

ULUSLARARASI 3B YAZICI TEKNOLOJİLERİ
VE DİJİTAL ENDÜSTRİ DERGİSİ

INTERNATIONAL JOURNAL OF 3D PRINTING
TECHNOLOGIES AND DIGITAL INDUSTRY

ISSN:2602-3350 (Online)

URL: <https://dergipark.org.tr/ij3dptdi>

İŞYERLERİNDEKİ ACİL DURUM TOPLANMA BÖLGELERİ SAYISININ BULANIK MANTIK TEMELLİ OPTİMİZASYONU

FUZZY LOGIC-BASED OPTIMIZATION OF THE
NUMBER OF EMERGENCY ASSEMBLY AREAS IN
WORKPLACES

Yazarlar (Authors): Muhammed Fatih Pekşen *, Tuğrul Taşçı , Yılmaz Uyaroğlu 




Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Pekşen M.F., Taşçı T., Uyaroğlu Y., “İşyerlerindeki Acil Durum Toplanma Bölgeleri Sayısının Bulanık Mantık Temelli Optimizasyonu” *Int. J. of 3D Printing Tech. Dig. Ind.*, 6(1): 1-12, (2022).

DOI: 10.46519/ij3dptdi.1004949

Araştırma Makale/ Research Article

Erişim Linki: (To link to this article): <https://dergipark.org.tr/en/pub/ij3dptdi/archive>

İŞYERLERİNDEKİ ACİL DURUM TOPLANMA BÖLGELERİ SAYISININ BULANIK MANTIK TEMELLİ OPTİMİZASYONU

Muhammed Fatih Pekşen^a , Tuğrul Taşçı^b , Yılmaz Uyaroğlu^c 

^a Sakarya Üniversitesi, Adapazarı Meslek Yüksekokulu, Mülkiyet Koruma ve Güvenlik Bölümü, TÜRKİYE

^b Sakarya Üniversitesi, Bilgisayar ve Bilişim Bilimleri Fakültesi, Bilişim Sistemleri Müh. Bölümü, TÜRKİYE

^c Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü, TÜRKİYE

* Sorumlu Yazar: mpeksen@sakarya.edu.tr

(Geliş/Received: 05.10.2021; Düzeltme/Revised: 20.11.2021; Kabul/Accepted: 13.02.2022)

ÖZ

Sanayi sektöründe firmalar üretim, depolama, dağıtım ve idare faaliyetleri için çoğunlukla kapalı ve açık alanlara sahip büyük yerleşkelere ihtiyaç duymaktadır. Muhtemel acil durum veya afet olaylarında, çalışan kayıpları ve yaralanmaların yaşanmaması ya da istenmeyen bu durumların en aza indirilmesi amacıyla bu tip yerleşkelerde yasal zorunluluklara bağlı olarak acil toplanma bölgeleri oluşturulması ve yılda en az bir kere tatbikat yapılması gerekmektedir. Geleneksel olarak afet tatbikatlarında çalışanların sayısı toplanma noktalarındaki sorumlular tarafından listeler üzerinden kontrol edilmekle birlikte, çalışan sayısının fazla olduğu durumlarda teknolojik araçların kullanımıyla sayımların otomatik olarak yapılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Alandaki uygulamalar incelendiğinde çalışan sayımı için kullanılan sürenin uluslararası standartlarla belirlenen değerlerden yüksek olduğu ve çalışanların sayımlarda olması gereken toplanma bölgesinde bulunmaması sebebiyle eksik ya da fazla sayıda çalışanın rapor edildiği görülmektedir. Firmalar açısından sayım süresinin fazla olması ya da sayımda ulaşılabilen çalışan olması ciddi problemler olarak kabul edilmektedir. Bu çalışmada, acil durum ve afet tatbikatlarında çalışanların kendilerine en yakın acil toplanma bölgesine giderek sayıma katılabilesine olanak veren bulanık mantık temelli bir yöntem ile acil durum toplanma bölgeleri sayısı optimizasyonu sağlanmıştır. Bu sayede sayım için kullanılan sürenin %25 oranında azaltılması sağlanmıştır. Ayrıca hatalı bildirimlerde de gözle görülür azalma sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Acil durum ve afet tatbikatı, Acil durum toplanma bölgesi, Bulanık mantık, Çalışan sayımı.

FUZZY LOGIC-BASED OPTIMIZATION OF THE NUMBER OF EMERGENCY ASSEMBLY AREAS IN WORKPLACES

ABSTRACT

In the industrial sector, companies need large campuses with mostly indoor and outdoor areas for production, storage, distribution and administration activities. In case of possible emergencies or disasters, to avoid employee losses and injuries or to minimize these undesirable situations, emergency assembly areas should be established in such campuses in accordance with legal obligations and exercises should be held at least once a year. Traditionally, the number of employees in disaster exercises is controlled through lists by the responsible persons at the assembly points, but in cases where the number of employees is high, it becomes necessary to make the counts automatically with the use of technological tools. When the practices in the field are examined, it is seen that the time used for employee counting is higher than the values determined by international standards and that insufficient or excessive number of employees are reported because they are not in the assembly area that should be included in the censuses. In terms of companies, the long counting time or the number of employees who cannot be reached in the count are considered as serious problems. In this study, the number of emergency assembly zones was optimized with a fuzzy logic-based method that allows employees to participate in the count by going to the nearest emergency assembly area in emergency and disaster

drills. In this way, the time used for counting was reduced by 25%. In addition, a noticeable reduction was achieved in false notifications.

Keywords: Emergency and disaster exercises, Emergency assembly area, Fuzzy logic, Employee count.

1. GİRİŞ

İş sağlığı ve güvenliği (İSG), başta gelişmiş ülkeler olmak üzere gelişmekte olan birçok ülke tarafından büyük önem verilen ve gerekli yasa düzenlemelerin yapıldığı bir alandır. Bu yasal düzenlemeler içerisinde ciddi maddi yaptırımlar ve cezalar yer almaktadır. Ayrıca, İSG alanında standartları belirleyen, istatistiki çalışmalar yürüten ve ilgililere yönelik akademik ve ticari konferans ile fuar organizasyonları yapan çeşitli ulusal ve uluslararası kuruluşlar da mevcuttur. Dünyanın birçok ülkesinde olduğu gibi Türkiye’de de İSG alanında çıkarılmış onlarca yasal düzenleme vardır. Gelişen çalışma koşullarına bağlı olarak mevcut düzenlemelerin yenilenmesi ya da yeni düzenlemeler getirilmesi sıkça rastlanan bir durumdur.

İSG alanındaki bütün bu yasal düzenlemelerin amacı çalışma ortamlarını daha güvenli kılmak ve çalışanların bedensel, ruhsal ve sosyal yönden sağlıklarını muhafaza altına almaktır. Tehlike anında çalışanların güvenli bir şekilde tahliye edilmesi de bu çerçevede alınması gereken tedbirlerin başında gelmektedir. Türkiye’de İSG mevzuatı ve cezai yaptırımları en geniş şekilde “İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu (Türkiye Cumhuriyeti Devleti, 6331 Sayılı Kanun, 2012)” [1] ile belirlenmiştir. Kanun, iş ortamlarında sağlıklı bir iş yaşamının sürdürülebilmesi için alınması gereken idari tedbirleri sıraladığı gibi bir kısım önleyici ve proaktif tedbirlerin alınmasını da şart koşmaktadır. İSG kanununun kapsadığı ve düzenleme getirilen önemli konulardan bir tanesi “acil durum planları, yangınla mücadele, ilk yardım ve tahliye” başlıkları altında sıralanan düzenlemelerdir. Söz konusu düzenlemeler, acil durumlarda çalışanların güvenli şekilde tahliye edilmesi ile ilgili hususları kapsamaktadır.

