0.750	0.500	0.500	0.750	0.417	6.400	5.500	5.800
R1	GC1	0.298	0.625	0.668	0.750	0.293	0.417	0.617	0.417	6.397	5.990	6.406
R3	CC16	0.380	0.625	0.658	0.875	0.198	0.417	0.620	0.333	6.398	6.082	6.672
R1	GC7	0.298	0.673	0.808	0.750	0.293	0.543	0.570	0.417	6.386	5.826	6.190
R1	GC8	0.298	0.673	0.808	0.750	0.293	0.543	0.570	0.417	6.386	5.826	6.190
R2	DC8	0.375	0.500	0.785	0.750	0.500	0.500	0.780	0.417	6.378	5.520	5.800
R3	GC15	0.415	0.625	0.738	0.875	0.427	0.417	0.593	0.333	6.344	5.412	5.828
R2	CC10	0.380	0.500	0.683	0.750	0.198	0.500	0.687	0.417	6.338	6.201	6.689
R2	CC9	0.380	0.500	0.683	0.750	0.198	0.500	0.687	0.417	6.338	6.201	6.689
R1	CC1	0.375	0.500	0.625	0.750	0.500	0.500	0.833	0.417	6.333	5.556	5.800
R2	GC10	0.415	0.618	0.718	0.825	0.427	0.592	0.600	0.200	6.275	4.946	5.252
R5	HC17	0.285	0.558	0.610	0.625	0.560	0.653	0.463	0.083	6.274	4.119	4.000
R2	CC13	0.413	0.538	0.630	0.783	0.255	0.618	0.547	0.087	6.263	4.926	5.240

Risk	Kontrol Noktası	Skor Fonksiyonu (Eşitlik 3.29)				Skor Fonksiyonu (Eşitlik 3.34)				RM (Eşitlik 3.29'a göre)	RM (Eşitlik 3.34' e göre)	RM (Klasik SCEA' ya göre)
		C	Mi	Ma	C	N	Mi	Ma	C			
R2	DC7	0.375	0.625	0.750	0.750	0.500	0.833	0.417	0.417	6.250	5.038	5.200
R1	CC6	0.345	0.625	0.500	0.750	0.552	0.833	0.500	0.417	6.236	5.019	5.200
R1	CC5	0.375	0.625	0.625	0.750	0.500	0.417	0.833	0.417	6.211	5.615	5.800
R1	DC2	0.375	0.625	0.625	0.750	0.500	0.417	0.833	0.417	6.212	5.615	5.800
R2	HC2	0.500	0.345	0.625	0.750	0.083	0.552	0.833	0.417	6.196	6.520	7.000
R1	GC4	0.298	0.923	0.808	0.750	0.293	0.460	0.570	0.417	6.171	5.914	6.190
R1	CC2	0.470	0.500	0.715	0.750	0.468	0.500	0.803	0.417	6.150	5.602	5.800
R3	GC14	0.450	0.500	0.753	0.700	0.475	0.500	0.633	0.283	6.126	5.150	5.278
R3	HC9	0.490	0.438	0.600	0.750	0.462	0.768	0.467	0.417	6.121	5.190	5.288
R4	GC18	0.500	0.375	0.500	0.750	0.500	0.917	0.500	0.000	6.118	4.000	4.000
R3	GC17	0.415	0.625	0.823	0.700	0.427	0.417	0.610	0.283	6.116	5.296	5.448
R3	DC11	0.403	0.625	0.808	0.658	0.258	0.417	0.570	0.170	6.070	5.382	5.548
R3	GC13	0.435	0.573	0.680	0.700	0.480	0.693	0.440	0.283	6.067	4.833	4.861
R2	GC12	0.450	0.573	0.680	0.700	0.475	0.693	0.440	0.283	6.035	4.843	4.861
R3	CC15	0.480	0.500	0.833	0.658	0.465	0.500	0.637	0.170	6.025	4.866	4.903
R3	DC14	0.480	0.500	0.833	0.658	0.465	0.500	0.637	0.170	6.025	4.866	4.903
R3	PC18	0.548	0.355	0.500	0.750	0.615	0.548	0.500	0.000	6.024	3.793	3.601
R3	MC12	0.548	0.355	0.500	0.750	0.615	0.548	0.500	0.000	6.024	3.793	3.601
R1	HC15	0.375	0.638	0.695	0.625	0.500	0.825	0.435	0.083	6.019	4.165	4.000
R6	CC19	0.355	0.558	0.500	0.600	0.548	0.653	0.500	0.050	6.005	4.088	4.000
R4	DC16	0.500	0.500	0.500	0.750	0.500	0.833	0.500	0.000	6.000	4.000	4.000
R5	HC18	0.438	0.460	0.600	0.625	0.768	0.603	0.467	0.083	5.996	3.789	3.492
R1	PC5	0.588	0.250	0.375	0.750	0.733	0.583	0.167	0.000	5.968	5.968	2.111
R1	MC6	0.588	0.250	0.375	0.750	0.733	0.583	0.167	0.000	5.968	2.854	2.111
R2	MC8	0.588	0.250	0.375	0.750	0.733	0.583	0.167	0.000	5.968	2.854	2.111
R2	GC11	0.435	0.500	0.573	0.630	0.480	0.500	0.693	0.307	5.961	5.253	5.278
R2	GC9	0.435	0.500	0.573	0.630	0.480	0.500	0.693	0.307	5.961	5.253	5.278

