

İşletmelerde Bulanık Mantığa Dayalı Risk Değerlendirme Yaklaşımları

Münevver Yakut^{1*}

¹Mülkiyet Koruma ve Güvenlik Bölümü / Meslek Yüksekokulu, İstanbul Beykent Üniversitesi, Türkiye

*(muneveryakut@beykent.edu.tr)

(Received: 13 October 2024, Accepted: 18 October 2024)

(5th International Conference on Innovative Academic Studies ICIAS 2024, 10-11 October 2024)

ATIF/REFERENCE: Yakut, M. (2024). İşletmelerde Bulanık Mantığa Dayalı Risk Değerlendirme Yaklaşımları, *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 8(9), 281-296.

Özet – Hayatın en önemli bölümünü oluşturan çalışma hayatı, geçmişten günümüze insanlığın gündemini önemli ölçüde etkileyen bir bütünlükten oluşmaktadır. Birden fazla faaliyet alanının olması, yer ve zamanın farklılık göstermesi iş hayatının farklı düzenlemelere ihtiyaç duyduğunu göstermektedir. Dolayısıyla sağlık ve güvenlik koşullarının iyileştirilmesi ve mümkün olan en iyi seviyede tutulması için bir dizi kural ve tedbirin alınmasını doğurmaktadır. Değişen ve gelişen faaliyetlerin yürütüldüğü işyerleri çalışanlar için çeşitli riskler barındırmaktadır. İş sağlığı ve güvenliği sistemi multidisipliner bir alan olduğu için bütün iş hayatında uygulanması önem arz etmektedir. Yürütülen faaliyetlere ve işletme bünyesine göre uygulanacak iş sağlığı ve güvenliği sistemi değişkenlik gösterebilmektedir. İş hayatındaki iş kazası ve meslek hastalıklarının önlenmesi için şüphesiz iş sağlığı ve güvenliği sistemi kurulmalıdır. Çalışanların sağlığı ve güvenliği korumak için güvenilir bir risk modelini ihtiyaç vardır. İşletmelerde uygulanan risk modelleri nitel ve nicel verileri kullanmasından dolayı objektiflik düzeyleri değişkenlik gösterebilmektedir. Mevcut risk değerlendirme yöntemlerinin eksikliklerinin giderilmesi ve geliştirilmesi için bulanık mantık kullanımı oldukça avantajlıdır. Bulanık mantık geniş kullanım ağına sahiptir. Bulanık mantığın birden avantajına sahip olması dolayısıyla iş sağlığı ve güvenliği alanında da yaygın kullanılmaktadır. Bulanık mantık risk modellerindeki belirsizlikleri giderebilmektedir. Bulanık mantığa dayalı risk modelleri uzmanlara daha güvenilir risk değerlendirmesi olanağı tanımaktadır. Bu çalışmada literatürde belirli yıllarda yapılmış bulanık mantığa dayalı geliştirilmiş risk modelleri ele alınmıştır. Çalışmalar seçilirken özellikle farklı sektörde olan belirli başlı çalışmalar ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler – Bulanık Mantık, Bulanık Küme, İş Sağlığı Ve Güvenliği, Risk Değerlendirmesi.

I. GİRİŞ

İşletmeler birden çok faaliyet alanını kapsamaması ve birden çok çalışanı barındırması dolayısıyla birden çok bileşenli döngüye sahip ortak kullanım alanıdır. Dünyada farklı ülkelerde farklı süreçlerde sistemli çalışmaları yürüten sayısız işletme örneği yer almaktadır. Bulunduğu coğrafik konumdan yürüttüğü faaliyet alanına kadar sayısız işlemleri içerdiği için tamamıyla sınıflandırılabilen mümkün değildir. Bunun yanı sıra genel hatları ile faaliyet alanlarını sınıflandırabilmektedir. İşletmenin bulunduğu ülkenin koşulları ve yürürlükteki mevzuat sistemine göre işletmeyi tehlike alanlarına göre sınıflandırmak olanaklıdır. Türkiye’deki işletmeler iş sağlığı ve güvenliği sistemi kapsamında faaliyet alanlarına göre 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu’na göre; çok tehlikeli, tehlikeli ve az tehlikeli olmak üzere 3 kategoride sınıflandırılmaktadır [1]. İşyerlerinde mevcut tehlikeler veya dışarıdan gelebilecek tehlikelerden kaynaklı risklerin ele alınması kapsamında uygun tedbirler almaya yönelik çeşitli düzenlemeler yapılmaktadır. Buradaki riskleri çeşitli alanlarda sınıflandırabilmek mümkündür. İşletmenin risk öncelik sınıflandırması kapsamında çalışanları korumaya yönelik risklerle mücadele çalışmaları önceliklidir. Bu risk değerlendirme çalışmalarının kapsamlı ve yaygın olanı ise iş sağlığı ve güvenliği kapsamındaki yapılan risk değerlendirme yöntemlerdir. Literatürde birden çok risk değerlendirme yöntemi bulabilmek mümkündür. İş sağlığı ve güvenliği kapsamında sıklıkla çalışanın sağlığı ve güvenliği korumaya yönelik risk değerlendirme modelleri kullanılmaktadır [2]. Bulanık Mantık, 1961 yılında Zadeh tarafından kurulan matematiksel bir teoridir. Zadeh, bulanık mantığın amacının iki harika insan yeteneğini ortaya çıkarmak ve somutlaştırmak olarak tanımlanabileceğini belirtmektedir. Bulanık mantık temel alınarak, klasik küme teorisine alternatif olarak bulanık küme teorisi ortaya atılmıştır. Günümüzde oldukça yaygın kullanımı mevcut olup giderek artan ve gelişen teknolojiye ivme kazandırmaktadır. Bulanık mantığın popüler kullanım alanlarından biri de iş sağlığı ve güvenliği çalışmalarının temel uğraşı olan risk değerlendirmesidir. Risk değerlendirme yöntemlerindeki kusurların giderilmesi ve geliştirilmesi için bulanık mantık kullanımı iyi bir belirleyici konumundadır [4].

II. LİTERATÜR TARAMASI

Bulanık mantık çeşitli nitel ve nicel verileri iyi analiz etmesi ile kullanıcılara karar vermede oldukça destek sağlaması bakımından kullanım tercihinde popüler bir alandır. Literatüre bakıldığında bulanık mantık kullanımı ile ilgili sayısız çalışma olduğunu söylemek mümkündür. Bu çalışmada bulanık mantığın iş sağlığı ve güvenliği kapsamında yapılmış olan risk değerlendirme çalışmalarında kullanılmış modelleri modelleri araştırılmıştır.

Çakmak (2015) KOBİ’lerde yaygın olarak kullanılan dört farklı risk değerlendirme yöntemi olan “3T Risk Değerlendirme Yöntemi”, “5x5 L Tipi Matris Risk Değerlendirme Yöntemi”, “Fine-Kinney Risk Değerlendirme Yöntemi” ve “Hata Türü Etkileri Analizi Risk Değerlendirme Yöntemi” dört farklı risk değerlendirme yönteminden ayrı ayrı elde edilen risk öncelik skorları, MATLAB ve Simulink ortamında