Kanunlar, genel hükümleri kapsadığından özel durumları ve detayları belirleyen durumlara yönelik yönetmeliklerle desteklenmektedir. İSG Kanunu kapsamındaki tahliye ile ilgili tedbirlere detaylı olarak “İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik (Türkiye

Cumhuriyeti Devleti, Yönetmelik, 2013)” [2] başlıklı düzenlemenin “işverenin yükümlülükleri” kısmında yer verilmiştir. Söz konusu yönetmeliğin ilgili kısmında acil durum planlarının hazırlanması ile tatbikatların yapılması işverenin yükümlülüğü olarak belirlenmiştir. Getirilen bu yasal düzenleme ile acil durumlarda tahliye sürecinin nasıl yürütüleceğinin belirlenmesi ve mümkün olan en az zararlar tahliyelerin tamamlanması amacıyla acil durum tatbikatlarının yıllık olarak yapılması zorunlu tutulmuştur. İSG kanunu kapsamında, çalışanların acil durumlarda tahliyesi ile ilgili diğer bir yönetmelik ise “Sağlık ve Güvenlik İşaretleri Yönetmeliği”dir (Türkiye Cumhuriyeti Devleti, Yönetmelik, 2013)” [3]. Bu yönetmelik sağlık ve güvenlik işaretlerini kapsamaktadır ve çalışanların bu işaretleri öğrenmesi amaçlı eğitime tabi tutulmasını şart koşmaktadır.

İlgili kanun ve yönetmelikler çerçevesinde, firmalar oluşabilecek acil durumlar için yıllık periyotlarda düzenli olarak planlı tahliye tatbikatları yaptırmaktadır. Bu tatbikatlarda, daha önceden belirlenen ve işaretlenen toplanma bölgelerinde “Sağlık ve Güvenlik İşaretleri Yönetmeliği [Türkiye Cumhuriyeti Devleti, Yönetmelik, 2013]”, çalışanlar acil durum toplanma alanlarında toplanarak kişilerin sayım işlemi yapılmaktadır. Geleneksel olarak firmaların acil durum sonrası sayım işlemleri manuel yöntemlerle yapılmaktadır. Bu duruma örnek olarak OSHA (Occupational Safety and Health Administration) tarafından yayımlanan “İşyeri Acil Durumları ve Tahliyeleri Nasıl Planlanır” adlı yayım kılavuzunda “Tahliyeden sonra bir kafa sayımı yapın. Hesapta bulunmayan kişilerin adlarını ve bilinen son yerlerini belirleyin ve bunları yetkili görevliye iletin;” uygulama yöntemi belirlenmiştir [4]. Günümüzde endüstri 4.0 (dördüncü sanayi devrimi) ile dijitalleşme, pek çok üretim faaliyetinin kapsamlı ve detaylı dijital dönüşümünü içermektedir [5]. Fakat bazı firmalar için bu dijital dönüşüm süreçleri sadece maliyetleri kontrol etme, arıza sürelerini

azaltma ve arızaları önleme için sistem performansını gerçek zamanlı olarak izleyebilen yeni nesil, akıllı, iş birliği yapan ve birbirine bağlı üretim sistemleri sunma amaçlı kullanılmamaktadır [6]. Dijital dönüşümün gerçekleştiği bu firmalarda çeşitli yazılım ve donanımların kullanımıyla dijital sayım işlemi uygulamaktadır [7]. Bununla birlikte, bu yöntem yüksek maliyetler nedeniyle iş sağlığı ve güvenliği yönetmeliğine tabi firmaların çoğunluğu tarafından tercih edilmemektedir.

Manuel yöntemlerle gerçekleştirilen sayım işlemlerinde hatalı sonuçlar elde edilmekte ve sayım işlemi doğru sonuçlar vermemektedir. Bu çalışmanın amacı tahliye sonrası sayım işlemlerinin daha hızlı ve sağlıklı bir şekilde yürütülebilmesine imkân tanıyan acil durum toplanma bölgelerinin optimizasyonudur. Optimizasyonu gerçekleştirilmiş acil durum toplanma bölgeleri sayesinde belirlenen amaç veya amaçlar için belirli kısıtlamaların sağlanarak en uygun çözümün elde edilme süreci sağlanır [8]. Çalışmada bulanık mantık tabanlı bir yöntem kullanılarak acil durum toplanma bölgelerinin sayısının optimize edilme önerisi sunulmuştur. Uygulanan yöntem ile uluslararası kabul gören standartlar çerçevesinde, ülkemizde faaliyet gösteren bir firmanın yerleşkesinde bulunan acil durum toplanma bölgelerinin birbirlerine ve çalışanların gündelik işlerine bağlı olarak bu bölgelere olan uzaklıkları betimlenerek mevcut durumda var olan acil durum toplanma bölgelerinin sayısının artırılması gerektiği ortaya konmuştur. Optimizasyon sonrasında yapılan düzenleme ardından 2019 yılı tatbikat süresinde %25 oranında sürede verimlilik elde edilmiştir. Fakat pandemi süreci dolayısıyla 2020 yılında tatbikat yapılmamıştır. 2021 yılında ise küçük ölçek ile bir tatbikat gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları paylaşarak, konuyla ilgili gelecekte yapılabilecek çalışmalara yardımcı olması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

İSG ile ilgili yasal düzenlemeler asıl olarak, tahliye gerektiren şartlarda ve acil durumlarda çalışanların tehlike bölgelerinden güvenli bir şekilde ayrılma ve acil durum toplanma bölgelerine geçmelerini temin etmeyi hedeflemektedir. Tahliyenin daha önceden hazırlanan bir plan dahilinde yapılması ve ilgili çalışanların hazırlanan bu planlar çerçevesinde

eğitime tabi tutulması, istenmeyen bir olay esnasında tahliyeyi daha da kolaylaştıracaktır. Acil durum gerçekleştiğinde planı okuyacak zaman bulunamaz hatta bu planlar okunmak için bile bulunamayabilir. Bu nedenle, planların yılda en az iki defa tatbikat ve alıştırma ile herkes tarafından denenmesi, öğrenilmesi ve geliştirilmesi gereklidir [9]. Bu çerçevede, düzenlenecek olan tatbikatlarla bireylerin tehlike anında nasıl davranmaları gerektiği hakkında pratik yapmaları sağlanmaktadır.

Tahliye süreci insanların performansına dayalı bir durum olduğu için planlama, uygulama ve gözlemlenme safhalarının her birinde beklenmedik hadiseler yaşanabilmektedir [10]. Tatbikatlar, daha önceki yaşanmışlık sayesinde insan davranışını en çok etkileyen faktördür [11]. Dolayısıyla tatbikatlar, acil durumlarda işyerinin tahliyesi ile ilgili çalışanların tehlike anında olağandışı bir duruma karşı tecrübe kazanmalarını ve farkındalık seviyelerinin artmasını sağlamaktadır. Tehlike öncesinde edinilen tecrübeler, tehlike anında insan davranışı üzerinde çok fazla belirleyici fonksiyona sahip olduğu için de tatbikatlar ciddi önem kazanmaktadır.

Tahliye sürecinde en önemli husus tahliye işleminin güvenli bir şekilde tamamlandığından emin olmaktır. Bu güvenirlilik, ölüm ve yaralanmaların sayısını ve bu kayıpların neden olabileceği sosyal etkileri önemli ölçüde azaltabilir [12]. Tahliye işleminin güvenli bir şekilde yapıldığından emin olmak tahliye edilmesi gereken çalışanların güvenli bölgelere (acil durum toplanma bölgesi) ulaştıktan sonra sağlıklı ve hızlı bir şekilde sayılmasına bağlıdır. Sayım işleminin yapılmasının amacı, işyerinde bulunan çalışanlardan eksik olup olmadığı hakkında bilgi edinmektir. OSHA 3088 – 2001 kılavuzunda belirtilen kafa sayım yöntemi genel geçer yöntem olarak çoğu işletme tarafından kabul görmektedir. Ayrıca birçok firma yoklama listesi ile sayım yöntemini kullanılmaktadır. Bu iki yöntemin birlikte uygulanmasını tercih eden firmalar da bulunmaktadır. Ülkemizde faaliyet gösteren ve İSG Kanun ve yönetmeliklerine tabi firmalardan bir kısmına ait çalışan sayısı ve tatbikat esnasında çalışan sayım yöntemi Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Acil durum tatbikatlarında çalışanların sayılma yöntemleri.