Risk	Kontrol Noktası	Skor Fonksiyonu (Eşitlik 3.29)				Skor Fonksiyonu (Eşitlik 3.34)				RM (Eşitlik 3.29'a göre)	RM (Eşitlik 3.34' e göre)	RM (Klasik SCEA' ya göre)
		C	Mi	Ma	C	N	Mi	Ma	C			
R1	GC6	0.625	0.500	0.500	0.875	0.417	0.833	0.500	0.333	5.950	5.080	5.200
R1	DC3	0.625	0.500	0.500	0.875	0.417	0.833	0.500	0.333	5.950	5.080	5.200
R1	DC5	0.625	0.500	0.500	0.875	0.417	0.833	0.500	0.333	5.950	5.080	5.200
R4	HC19	0.625	0.250	0.500	0.750	0.833	0.583	0.500	0.000	5.941	3.478	3.250
R1	MC1	0.588	0.250	0.375	0.735	0.733	0.583	0.167	0.005	5.937	2.878	2.111
R2	PC9	0.588	0.250	0.375	0.735	0.733	0.583	0.167	0.005	5.937	2.878	2.111
R3	CC18	0.480	0.625	0.833	0.658	0.465	0.417	0.637	0.170	5.928	4.909	4.903
R1	CC3	0.625	0.575	0.500	0.875	0.417	0.808	0.500	0.333	5.893	5.093	5.200
R3	DC10	0.470	0.583	0.600	0.658	0.438	0.720	0.467	0.170	5.877	4.616	4.469
R3	CC14	0.480	0.583	0.600	0.658	0.465	0.720	0.467	0.170	5.856	4.563	4.398
R3	DC13	0.480	0.583	0.600	0.658	0.465	0.720	0.467	0.170	5.856	4.563	4.398
R3	CC17	0.480	0.583	0.590	0.658	0.465	0.720	0.470	0.170	5.851	4.567	4.398
R2	PC14	0.463	0.500	0.500	0.625	0.733	0.500	0.500	0.083	5.850	3.890	3.432
R2	PC15	0.463	0.500	0.500	0.625	0.733	0.500	0.500	0.083	5.850	3.890	3.432
R2	PC11	0.453	0.500	0.453	0.625	0.707	0.500	0.373	0.083	5.847	3.699	3.074
R1	PC1	0.625	0.250	0.375	0.735	0.833	0.583	0.167	0.005	5.844	2.760	2.000
R3	GC16	0.450	0.573	0.250	0.700	0.475	0.693	0.583	0.283	5.825	4.995	4.861
R3	MC11	0.588	0.375	0.330	0.750	0.733	0.500	0.182	0.000	5.825	5.825	2.562
R3	MC14	0.563	0.415	0.408	0.625	0.685	0.528	0.253	0.083	5.825	5.825	2.562
R1	PC4	0.588	0.375	0.330	0.750	0.733	0.500	0.182	0.000	5.825	5.825	2.111
R3	PC20	0.458	0.500	0.408	0.625	0.720	0.500	0.253	0.083	5.809	3.422	2.562
R2	HC1	0.500	0.450	0.500	0.625	0.500	0.892	0.500	0.083	5.807	4.253	4.000
R1	MC5	0.463	0.500	0.375	0.625	0.733	0.500	0.167	0.083	5.777	3.191	2.111
R1	HC14	0.500	0.625	0.250	0.750	0.500	0.833	0.583	0.000	5.765	4.130	4.000
R2	HC5	0.500	0.625	0.250	0.750	0.500	0.833	0.583	0.000	5.765	4.130	4.000
R2	PC12	0.500	0.500	0.500	0.625	0.833	0.500	0.500	0.083	5.765	3.739	3.250
R2	PC13	0.500	0.500	0.500	0.625	0.833	0.500	0.500	0.083	5.765	3.739	3.250

