

BULANIK ÇIKARIM SİSTEMİ İLE BİREYSEL PERSONEL PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİNDE BİR UYGULAMA

Mustafa ÖZKAN¹

ÖZET

İşletmelerde performans değerlendirme çok önemli ve hassas bir süreçtir. Bu süreçte istenilenin aksine sübjektif değerlendirmeler ortaya çıkabilmektedir. Bu çalışmada, personel performansının ölçülmesinde klasik yöntemlere alternatif bir yaklaşım olarak bulanık mantık ve bulanık çıkarım sistemi denemesi kullanılmıştır. Bu amaçla 41 personelin bulunduğu bir banka şubesi çalışanlarına uygulanan performans notlarının bulanık çıkarım sistemi ile değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Sistemin daha objektif ve kayırmadan uzak sonuçlar çıkarması, ayrıca değerlendirmeyi çalışanların genel düzeylerini dikkate alınarak yapması bir avantaj teşkil etmektedir. Herhangi bir kayırmacı puan, sistemin tüm yapı taşlarının yeniden hesaplanmasını ortaya çıkaracağından, bireysel kayırmacı performans puanları verilmesinin de önüne geçilecektir. Sözel değerlendirme değişkenlerini içinde barındıran bulanık çıkarım sistemi, mevcut başarı performans sistemlerine göre daha farklı sonuçlar vermektedir. Bu çalışmada, öncelikle bulanık mantık ve bulanık çıkarım sistemlerinden bahsedilmiştir. Daha sonra bir banka şubesinin, personellerine yılda bir defa yapmış oldukları, iki amir tarafından ayrı ayrı verilen performans puanlamalarının değerlendirilmesi, bulanık mantık kullanımı ile yeniden yapılmıştır. Mamdani yaklaşımı ile bulanık çıkarım sistemi uygulanmış ve klasik performans değerlendirme sisteminden daha farklı sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: bulanık mantık, bulanık çıkarım sistemi (BÇS), Mamdani, nicel karar yöntemleri, performans hesaplama

An Application for Individual Employee Performance Evaluation By Fuzzy Inference System

Abstract

In business administration, performance evaluations is the most important and sensitive process. In such a process contrary to what is desired subjective evaluations might come into existence. In this study, for the performance measure an alternative fuzzy logic and inference system test is proposed against to classical approaches. For this purpose, performance notes of 41 employees in a bank are assessed by means of fuzzy inference system. The system is more objective and provides far away conclusions from bias views. It is also an advantage to take into consideration the general levels of those employees. Any biased note can turn the system upside down and in the classical approach it is necessary to calculate the system right from the beginning, but the fuzzy logic approach will hinder such biased valuations in the performances. The fuzzy logic system includes verbal evaluations and therefore it provides more reliable and different results compared to existing performance systems. In this study, fuzzy logic and fuzzy inference system are first mentioned. Subsequently, the evaluation of the performance scoring of a bank branch by the two supervisors, who were once a year to their personnel, was reorganized with fuzzy inference.

Keywords: fuzzy logic, fuzzy inference system (FIS), quantitative decision techniques, performance calculation

¹Dr. Öğr. Üyesi, Giresun Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, Giresun. mustafa.ozkan@giresun.edu.tr

GİRİŞ

Tüm işletmelerde personel performans seviyesinin tespiti önemli bir kavramdır. Seviye değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler sonuç odaklı ve kesin sınırları olan yaklaşımlardan meydana gelmektedir. Bu yöntemler, çoğunlukla personelin gelişim sürecine veya gelişim eğilimine karşı duyarsız olabilmektedir. Bu çalışma, başarı seviyesinin, klasik yöntemlerden farklı olarak, bulanık mantıkla değerlendirilebileceği öngörüsü ile gerçekleştirilmiştir. Bulanık mantık, birçok disiplinde kullanılan ve insan mantığına daha yakın bir felsefe olarak kabul edilmektedir. Bulanık mantıkta, olaylara siyah ve beyaz gibi kesin küme sınırları ve olasılıklarla değil; eş anlamlı olarak olabilirlik olgusu ile yaklaşılmaktadır.