Firma	Çalışan Sayısı	Sayım Yöntemi 1	Sayım Yöntemi 2
A	200 – 250	Göz ile kafa sayım	-
B	50 – 75	Yoklama listesi	-
C	400 – 450	Göz ile kafa sayım	Yoklama listesi
D	800 – 900	Yoklama listesi	-
E	2000-2500	Göz ile kafa sayım	Yoklama listesi

Çizelge 1.'de görüldüğü üzere, çalışan sayısı 2000'in üzerindeki bir firmada bile göz ile kafa sayımı ve yoklama listesi üzerinden çalışan sayımı gibi klasik yöntemlerin kullanıldığı görülmektedir. Mevcut durumda acil durum toplanma bölgelerinde sayım işlemleri tamamlandıktan sonra elde edilen veriler işyerindeki acil durum koordinasyon merkezine bildirilerek işyerindeki kişi sayısı ile sayılan kişi sayısı karşılaştırılmaktadır. Çıkan sonuçlarda sayıma girmemiş eksik çalışan tespit edilirse, acil durum müdahale ekiplerine bilgi verilmektedir ve ekiplerin derhal arama ve kurtarma çalışmalarını başlatması talep edilmektedir.

Firmaların acil durum tatbikatlarında çalışanların sayım işlemi için kullandıkları süreler uluslararası standartların dışında kalabilmektedir. OSHA'ya göre "tıbbi literatür, solunum durması, kalp durması veya kontrolsüz kanama gibi ciddi yaralanmalar için, kalıcı tıbbi bozulma veya ölümden kaçınmak için ilk birkaç dakika içinde ilk yardım tedavisinin sağlanması gerektiğini ortaya koymaktadır. Buna göre düşme, boğulma, elektrik çarpması, amputasyon gibi ciddi kazaların olabileceği iş yerlerinde, sahada ilkyardım eğitimi almış bir çalışan yoksa 3-4 dakika içinde acil sağlık hizmetlerine ulaştırılması gerekmektedir. OSHA, bu tür işle ilgili ciddi yaralanma olasılığının daha uzak olduğu ofisler gibi işyerlerinde 15 dakikaya kadar biraz daha uzun bir yanıt süresinin makul olabileceğini kabul etmektedir" [13]. Çizelge 2.'de bu çalışmanın ait olduğu ülkemizde faaliyet gösteren ve çalışan sayısı kademeli olarak 3500'den 6500 üzerine çıkan bir firmaya (A) ait sayım süreleri verilmiştir.

Çizelge 2. A Firması acil durum tatbikatlarında yıllara göre sayım süreleri.

Tatbikat Yılı	Vardiya Sayısı	Çalışan Sayısı	Çalışan Sayısı Artışı (%)	Sayım Süresi (Dk.)	Sayım Süresi Artışı (%)
2015	2	3500 +	-	15 +	-
2016	2 – 3	4000 +	28	25 +	67
2017	3	5000 +	25	45 +	80
2018	3	6500 +	20	90 +	100
2019	3	6500 +	2	70+	-25
2020	3	6500 +	1	PANDEMİ SÜRECİNDE TATBİKAT YAPILMADI.	

Çizelge 2.'de görüldüğü gibi, A firmasının uyguladığı acil durum tatbikatlarındaki sayım süresi çalışan sayısındaki oransal artıştan çok daha fazladır. NFPA Standard 1710, "acil bir durumda ileri yaşam desteği (Advanced Life Support) biriminin gelmesi için 60 saniyelik bir "katılım süresi" ve 480 saniyelik bir "seyahat süresi" (birlikte, 540 saniye veya 9 dakikalık "yanıt süresi") kıyaslama süresi hedefi belirler" [14]. Uluslararası standartlar açısından bakıldığında, A firmasına ait bu sayım sürelerinin beklenenden uzun sürmesi sebebiyle tatbikat sayımında eksik olarak bildirilen çalışanlar için yeterli müdahale süresi kalmadığı görülmektedir. Herhangi bir acil durumun gerçekleşmesi ihtimalinde eksik kişilerin belirlenmesi hızlı şekilde tamamlanması gereklidir. Arama ve kurtarma ekiplerince eksik kişilerin bulunması ve ilk yardım veya tıbbi müdahaleye başlanması için acil durum tatbikatı sayım süresinin beş dakika içerisinde bitirilmesi beklenmektedir.

Çizelge 1. ve 2.'deki verilere göre, acil durumlarda yapılan tatbikatlarla ilgili olarak mevcut durum uygulamaları değerlendirildiğinde, çalışan sayısının fazla olduğu firmalarda klasik yöntem olan göz ile kafa sayım veya yoklama listesi doldurma yöntemi ile sayım süresinin istenen aralığın oldukça dışında gerçekleşmesi, temel bir problem olarak göze çarpmaktadır. Bu problemin asgari düzeye indirilmesi ya da ortadan kaldırılması için iki farklı çözüm yönteminin ayrı ayrı ya da birlikte uygulanması gerekebilir. Bunlardan ilki çalışan sayım işleminin klasik sayım yönteminin dışında insandan bağımsız hale getirilerek dijitalleştirilmesi, ikincisi ise acil durum toplanma bölgelerinin optimizasyonudur. Sayım yönteminin dijitalleştirilmesi maliyeti

yüksek teknolojik ekipmanlar gerektirdiğinden her firma için uygun değildir. Fakat dijitalleşme işlemi henüz gerçekleşmemiş olmasına rağmen örnek bir uygulamada optimizasyonu sağlanmış toplanma bölgeleri sayım işlemlerinin süresini belirli ölçüde kısaltmıştır.

2.1. Bulanık Mantık ile Acil Durum Toplanma Süreci Optimizasyonu

Acil durumlar için yapılan yıllık planlı tatbikatlarda, acil durum toplanma bölgelerinin sayısı, yapılan sayım işlemlerinin doğruluğu ve uygun sayım zamanı için büyük önem arz etmektedir. Acil durum toplanma bölgelerinin sayısı ne az ne de fazla olmalıdır. Çünkü acil durum toplanma alanlarındaki karışıklık, binada mahsur kalanların kurtarılmasında gecikmelere veya gereksiz ve tehlikeli arama-kurtarma operasyonlarına neden olabilir [4]. Eğer acil durum toplanma bölgelerinin sayısı az olursa, bölgeye toplanacak olan kişi sayısı fazla olacağından sayım işlemi uzun sürecektir. Böylelikle sayım işlemleri öngörülen yeterli süre olan beş dakika içerisinde tamamlanamayacaktır. Öte yandan çok fazla acil durum toplanma bölgesi olması durumunda, kriz masasına gelecek olan toplanma bölgeleri sayım verilerinde karmaşa yaratabilecektir.



Şekil 1. Bir hastanenin acil durum toplanma bölgesi haritası

Yukarıdaki Şekil 1.'de örnek bir acil durum toplanma bölgeleri haritası verilmiştir. Şekilde acil durum toplanma bölgeleri göreceli olarak belirli mesafelerde dağıtılmıştır. Bu çalışmada bulanık mantık metodu ile acil durum toplanma bölgelerinin sayısının belirlenmesi ve optimum çözüm elde edilmesi sağlanmıştır.