Risk	Kontrol Noktası	Skor Fonksiyonu (Eşitlik 3.29)				Skor Fonksiyonu (Eşitlik 3.34)				RM (Eşitlik 3.29'a göre)	RM (Eşitlik 3.34' e göre)	RM (Klasik SCEA' ya göre)
		C	Mi	Ma	C	N	Mi	Ma	C			
R3	HC11	0.480	0.583	0.500	0.625	0.465	0.720	0.500	0.083	5.742	4.342	4.000
R3	HC8	0.480	0.583	0.500	0.625	0.465	0.720	0.500	0.083	5.742	4.342	4.000
R2	MC7	0.528	0.430	0.453	0.625	0.682	0.523	0.373	0.083	5.732	3.744	3.074
R2	HC4	0.625	0.533	0.500	0.750	0.417	0.662	0.500	0.000	5.713	4.158	4.000
R2	PC10	0.578	0.355	0.500	0.625	0.695	0.548	0.500	0.083	5.710	3.953	3.432
R4	HC20	0.625	0.250	0.500	0.625	0.833	0.583	0.500	0.083	5.688	3.750	3.250
R3	HC7	0.583	0.385	0.500	0.625	0.720	0.628	0.500	0.083	5.674	3.917	3.492
R2	HC6	0.590	0.380	0.500	0.625	0.740	0.645	0.500	0.083	5.661	3.888	3.460
R1	PC6	0.643	0.265	0.500	0.625	0.673	0.578	0.500	0.083	5.635	5.635	3.432
R3	PC17	0.563	0.415	0.408	0.625	0.685	0.528	0.253	0.083	5.634	3.487	2.562
R2	CC12	0.480	0.500	0.583	0.508	0.465	0.500	0.720	0.220	5.620	5.094	4.903
R1	HC12	0.625	0.375	0.500	0.625	0.417	0.917	0.500	0.083	5.588	4.391	4.000
R3	MC10	0.448	0.273	0.230	0.475	0.765	0.298	0.215	0.133	5.542	3.398	1.406
R2	CC11	0.480	0.625	0.583	0.508	0.465	0.417	0.720	0.220	5.527	5.145	4.903
R2	CC8	0.480	0.625	0.583	0.508	0.465	0.417	0.720	0.220	5.527	5.145	4.903
R1	HC13	0.625	0.470	0.500	0.625	0.417	0.885	0.500	0.083	5.520	4.398	4.000
R6	HC21	0.625	0.375	0.500	0.570	0.417	0.917	0.500	0.102	5.471	4.444	4.000
R3	HC10	0.708	0.385	0.500	0.625	0.637	0.628	0.500	0.083	5.410	4.049	3.492
R1	MC2	0.625	0.325	0.375	0.550	0.833	0.558	0.167	0.108	5.360	3.190	2.000
R6	HC22	0.588	0.308	0.500	0.450	0.733	0.620	0.500	0.142	5.321	4.075	3.459
R1	HC16	0.625	0.588	0.345	0.590	0.417	0.733	0.552	0.053	5.257	4.413	4.000
R6	CC20	0.673	0.433	0.500	0.500	0.543	0.653	0.500	0.083	5.179	4.208	3.703
R3	PC16	0.583	0.273	0.230	0.475	0.720	0.298	0.215	0.133	5.149	3.477	1.406
R3	MC13	0.583	0.273	0.230	0.475	0.720	0.298	0.215	0.133	5.149	3.477	1.406
R3	PC19	0.583	0.273	0.230	0.465	0.720	0.298	0.215	0.137	5.118	3.493	1.406
R1	MC3	0.588	0.500	0.165	0.540	0.733	0.500	0.237	0.070	5.100	3.305	2.111
R2	PC8	0.625	0.250	0.500	0.375	0.833	0.583	0.500	0.167	5.071	4.000	3.250

Risk	Kontrol Noktası	Skor Fonksiyonu (Eşitlik 3.29)				Skor Fonksiyonu (Eşitlik 3.34)				RM (Eşitlik 3.29'a göre)	RM (Eşitlik 3.34' e göre)	RM (Klasik SCEA' ya göre)
		C	Mi	Ma	C	N	Mi	Ma	C			
R2	MC9	0.703	0.345	0.453	0.465	0.623	0.552	0.373	0.137	5.038	4.042	3.074
R1	PC2	0.703	0.345	0.453	0.465	0.623	0.552	0.373	0.137	5.038	4.042	3.074
R1	PC3	0.605	0.463	0.220	0.500	0.780	0.400	0.218	0.083	5.032	5.032	2.111
R1	MC4	0.605	0.463	0.220	0.500	0.780	0.400	0.218	0.083	5.032	3.200	1.827
R2	PC7	0.590	0.405	0.258	0.375	0.740	0.532	0.318	0.167	4.770	3.849	2.589

C

KAYNAK LABORATUVARI İÇİN EK TABLOLAR



Tablo C.1 Olasılık parametresinin üyelik dereceleri

Risk Kodu	Kontrol Noktası	Olasılık Parametresi için Üyelik Dereceleri														
		VL			L			M			H			VH		
		T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
R1	G1	0	1	1	0	0.59	0.55	0.19	0.18	0.11	0.69	0	0	0.73	0	0
R2	G2	0	1	1	0	0.64	0.61	0.35	0.28	0.22	0.85	0	0	0.59	0	0
R2	G3	0	0	0.44	0.21	0.21	0.88	0.7	0.7	0.63	0.81	0.81	0.14	0.31	0.31	0
R3	G4	0	1	1	0	0.67	0.61	0.35	0.35	0.22	0.85	0.03	0	0.59	0	0
R3	G5	0	0.38	0.44	0	0.77	0.88	0.19	0.79	0.63	0.69	0.3	0.14	0.73	0	0
R3	G6	0	1	1	0	0.67	0.61	0.5	0.35	0.22	1	0.03	0	0.5	0	0
R3	G7	0	0.38	0.5	0	0.77	1	0.35	0.79	0.5	0.85	0.3	0	0.59	0	0
R4	G8	0	1	1	0.12	0.55	0.55	0.59	0.11	0.11	0.92	0	0	0.35	0	0
R4	G9	0	0.35	0.5	0.12	0.71	1	0.59	0.91	0.5	0.92	0.42	0	0.35	0	0
R5	G10	0	0.38	0.5	0	0.77	1	0.35	0.79	0.5	0.85	0.3	0	0.59	0	0
R5	G11	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
R6	G12	0	0.38	0.5	0	0.77	1	0.35	0.79	0.5	0.85	0.3	0	0.59	0	0
R6	G13	0	0	0.44	0	0.36	0.88	0.5	0.85	0.63	1	0.64	0.14	0.5	0.15	0
R6	G14	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
R6	G15	0	0.44	0.5	0	0.88	1	0.19	0.63	0.5	0.69	0.14	0	0.73	0	0
R1	E1	0	1	1	0	0.67	0.61	0.35	0.35	0.22	0.85	0.03	0	0.59	0	0
R1	E2	0	0	0.44	0	0.36	0.88	0.5	0.85	0.63	1	0.64	0.14	0.5	0.15	0
R2	E3	0	1	1	0	0.67	0.61	0.5	0.35	0.22	1	0.03	0	0.5	0	0
R2	E4	0	1	1	0	0.61	0.59	0.5	0.22	0.18	1	0	0	0.5	0	0
R3	E5	0	1	1	0	0.67	0.61	0.5	0.35	0.22	1	0.03	0	0.5	0	0
R3	E6	0	1	1	0	0.7	0.64	0.5	0.39	0.28	1	0.09	0	0.5	0	0
R3	E7	0	1	1	0	0.67	0.61	0.5	0.35	0.22	1	0.03	0	0.5	0	0