bulanık mantık yaklaşımı ile analiz edilerek, bu dört risk değerlendirme yöntemini kapsayan tek bir çıkarım elde etmiştir. Yaptıkları bu çalışmada; “çok düşük”, “düşük”, “orta”, “yüksek” ve “çok yüksek” gibi kesinlik ifade eden risk önem dereceleri, belirli bulanıklık derecelerinde ifade edilebilen risk önem derecelerine dönüştürülerek, bu dört yöntemin ortak sonucunu kapsayan tek bir risk önem derecesi elde etmişlerdir [5]. Kuşan vd. (2016) bir inşaat projesinde yaptıkları çalışmada, inşaat projelerinde risklerin değerlendirilmesi ve risk büyüklüğünün belirlenebilmesi için bir bulanık mantık modeli geliştirmişlerdir. Geliştirilen model üç farklı projeye uygulanmış ve modelin performansı değerlendirilmiştir. Modelden elde edilen sonuçların uzman görüşleri ile uyumluluk gösterdiği tespit edilmiştir [6]. Dolaş (2016) Matbaa sektörü incelenmiş, sektörün başlıca özellikleri, iş kolunda meydana gelen kaza, fiziksel/kimyasal/biyolojik hastalıklar ve tehlikeler tespit edilerek alınması gereken sağlık ve güvenlik önlemlerine yer verilmiştir. Mamdani ve Sugeno metodlarının karşılaştırılması sonucunda elde edilen model ile klasik yöntemlerle elde edilen sonuçlarının yüksek oranda birbirine yakınsadığı, Sugeno yöntemi referans değerlere daha yakın sonuçlara sahip olduğu görülmüştür. Bu sebeple, benzer konularda yapılabilecek akademik çalışmalara Sugeno geleneksel bulanık mantık yönteminin kullanılması tavsiye edilir. Ayrıca yöntemin etkili bir şekilde kullanılması için bulanık mantık girdileri ve çıktı fonksiyonlarının, parametre aralıklarının, sözel değişkenlerin uygun bir şekilde tanımlanması ve uygulanan bulanık mantık yöntemi analizinin yapılması gerekmektedir [7]. Efe vd. (2016) Bir inşaat firmasında yeterli bilgi ve tecrübeye sahip bir inşaat mühendisi, bir iş güvenliği uzmanı ve bir akademisyenden oluşan 3 kişilik bir uzman ekip oluşturmuştur. İnşaat firmasındaki riskleri değerlendirmek için her bir uzmana anket uygulanarak veriler elde etmiştir. Değerlendirmeyi yapan uzmanlar görüşlerini dilsel terimleri kullanarak yaptığından dolayı bulanık mantık yaklaşımından yararlanmışlardır. Böylece bulanık mantık ve PROMETHEE yaklaşımlarının birleştirilmesi sonucunda hata türlerinin sıralanması için bulanık PROMETHEE yöntemi önermişlerdir[8]. Yılmaz vd. (2017) ÇKKV yöntemlerinin risk analizi sürecine entegrasyonu ile geleneksel risk analizi yaklaşımının etkinliği artırılması için iki aşamalı çalışma yapmışlardır. Elde edilen ağırlıklar kullanılarak Bulanık-TOPSIS ile tehlikeler önceliklendirilmiştir. Önerilen yöntem metal sanayinde faaliyet gösteren bir işletmede uygulanmış ve tehlike büyüklüğünün belirlenmesinde “maliyet” faktörünün “olasılık” ve “şiddet” faktörlerinden daha etkili olduğu tespit edilmiştir [9]. Şişman (2017) hata türü ve etkileri analizinde bulanık AHP ve bulanık VIKOR yöntemlerini kullanarak otomotiv sektöründe bulunan bir yardımcı sanayide risk değerlendirmesi yapmayı amaçlamışlar. Çalışmada öncelikle bulanık AHP yöntemi ile risk faktörlerine ilişkin önem ağırlıkları belirlenmiş ardından hata türlerinin risk önceliği bulanık VIKOR yöntemi kullanılarak sıralanmıştır. Son olarak modelde yer alan parametrelerin hata türleri üzerindeki etkisini test etmek, önerilen HTEA çözüm yaklaşımının avantajlarını göstermek ve çözümü kontrol altına alabilmek için duyarlılık analizi yapılmıştır [10]. Yavuz (2017) yaptığı çalışmada limanlarda yaşanan iş güvenliği sorunlarına çözüm bulmak ve iş güvenliğine farklı bir bakış açısı ortaya

koymak için risk değerlendirme yöntemlerinden PRAT (Oransal Risk Değerlendirme Tekniği) kullanılarak limanlara özgü risk değerlendirmesi yapmıştır. Buna AHP yöntemi ile bulanık PRAT modeli geliştirmiştir [11]. Oturakçı Vd. (2017) yaptıkları çalışmada inşaat sektöründeki bir yapıdaki tehlike ve risklerin Fine Kinney yöntemi ile analiz etmişlerdir. Daha sonra bu tehlike ve risklerin hassasiyetini ölçmek için üçgen bulanık sayılar kullanmışlardır. Tehlikeleler için risk sınıflarını üçgen bulanık yöntemle ele aldıklarında bazı tehlikelerin risk sınıfının değiştiğini tespit etmişlerdir. Önerdikleri Bulanık Finney Kinney yöntemi ile uzman görüşlerindeki farklıları azaltarak parametrelerdeki hassasiyetler artırılmış ve belirsizlikler ortadan kaldırılmıştır. Klasik risk analiz yöntemlerinin yetersiz kaldığı ve yeni oluşturulan yöntemlerin tehlikelerden doğan risk puanlarına hassasiyet kazandırdığı görülmüştür [12]. Erginel vd. (2018) yaptıkları çalışmada bir mobilya fabrikasında çalışanların çalışma duruşları analiz etmiştir. Çalışma duruşundan kaynaklanan riski değerlendirmede Bulanık REBA yöntemi kullanılmıştır. Bulanık REBA yöntemi için iki farklı hesaplama metodolojisi geliştirilmiştir. İlk hesaplama metodolojisinde sadece açısız duruşların net belirlenemediği varsayılmıştır. İkinci metodolojide ise açısız duruş, opsiyonel hareket, yük/kuvvet, yük kavrama/tutuş ve hareket skorlarından oluşan tüm parametreler bulanık sayı olarak işleme dâhil edilmiştir [13]. Güven (2018) silah sanayisinde yaptığı uygulama çalışmasında Fine-Kinney yöntemini kullanarak ortamdaki tehlike ve riskleri analiz etmiştir. Daha sonra eşit ağırlık sınırlandırılması nedeniyle BAHP yöntemini kullanıp, daha sonra öncelik sınırlandırılması için BVIKOR yöntemini kullanmıştır. Bu iki yöntemden bütünlük bir yöntem önermiştir. Önerilen yöntem ile geleneksel Fine-Kinney metodu ile karşılaştırma gerçekleştirilmiş ve BVIKOR yönteminin uzlaşık çözümleri sayesinde güçlü yanlarını ortaya koymuştur. Fine-Kinney yönteminin keskin bir risk parametresi hesaplamasının sakıncasını ortadan kaldırır ve risk analizindeki tutarsızlığı azaltır. Geleneksel Fine-Kinney risk değerlendirme yönteminden farklı olarak, analist, Buckley'nin BAHP'sini kullanarak, kriter ağırlıklarını ikili karşılaştırmalı şekilde atar. BVIKOR yönteminin tehlike sıralamasından faydalanarak, tehlikeler kümeler halinde incelenmiştir [14]. Wang vd. (2018) bir uçak iniş sisteminde bulanık bazlı FMEA yönteminde risk değerlendirme ve önceliklendirmeyi yapmak için karar vericinin psikolojik davranışını ve risk faktörleri arasındaki etkileşim ilişkilerini aynı anda dikkate alan yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir. Üçgen üyelik fonksiyonları, Sugeno metodu ve Choquet integrali ile entropi ağırlandırma yöntemi kullanmışlardır [15]. Arslan (2019), inşaat alanında yaptığı çalışmasında risk değerlendirme için 'L Tipi Matris Risk Değerlendirme Yöntemi, Fine-Kinney Risk Değerlendirme Yöntemi ve Hata Türü Etkileri Analizi Risk Değerlendirme Yöntemini kullanmıştır. Üç farklı yöntem uygulanması sonucunda ayrı ayrı elde edilen risk öncelik skorları Matlab program ortamında bulanık mantık yaklaşımı ile analiz edilerek bu 3 risk değerlendirme yöntemini kapsayan tek sonuç ve tek bir risk önem derecesi elde etmiştir. İkinci adımda her 3 yöntem kendi içerisinde Matlab program ortamında bulanık mantık yaklaşımı ile analiz edilerek 3 ayrı bulanık risk skoru elde etmiştir. Üçüncü adımda ise 3 yöntemde ayrı ayrı elde edilen bulanık skorlar Matlab program ortamında