2.1.1. Bulanık mantık

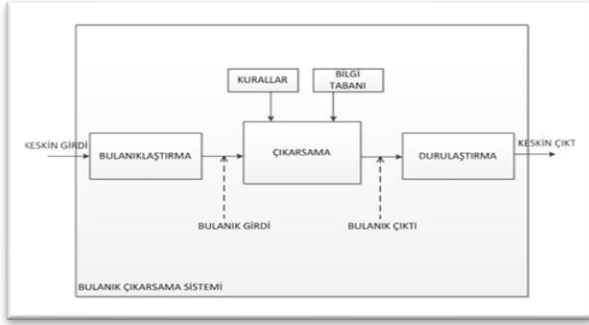
Bulanık mantık hakkında işlerlik katan en önemli kavram ilk kez 1965 senesinde tanımlanan bulanık (belirsiz) kümelerdir

[15,23]. Bu kavram kısmen matematiği çağrışırsa da esasında reddedilen mutlak değerlerin kümelendiği alanı ifade eder. Belirsiz bir kümeye ait değerler grafik şeklinde ifade edildiğinde Sigmoid fonksiyonunda olduğu gibi karşımıza çıkan çan eğrisine (bazen üçgen şeklinde veya bazen yamuk şeklinde) 0 ile 1 arasında herhangi bir değeri alabilen “aitlik eğrisi” denir [16]. Bulanık mantık ile yapılan çalışmalarda yaygın olarak kullanılan başlıca modeller; Mamdani ve Takagi – Sugeno tipi bulanık modellerdir [17]. Mamdani ve Takagi – Sugeno modeli avantajları kısaca aşağıdaki Çizelge 3.'de verilmiştir.

Çizelge 3. Mamdani ve Takagi – Sugeno modeli avantajları özeti [18].

Mamdani Modeli Avantajları
<ul style="list-style-type: none"> • Modelin oluşturulması basittir. • Diğer bulanık mantık modellerinin temelini oluşturur. • İnsan davranış ve duyularına uygundur.
Takagi – Sugeno Modeli Avantajları
<ul style="list-style-type: none"> • Hesaplama için çok uygundur. • Lineer olmayan sistemlerin kontrol edilmesi için lineer teknikler kullanılabilir. • Optimizasyon ve uyarlanabilir (adaptive) tekniklerle birlikte iyi çalışır ve çıktı parametrelerini optimize ederek sonuçları iyileştirir. • Çıktı uzayında sürekliliği garantiler. • Matematiksel analiz için uygundur

Bulanık mantık kullanılarak belirli bir modellemenin yapılabilmesi için, süreçte etkin rol alan bütün elementlerin dâhil edildiği bir “kural tabanı” oluşturulur. Kural tabanının yanı sıra oluşturulan “bilgi tabanı” konuya ilişkin elde edilen gözleme ve matematiksel ya da fiziksel formüle dayanan bütün bilgileri içermesi gerekir. Bu süreç ne kadar sağlıklı işlerse elde edilen sonuçlar da o kadar hassas ve doğru olur. Bulanık mantık sisteminin işleyişi aşağıda Şekil 2.'de gösterildiği gibi kesin girdilerin bulanıklaştırma işlemine alınmasıyla başlar. Bir sonraki aşamada bulanık girdiler kümesi, oluşturulan kurallar ve bilgi tabanı çerçevesinde çıkarsama işlemine alınır. Elde edilen bulanık çıktılar durulaştırılarak kesin çıktı elde edilir.



Şekil 2. Bulanık mantık sistem tasarımı [19].

2.2. Önerilen Sistem

Bu çalışmada acil durum toplanma bölgelerinin sayısının belirlenmesi için iki önemli ölçüt kullanılmıştır. Birinci ölçüt, kişilerin çalıştıkları yerin acil durum toplanma bölgesine olan uzaklığıdır. İkinci önemli ölçüt ise, acil durum toplanma alanlarının birbirine olan uzaklığıdır.

Çalışmada geçen eğrilerin oluşması için kişinin çalışma yerinin, acil toplanma bölgesine olan uzaklığı aşağıdaki Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik Ek-5/B'de yer alan ve Çizelge.4'te gösterilen verilere uygun biçimde belirlenmektedir. Ayrıca benzer eğriler acil durum toplanma bölgeleri arasında kullanılacaktır.

Çizelge 4. Çıkışlara Götüren En Uzun Kaçış Uzaklıkları ve Birim Genişlikleri Örnekleri.

Kaynak: Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik Ek-5/B

Kullanım Sınıfı	Tek yön en çok uzaklık (metre)	
	Yağmurlama Sistemi yok	Yağmurlama Sistemli
Yüksel Tehlikeli Yerler	10	20
Endüstri Amaçlı Yapılar	15	25
Okul ve Eğitim Yapıları	15	30
Hastaneler, Huzurevleri	15	25
Kullanım Sınıfı	İki yönde en çok uzaklık (metre)	
	Yağmurlama Sistemi yok	Yağmurlama Sistemli
Yüksel Tehlikeli Yerler	20	35
Endüstri Amaçlı Yapılar	30	60
Okul ve Eğitim Yapıları	45	75
Hastaneler, Huzurevleri	30	45

Çizelge.4'te BYKH yönetmelikte belirttiği gibi iki yönde en çok uzaklık 60 metre ve bina çıkış kapısından sonra acil durum toplanma bölgesine yürüme mesafesi 15 metre olarak alınmaktadır. Acil durum toplanma bölgesinin

binadan 15 metre uzaklığa çekilmesini sebebi ise endüstriyel binanın yüksekliğine bağlı olarak güvenli bölge belirlenmiştir. Bu durumda ortaya çıkan metraj 75 metre olup, kişinin çalışma yerinin toplanma bölgesine olan en fazla uzaklığı olarak kabul edilmiştir.

Ayrıca benzer bir durum acil durum toplanma bölgeleri arasındaki mesafeler için geçerlidir. Herhangi bir acil durum toplanma bölgesinin iptal olması durumunda (tehlike bölgesi içerisinde kalması vb.) kişiler en yakın toplanma bölgesine gitmek zorunda kalacakları için toplanma bölgeleri arası mesafe bu sebeple önemlidir.

Son olarak ise acil durum toplanma alanlarına toplanan kişilerin sayım işlemine harcanan süredir. Bir kişinin sayım işlemi yaklaşık ortalama dört saniyede tamamlanmaktadır. Bu işlem süresi saha uygulamalarında şu şekilde belirlenmiştir; sayım esnasında yoklama listesinde kişinin isminin okunması, kişinin cevap verme esnasında gözle tespit edilmesi ve yoklama listesine işleme süresi tutulmuş ve sonuç dört saniye olarak bulunmuştur.

Gerekli tanımlamalar yapıldıktan sonra bulanık mantık metodunun uygulanması için bulanık kümelerin oluşturulması gereklidir.

2.2.1. Bulanık kümelerin oluşturulması

Bulanık kümelerin oluşturulmasında iki giriş ve bir çıkış bulanık mantık kümeleri oluşturulur. Birinci giriş kümesi olarak acil durum toplanma yerine, kişinin çalıştığı yerin uzaklığı ele alınmaktadır. İkinci giriş kümesi olarak ise acil durum toplanma bölgelerinin birbirleri arasındaki uzaklık ele alınmıştır. Bu çözümlerin oluşturulması esnasında unutulmamalıdır ki evrensel yürüme hızı olan saatte beş kilometre yürüme hızı ve ortalama ölçülere sahip bir yetişkinin hareket hızı 1,2 m/s -1,4 m/s göre hesaplanmıştır [20]. Bu çalışmada kişilerin hızı 1,3 m/s olarak standart alınmıştır [21]. Ayrıca belirtmelidir ki bu çalışmada kişilerin acil durum toplanma bölgelerine ulaşmaları esnasında herhangi bir engelle karşılaşmadığı var sayılmıştır.

Birinci giriş kümesi çalışan kişinin acil durum toplanma bölgesine olan uzaklığının Çizelge.5'te verilere göre belirlenmektedir. Dilsel ifadeler referans aralığına göre belirlenir. Benzer şekilde acil durum toplanma

bölgelerinin birbirlerine olan uzaklığı ikinci giriş kümesi için oluşturulmuştur. Acil durum toplanma bölgelerinin birbirlerine olan uzaklığı; bir bölgesinin tehlike alanı içerisinde kalması durumunda bölgede toplanması gereken kişilerin en yakın bölgeye ulaşması için geçen süre açısından önemlidir. Çıkış kümesi acil durum toplanma bölgesinin sayısının belirlenmesi için oluşturulmuştur. Toplanma bölgesinin sayısı, sayım işleminin yeterli sürede tamamlanması açısından önemlidir.