Risk Kodu	Kontrol Noktası	Olasılık Parametresi için Üyelik Dereceleri														
		VL			L			M			H			VH		
		T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
R3	E8	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
R3	E9	0	0.44	0.5	0	0.88	1	0.19	0.63	0.5	0.69	0.14	0	0.73	0	0
R4	E10	0	1	1	0	0.59	0.55	0.35	0.18	0.11	0.85	0	0	0.59	0	0
R4	E11	0	1	1	0	0.67	0.61	0.5	0.35	0.22	1	0.03	0	0.5	0	0
R5	E12	0	0.44	0.5	0	0.88	1	0.19	0.63	0.5	0.69	0.14	0	0.73	0	0
R5	E13	0	1	1	0	0.7	0.64	0.5	0.39	0.28	1	0.09	0	0.5	0	0
R1	O1	0	0.38	0.5	0	0.77	1	0.35	0.79	0.5	0.85	0.3	0	0.59	0	0
R1	O2	0	0	0.44	0	0.36	0.88	0.5	0.85	0.63	1	0.64	0.14	0.5	0.15	0
R2	O3	0	0	0.44	0	0.36	0.88	0.5	0.85	0.63	1	0.64	0.14	0.5	0.15	0
R2	O4	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
R4	O5	0	0.35	0.5	0.12	0.71	1	0.59	0.92	0.5	0.92	0.42	0	0.35	0	0
R4	O6	0	1	1	0.21	0.72	0.64	0.7	0.43	0.28	0.81	0.14	0	0.31	0	0
R5	O7	0	0.38	0.44	0	0.77	0.88	0.19	0.79	0.63	0.69	0.3	0.14	0.73	0	0
R5	O8	0	1	1	0	0.7	0.64	0.5	0.39	0.28	1	0.09	0	0.5	0	0
R5	O9	0	1	1	0	0.7	0.64	0.5	0.39	0.28	1	0.09	0	0.5	0	0
R6	O10	0	0.44	0.5	0	0.88	1	0.19	0.63	0.5	0.69	0.14	0	0.73	0	0
R6	O11	0	1	1	0	0.64	0.61	0.35	0.28	0.22	0.85	0	0	0.59	0	0
R6	O12	0	1	1	0	0.64	0.61	0.35	0.28	0.22	0.85	0	0	0.59	0	0
R6	O13	0	0.44	0.5	0	0.88	1	0.19	0.63	0.5	0.69	0.14	0	0.73	0	0
R6	O14	0	0.44	0.5	0	0.88	1	0.19	0.63	0.5	0.69	0.14	0	0.73	0	0
R3	S1	0	0	0.5	0.21	0.36	1	0.7	0.85	0.5	0.81	0.64	0	0.31	0.15	0
R3	S2	0	0	0.44	0.21	0.21	0.88	0.7	0.7	0.63	0.81	0.81	0.14	0.31	0.31	0
R3	S3	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
R3	S4	0	0.44	0.5	0	0.88	1	0.19	0.63	0.5	0.69	0.14	0	0.73	0	0
R4	S5	0	0.35	1	0.12	0.71	0.61	0.59	0.91	0.22	0.92	0.42	0	0.35	0	0
R4	S6	0	0	0.5	0.21	0.36	1	0.7	0.85	0.5	0.81	0.64	0	0.31	0.15	0

Risk Kodu	Kontrol Noktası	Olasılık Parametresi için Üyelik Dereceleri														
		VL			L			M			H			VH		
		T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
R5	S7	0	0.38	0.5	0	0.77	1	0.35	0.79	0.5	0.85	0.3	0	0.59	0	0
R5	S8	0	0	0.44	0	0.36	0.88	0.5	0.85	0.63	1	0.64	0.14	0.5	0.15	0