tekrar bulanık mantık yaklaşımı ile analiz edilerek bir sonuç elde etmiştir. Bu sayede fabrikadaki tüm riskler için risk hiyerarşisi elde etmiştir[16]. Gül vd. (2019) yaptıkları çalışma ile yeraltı madencilik sektöründe tehlikelerden kaynaklı riskleri sınıflandırmak için Pisagor bulanık sayıları kullanarak VIKOR yöntemine entegre edilmiştir. Burada tehlike ve risklerin analizi için L Tipi Matris kullanılmıştır. Bu yöntemler riskler kategorize edilirken bu sektörde güvenlik seviyelerinin artırılacağı görülmüştür[17]. Öz (2019) doğal gaz boru hattında yaptıkları çalışmada, geçmişten günümüze alışla gelmiş geleneksel risk değerlendirme metotlarından farklı olarak yeni bir metot geliştirilmesi amaçlamışlardır. Başlangıçta iki boyutlu (2B) risk matris yöntemi uygulanmış ve risk değerlendirmesinin ilk adımında tanımlanan tehlikeleri öncelikli olarak sıralamak için Pisagor bulanık küme tabanlı TOPSIS yöntemi uygulanmışlardır. Bulanık model doğal gaz boru hattı yapım projesinin temizleme ve tesviye faaliyeti için kullanmışlardır[18]. Ünlü vd.(2019) deney ve kalibrasyon laboratuvarları için nispeten yeni bir yaklaşım olan risk temelli düşünce yaklaşımı çerçevesinde laboratuvarlar için risk teşkil edebilecek alanların belirlenmesi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda Hata Türleri ve Etkileri Analizi ve Bulanık Hata Türleri ve Etkileri Analizi yöntemleri ile risk analizi gerçekleştirilmesi hedeflenmişlerdir. Çalışmada Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA) ve Bulanık Hata Türleri ve Etkileri Analizi yöntemleri ile elde edilen sonuçların karşılaştırılması ve bulanık mantık yaklaşımın FMEA risk analiz metoduna uygunluğu hususunda performans değerlendirmesi yapmışlar. Elde edilen veriler ile Hata Türleri ve Etkileri Analizi ve Bulanık Hata Türleri ve Etkileri Analizi yöntemi kullanarak riskler önceliklendirilmiş; klasik ve bulanık Hata Türleri ve Etkileri Analizi ile elde edilen sonuçlar birbiri ile karşılaştırılmıştır [19]. Aslantaş (2020) sağlık sektöründe risk değerlendirmesindeki belirsizlikleri çözmek için Aralık Değerli Pisagor Bulanık İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Tercih Sıralaması (IVPFTOPSIS) tekniği ve VIKOR) metodunun karşılaştırmıştır. IVPF setleri ile AHPTOPSIS tabanlı yaklaşım kullanmıştır. Ardından, elde edilen sonuçları ve önerilen modeli doğrulamak için VIKOR yöntemi kullanarak test edilmiştir. Risk parametrelerinin ağırlıkları Aralık Değerli Pisagor Bulanık Analitik Hiyerarşi Proses (IVPFAHP) yöntemi kullanılarak hesaplamıştır. Hastanenin her biriminin risk önceliği IVPFTOPSIS kullanılarak hesaplanmış ve bu sonuçlar VIKOR yöntemi ile çapraz kontrol edilmiştir; böylelikle, belirsizliğin üstesinden gelirken ve risk değerlendirme sürecinde optimum sonuçlara ulaşılırken her iki yöntem karşılaştırmıştır [20]. Çınar vd. (2020) Madencilik sektöründeki risklerin bireysel olarak analizlerindeki farklılıkları gidermek için AHP, bulanık küme teorisi kullanılarak güvenlik evi tasarlanmışlardır. Bu kapsamda Madani bulanık çıkarım, üçgensel bulanık sayılar kullanılmıştır [21]. Petrovic vd. (2020) madencilik endüstrisinde kullanılan belirli bir makine için bir risk seviyesi değerlendirmesi için bir sentez modelinde negatif risk parametrelerinin uygulanması için bir algoritmanın geliştirilmişlerdir. Sistemdeki makine arızalanmasında etkili olan önem, oluşum, tespit edilebilirlik gibi faktörler bulanık dilsel değişkenler kullanılarak değerlendirildi [22]. Arslan vd. (2021) acil servislerde risk değerlendirilmesi için Hata Türleri ve Etkileri Analizi (HTEA) tabanlı Kemeny Median Indicator Ranks

Accordance-Modified (KEMIRA-M) yöntemi önemişlerdir. İlk aşamada; HTEA yöntemi kullanılarak uzman görüşlerine göre risk kriterlerinin öncelikleri bulunmuştur. İkinci aşamada ise; KEMIRA-M yöntemi ile elde edilen medyan matrisine göre kriter öncelikleri belirlenmiş ve bu önceliklere göre risk kriterlerini azaltıcı önlemler açıklamışlardır. KEMIRA-M yöntemi hem HTEA yöntemi ile geliştirilmiş hem de ana ve alt kriterlerden oluşan hiyerarşik bir yapıdaki kriter grubuna uygulanmıştır. Önerilen yöntem ile acil servislerde yapılan risk değerlendirmesi sonucunda güvensiz nöbet-vardiya ortamı, tıbbi cihazlar ve ergonomi ile ilgili riskler en önemli risk kriterleri olarak belirlenmiştir [23]. Yücesan vd. (2021), hidroelektrik santrallerindeki tehlikeler için Pisagor bulanık Analitik hiyerarşi süreci (AHP) yöntemi kullanılarak risk değerlendirmesi yapılması amaçlamışlardır. Bu amaçla uzmanlardan oluşan ekip bu santrallerdeki 20 tehlikeyi ve sonuçlarını belirlemiştir. Bunun sonucunda bu yöntemle hidroelektrik santrallerinin güvenlik ve mali kayıplarının önüne geçileceğini ileri sürmüşlerdir [24]. Gündoğdu vd. (2021) yaptıkları çalışmada küresel bulanık kümeler (SFS) dayalı iki aşamalı bir risk değerlendirme yöntemi oluşturmuşlardır. Türkiye'deki tersaneler dikkate alınarak gerçek bir vaka çalışmasında uygulamışlardır. Geliştirilen iki aşamalı risk değerlendirme yaklaşımının, bir tersanede iş güvenliğini sağlamak için yüksek riskli tehlikelerin belirlenmesinde makul sonuçlar sağladığını görülmüştür. Sonuçların güvenilirliğini ve geçerliliğini göstermek için bir duyarlılık analizi yapmışlardır [25]. Jiskani vd.(2022) yüzey madenciliği alanında yaptıkları çalışmada buradaki çok sayıdaki riskleri analiz etmek için bulanık mantık yaklaşımı ile Z sayıları ve olay ağacı analizi(FTA) bunu birleştirerek bir model belirlemiştir. Modeli doğrulamak ve temel olayların her birinin sonuca nasıl katkıda bulunduğunu incelemek için Fussell-Vesely Önem ve Risk Azaltma Değer Yöntemleri kullanılarak bir duyarlılık analizi yapmışlar. Bu önerilen metodun farklı endüstriyel alanlardaki risklerin analizi için kullanılabileceği görüşmüştür [26]. Redfoot vd.(2022) nükleer yenilenebilir hibrit enerji sistemlerinde süreçleri karşılaştırmak amacıyla bir yöntem geliştirmişlerdir. Bulanık küme ve bulanık AHP kullanmışlardır. Risk değerlendirmesi yöntemi kullanılarak her bir sürecin değerlendirildiği bu çalışmada seçilen kriterler karlılık, esnek çalışma ve güvenlik olup bulanık AHP yönteminin bu alanda başarılı olduğu görülmüştür [27]. Yuan vd.(2022) Kimya tesislerinde yaptıkları çalışmada performans göstergelerinin tanımlanmasından ve güvenlik bariyerleri için göstergeyle ilgili verilerin toplanmasından yararlanan güvenlik bariyerlerinin pratik bir sınıflandırmasını önermişlerdir. Güvenlik bariyeri işlevleri genişletilmiştir ve dayanıklılık kavramı dahil edilerek ele alınmıştır. Güvenlik bariyerlerinin uyarlanabilirliği ve kurtarılabilirliğine karşılık gelen performans değerlendirme kriterleri önermişlerdir. Kimya tesislerinin dayanıklılığını sağlamak için emniyet ve güvenlik bariyerlerinin entegre yönetimini geliştirmeye yönelik gelecekteki çalışmalar için yol haritası faydalı olacaktır [28]. Karahasan vd.(2022) bir özel hastanede yaptıkları çalışmada sağlık hizmeti kalitesinin ölçümü için mesafe tabanlı Pisagor Bulanık Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemine, TOPSIS'e ve Bulanık Çıkarım Sistemine (FIS)