Birinci giriş kümesi olan acil durum toplanma yerine kişinin çalıştığı yerin uzaklığı küme tablosu aşağıdaki Çizelge 5'teki gibidir.

Çizelge 5. Acil durum toplanma yerine kişinin çalıştığı yerin uzaklığı

Uzaklık (Metre)	Dilsel Değişkenler
0-40	Çok Yakın
30-85	Yakın
60-120	Uzak
100-250	Çok Uzak

Çizelge 6'da ise ikinci giriş kümesi olan acil durum toplanma bölgelerinin birbirlerine olan uzaklığı hakkında bilgileri vermektedir.

Çizelge 6. Acil durum toplanma bölgelerinin birbirlerine olan uzaklıkları.

Uzaklık (Metre)	Dilsel Değişkenler
0-75	Çok Yakın
50-175	Yakın
160-310	Uzak
250-~	Çok Uzak

Çizelge 7'de bir endüstriyel tesiste, çalışanların toplanma bölgesine uzaklığı ve komşu bölgelerin birbirlerine olan uzaklığına göre düzenlenen acil durum toplanma bölgesi sayısı verilmiştir. Bu bölgelerin sayısı tesiste bulunan kişilerin toplanma bölgesinde yığılma yaşanmasına göre artırılabilir veya azaltılabilir. Çizelge 7 çıkış kümesini oluşturmaktadır.

Çizelge 7. Çıkış kümesi olan Toplanma Bölgesi Sayısı.

Toplanma Bölgesi Sayısı (Adet)	Dilsel Değişkenler
0-8	Çok Az
6-18	Az
15-28	Fazla
22-~	Çok Fazla

Giriş kümelerinin oluşturduğu bulanık kural tablosu sayesinde, sistem bulanık kural tablosunu oluşturmaktadır. Bulanık kural tablosu aşağıdaki Çizelge 8'deki gibidir.

Çizelge 8. Acil durum toplanma bölgesine olan uzaklık ile acil durum toplanma bölgeleri arası uzaklık giriş kümelerinin oluşturduğu bulanık kural tablosu.

		Acil Durum Toplanma Bölgeleri Arası Uzaklık			
		Çok Yakın (CY)	Yakın (Y)	Uzak (U)	Çok Uzak (CU)
Acil Durum Toplanma Bölgesine olan uzaklık	Çok Yakın (CY)	Çok Az	Az	Az	Çok Fazla
	Yakın	Çok Az	Az	Fazla	Çok Fazla
	Uzak	Az	Fazla	Çok Fazla	Çok Fazla
	Çok Uzak	Az	Fazla	Çok Fazla	Çok Fazla

Oluşan bulanık kural tablosu sayesinde çıkış kümesi olan acil durum toplanma bölgesi sayısı elde edilmektedir. Çizelge 9'da görüldüğü üzere çıktı kümesi olarak sahadaki toplam acil durum toplanma bölgesi sayısı alınmıştır. Bu tablo Mamdani metodunun ağırlık merkezi yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Bu metod Çizelge 3.'te yer alan avantajlardan dolayı kullanılmıştır.

3. DENEYSEL BULGULAR

Yapılan bu çalışmada bir işletmede bulunan acil durum ve afet toplanma bölgelerinin sayısının, bulanık mantık metodu kullanılarak optimize edilmesi üzerine çalışılmıştır.

Çözüm bulunması esnasında Binaların Yangından Korunması Hakkındaki Yönetmelik Ek 4'teki kaçış uzaklıklarından faydalanılmıştır. Ayrıca benzer durum Çizelge 9.'da NFPA 130 standardında belirtilmiştir.

Çizelge 9. NFPA 130'a Göre Kapalı Alanlarda Kapasite ve Hız Standardı [22]

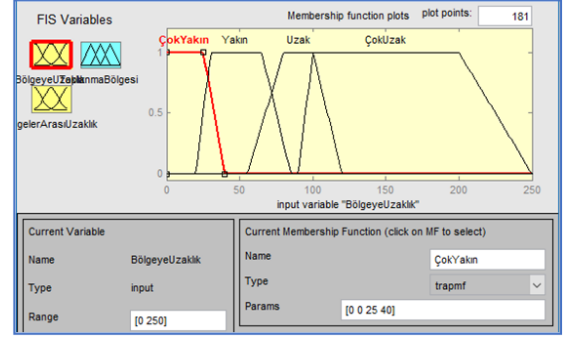
Eğimi %4 ten küçük olan platformlar, geçişler ve rampalar	
Kapasite	89,4 kişi / dakika
Hız	61,0metre/ dakika
Eğimi %4 ten fazla olan yokuşlar, merdivenler ve rampalar	
Kapasite	62,6 kişi / dakika
Yukarı doğru	Hız 15,24metre/ dakika
Aşağı doğru	Kapasite 71,6 kişi / dakika
	Hız 18,3 metre/ dakika
Kapı ve çıkışlar	
Kapasite	89,4 kişi / dakika

3.1. Gerçekleme

Bu çalışmada oluşturulan bulanık mantık tabloları MATLAB programı sayesinde betimlenmiş olup, çıkan veriler incelenmiştir. MATLAB programının bulanık mantık modülü ile iki girişli ve bir çıkışlı olan Mamdani modeli kurulmuştur. Bu modelde ağırlık merkezi yöntemi ile sonuçların elde edilmesi yöntemi esas alınmıştır. Girdi kümelerinin birincisine acil durum toplanma yerine kişinin çalıştığı yerin uzaklığı atanmıştır ve adlandırma olarak da BölgeyeUzaklık adı verilmiştir. Girdi kümelerinin ikincisine Acil durum toplanma bölgelerinin birbirlerine olan uzaklıkları atanmıştır ve adlandırma olarak BölgelerArasıUzaklık adı kullanılmıştır.

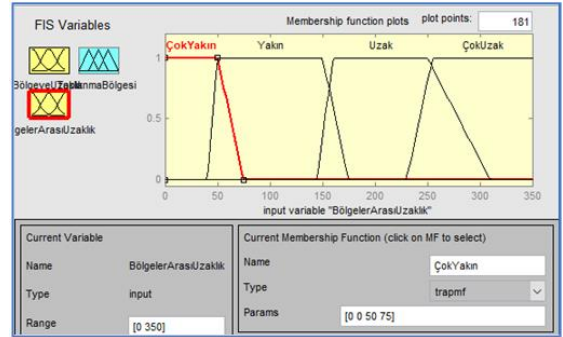
Bulanık Mantık üyelik fonksiyonu, bir bulanık kümenin üyelik derecesini hesaplamak için kullanılır ve üyelik değerindeki (üyelik derecesi) veri girişlerinin noktalarının haritalanmasını gösteren ve 0 ile 1 arasında değişen bir eğridir [24]. Çalışmada girdi kümelerinde kullanılan üyelik fonksiyonları tipinde trapmf yöntemi seçilmiştir. Böylelikle geometrik şekil olan yamuk şekli elde edilmiştir. Bu sayede bulanık mantık kuralları çerçevesinde yaklaşık değerler elde edilir.

Bu çalışmada aşağıdaki Şekil 3'te görüldüğü gibi Çizelge 6'da verilmiş olan değerler MATLAB programı bulanık mantık modülüne işlenmiştir. Üyelik fonksiyonunda maksimum mesafe 250 metre alınmış olup Çizelge 5'teki değer ile eşittir.



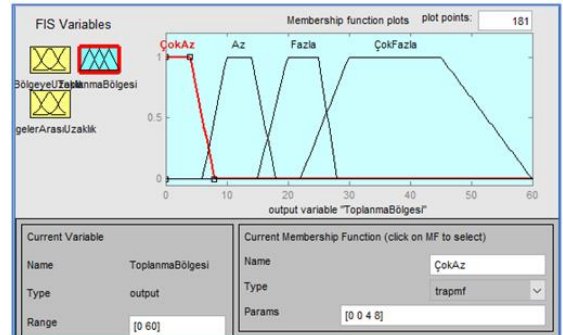
Şekil 3. Birinci girdi kümesi olan bölgeye uzaklık üyelik fonksiyonları.