Klasik mantıkta bir olgu için tamamen kesinlik söz konusudur. Bir şey, “var” ya da “yok” olmaktan başka bir durumda olamaz (Çevik ve Yıldırım, 2010: 15). Karar verme veya ölçmede, düşünce ya da “iyi, kötü” gibi net sınırları olmayan sözel (dilsel) ifadelerden olan algıların da modele girmesi gerekiyorsa bu durumda klasik mantıkla karar vermek çeşitli hatalara sebep olabilecektir. Çünkü “iyi”, “kötü” gibi dilsel ifadelerin klasik mantıkta karşılığı bulunmayan belirsiz kavramlardır. Matematiksel olarak belirsiz, dilsel ifadeler içeren ve kesin sınırların olmadığı durumlarda alınacak kararların doğru ve gerçekçi olmasında “bulanık mantık” kullanımı fayda sağlayacaktır.

Bu çalışmada, başarı seviyesinin ölçümü için bulanık mantık temelli seviye ölçme sisteminin kurularak uygulanması amaçlanmıştır. Böylece, başarı seviyesinin belirlenmesinde daha esnek rakamlara ulaşılması mümkün olacaktır.

I. BULANIK MANTIK

Bulanık mantık terminolojisinin temelini bulanık kümeler oluşturur (Altaş, 1999: 80). Bulanık kümeler de ilk kez 1965 yılında L.A. Zadeh tarafından yapılan “fuzzy sets” isimli çalışmayla literatüre girmiştir. Büyük, “uzun”, “sıcak”, “yaşlı”, “genç” ve “hızlı” gibi nispi kavramların derecelendirilmesinde Zadeh’in geliştirdiği “bulanık küme teorisi” ve matematik metodolojisi, klasik mantığın aksine farklı yeni ufuklar açmıştır (Güneş, 2001:177). Ancak, bulanık mantık uzun bir süre çeşitli eleştirilere maruz kalmıştır. Bu eleştirilerin sebeplerinin başında “bulanık” kelimesinin pozitif bilimi temsil edemeyeceği görüşü yer almıştır. Aslında “bulanıklık”, sınırları açıkça belirlenmemiş olan kümeleri ifade eden kavramdır ve özellikle “sözel” belirsizliğin tanımlanmasında kullanılır. Öyleyse bulanıklık denildiğinde “rastgele” ifadesini anlamak doğru olmayacaktır. Belirsiz olarak ortaya çıkan, tam ve kesin bilgiler elde edilemeyecek olgulara bulanıklık denilebilir (Tuna, 1994: 5; Özkan, 2014: 9). 19. yüzyılın sonlarından yirminci yüzyıla kadar, bilimsel modellerde belirsizliği ölçmede önde gelen teori olasılık teorisi olmuştur. Ancak, olasılık teorisini kullanarak belirsizlik ifadesinin kademeli gelişimi, ilk olarak 1937’de Black tarafından belirsizliklerdeki çalışmalarıyla, daha sonra da Zadeh(1965) tarafından bulanık kümelerin tanıtımıyla tam anlamını kazanmıştır(Ross, 2010:3). Zadeh’in belirsizlik konusundaki düşüncesi bilim dünyasını derinden etkilemiştir. Çünkü hem olasılık teorisinin belirsizlik için tek temsil edici yöntem olmadığını göstermiş hem de olasılık teorisinin dayandığı temelleri de sorgulamıştır(Klir ve Yuan, 1995). Bulanık mantıkla, klasik mantıkta kullanılmayan nicel ifadelerde matematikte kullanılabilir hale gelmiştir. Bulanık ortamda karar verme ise Bellman ve Zadeh(1970) tarafından bulanık amaç ve

kısıtlara dayanan bir karar verme teorisi olarak literatürde yerini almıştır(Yakıcı Ayan, 2009: 72).

Mantık, doğru akıl yürütme sanatıdır (Şen, 2002: 160). Literatürde mantık kavramı ve türleri hakkında birçok bilgi bulunmaktadır. Genel kabul görmüş iki mantık kavramı türü bulunmaktadır. Bunlar “geleneksel (klasik) mantık” ve matematiksel modellemenin gelişmesi ile ortaya çıkan “geleneksel olmayan mantık” olarak sıralanabilir.