Tablo C.2 Şiddet parametresinin üyelik dereceleri

Risk Kodu	Kontrol Noktası	Şiddet Parametresi için Üyelik Dereceleri														
		VL			L			M			H			VH		
		T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
R1	G1	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
R2	G2	0	0	0.44	0	0.36	0.88	0.5	0.85	0.63	1	0.64	0.14	0.5	0.15	0
R2	G3	0	0	0.44	0	0.36	0.88	0.5	0.85	0.63	1	0.64	0.14	0.5	0.15	0
R3	G4	0	0	0	0	0	0	0	0.35	0.35	0.5	0.85	0.85	1	0.59	0.59
R3	G5	0	0	0	0	0.09	0.09	0	0.57	0.57	0.5	0.93	0.93	1	0.36	0.36
R3	G6	0	0.39	0.39	0	0.77	0.77	0	0.78	0.78	0.5	0.26	0.26	1	0	0
R3	G7	0	0	0	0	0	0	0	0.35	0.35	0.5	0.85	0.85	1	0.59	0.59
R4	G8	0	1	1	0.5	0.72	0.61	1	0.43	0.22	0.5	0.14	0	0	0	0
R4	G9	0	1	1	0.38	0.72	0.61	0.86	0.43	0.22	0.64	0.14	0	0.14	0	0
R5	G10	0	0	0	0	0.09	0.09	0	0.57	0.57	0.5	0.93	0.93	1	0.36	0.36
R5	G11	0	0	0	0	0	0	0	0.19	0	0.5	0.68	0.5	1	0.73	1
R6	G12	0	0	0	0	0	0	0	0.19	0.19	0.5	0.68	0.68	1	0.73	0.73
R6	G13	0	0	0	0	0	0	0	0.35	0.35	0.5	0.85	0.85	1	0.59	0.59
R6	G14	0	0	0	0	0	0	0	0.35	0.35	0.5	0.85	0.85	1	0.59	0.59
R6	G15	0	0	0	0	0	0	0	0.35	0.35	0.5	0.85	0.85	1	0.59	0.59
R1	E1	0	0	0.44	0	0.36	0.88	0.5	0.85	0.63	1	0.64	0.14	0.5	0.15	0
R1	E2	0	0	0.38	0	0.2	0.77	0.5	0.7	0.79	1	0.81	0.3	0.5	0.31	0
R2	E3	0	0	0.38	0	0.2	0.77	0.5	0.7	0.79	1	0.81	0.3	0.5	0.31	0
R2	E4	0	0	0.38	0	0.2	0.77	0.5	0.7	0.79	1	0.81	0.3	0.5	0.31	0
R3	E5	0	0	0.3	0	0.09	0.61	0.19	0.57	0.91	0.69	0.93	0.62	0.73	0.36	0.1
R3	E6	0	0	0	0	0	0.09	0.19	0.35	0.57	0.69	0.85	0.93	0.73	0.59	0.36
R3	E7	0	0	0	0	0.09	0.09	0	0.57	0.57	0.5	0.93	0.93	1	0.36	0.36
R3	E8	0	0.3	0.3	0	0.61	0.61	0	0.91	0.91	0.5	0.62	0.62	1	0.1	0.1
R3	E9	0	0	0	0	0	0	0	0.35	0.35	0.5	0.85	0.85	1	0.59	0.59

Risk Kodu	Kontrol Noktası	Şiddet Parametresi için Üyelik Dereceleri														
		VL			L			M			H			VH		
		T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
R4	E10	0	0	0.5	0.21	0.36	1	0.7	0.85	0.5	0.81	0.64	0	0.31	0.15	0
R4	E11	0	0	0.44	0.21	0.2	0.88	0.7	0.7	0.63	0.81	0.81	0.14	0.31	0.31	0
R5	E12	0	0	0	0	0.26	0.26	0	0.74	0.74	0.5	0.73	0.73	1	0.17	0.17
R5	E13	0	0	0	0	0.09	0.09	0	0.57	0.57	0.5	0.93	0.93	1	0.36	0.36
R1	O1	0	0	0.44	0	0.36	0.88	0.5	0.85	0.63	1	0.64	0.14	0.5	0.15	0
R1	O2	0	0	0.38	0	0.2	0.77	0.5	0.7	0.79	1	0.81	0.3	0.5	0.31	0
R2	O3	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	1	1	1	0.5	0.5	0.5	0
R2	O4	0	0	0.38	0	0.2	0.77	0.5	0.7	0.79	1	0.81	0.3	0.5	0.31	0
R4	O5	0	0.33	0.38	0	0.66	0.77	0.19	1	0.79	0.69	0.46	0.3	0.73	0	0
R4	O6	0	0	0	0	0.09	0.09	0	0.57	0.57	0.5	0.93	0.93	1	0.36	0.36
R5	O7	0	0	0	0	0.09	0.09	0	0.57	0.57	0.5	0.93	0.93	1	0.36	0.36
R5	O8	0	0	0	0	0.09	0.09	0	0.57	0.57	0.5	0.93	0.93	1	0.36	0.36
R5	O9	0	0	0	0	0.09	0.09	0	0.57	0.57	0.5	0.93	0.93	1	0.36	0.36
R6	O10	0	0	0	0	0	0	0	0.35	0.35	0.5	0.85	0.85	1	0.59	0.59
R6	O11	0	0	0	0	0	0	0	0.35	0.35	0.5	0.85	0.85	1	0.59	0.59
R6	O12	0	0	0	0	0	0	0	0.35	0.35	0.5	0.85	0.85	1	0.59	0.59
R6	O13	0	0	0	0	0	0	0	0.35	0.35	0.5	0.85	0.85	1	0.59	0.59
R6	O14	0	0	0	0	0	0	0	0.35	0.35	0.5	0.85	0.85	1	0.59	0.59
R3	S1	0	0.3	0.3	0	0.61	0.61	0	0.91	0.91	0.5	0.62	0.62	1	0.1	0.1
R3	S2	0	0	0	0	0.09	0.26	0.19	0.57	0.74	0.69	0.93	0.73	0.73	0.36	0.17
R3	S3	0	0.3	0.3	0	0.61	0.61	0	0.91	0.91	0.5	0.62	0.62	1	0.1	0.1
R3	S4	0	0	0	0	0.09	0.09	0	0.57	0.57	0.5	0.93	0.93	1	0.36	0.36
R4	S5	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0	0.5	0
R4	S6	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0	0.5	0
R5	S7	0	0	0	0	0.09	0.26	0.19	0.57	0.74	0.69	0.93	0.73	0.73	0.36	0.17
R5	S8	0	0	0	0	0.09	0.26	0.19	0.57	0.74	0.69	0.93	0.73	0.73	0.36	0.17