Aşağıdaki Şekil 4'te görüldüğü gibi Çizelge 6'da verilmiş olan değerler MATLAB programı bulanık mantık modülüne işlenmiştir. Üyelik fonksiyonunda maksimum mesafe 350 metre alınmıştır. Bu mesafe Çizelge 6.'daki değerden farklıdır. Bu mesafe eşitsizliğin sebebi, çıkış değerlerinin okunmasında oluşması istenen farklılığın daha belirgin duruma getirmektir.



Şekil 4. İkinci Girdi kümesi olan BölgelerArasıUzaklık üyelik fonksiyonları.

Aşağıdaki Şekil 5'te görüldüğü gibi Çizelge 7 değerlerinin karşılığı oluşturulmuş olup bu değerler MATLAB programı bulanık mantık modülüne işlenmiştir.



Şekil 5. Çıkış kümesi olan Toplanma bölgesi sayısı üyelik fonksiyonları.

Aşağıdaki Şekil 6'de MATLAB programı aracılığı ile girdi kümelerinin oluşturduğu bulanık kurallar tablosu verilmiştir. Toplam on

altı adet bulanık kural oluşturulmuştur ve bunlar çıktı grafikleri için kullanılacaktır.

1. If (BölgeyeUzaklık is ÇokYakın) and (BölgelerArasıUzaklık is ÇokYakın) then (ToplanmaBölgesi is ÇokAz) (1)
2. If (BölgeyeUzaklık is ÇokYakın) and (BölgelerArasıUzaklık is Yakın) then (ToplanmaBölgesi is Az) (1)
3. If (BölgeyeUzaklık is ÇokYakın) and (BölgelerArasıUzaklık is Uzak) then (ToplanmaBölgesi is Az) (1)
4. If (BölgeyeUzaklık is ÇokYakın) and (BölgelerArasıUzaklık is ÇokUzak) then (ToplanmaBölgesi is ÇokFazla) (1)
5. If (BölgeyeUzaklık is Yakın) and (BölgelerArasıUzaklık is ÇokYakın) then (ToplanmaBölgesi is ÇokAz) (1)
6. If (BölgeyeUzaklık is Yakın) and (BölgelerArasıUzaklık is Yakın) then (ToplanmaBölgesi is Az) (1)
7. If (BölgeyeUzaklık is Yakın) and (BölgelerArasıUzaklık is Uzak) then (ToplanmaBölgesi is Fazla) (1)
8. If (BölgeyeUzaklık is Yakın) and (BölgelerArasıUzaklık is ÇokUzak) then (ToplanmaBölgesi is ÇokFazla) (1)
9. If (BölgeyeUzaklık is Uzak) and (BölgelerArasıUzaklık is ÇokYakın) then (ToplanmaBölgesi is Az) (1)
10. If (BölgeyeUzaklık is Uzak) and (BölgelerArasıUzaklık is Yakın) then (ToplanmaBölgesi is Fazla) (1)
11. If (BölgeyeUzaklık is Uzak) and (BölgelerArasıUzaklık is Uzak) then (ToplanmaBölgesi is ÇokFazla) (1)
12. If (BölgeyeUzaklık is Uzak) and (BölgelerArasıUzaklık is ÇokUzak) then (ToplanmaBölgesi is ÇokFazla) (1)
13. If (BölgeyeUzaklık is ÇokUzak) and (BölgelerArasıUzaklık is ÇokYakın) then (ToplanmaBölgesi is Az) (1)
14. If (BölgeyeUzaklık is ÇokUzak) and (BölgelerArasıUzaklık is Yakın) then (ToplanmaBölgesi is Fazla) (1)
15. If (BölgeyeUzaklık is ÇokUzak) and (BölgelerArasıUzaklık is Uzak) then (ToplanmaBölgesi is ÇokFazla) (1)
16. If (BölgeyeUzaklık is ÇokUzak) and (BölgelerArasıUzaklık is ÇokUzak) then (ToplanmaBölgesi is ÇokFazla) (1)

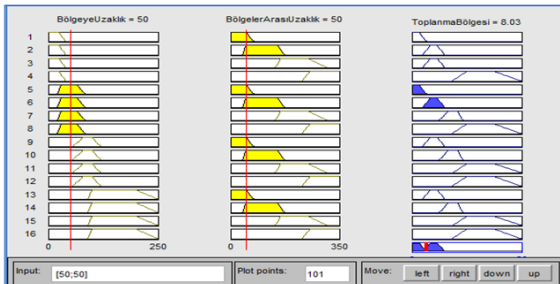
Şekil 6. Bulanık kurallar tablosu

Üyelik fonksiyonları MATLAB bulanık mantık editörüne girildikten sonra üyelik fonksiyonunun değerleri de kural editörüne girilmiştir. Kural girişleri tamamlandıktan sonra kural görüntüleme aracı ile sonuçlar izlenmiştir. Sonuçların oluşturulması esnasında durulaştırma metodu olarak ağırlık merkezi metodu seçilmiştir.

Tüm verilerin işlenmesi sonrası MATLAB programı ile betimlemesi yapılan sistem aşağıdaki sonuçları vermiştir.

3.1.1. Senaryo A: Acil durum toplanma bölgesine uzaklık “yakın”, acil durum toplanma bölgeleri arası uzaklık “yakın” koşulu

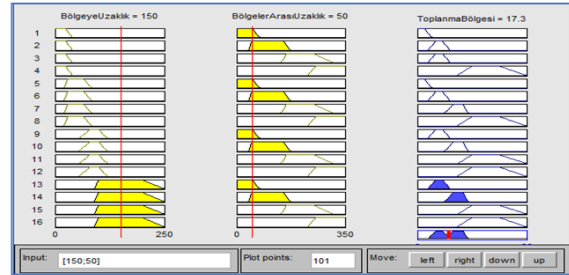
Şekil 7’de bir çalışanın acil durum toplanma bölgesine olan uzaklığı 50 metre iken ve iki komşu acil durum toplanma bölgesinin arasındaki mesafenin 50 metre iken elde edilen acil durum toplanma bölgesi sayısı sonucu grafik olarak şeklin içerisinde alt sağ tarafta kırmızı renk ile işaretlenerek gösterilmiştir. Elde edilen sonuca göre sekiz adet acil durum toplanma bölgesi yeterli olacaktır. Verilen metrajlara göre işletmenin hem ilgili standartlara uygun olduğu hem de büyük bir alana sahip olmadığı sonucu ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla sekiz adet acil durum toplanma bölgesi işletme için yeterli sonuçları verecektir.



Şekil 7. Çalışma bölgesinin Acil Durum Toplanma Bölgesine olan uzaklığı 50 metre, Acil Durum Toplanma Bölgelerinin birbirine olan uzaklıkları 50 metre koşulundaki sonuç göstergesi.

3.1.2. Senaryo B: Acil durum toplanma bölgesine uzaklık “çok uzak”, acil durum toplanma bölgeleri arası uzaklık “yakın” koşulu

Şekil 8’de ise bir çalışanın acil durum toplanma bölgesine olan uzaklığı 150 metre ve iki komşu acil durum toplanma bölgesi arası uzaklık 50 metre durumu betimlenmiştir. Elde edilen betimlemede acil durum toplanma bölgesi sayısı sonucu grafik olarak şeklin içerisinde alt sağ tarafta kırmızı renk ile işaretlenerek gösterilmiştir. Sonuca göre on yedi adet acil durum toplanma bölgesi işletme için yeterli olacaktır. Şekil 7.’de verilen metrajlara göre işletme yapısının Çizelge 5.’te yer alan çıkış uzaklıklarına uygun olmadığı için on yedi adet toplanma bölgesine ihtiyaç doğmuştur. Toplanma bölgesi sayısı artırılarak çalışanlara daha yakın mesafede konumlandırılması alt bilgisi ortaya çıkmıştır. Özellikle kapalı alan büyüklüğü arttıkça acil durum toplanma bölgesi sayısı artacaktır.