dayalı entegre bir değerlendirme metodolojisi önermişlerdir. Kliniklerin hizmet kalite düzeylerinin değerlendirilmesinde ana kriter olarak hizmet kalitesinin beş boyutu (SERVQUAL) kullanılmış ve detaylı bir analiz için her boyut için birden fazla alt kriter belirlenmiştir. Pisagor Bulanık TOPSIS ve Bulanık kural tabanlı sistemin girdilerini elde etmek için belirlenen karar matrislerine uygulandı. Daha sonra duyarlılık analizleri yapmışlardır [29]. Mahmood vd.(2022) eşzamanlı olayların risk değerlendirmesindeki güvenilirlik sınırlamalarının üstesinden gelmek için genel risk değerlendirme modelleri önermişlerdir. Risk değerlendirmesi için Bulanık Hata Ağacı Analizi (FFTA) modeli ile birlikte kullanılması muhtemel subjektif risk değerlerini ölçmek için geliştirilmiş bir rotasyonel bulanık model önerilmiştir. Önerilen FFTA modeli, ağacın altındaki temel olaylardan risk değerlendiricisi tarafından tanımlanan en üstteki risk olayına kadar eşzamanlı risklerin etkisini birleştirmek için bir prognostik risk değerlendirme aracı olarak kullanılabilir [30]. Tubis vd.(2022) Polonya’da bir yeraltı madeninde kullanılan makinelerin bakım ve onarım risklerinin ele alınması amacıyla bir model geliştirdiler. Önerilen yöntem, ilk seviye tehlike analizine odaklanan beş analiz seviyesi içerirken, sonraki üç seviye bir risk değerlendirmesi ile bağlantılıdır. Son seviye, RBM tavsiyelerinin belirlenmesi ile ilgilidir. Madencilik makineleri durumunda, on dört olumsuz olay senaryosu tespit edildi ve araştırıldı; genel öneriler de verildi.AHP ve bulanık mantık kullanılarak bir risk değerlendirilmesi yapmışlardır [31]. Semerci(2023) beton dökümü işleminde iş kazası risklerinin en çok tercih edilen geleneksel 5x5 Matris (L Matris) ve çimento sektöründe sıklıkla kullanılan Fine Kinney yöntemi kullanarak risk durumları karşılaştırmışlardır. Bu risk analizleri sonucunda risk sayıları ve seviyeleri tespit etmişlerdir. Geleneksel 5x5 Matris (L Matris) ile Fine Kinney risk analizini karşılaştırdığımızda L Matrisi yöntemi risk analizi sonuçlarındaki seviyeler daha riskli, Fine Kinney ise daha güvenilir bir tablo sergilediğini görmüştür [32]. Wang vd.(2024) Mesleki risk analizinde Fine-Kinney modelinin kısıtlamalarını ele almak için ideal çözüme uzaklıktan alternatiflerin yeni bir bulanık uzlaşma sıralaması(CRADIS)yöntemini oluşturmaktadır. Aralık değerli küresel bulanık sayılar, belirsiz risk derecelendirme verileri için bir işleme yöntemi oluşturmak üzere Fine-Kinney modelindeki geleneksel risk ölçeklerine genişletilmiştir. Ardından, kolektif risk değerlendirme matrisini oluşturmak için Choquet integrali ve aralık değerli küresel bulanık kümelerle dayalı ağırlıklı ortalama operatörü geliştirilmiştir. Risk verileri arasındaki karşılıklı bağımlılıkları yakalayabilir. Daha sonra, uygulamadaki risk sıralaması sorununu ele almak için aralık değerli küresel bulanık kümeler ve entropi ölçümleri ile geliştirilmiş bir CRADIS yöntemi sunulmuştur. Sentezlenen mesleki risk çerçevesinin uygulanmasını göstermek için, metro inşaatı sürecindeki mesleki tehlikeleri analiz eden bir vaka çalışması sayısal yöntemler kullanmaktadır. Önerilen çerçeve, rasyonelliğini test etmek için parametre duyarlılık analizine tabi tutulmaktadır. Bir değerlendirme, geliştirilmiş çerçeveyi, iş sağlığı ve güvenliği alanında kullanılan risk önceliklendirme yöntemleri ile karşılaştırmaktadır[33].

III. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ SÜREÇLERİ

Yaşamın en önemli parçasını oluşturan çalışma hayatı geçmişten günümüze kadar insanlığın gündemini önemli ölçüde etkileyen bir bütünlükten oluşmaktadır. Bu alanda toplumun hemen her kesiminden çalışmaya uygun bireyler yer almaktadır. Bu farklılık ,çalışma hayatının birden çok bileşeni içerdiğini göstermektedir. Toplumdan topluma göre değişkenlik gösterse de tüm noktalarda ortak hedef bu alanda sağlık ve güvenlik kavramlarının olabilecek en iyi seviyede yer edinmesini ve bu seviyesinin sürdürülebilir olmasını sağlamaktır. Birden çok faaliyet alanları olması , yer ve zamanın farklılık göstermesini iş hayatının farklı düzenlemelere ihtiyaç duyulduğu göstermektedir. Dolayısıyla sağlık ve güvenlik koşullarının iyileştirilmesi ile birlikte olabilecek en iyi seviyede tutulması için bir takım kurallar ve önlemler serisini doğurmaktadır. Bu düzenlemelerin başında iş sağlığı ve güvenliği sistemi gelmektedir. İş sağlığı ve güvenliği iş hayatında birden çok anlamları barındırmakla birlikte ; çalışanların iş yerinde sağlıklı ve güvenli bir ortamda çalışmalarını sağlamak amacıyla uygulanan sistematik çalışmalar diye ifade edilebilir. Bütün ülkelerdeki işletmelerde bu sisteminin işleyişinden çalışan, işveren ve kanun koyucular ortak sorumluluğa sahiptir. İş hayatındaki iş sağlığı ve güvenliği(İSG) sistemi işleyişindeki önemli gerekliliklerden biri de risk değerlendirmesi çalışmalarıdır. Risk yöntemi kapsamındaki risk değerlendirmesi tüm işletmelerde başta sağlık ve güvenlik amaçlı yapılmakla birlikte iş hayatının diğer işleyişlerini de düzenlemek amacıyla yapılmaktadır[4].İş sağlığı ve güvenliği , çalışanların iş yerinde karşılaşılabileceği risklere karşı korunmasını sağlayan önlemler bütünü ve bu kapsamda yapılan çalışmalarını ifade eder. Amaç, çalışanların bedensel ve ruhsal sağlığını korumak, iş kazalarını ve meslek hastalıklarını önlemektir. İSG'nin temel unsurları arasında risk analizi, güvenli çalışma yöntemleri geliştirme, iş kazalarını ve meslek hastalıklarını önleyici tedbirler alma, eğitim ve denetim faaliyetleri yer alır.İş sağlığı ve güvenliği sistemlerinde devlet, çalışan ve işveren ortak üçlemesi ile hareket etmekte fayda vardır.Bu üçlü yapının iş birliği ile işletmelerde başarılı süreçler yürütülebilme mümkündür. Sistemli iş sağlığı ve güvenliği çalışmalarının yürütümünde işveren ve isg profesyonelleri tarafından alınan önlemlerde çalışanların bu önlemleri benimsemesi işleri kolaylaştırır. Bunun yanısıra isg sisteminin bir diğer önemli parçası da güvenlik kültürüdür. İşletme içinde oluşturulmuş ve çalışanlarca benimsenmiş bir güvenlik kültürü şüphesiz ki alınan önleyici faaliyetleri verimli kılacaktır.