Tablo C.3 Tespit edilebilirlik parametresinin üyelik dereceleri

Risk Kodu	Kontrol Noktası	Tespit Edilebilirlik Parametresi için Üyelik Dereceleri														
		VL			L			M			H			VH		
		T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
R1	G1	0	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0
R2	G2	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
R2	G3	0	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0
R3	G4	0	0.5	0	0	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0
R3	G5	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
R3	G6	0	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0
R3	G7	0	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0
R4	G8	0	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0
R4	G9	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
R5	G10	0	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0
R5	G11	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0
R6	G12	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0
R6	G13	0	0.5	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5
R6	G14	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0
R6	G15	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0
R1	E1	0	0.5	0	0	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0
R1	E2	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
R2	E3	0	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0
R2	E4	0	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0
R3	E5	0	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0
R3	E6	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
R3	E7	0	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0

Risk Kodu	Kontrol Noktası	Tespit Edilebilirlik Parametresi için Üyelik Dereceleri														
		VL			L			M			H			VH		
		T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
R3	E8	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0
R3	E9	0	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0
R4	E10	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0
R4	E11	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
R5	E12	0	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0
R5	E13	0	0.5	0	0	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0
R1	O1	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
R1	O2	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
R2	O3	0	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0
R2	O4	0	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0
R4	O5	0	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0
R4	O6	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
R5	O7	0	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0
R5	O8	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0
R5	O9	0	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0
R6	O10	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0
R6	O11	0	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	1	0	1
R6	O12	0	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0
R6	O13	0	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0
R6	O14	0	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0	0.5	0	0
R3	S1	0	0	0	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0
R3	S2	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0
R3	S3	0	0	0.5	0	0	1	0	0.5	0.5	0.5	1		1	0.5	0
R3	S4	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0
R4	S5	0	0.5	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5
R4	S6	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0

Risk Kodu	Kontrol Noktası	Tespit Edilebilirlik Parametresi için Üyelik Dereceleri														
		VL			L			M			H			VH		
		T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
R5	S7	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0
R5	S8	0	0	1	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	0.5	0

Tablo C.4 Sıklık parametresinin üyelik dereceleri

Risk Kodu	Kontrol Noktası	Sıklık Parametresi için Üyelik Dereceleri														
		VL			L			M			H			VH		
		T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
R1	G1	0	1	0	0.5	0.5	0.5	1	0	1	0.5	0	0.5	0	0	0
R2	G2	0	1	0	0.5	0.5	0.5	1	0	1	0.5	0	0.5	0	0	0
R2	G3	0	1	0	0.5	0.5	0.5	1	0	1	0.5	0	0.5	0	0	0
R3	G4	0	1	0	0.5	0.5	0.5	1	0	1	0.5	0	0.5	0	0	0
R3	G5	0	1	0	0.5	0.5	0.5	1	0	1	0.5	0	0.5	0	0	0
R3	G6	0	1	0	0.5	0.5	0.5	1	0	1	0.5	0	0.5	0	0	0
R3	G7	0	1	0	0.5	0.5	0.5	1	0	1	0.5	0	0.5	0	0	0
R4	G8	0	1	0	0.5	0.5	0.5	1	0	1	0.5	0	0.5	0	0	0
R4	G9	0	1	0	0.5	0.5	0.5	1	0	1	0.5	0	0.5	0	0	0
R5	G10	0	1	0	0.5	0.5	0.5	1	0	1	0.5	0	0.5	0	0	0
R5	G11	0	1	0	0.5	0.5	0.5	1	0	1	0.5	0	0.5	0	0	0
R6	G12	0	1	0	0.5	0.5	0.5	1	0	1	0.5	0	0.5	0	0	0
R6	G13	0	1	0	0.5	0.5	0.5	1	0	1	0.5	0	0.5	0	0	0
R6	G14	0	1	0	0.5	0.5	0.5	1	0	1	0.5	0	0.5	0	0	0
R6	G15	0	1	0	0.5	0.5	0.5	1	0	1	0.5	0	0.5	0	0	0
R1	E1	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0	0.5	0	0	0
R1	E2	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0	0.5	0	0	0
R2	E3	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0	0.5	0	0	0
R2	E4	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0	0.5	0	0	0
R3	E5	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0	0.5	0	0	0
R3	E6	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0	0.5	0	0	0
R3	E7	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0	0.5	0	0	0
R3	E8	0.5	0.5	0	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	0	0.5	0	0	0
R3	E9	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5

Risk Kodu	Kontrol Noktası	Sıklık Parametresi için Üyelik Dereceleri														
		VL			L			M			H			VH		
		T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
R4	E10	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
R4	E11	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
R5	E12	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
R5	E13	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
R1	O1	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
R1	O2	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
R2	O3	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
R2	O4	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
R4	O5	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
R4	O6	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
R5	O7	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
R5	O8	0	0.5	0	0.5	1	0	1	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0.5
R5	O9	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
R6	O10	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
R6	O11	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
R6	O12	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
R6	O13	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
R6	O14	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
R3	S1	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
R3	S2	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
R3	S3	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
R3	S4	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
R4	S5	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
R4	S6	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
R5	S7	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
R5	S8	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0