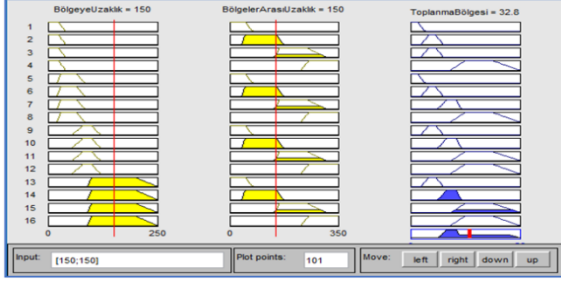


Şekil 8. Çalışma bölgesinin Acil Durum Toplanma Bölgesine olan uzaklığı 150 metre, Acil Durum Toplanma Bölgelerinin birbirine olan uzaklıkları 50 metre koşulundaki sonuç göstergesi.

3.1.3. Senaryo C: Acil durum toplanma bölgesine uzaklık “çok uzak”, acil durum toplanma bölgeleri arası uzaklık “çok uzak” koşulu

Şekil 9’da ise bir çalışanın acil durum toplanma bölgesine olan uzaklığı 150 metre iken ve iki komşu acil durum toplanma bölgesinin arasındaki mesafenin 150 metre iken elde edilen acil durum toplanma bölgesi sayısı sonucu grafik olarak şeklin içerisinde alt sağ tarafta kırmızı renk ile işaretlenerek gösterilmiştir. Sonuca göre otuz iki adet acil durum toplanma bölgesi işletme için yeterli olacaktır. Şekil 9.’da verilen metrajlara göre işletme yapısının Çizelge 5.’te yer alan çıkış uzaklıklarına uygun olmadığı için otuz iki adet toplanma bölgesine ihtiyaç doğmuştur. Toplanma bölgesi sayısı artırılarak çalışanlara daha yakın mesafede

konumlandırılması alt bilgisi ortaya çıkmıştır. Özellikle kapalı alan büyüklüğü arttıkça acil durum toplanma bölgesi sayısı artacaktır. Toplanma bölgesi sayısı artırılarak çalışanlara daha yakın mesafede konumlandırılması alt bilgisi ortaya çıkmıştır.



Şekil 9. Çalışma bölgesinin Acil Durum Toplanma Bölgesine olan uzaklığı 150 metre, Acil Durum Toplanma Bölgelerinin birbirine olan uzaklıkları 150 metre koşulundaki sonuç göstergesi.

3.1.4. Senaryoların karşılaştırılması

Örneklem olarak seçilen bu üç senaryodan birincisinde çalışanların acil durum toplanma bölgesine olan uzaklığı yakın ve toplanma bölgelerinin birbirine uzaklığı yakın koşulu betimlenmiştir. İkinci senaryo ise çalışanların acil durum toplanma bölgesine olan uzaklığı çok uzak ve toplanma bölgelerinin birbirine uzaklığı yakın koşulu betimlenmiştir. Üçüncü senaryo ise çalışanların acil durum toplanma bölgesine olan uzaklığı çok uzak ve toplanma bölgelerinin birbirine uzaklığı çok uzak koşulu betimlenmiştir. Senaryolara göre çıkan sonuçlar Çizelge.10'da verilmiştir.

Çizelge 10. Senaryoların gösterimi.

	Acil Durum Toplanma Bölgesine Uzaklık		Acil Durum Toplanma Bölgeleri Arası Uzaklık		Acil Durum Toplanma Bölgesi Sayısı
	Mesafe	Dilsel İfade	Mesafe	Dilsel İfade	
Senaryo A	50 m.	Yakın	50 m.	Yakın	Yaklaşık 8 bölge
Senaryo B	150 m.	Çok Uzak	50 m.	Yakın	Yaklaşık 17 bölge
Senaryo C	150 m.	Çok Uzak	150 m.	Çok Uzak	Yaklaşık 32 bölge

Çizelge.10'da yer alan betimleme senaryolarına göre Senaryo A durumunda olan bir işletme için yaklaşık 8 adet acil durum toplanma bölgesinin yeterlidir. İşletme içerisindeki çalışanların ve ziyaretçilerin acil durum toplanma bölgesine

olan uzaklıkları yakın olması durumunda sayım işlemine kısa zamanda başlanacaktır. Sayım esnasında aksaklık oluşmazsa, sayım işlemi hızlı şekilde bitecektir. Eğer herhangi bir acil durum toplanma bölgesinde beklenenden fazla kalabalık olursa acil durum toplanma bölgelerinin birbirlerine olan uzaklıklarının yakın olması, oluşan kalabalığın homojen şekilde dağıtılmasına yardımcı olacak ve sayım işleminin hızlı şekilde tamamlanmasına yardımcı olacaktır. Senaryo B durumunda olan bir işletme, sayım işlemine kısa sürede başlayamayacaktır. Sayım işleminin kısa sürede başlayabilmesi için acil durum toplanma bölgesi sayısının artırılması gerekmektedir. Arttırılan acil durum toplanma bölgesi sayesinde çalışanlar ve ziyaretçiler acil durum toplanma bölgelerine kısa sürede erişim sağlayabilecek, sayım işlemine dahil olabilecek ve acil durum toplanma bölgesindeki sayım işlemi daha kısa sürede tamamlanabilecektir. Eğer herhangi bir acil durum toplanma bölgesinde beklenenden fazla kalabalık olursa acil durum toplanma bölgelerinin birbirlerine olan uzaklıklarının yakın olması oluşan kalabalığın homojen şekilde dağıtılmasına yardımcı olacak ve sayım işleminin hızlı şekilde tamamlanmasına yardımcı olacaktır. Senaryo C durumunda olan bir işletmede ise çalışanların ve ziyaretçilerin acil durum toplanma bölgelerine çok uzak olmasından dolayı sayım işlemine kısa sürede başlanamayacaktır. Ayrıca herhangi bir acil durum toplanma bölgesinde beklenenden fazla kalabalık olursa acil durum toplanma bölgelerinin birbirlerine çok uzak olmasından dolayı sayım işlemi süresi beklenen süreden daha fazla olacaktır. Dolayısıyla Senaryo C durumunda olan bir işletme için yaklaşık 32 adet acil durum toplanma bölgesinin yeterli olacağı betimleme sonuçlarından elde edilmiştir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği çerçevesinde, ülkemizde tüm işletmeler yasal olarak yılda en az bir kere acil durumlar için tatbikat yapmak zorundadır. Gerçekleştirilen bu tatbikatlarda acil durum toplanma bölgelerinde çeşitli sayım yöntemleri kullanılarak çalışanların sayımı gerçekleştirilir. Fakat bazı tatbikat sonuçları istenen süreden daha fazla sürelerde tamamlanmaktadır. Gerçek bir acil durum veya afet ile karşılaşılması durumunda bu süreler, kazazedelere tıbbi yardımın

ulaşmasını geciktirecek hatta istenmeyen sonuçların meydana gelmesine sebep verecektir. Tatbikatlardaki sürelerin makul ölçülerde tamamlanamamasının bir sebebi yeteri kadar acil durum toplanma alanı olmaması sebebiyle sayım işlemlerinde yaşanan aksamalardan kaynaklanmaktadır.