IV. TEHLİKE VE RİSK FAKTÖRLERİ

Tehlike kavramı birden çok alan için kullanılan çeşitli anlamlar içeren ve farklılıklar gösterebilen bir faktördür. Bulunduğu alana ve kullanıma göre terminolojik ifadeler içerebilmektedir. Yaygın anlamı hasar ve zarar verme potansiyeli olarak nitelendirilen tehlike kavramı birden çok sebep kaynaklı olabilmektedir. İş sağlığı ve güvenliği kapsamında tehlike kavramı 6331 Sayılı İş Sağlığı ev Güvenliği Kanunu'nda; iş yerinde var olan veya dışarıdan gelebilen çalışana yada işletmeye zarar veya hasar verme potansiyeli olarak ifade edilmektedir[1].Ortamda tehlike kaynakları değişkenlik gösterebilmektedir. İşyerinde bazen tehlike kaynağı bir makine olabilirken bazen çevre bazen de çalışanlar olabilmektedir. Bunun yanı sıra bir tehlike kaynağı genellikle birden fazla tehlikeye sebebiyet verebilmektedir. Bu doğrultuda bir tehlike başka bir tehlikeyi doğurabilmektedir. Ortamdaki tehlikeleri ortadan kaldırmak veya en aza indirmek için tehlike sınıflandırmasını iyi analiz etmekte fayda vardır. Yapılacak doğru bir tehlike sınıflandırması tehlikelerle mücadelede seçilecek yöntemin doğru uygulanmasını mümkün kılabilir. İşletmede uygulanacak iyi ve güvenilir bir tehlike yönetimi ile tehlikeleri hasar veya zarar meydana getirmeden kaldırmak mümkün olabilir. Tehlikeler hasar veya zarar potansiyel ihtimallerini risk kavramı üzerinde gerçekleştirebilmektedir. Tehlikeden kaynaklı hasar veya zararın meydana gelme olasılığı risk kavramı şeklinde ifade edilebilir. Bir tehlikeden bir risk doğabilecekken birden çok riskin meydana gelmesi de mümkün olabilmektedir. Ortamda tehlikeler çeşitlendikçe risklerin artışı söz konusu olabilmektedir. Risklerle mücadele yöntemlerinde temel basamak tehlikeyi kaynağında yok etmektedir. Bu mümkün değilse tehlikeden kaynaklı riskle mücadelede çalışana ve işletmeye zarar vermeyecek şekilde en iyi ve güvenilir önlemler almakta fayda vardır. Tehlikelerden kaynaklarla mücadeledeki en etkin ve güvenilir yolların başında risk yönetimini ortama uygun yapmaktadır. Risk yönetiminin olmazlarından olan en temel işlem risk değerlendirmesidir. Risk değerlendirmesi işletmeden işletmeye ve uygulayıcı uzmana göre değişkenlik gösterebilmektedir. Literatürde birden çok risk değerlendirmesi mevcut olup en uygun risk değerlendirme yöntemi seçimi dahilinde risklerden korunmak mümkündür[34].

V. RİSK YÖNETİMİ

Risk yönetimi, potansiyel zararı en aza indirmek veya potansiyel fırsatları en üst düzeye çıkarmak için riskleri tanımlama, değerlendirme, önceliklendirme ve azaltma sürecidir. Hedeflere ulaşılmasını etkileyebilecek belirsizlikleri anlamak ve bunlarla başa çıkmak için sistematik bir yaklaşım içerir. Risk yönetimi, risk ve getiri arasında işletme yönetimine uygun bir geçiş ya da değişim yapabilmelerini sağlayan bir sistemler bütünüdür. Risk yönetiminde , potansiyel fırsatların ve tersi etkilerin etkin yönetime yöneltici kültür, süreç ve yapılar bütün halindedir. Risk yönetimi süreci, risklerin içeriğini saptama, tanımlama, analiz etme, değerlendirme, iyileştirme, izleme ve iletişim kurma işlemlerinin yönetim politikalarına, prosedürlerine ve uygulamalarına sistematik bir etkisini kapsamaktadır. İşletmeye zarar veren bir olay gerçekleştiğinde , bunun nedeni , olayı önlemek için gerekli eğitim, bilinçlendirme ve yeterliliğin olmasıdır.

Bu bağlamda riskler tanımlanmalı, değerlendirilmeli ve kontrol altına alınmalıdır. Diğer yandan kuruluşların risklerini kontrol altına almaları için sınırlı kaynaklarını verimli bir şekilde kullanmaya ihtiyaç duymaktadır. Risk analizi süreci tehlikelerle ilgili bilinç seviyesini artırdığından ve nerelerde iyileştirmeler yapılması gerektiğini tanımladığından işyerindeki çalışmaların daha iyi anlaşılmasına yardımcı olmaktadır. Tehlikeler tanımlandığında ve onunla ilişkili riskler yok edildiğinde, kontrol edildiğinde, azaltıldığında, kuruluşun uymakla yükümlü bulunduğu kanuni ve diğer şartlara uygunluğu sağlanmakta, sorumlulukla sonuçlanan kaza gibi olaylar azalmakta, işletmenin uğrayabileceği maddi ve manevi kayıplar en az seviyeye indirilmekte, üretimin verimliliği ve kalitesi artabilmektedir. Tehlikelerin tanımlanması ve risklerin kontrolü sürecine katılımlarının sağlanması yoluyla çalışanların yeterlilikleri de kontrol altına alınabilmektedir. Tehlikelerin nedenleri ve etkileri bir kere anlaşıldıktan sonra çalışanlar kendi işleri ve kendi işlerinin şirketin bütünüyle ilişkisini daha iyi analiz edebilmektedir [35].

VI. RİSK DEĞERLENDİRME SÜREÇLERİ

Risk analizi ve değerlendirmesi, iş kazaları ve meslek hastalıklarına karşı alınacak tüm güvenlik tedbirlerini, yasal mevzuat gereği işletmelerde uygulanması gereken sağlık ve güvenlik şartlarını ve bu şartların iyileştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Risk analizi çalışmaları bu kapsamda ele alınmakta ve işletmelerde belirlenen risklerin bertaraf edilmesi için uygun çözüm metotları sunmaktadır. Risk değerlendirmesi, sürekli bir biçimde izlenmesi gereken, tüm işletme personelinin aktif katkı vermesi gerekli olan bir çalışma olup, bu aktif katkı sayesinde işletmenin tamamında bulunan risklere karşı gerekli risk önleme ve azaltma çalışmaları sağlıklı biçimde yapılabilmektedir. Mesleki risklerin değerlendirilmesinde temel amaç, çalışanların sağlığının korunması ve güvenliklerinin sağlanmasıdır. Risk değerlendirme, işle ilgili faaliyetlerden kaynaklanan ve çalışanlara ve çevreye olabilecek olası zararların en aza indirilmesine yardım eder. Risk değerlendirmesi, risk yönetimi sürecinin temel bir parçasıdır. Risk değerlendirmesi dinamik bir süreçtir ve zaman ve mekana göre değişebilir. İşle ilgili faaliyetlerdeki potansiyel tehlikeleri tanımlayan, maruziyetin olası etkilerini hesaplayan ve bu tehlikelerin neden olduğu yaralanma veya sakatlık riskini kontrol etmek için gerekli önlemleri uygulayan bir süreç olarak tanımlanabilir. Etkili bir risk değerlendirmesi, öncelikle yüksek riskli alanlara odaklanarak önleyici faaliyetlerin planlanmasına yardımcı olmalıdır. Dolayısıyla doğru hesaplanmış risk değerleri bu süreçte büyük önem taşımaktadır. Bu değerlendirmeler, çalışma ortamında güvenliği artırmak, kazaları ve meslek hastalıklarını önlemek, çalışanların sağlığını korumak ve işyerindeki olumsuz sonuçları en aza indirmek için yapılmalıdır [36]. Risk değerlendirmesi, kurum ve kuruluşların karşılaşılabilecekleri potansiyel riskleri belirlemelerine yardımcı olur. Bu süreçte, potansiyel tehditlerin belirlenmesi ve analiz edilmesi önemli bir adımdır. Kurumlar bu tehditleri belirleyerek önlem almak veya riski kabul edilebilir seviyelere indirmek için uygun stratejiler geliştirebilirler. Risk analizi yöntemleri genel olarak nicel ve nitel olmak üzere iki temel kategoriye ayrılır. Bu yöntemler sektöre göre değişiklik gösterebilir [34].