Klasik mantık, Aristoteles mantığı ve onun devamı olan sembolik mantık olarak sınıflandırılabilir. Klasik mantığın öncülerinden Aristoteles’e göre, mantığın 3 temel ilkesi vardır. Bu ilkeler özdeşlik, çelişmezlik ve üçüncünün olmazlığı ilkeleridir (Şen, 2003). Bunlar, iki değerli mantıksal yaklaşımlardır ve bir olgu için sadece ikili değerlendirme yapılabilmektedir. Burada doğru-yanlış, kusurlu-kusursuz gibi değerlendirmeler yapılabilmektedir. Daha sonra gelişen mantık türü, sembolik mantıktır. Aristoteles mantığındaki yapının yeniden değerlendirilmesine dayanır. Tümel evetleme (ve), tikel evetleme (veya ve değilleme (değil) sembolik mantığın ürünleridir. Geleneksel olmayan mantık türleri, klasik mantığın 3 temel ilkesinden en az birinin reddedilmesi ile ortaya çıkmışlardır. Bunlardan biri modern sembolik mantık bir diğeri ise çok değerli mantıktır. Çok değerli mantıkta, “doğru” ve “yanlış” ifadelerinin arasına “belki” ifadesi konulmaktadır(Baykal ve Beyan, 2004: 9-26). Bulanık mantık ise ne klasik mantığa ait ne de modern mantığa ait olan, hem dilsel ifadeleri hem de matematiksel modellemeyi içine alan; hem iki türe ait hem de iki türe de ait olmayan bir mantık türüdür (Özkan, 2014:7).

Bulanık kavram ve sistemlerin dünyanın değişik araştırma merkezlerinde dikkat çekmesi 1975 yılında Mamdani ve Assilian tarafından yapılan gerçek bir bulanık kontrol sistemi uygulaması ile olmuştur(Aydın, 2007: 52). İlerleyen zamanda, bulanık sayılarla aritmetik işlemlerin yapılması Kauffman ve Gupta(1985) isimli araştırmacılar tarafından gerçekleştirilmiştir (Şen, 2009: 67). Olasılık teorisi, beş yüzyılı aşkın süredir belirsizlik matematiğine hükmetmiştir(Ross, 2010: 4), ancak bulanık mantıkla birlikte olasılık teorisi yerine olabirlik hesaplamalarının kullanımı ortaya çıkmıştır. Olabirlik işlemlerinin yapılabilmesi için ise bulanık küme ve bulanık sayılara ihtiyaç duyulmaktadır.

A. Bulanık Küme

Bilinen tanımı ile “iyi tanımlanmış nesnel topluluğu” küme olarak isimlendirilir. Bu şekilde tanımlanmış olan bir küme “klasik küme” ve elemanları da “klasik küme elemanları”dır. Bu tür kümelerde, hem küme hem de kümenin elemanları net bir şekilde tanımlanmış ve tanımsal sapmasızlık göstermektedirler. Bulanık küme ise sınır koşulları net olarak belirlenmemiş olan kümelerdir(Özkan, 2003: 5).

Klasik kümelerde, eğer bir x nesnesi, tanımlaması yapılmış bir A kümesine ait ise $x \in A$ olarak ifade edilir. Eğer A kümesinin elemanı değilse de $x \notin A$ ile gösterilir. Belirli bir evrensel kümede \tilde{E} evrensel kümesinin alt kümesi olan A kümesinin tanımlanabildiği üç temel yöntem vardır. Bunlardan ilki kümenin tüm elemanlarının isimlerinin yazılması ile oluşturulan liste metodudur.

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$$

Bu yöntemin sadece sonlu kümelerde kullanımı uygundur. İkincisi kümenin, tüm üyelerinin ortak özellikleri ile vurgulandıkları kural metodudur.

$$A = \{x | P(x)\}$$

Son yöntem ise kümenin bir fonksiyon olarak tanımlandığı, karakteristik fonksiyon yöntemidir.

$$\chi_A(x) = \begin{cases} 1 & ,eğer \ x \in A \\ 0 & ,eğer \ x \notin A \end{cases}$$

Bu gösterim, biçimsel olarak klasik kümenin genel gösterim şeklidir ve aşağıdaki gibi ifade edilir (Klir ve Yuan, 1995: 5-6).