Tablo C.5 Önerilen yönteme göre hesaplanan risk büyüklükleri

Risk	Kontrol Noktası	N			Mi			Ma			C			Skor Fonksiyonu				Risk Büyüklüğü (N-SCEA)
		T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	N	Mi	Ma	C	
R5	E13	0.5	0.93	0	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0.488	0.500	0.833	0.417	5.579
R6	G14	0.5	0.85	0	0.5	0.59	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0	0.41	0.475	0.515	0.833	0.402	5.566
R5	G11	0.5	0.68	0	0.5	0.73	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0	0.27	0.447	0.538	0.833	0.378	5.561
R3	E7	0.5	0.5	0.39	0.5	0.93	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0.03	0.5	0.482	0.572	0.833	0.422	5.553
R3	G4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.85	0.5	0.85	0.5	0.5	0.5	0.35	0.41	0.500	0.558	0.733	0.460	5.537
R3	E5	0.5	0.5	0.5	0.69	0.67	0.5	0.73	0.93	0.5	0.5	0.36	0.5	0.500	0.655	0.725	0.477	5.500
R6	G12	0.5	0.68	0	0.5	0.73	0.5	0.85	0.3	0.5	0.5	0	0.27	0.447	0.538	0.700	0.378	5.468
R6	G15	0.5	0.85	0	0.5	0.59	0.5	0.73	0.14	0.5	0.5	0	0.41	0.475	0.515	0.593	0.402	5.393
R3	E6	0.5	0.5	0.39	0.69	0.85	0.5	0.73	0.5	0.5	0.5	0.09	0.5	0.482	0.685	0.653	0.432	5.379
R3	G5	0.5	0.57	0.5	0.5	0.79	0.5	0.73	0.38	0.5	0.5	0	0.5	0.512	0.548	0.633	0.417	5.358
R1	E2	0.5	0.81	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0.552	0.833	0.500	0.417	5.019
R4	E11	0.5	0.5	0.5	0.81	0.81	0.5	0.5	0.5	0.5	0.31	0.03	0.5	0.500	0.758	0.500	0.295	4.862
R6	G13	0.5	0.35	0.5	1	0.85	0.5	0.5	0.59	0.5	0	0.5	0.41	0.475	0.892	0.515	0.152	4.507
R5	E12	0.5	0.5	0.5	0.73	0.63	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.14	0.5	0.500	0.675	0.500	0.107	4.359
R4	O6	0.5	0.5	0.5	0.81	0.93	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.14	0.5	0.500	0.778	0.500	0.107	4.340
R3	S1	0.7	0.5	0.5	0.81	0.85	0.5	0.5	0.62	0.5	0	0.5	0.5	0.633	0.765	0.520	0.167	4.317
R1	E1	0.5	0.5	0.5	0.85	0.85	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.03	0.5	0.500	0.792	0.500	0.088	4.282
R2	E4	0.5	0.5	0.5	1	0.81	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0.5	0.500	0.885	0.500	0.083	4.254
R3	S2	0.7	0.5	0.5	0.73	0.81	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.36	0.5	0.633	0.705	0.500	0.143	4.232
R5	G10	0.5	0.57	0.5	0.85	0.79	0.5	0.5	0.38	0.5	0	0	0.5	0.512	0.782	0.480	0.083	4.218
R3	E9	0.5	0.85	0	0.73	0.5	0.5	0.5	0.14	0.5	0	0	0.41	0.475	0.653	0.440	0.068	4.186
R2	E3	0.5	0.5	0.5	1	0.81	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.35	0	0.500	0.885	0.500	0.058	4.180
R5	S7	0.73	0.5	0.5	0.59	0.79	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.3	0.5	0.653	0.608	0.500	0.133	4.179