VII. BULANIK MANTIK

Bulanık Mantık ilk kez 1961 yılında Azeri kökenli matematikçi Lütüf Alasker Zadeh tarafından temelleri atılmış matematiksel bir kuramdır. Adında da geçtiği gibi bir 'mantık' çeşididir. Zadeh (1965), belirsizliği tanımlayarak modellemeye dâhil etmek ve karmaşık, belirsiz sistemleri insan mantığı kullanarak modellemek istemiş, bu amaçla bulanık mantık kavramını ve bulanık küme kuramını ortaya koymuştur. Zadeh, bulanık mantığın amacının, iki harika insan yeteneğinin ortaya konulması ve somutlaştırılması olarak tanımlanabileceğini ifade etmektedir: “İlk yetenek, kesin olmayan, belirsizlik içeren, tam bilginin bulunmadığı veya birbiri ile çelişen bilgilerin bulunduğu, gerçeğe ilişkin veya olasılık dağılımları hakkında tarafsız bilginin olmadığı, kısaca mükemmel olmayan bilginin var olduğu bir ortamda muhakeme yapmak, iletişim kurmak ve akılcı kararlar verme yeteneğidir. İkincisi ise, herhangi bir ölçüm ve hesaplama olmaksızın geniş çapta ve çok çeşitli, fiziksel ve zihinsel, iş veya görevleri yapabilme yeteneğidir [3].

A. Bulanık Küme

Bulanık mantık ile ilgili en önemli kavramlardan birisi de bulanık küme kavramıdır. Bulanık küme üyelik derecelerinin sürekli olması mantığına dayanan bir nesne sınıfıdır. Böyle bir kümede kümenin elemanlarının sıfır ile bir arasında değişen üyelik dereceleri bulunmaktadır. Klasik küme anlayışında keskin sert sınırlar bulunmaktadır. Bulanık küme klasik kümeden nispi üyelik yönünden ayrılır. Klasik kümede var - yok ikilemi varken, bulanık kümede tam üyelik “1”, ile kümeye hiç üye olmama “0” ile temsil edilirken 1 ile 0 arasındaki değerler ise nispi üyelikleri ifade eder. Bir bulanık küme, çalışma yapılan alana ait her bir bireye matematiksel olarak kümedeki üyelik derecesini temsil eden bir değer atayarak tanımlanır. Bu değer, elemanın bulanık küme tarafından ifade edilen kavrama uygunluk derecesini ifade eder. Bundan dolayı elemanların kümeye ait olması farklılaşır. Üyelik dereceleri 0 ile 1 arasındaki reel sayılarla temsil edilirler. Tam üye olma ve ,ye olmama durumu bulanık kümesinde sırasıyla 1 ve 0 değerleriyle karşılanır [3].

B. Bulanık Sayılar

Bulanık sayılar bulanık küme setlerinde mantıksal ve cebirsel işlemleri yapmak için kullanılan oldukça geniş kullanıma sahip sayı çeşitleridir. Bu sayıların aldıkları değerleri 0 ile 1 aralığında değerler alabilen bir skalaya sahiptir. Bulanık sayılar , bulanık mantık teorisinin bir parçası olarak, kesin bir değeri olmayan ve belirsizlik içeren sayıları ifade eder. Bulanık sayılar, bulanık kümeler ile çalışarak belirsizliği ve kesinsizliği modellemek için kullanılırlar. Bulanık mantık, özellikle gerçek dünyadaki belirsizliklerin ve eksik bilgilerin olduğu durumlarda klasik mantığın yerine kullanılabilir. Bir bulanık sayı, bir evrensel kümeye ait üyelik dereceleri ile tanımlanır. Bu üyelik dereceleri 0 ile 1 arasında değişir ve bir ögenin bir kümeye ne kadar ait olduğunu ifade eder. Örneğin, klasik matematikte bir sayı ya bir kümeye aittir (üyelik derecesi 1) ya da değildir (üyelik derecesi 0). Ancak bulanık mantıkta, bir sayı bir kümeye kısmen ait olabilir. Bulanık sayılar, bulanık kümenin çeşitleri arasında yer alan ve gerçek sayılar kümesi R 'de

tanımlı bulanık kümelerdir[37].Bu bakımdan bulanık kümelerin özel bir alt kümesi olarak ifade edilebilir. Her bulanık sayı bulanık bir küme olabilir ama her bulanık küme, bulanık bir sayı olamaz [38].

Bulanık sayılar, reel sayıların bulanık bir alt kümesini ifade eder. Bir diğer tanıma göre bulanık sayılar, reel sayılardan her birini 0,1 kapalı aralığı ile eşleştiren fonksiyondur. Bulanık olmayan sayılar tek bir nokta için tanımlıdır. Bulanık olmayan sayılar için üyelik derecesi 0 veya 1'dir. Bulanık sayılar en az bir aralık içerisinde tanımlıdır. Üyelik derecesi de 0,1 kapalı aralığında bir değere karşılık gelmektedir. Sonuç olarak, bulanık sayı kesin bir değere sahip değildir. Ancak alacağı değerler ve üyelik dereceleri bilinebilir. Bulanık sayılar bir aralık için tanımlandığından dolayı ilgili aralıkta alacağı değerler özelinde farklı isimlere sahiptirler. Örnek olarak; (3,10) bulanık sayısı, (3,7,10) üçgensel bulanık sayı şeklinde, (3,6,8,10) yamuk bulanık sayı şeklinde tanımlanır. Uygulamada üçgensel bulanık sayılar kullanıldığından dolayı üçgensel bulanık sayılara değinilmiştir [39].

C. Bulanık Mantığın Uygulama Alanları

Bulanık mantık dayalı olduğu varsayımlardan yola çıkarak nitel ve nicel yorumlara sahip olması ve birden çok sisteme kolaylıkla entegre olabilmesi dolayısıyla çeşitli kullanım alanlarına sahiptir. Günümüzde özellikle yapay zeka destekli sistemlerde oldukça fazla kullanım alanına sahip bir noktada yer alan bulanık mantık gittikçe kullanım yelpazesini artırmaktadır. Endüstriden hizmet alanına kadar birden çok platformda bulanık mantığın kullanım alanını görmek mümkündür. Sistemlerdeki sorunların çözümü ve bununla birlikte var olan mekanizmaların geliştirilmesi için bulanık mantığa dayalı logaritmler kullanılmaktadır. Dijitalleşmenin bir hayli fazla olduğu bugünlerde yapay zekanın geliştirilmesi ve yeni alanlarda kullanımı için bulanık mantık kullanımı söz konusudur. Bulanık mantık, kesin sınırlarla tanımlanamayan ya da belirsiz durumları modellemek için kullanılan bir matematiksel yaklaşım olup, özellikle karmaşık ve tam kesin bilgi gerektirmeyen sistemlerde tercih edilir. Bulanık mantığın geniş kullanım alanlarının başında yapa zeka ,kontrol sistemleri, endüstriyel sistemler, sağlık, eğitim, iş sağlığı ve güvenliği ,otomotiv sektörü ve tarım gelmektedir [3].