Bu çalışmada acil durum toplanma bölgelerinin sayısının optimizasyonunda bulanık mantık yöntemi içerisinde yer alan Mamdani metodu kullanılarak çözüm aranmıştır. Çözüm içerisinde yasal zorunluluk olan acil çıkış kapılarına uzaklık ve acil durum toplanma bölgelerinin (komşu bölgelerin) birbirine olan uzaklığı betimlenmiştir. Üretim kapasitesi ve buna bağlı olarak çalışan sayısı yıllar içinde artan bir firmada çalışmadaki optimizasyon uygulanmıştır. Bu firma 2013 yılında yürürlüğe giren “İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik” kapsamı çalışmalarında yine aynı yılda firma yerleşkesinde 13 adet acil durum toplanma bölgesi ilan etmiş ve bölgelerin işaretlemelerini kısa sürede tamamlamıştır. Firmanın üretim kapasitesi, çalışan sayısı ve üretim hatları 2015 yılında itibaren kademeli olarak arttırılmıştır. Çalışanların toplanma bölgelerine uzak kalmaması amacıyla toplanma bölgesi sayısı güncellenmiş ve 4 adet toplanma bölgesi ilave edilmiştir. Yapılan acil durum tatbikatlarında 2015 ve 2016 yılları için 17 adet toplanma bölgesi sayım süresi açısından büyük sorun teşkil etmemiştir. Fakat 2017 ve 2018 yıllarında gerçekleştirilen acil durum tatbikatlarında sayım süreleri beklenenden çok uzun sürmüştür. Temelde yeterli sayıda toplanma bölgesi olmadığı kanaatine varılmıştır. 2018 yılı tatbikatı sonrasında optimizasyon kullanılarak toplanma bölgesi sayısı 24 adet olarak güncellenmiş ve bölgeler arası mesafe belirtilen kurallara göre düzenlenmiştir. 2019 yapılan tatbikatta bulanık mantık ile optimize edilmiş acil durum toplanma bölgeleri sayesinde sayım süresinde %25 azalma sağlanmıştır.

Ayrıca benzer çalışmalarda şehirlerde, hastanelerde ve endüstriyel tesislerde acil durum toplanma alanlarının belirlenmesine yönelik çalışmaların sonuçları, acil durumlarda güvenli toplanma alanlarının belirlenmesi açısından bulanık küme teorisinin daha doğru

sonuçlar verebileceğini göstermiştir [25,26]. Bu çalışmaya benzer bir çalışma olan Bulanık Mantığı Kullanarak Afet Acil Müdahalede Arama Kurtarma Personel Tahsisini Optimize Etme çalışması incelenmiş ve arama kurtarma personel sayısının, arama alanının büyüklüğünün, popülasyon yoğunluğunun, yapı sayısının ve arama kurtarma personeli ekipmanının önemli olduğu görülmüştür [25].

Çalışmada geliştirilmeye açık yönler bulunmaktadır. Bunlar arasında çalışanların; sayısı, herhangi bir engel ile karşılaşma durumunda gösterecekleri tepki, yaş ortalamasına göre, düz yol, eğimli yol veya merdiven gibi unsurların bulunduğu durumlardaki hareket hızı, tecrübeli çalışan sayısının çokluğu vb. farklı parametreler geliştirmeye açık yönler içerisinde incelenebilir. Ayrıca bu çalışmaya benzer şekilde çok katlı iş merkezleri, eğitim kurumları, hastaneler vb. işyerlerinde acil durum tatbikatları sayım işlemlerinde yaşanabilecek farklı aksaklıklar üzerinde çeşitli çalışmalar yapılabilir.

KAYNAKLAR

1. Türkiye Cumhuriyeti Devleti, 6331 Sayılı “İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu”, Resmî Gazete, Sayı: 28339, 30.06.2012.
2. Türkiye Cumhuriyeti Devleti, “İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik”, Resmî Gazete Sayı: 28681, 18.06.2013.
3. Türkiye Cumhuriyeti Devleti, “Sağlık ve Güvenlik İşaretleri Yönetmeliği”, Resmî Gazete Sayı: 28762, 11.06.2013.
4. U.S. Department of Labor Occupational Safety and Health Administration, “How to Plan for Workplace Emergencies and Evacuations”, OSHA 3088 (Revised), 2001.
5. Sayar, S., “Dijitalleşme ile Yeni Oluşan Kavramlar: Endüstri 4.0, İot ve Blockchain Uygulamaları”, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Maltepe Üniversitesi, İstanbul, 2019.
6. Giannetti, C., Ransing, R.S., “Risk based uncertainty quantification to improve robustness of manufacturing operations”, Computers & Industrial Engineering, Vol. 101, Pages 70-80, 2016.

7. Lefloch, D., “Real-Time People Counting system using Video Camera”, Master of Computer Science Thesis, Gjøvik University, Gjøvik, 2007.
8. Özsağlam, M.Y, Çunkaş, M., “Optimizasyon Problemlerinin Çözümü için Parçacık Sürü Optimizasyonu Algoritması”, Politeknik Dergisi, Cilt 11, Sayı 4, Sayfa 299-305, 2008.
9. Kadioğlu, M., “Afet Yönetimi Beklenilmeyeni Beklemek, En Kötüsünü Yönetmek”, Sayfa 148-149, Marmara Belediyeler Birliği Yayını, İstanbul, 2011.
10. Friedl, W. J., Scelsi, A., “Gebäuderäumungen: Organisation – Vorbereitung – Profi-Tipps”, Page 74, Richard Boorberg Verlag, Stuttgart, 2004.
11. Sieber, G.M., “Panik”, Vfdb-Zeitschrift Forschung Und Technik Im Brandschutz, Ebner Verlag, Vol.2, Pages. 39-41, Bremen, 1986.
12. Lindell, M.K., Prater, C.S., Perry, R.W. “Fundamentals of Emergency Management”, www.training.fema.gov/EMIWeb/edu/fem.asp, June 4,2021.
13. Moran, M., “The OSHA Answer Book, 10th Edition”, Page 181, Moran Associates Inc., 2011.
14. National Fire Protection Association (NFPA) 1710, “Standard for the Organization and Deployment of Fire Suppression Operations, Emergency Medical Operations, and Special Operations to the Public by Career Fire Departments”, Pages 9-16, 2020.
15. Zadeh, L.A., "Fuzzy Sets", Information and Control, Vol.8, Issue 3, Pages 338–353, 1965.
16. Wierman, M. J., "An Introduction to the Mathematics of Uncertainty Including Set Theory, Logic, Probability, Fuzzy Sets, Rough Sets, and Evidence Theory", Creighton University, Pages 105-118, 2010.
17. Yılmaz, M., Arslan, E., “Bulanık Mantığın Jeodezik Problemlerin Çözümünde Kullanılması”, Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, Sayfa 512-522, İstanbul, 2005.
18. Abduljabar, J.S., “Bulanık Mantık Yöntemleri Kullanılarak Gazlı İçeceklerde Karbondioksit Kontrolü”, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 2011.
19. Aslan T., Yılmaz E., “Bulanık Mantık Yöntemi ile Belirsizlik Şartlarında Faaliyet- Hacim-Kar Analizi”, İşletme Araştırmaları Dergisi, Cilt 10, Sayı 2, Sayfa 534-553, 2018.
20. Schneider, U., Kirchberger, H., “Evakuierungsberechnungen bei Brandereignissen mittels Ingenieurmethoden.”, Pages 62-75, Das Brandschutz Jahrbuch, Wien, 2007.
21. Nelson H. E. B., MacLennan H. A., “Emergency Movement, The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering”, Pages 285–287, Springer, 1995.
22. National Fire Protection Association (NFPA) 130, “Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems”, Pages 52-66, 2020.
23. Klaua, D.,” Über einen Ansatz zur mehrwertigen Mengenlehre”, Monatsberichte der Dt., Pages. 859-867, Berlin, 1965.
24. Berawi, M. A., Leviakangas, P., Muhammad, F., Gunawan, M.S, Yatmo, Y.A., Suryanegara, M., “Optimizing Search And Rescue Personnel Allocation In Disaster Emergency Response Using Fuzzy Logic”, International Journal of Technology Vol.10, Issue 7, Pages 1416-1426, 2019.
25. Nematifard, S., Jahangiri, K., Khan, A.H.Q., Solukloei, H.R.J., Gandeshmin, S.B., Tehrani, G.M., “Identification of Safe Assembly Points in Emergencies in a Gas Refinery of the South Pars Gas Complex Using Fuzzy Logic Model”, Journal of Rescue and Relief, Vol. 11, Issue 4, Pages 275-286, 2019.
26. Ju, Y., Wang, A., Liu, X., “Evaluating emergency response capacity by fuzzy AHP and 2-tuple fuzzy linguistic approach”, Expert Systems with Applications, Vol. 39, Issue 8, Pages 6972-6981, 2012.