Risk	Kontrol Noktası	N			Mi			Ma			C			Skor Fonksiyonu				Risk Büyüklüğü (N-SCEA)
		T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	N	Mi	Ma	C	
R4	G9	0.5	0.91	0.39	0.86	0.5	0.5	0.5	0.14	0.5	0.14	0	0	0.550	0.740	0.440	0.093	4.126
R2	G2	0.5	0.5	0.5	0.85	0.85	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.15	0	0.500	0.792	0.500	0.025	4.083
R3	E8	0.5	0.91	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0.1	0.5	0	0	0.5	0.568	0.833	0.433	0.083	4.050
R4	E10	0.5	0.5	0.5	0.81	0.85	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0.500	0.765	0.500	0.000	4.000
R2	G3	0.7	0.81	0.5	0.81	0.64	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0.5	0.685	0.730	0.500	0.083	3.972
R5	S8	0.69	0.85	0.5	0.73	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0.5	0.685	0.653	0.500	0.083	3.971
R4	S6	0.81	0.5	0.5	0.5	0.85	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0	0.707	0.558	0.500	0.083	3.935
R6	O12	0.5	0.85	0.5	0.85	0.5	0.39	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0.558	0.715	0.500	0.000	3.901
R6	O10	0.5	0.85	0.5	0.73	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0.558	0.653	0.500	0.000	3.898
R6	O13	0.5	0.85	0.5	0.73	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0.558	0.653	0.500	0.000	3.898
R6	O14	0.5	0.85	0.5	0.73	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0.558	0.653	0.500	0.000	3.898
R5	O8	0.5	0.93	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0.572	0.833	0.500	0.000	3.887
R3	S4	0.69	0.88	0.5	0.73	0.5	0.5	0.5	0.14	0.5	0	0	0.5	0.690	0.653	0.440	0.083	3.866
R1	G1	0.5	1	0.5	0.73	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0.583	0.653	0.500	0.000	3.856
R3	G6	0.5	0.78	0.39	1	0	0.5	0.5	0	0.5	0	0	0	0.528	0.750	0.417	0.000	3.802
R3	G7	0.5	0.79	0.5	0.85	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0	0	0	0.548	0.733	0.417	0.000	3.767
R4	G8	0.59	1	0.5	0.92	0.43	0.5	0.5	0.14	0.5	0	0	0	0.643	0.768	0.440	0.000	3.671
R5	O7	0.69	0.5	0.5	0.73	0.79	0.5	0	0.5	0.5	0	0.3	0.5	0.627	0.702	0.167	0.133	3.644
R3	S3	1	0.91	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.1	0.5	0	0	0.5	0.902	0.500	0.433	0.083	3.528
R4	S5	0.85	0.79	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.5	0	0	0	0.782	0.500	0.467	0.000	3.459
R1	O2	1	0.81	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0.885	0.500	0.500	0.000	3.387
R6	O11	0.85	0.5	0.5	0.59	0.64	0.41	0	0.85	0.5	0	0.5	0	0.733	0.568	0.225	0.083	3.363
R2	O3	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.85	0	0	0.64	0	0.833	0.500	0.142	0.107	3.093
R5	O9	1	0.93	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0	0	0.5	0.905	0.500	0.167	0.083	2.964
R4	O5	0.73	0.5	0.5	0.5	0.92	0.5	0	0.5	0.5	0	0	0	0.653	0.570	0.167	0.000	2.950
R1	O1	0.85	0.5	0.5	0.5	0.79	0.5	0	0.5	0.5	0	0.15	0	0.733	0.548	0.167	0.025	2.948

Risk	Kontrol Noktası	N			Mi			Ma			C			Skor Fonksiyonu				Risk Büyüklüğü (N-SCEA)
		T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F	N	Mi	Ma	C	
R2	O4	1	0.5	0.5	0.5	0.81	0.5	0	0.5	0.5	0	0.31	0	0.833	0.552	0.167	0.052	2.946

Tablo C.6 Hesaplanan risk büyüklüklerinin karşılaştırılması

Risk	Kontrol Noktası	RM (N-SCEA)	Risk Sıralaması (N-SCEA)	RM (SCEA)	Risk Sıralaması (SCEA)
R5	E13	5.579	1	5.800	1
R6	G14	5.566	2	5.800	2
R5	G11	5.561	3	5.800	3
R3	E7	5.553	4	5.800	4
R3	G4	5.537	5	5.723	5
R3	E5	5.500	6	5.525	9
R6	G12	5.468	7	5.723	6
R6	G15	5.393	8	5.655	7
R3	E6	5.379	9	5.525	10
R3	G5	5.358	10	5.655	8
R1	E2	5.019	11	5.200	11
R4	E11	4.862	12	4.877	12
R6	G13	4.507	13	4.000	14
R5	E12	4.359	14	4.000	15
R4	O6	4.340	15	4.000	16
R3	S1	4.317	16	3.701	36
R1	E1	4.282	17	4.000	17
R2	E4	4.254	18	4.000	18
R3	S2	4.232	19	3.689	38
R5	G10	4.218	20	4.000	19
R3	E9	4.186	21	4.000	20
R2	E3	4.180	22	4.000	21
R5	S7	4.179	23	3.621	39
R4	G9	4.126	24	4.420	13
R2	G2	4.083	25	4.000	22
R3	E8	4.050	26	4.000	23
R4	E10	4.000	27	4.000	24
R2	G3	3.972	28	3.701	37
R5	S8	3.971	29	3.703	34
R4	S6	3.935	30	3.486	40
R6	O12	3.901	31	4.000	25
R6	O10	3.898	32	4.000	26
R6	O13	3.898	33	4.000	27
R6	O14	3.898	34	4.000	28
R5	O8	3.887	35	4.000	29
R3	S4	3.866	36	3.703	35
R1	G1	3.856	37	4.000	30
R3	G6	3.802	38	4.000	31
R3	G7	3.767	39	4.000	32
R4	G8	3.671	40	3.866	33
R5	O7	3.644	41	2.542	44
R3	S3	3.528	42	3.250	42
R4	S5	3.459	43	3.432	41
R1	O2	3.387	44	3.250	43
R6	O11	3.363	45	2.229	45
R2	O3	3.093	46	2.000	48
R5	O9	2.964	47	2.000	49
R4	O5	2.950	48	2.220	46
R1	O1	2.948	49	2.111	47
R2	O4	2.946	50	2.000	50

Makaleler

1. Karamustafa M., Çebi S. (2021). Extension of safety and critical effect analysis to neutrosophic sets for the evaluation of occupational risks. Applied Soft Computing. 110 -107719. DOI: 10.1016/j.asoc.2021.107719.
2. Karamustafa M., Çebi S. (2022). İş sağlığı ve güvenliği risk değerlendirme süreç için yeni bir model önerisi: Nötrosifik FMEA. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi (mizanpaj sürecinde).
3. Karamustafa M., Çebi S., A novel approach to assess occupational risks at welding processes in shipbuilding industry (uluslararası bir dergide değerlendirme sürecinde).