Tablo 1. Bulanık mantığın kullanım alanları

Uygulama Alanı	Amaç
Endüstriyel Kontrol Sistemleri	Otomasyon ve diğer süreçler
İş sağlığı ve Güvenliği	Risk değerlendirmesi
Ev aletleri	Beyaz eşya ve elektronik
Otomotiv	Optimizasyon
Tıp	Teşhis ve görüntüleme
Sağlık	Hasta takibi
Yapay zeka	Robotlar
Tarım	Sulama sistemleri
Coğrafya	Hava durumu tahmini

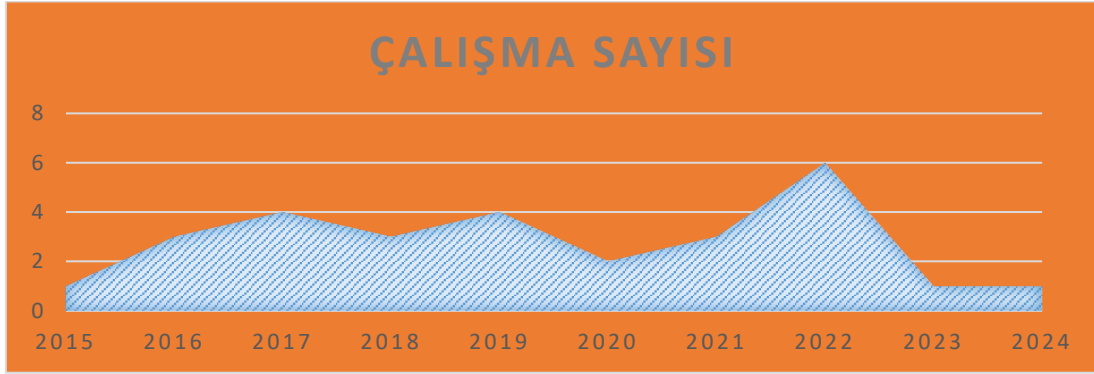
VIII. RİSK DEĞERLENDİRME SÜREÇLERİNDE BULANIK MANTIĞIN KULLANIMI

Bulanık mantık, risk değerlendirmesinde özellikle belirsizlik, eksik bilgi ve karmaşık faktörlerin olduğu durumlarda güçlü bir araç olarak kullanılmaktadır. Risk değerlendirmesi, genellikle kesin veriler yerine olasılıklara ve öngörülere dayanmaktadır. Bulanık mantık, risklerin değerlendirilmesinde daha esnek ve gerçekçi bir yaklaşım sunmaktadır çünkü risk analizine katkıda bulunan faktörlerin hepsi kesin değildir ve belirli sınırlarla tanımlanması kolay bir süreç değildir. Risk değerlendirmesi süreçleri iş sağlığı ve güvenliği çalışmalarında çalışanların korunması ve işletmenin güvenliği için oldukça önem arz etmektedir. Tüm çalışmaların kilit noktası sayılabilir. Bu sebeple yapılan risk değerlendirmelerinin oldukça güvenilir ve objektif yapılması gerekmektedir. Yapılan risk değerlendirmesi yapan uzmanın tecrübesi ve bilgi düzeyine göre değişkenlik gösterebildiği için sübjektiflik özelliklerin etkisinde kalabilmektedir. Bu objektif olmayan değerlendirmelerin giderilmesi ve güvenilir risk değerlendirmesi yapabilmek için bulanık mantığın kullanımı uzmanlara bu noktada başarı sağlamaktadır. Risk değerlendirme yöntemlerinin geliştirilmesi için bulanık mantık entegrasyonu yapılması durumunda risklerin doğru sıralanması kolaylık olabilmektedir. Doğru öncelik sıralaması ile analiz edilen risklerle mücadele etmek ve güvenilir önleyici tedbirler alınabilir. Bulanık mantığın risk değerlendirme yöntemlerinde kullanımı bulanık kümelerle sağlanabilmektedir. Bulanık mantık bulanık kümelerin üyesi olan bulanık sayılar kullanılarak risk modellerindeki belirsizlikleri çözmek ve modeldeki eksiklikleri gidermek için oldukça avantajlıdır. Bulanık sayı çeşitlerinden üçgen bulanık sayılar, küresel bulanık sayılar, Pisagor bulanık sayılar, kararsız bulanık sayılar, Tip -1 ve Tip-2 bulanık sayılar gibi belirli başlı sayılar risk değerlendirme yöntemlerinin geliştirilmesi için kullanılmaktadır. Bulanık sayılar, risk değerlendirmesinde belirsiz ve kesin olmayan durumları matematiksel bir çerçevede değerlendirmek için oldukça güçlü araçlardır ve bu nedenle risk analizi, karar verme, optimizasyon ve birçok mühendislik problemlerinde yaygın olarak kullanılabilir [4].

IX. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada bulanık sayıların iş sağlığı ve güvenliği alanında risk değerlendirmesinde kullanımında literatür araştırması yapılmıştır.2015-2024 yılları arasındaki literatür bazlı Scopus, Google Scholar vb. platformlarda yer alan belirli örnek çalışmalar farklı alanlardan seçilerek incelenmiştir. Bulanık mantığa dayalı yıllara göre yapılmış risk değerlendirme sayısı grafik üzerinde analiz edilerek **Grafik 1**'de gösterilmiştir

Tablo 2.Yıllara göre çalışma sayısı



Bununla birlikte yapılmış çalışmalara bakıldığında inşaat, metal, liman, kobi, sanayi, matbaa, sağlık gibi belirli başlı alanlarda bulanık mantığa dayalı risk değerlendirmelerinin yapıldığı görülmektedir. Risk değerlendirmesi çalışmaları işletmelerde çalışan sağlığı ve güvenliği için oldukça önem arz eden bir çalışma bütünüdür. Bu çalışmaların yürütümü bir ekip eşliğinde yapılması ve çalışmaların bu süreçte katılımı teşvik edilmelidir. Tüm işletmelerin güvenilir ve objektif bir risk analiz modeli ile risklerin önlenmesi ele alınmalıdır. Bulanık mantık hassas ve detaylı bir analiz yeteneği sayesinde sistemlerin eksikliğini gidermekte oldukça başarılıdır. Risk değerlendirmesindeki bireysel yorumların daha güvenilir yapılması için bulanık kümelerin kullanımı avantajlıdır. İşletmelere uygun güvenilir bir risk modeli geliştirilmesinde bulanık mantığa dayalı risk modelleri geliştirilebilir. Bunun birlikte karar verme modellerinin entegrasyonu ile daha geniş çerçevede güvenilir bir risk modeli geliştirilebilir.

X. KAYNAKLAR

- [1] <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=6331&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5>
- [2] E. Bozkuş, İ. Kaya and M. Yakut, "A fuzzy based model proposal on risk analysis for human-robot interactive systems," 2022 International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA), Ankara, Turkey, 2022, pp. 1-6, doi: 10.1109/HORA55278.2022.9799820
- [3] L.Zadeh, "Fuzzy Sets As a Basis For A Theory Of Possibility", Fuzzy Sets and Systems,1(1), 3-28, 1978.
- [4] Yakut, M.; Kaya, I.; Bozkus, E. A Two-Dimensional Fuzzy Risk Assessment Model for Occupational Health and Safety Evaluations. In Proceedings of the HORA 2022—4th International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications, Proceedings, Ankara, Turkey, 9–11 June 2022
- [5] ÇAKMAK,E.(2015), İş sağlığı ve güvenliği risk değerlendirme yöntemlerinin bulanık mantık yaklaşımı ile analizi: kobi uygulama örneği(Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi),Yıldırım Bayezıt Üniversitesi,Ankara.
- [6] KUŞAN ,H. ve ark.(2016), İnşaat projelerinde risklerin bulanık mantık modeli ile değerlendirilmesi, Engineering Sciences (NWSAENS), 1A0359, 2016; 11(1): 1-14, ID: 2016.11.1.1A0359.
- [7] DOLAŞ ,K.(2016). Bulanık mantık yöntemiyle risk değerlendirmesi: matbaa sektörü örneği(Yayınlanmış Yüksek Lisans).Yıldırım Beyazıt Üniversitesi,Ankara.

- [8] EFE,B. ve ark.(2016). İş Güvenliğinde Bulanık Promethee Yöntemiyle Hata Türleri ve Etkilerinin Analizi: Bir İnşaat Firmasında Uygulama. GÜFBED/GUSTIJ (2016) 6 (2): 126-137. DOI: <http://dx.doi.org/10.17714/gufbed.2016.06.012>.
- [9] YILMAZ ,N., ŞENOL ,M.B,(2017). İş sağlığı ve güvenliği risk değerlendirme süreci için bulanık çok kriterli bir model ve uygulaması. Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University 32:1 (2017) 77-87. DOI: 10.17341/gazimmfd.300597
- [10] ŞİŞMAN ,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 2017-Mart (s.234-250). DOI: 10.20875/makusobed.302942.
- [11] YAVUZ, H.(2017),Liman sektöründe iş güvenliği analizi ve uygulamaları: risk analizinde pratik tekniği, bulanık mantık ve ahp yaklaşımı(Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi),Pamukkale Üniversitesi,Denizli.
- [12] OTURAKÇI M.,DAĞSUYU C.(2017),. Risk Değerlendirmesinde Bulanık Fine-Kinney Yöntemi ve Uygulaması., Karaelmas İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi., Cilt 1, Sayı 1, 17 - 25, 29.12.2017, <https://doi.org/10.33720/kisgd.327548>
- [13] ERGİNEL ,N.,TOPTANCI ,Ş.,ACAR ,I.(2018). Bulanık reba ile bir mobilya imalat firmasında ergonomik risk değerlendirmesi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi 6(ÖS: Ergonomi2017), 92 – 101. DOI: 10.21923/jesd.362030.
- [14] GÜVEN,B.(2018), Bütünleşik bulanık analitik hiyerarşi prosesi ve bulanık vikor yöntemleri ile fine-kinney risk değerlendirme metodu uygulaması: silah endüstrisinde örnek çalışma(Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi),Yıldız Teknik Üniversitesi,İstanbul.
- [15] Wang ,et all. (2018),A risk evaluation and prioritization method for FMEA with prospect theory and Choquet integral, Safety Science,152-163. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.08.009>.
- [16] ARSLAN ,E.(2019), İnşaat işyerlerinde risk değerlendirmesinin bulanık mantık yöntemi ile modellenmesi: bir fabrika örneği(Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi),Sivas Cumhuriyet Üniversitesi,SİVAS.
- [17] Gül M.,Ak M.,Güneri A.(2019),. Pythagorean fuzzy VIKOR-based approach for safety risk assessment in mine industry., Journal of Safety Research., Volume 69, June 2019, Pages 135-153., <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2019.03.005>.
- [18] ÖZ ,N.(2019), Pisagor bulanık küme tabanlı topsis ile risk değerlendirme: doğal gaz boru hattında bir uygulama(Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi),Munzur Üniversitesi,TUNCELİ
- [19] ÜNLÜ TOK,E.(2019), Risk değerlendirmesinde fmea yöntemine bulanık mantık yaklaşımı: deney ve kalibrasyon laboratuvarları uygulaması(Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi),Hacette Üniversitesi,Ankara.
- [20] ASLANTAŞ, S.(2020), İş sağlığı ve güvenliğinde risk değerlendirme süreci için bulanık çok kriterli bir model öneri ve uygulaması(Yayınlanmış Doktora Tezi),Marmara Üniversitesi,İstanbul.
- [21] ÇINAR,U.et .all.(2020), A hybrid risk assessment method for mining sector based on QFD, fuzzy inference system, and AHP, Journal of intelligent & fuzzy systems, 39; 5; p6047-p6058. DOI:10.3233/JIFS-189078.
- [22] PETROVIĆ ,V.D.,et all.(2020),Fuzzy Model for Risk Assessment of Machinery Failures, Symmetry , 12-525, doi:10.3390/sym12040525.
- [23] ARSLAN N. ve ark.(2021), HTEA Tabanlı KEMIRA-M Yöntemi ile Sağlık Sektöründe Risk Değerlendirme, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi Özel Sayı 28, S. 853- 862, DOI: 10.31590/ejosat.1011721.
- [24] YÜCESAN M. ve ark.(2021), Hidroelektrik santral operasyonlarında risk değerlendirmesi ve önleme: Pisagor bulanık AHP'ye dayalı bir model, Energy Policy 126 (2019) 343–351. <https://www.sciencedirect.com/journal/energy-policy>.
- [25] GÜNDOĞDU ,F.K ,et all.(2021), Occupational Risk Assessment Using Spherical Fuzzy Safety and Critical Effect Analysis for Shipyards, Journal of ETA Maritime Science,9(2):110-119, DOI: 10.4274/jems.2021.59480.
- [26] Jiskani,M,I.et.al(2022), Improved Z-number based fuzzy fault tree approach to analyze health and safety risks in surface mines, Resources Policy 76 (2022) 102591, <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.102591>.
- [27] Redfoot E.K et.al(2022), Applying analytic hierarchy process to industrial process design in a Nuclear Renewable Hybrid Energy System, Progress in Nuclear Energy 145 (2022) 104083, <https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2021.104083>.
- [28] Yuan .S, et .al(2022) ,Safety barriers in the chemical process industries: A state-of-the-art review on their classification, assessment, and management, Safety Science 148 (2022) 105647, <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105647>
- [29] Karahasan A.et.al(2022), Healthcare service quality evaluation: An integrated decision-making methodology and a case study, Socio-Economic Planning Sciences xxx (xxxx) xxx, <https://doi.org/10.1016/j.seps.2022.101234>.
- [30] Mahmood N.et al.(2022), Concurrent Events Risk Assessment Generic Models with Enhanced Reliability Using Fault Tree Analysis and Expanded Rotational Fuzzy Sets, Expert Systems with Applications Available online 22 February 2022, 116681, <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.116681>
- [31] Tubis A et.al(2022), Fuzzy Risk-Based Maintenance Strategy with Safety Considerations for the Mining Industry, Sensors 2022, 22, 441. <https://doi.org/10.3390/s22020441>.
- [32] Semerci, A. (2023). Beton Dökümü İşleminde İş Kazası Risklerinin Çeşitli Metotlarla Karşılaştırılması. Bingöl Üniversitesi Teknik Bilimler Dergisi, 4(1), 17-27
- [33] Yi Wang, Weizhong Wang, Muhammet Deveci, and Xinyue Yu. 2024. An integrated interval-valued spherical fuzzy Choquet integral based decision making model for prioritizing risk in Fine-Kinney. Eng. Appl. Artif. Intell. 127, PB (Jan 2024). <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.107437>
- [34] Yakut, M., (2019). Moleküler biyoloji ve genetik laboratuvarlarının iş sağlığı ve güvenliği açısından değerlendirilmesi, örnek hücre kültür laboratuvar çalışması. İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

- [35] Özcan, S. G., Yıldızbası, A., & Eraslan, E. (2019). İnşaat firmalarının isg bağlamında bulanık grup karar verme yaklaşımı ile değerlendirilmesi. *Endüstri Mühendisliği*, 30(3), 204-219
- [36] Özkılıç, Ö. (2013). İş Sağlığı ve Güvenliği, Yönetim Sistemleri ve Risk Değerlendirme Metodolojileri. http://www.uenco.com.tr/docs/dokumanlar/is_6.pdf.
- [37] Klir, G.J. ve Yuan B., "Fuzzy Sets and Fuzzy Logic, Theory and Applications", New Jersey, USA, Prentice Hall PTR, 1995.
- [38] Özkan, M. M., "Bulanık Hedef Programlama", Bursa, Ekin Kitabevi, 2003.
- [39] Ecer, F. (2007). Üyelik Fonksiyonu Olarak Üçgen Bulanık Sayılar Mı Yamuk Bulanık Sayılar Mı?, *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9 (2), 161-180