$$\chi_A : X \rightarrow \{0,1\}$$

Bulanık kümeler ise bulanıklık kavramını esas alır. Bu teriminden ise ilk kez Zadeh(1962) bahsetmiştir(Özdemir ve Seçme, 2009: 222). Bu terimi, Zadeh'in dışında anlamsal olarak mükemmel ifade edebilen başka bir tanımlayan olmamış ve muhtemelen de olmayacaktır(Zimmermann, 1993: 6). Bulanıklık, $[0,1]$ aralığından $[0,1]$ aralığına bir fonksiyondur ve $f : [0,1] \rightarrow [0,1]$ olarak gösterilir(Baykal ve Beyan, 2004: 41). Bulanık kümeler, klasik ya da kesin küme teorisinin bir uzantısıdır(Özdemir, 2010: 36). Bulanık kümeler, tanım sınırları içerisinde değişik üyelik derecelerine sahip olan nesnelere topluluğu olarak tanımlanabilir ancak bulanık bir kümenin elemanlarının kümeye aitlik değerleri (üyelik fonksiyonları) eşit derecede olmak zorunda değildir. Klasik kümede, küme elemanlarının alabilecekleri üyelik fonksiyonu değerleri sadece ikili üyelik fonksiyonu $[0,1]$ olabilir. Eğer, bir nesne ilgili klasik kümeye aitse "1", değilse "0" değerinde üyelik fonksiyonuna sahip olabilir. Ancak bulanık bir kümede, bulanık kümenin elemanları ikili üyelik fonksiyonu sistemi ile gösterilemez. Doğası gereği, $[0,1]$ tam değerlerine ek olarak, bu iki değer arasındaki tüm değerleri de alıp, yine bulanık kümenin elemanı olabilirler. Bu aynı zamanda olabilirlik demektir. Olabilirlik kavramı da içinde belirsizlik bulundurur. Ancak Zadeh bu durumu, insan doğası ve mantığı açısından daha geçerli olarak görmüştür. Zadeh'e (1965) göre, "*bulanık küme notasyonu, klasik kümeler kullanılarak oluşturulan çerçevelere birçok açıdan benzer ancak potansiyel olarak desen sınıflandırması ve bilgi işleme alanlarında daha geniş bir uygulanabilirlik alanı sahip; esasen, belirsizlik kaynağının rastgele değişkenlerin varlığından ziyade kesin bir şekilde tanımlanmış sınıf üyeliği ölçütlerinin bulunmadığı durumların çözümlenmesinin doğal yolunu sağlayabilecek bir olgu*"dur.

B. Üyelik Fonksiyonu ve Bulanık Sayı

Bulanık mantık olgusunun temel elemanı bulanık kümelerdir ve bu kümeler üyelik fonksiyonları yardımıyla tanımlanırlar. Üyelik fonksiyonları da özünde bulanık sayılardır(Altaş, 1999: 83). Bulanık bir A kümesi " \tilde{A} " veya " μ_A " ile temsil edilir. Bu μ_A kümesinin elemanları da üyelik fonksiyonları ile ifade edilmektedir. Üyelik fonksiyonu, bir kümeye ait olmanın karışık bir şekilde öğelere yayılmasını ifade eder. Nesnelere üyelik dereceleri arasındaki ilişkinin isabetli bir

karşılığı vardır ve buna ise bulanık teklik denir(Baykal ve Beyan, 2004: 81). Bulanık işlemlerde üyelik fonksiyonları bir kez belirlendikten sonra, bulanık küme teorisinde bulanık olan herhangi bir şey kalmadığı kabul edilir(Yakupoğlu vd., 2008: 122). Üyelik derecesi ve nesnenin ifadesini gösteren, sıralı çift gösteriminin, aşağıdaki gibi kendine özgü bir sunumu vardır. Şöyle ki (Zimmermann, 1993: 11):

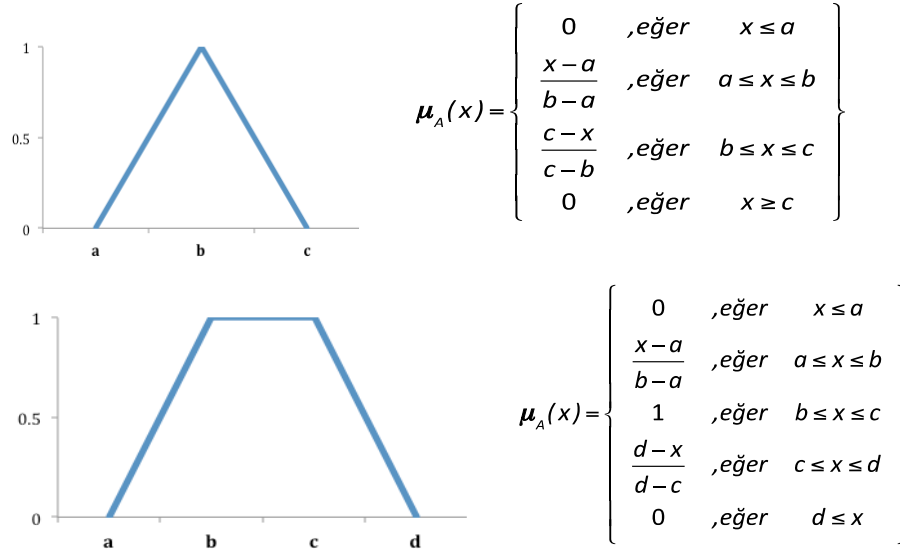
$$\tilde{A} = (x, \mu_A(x)), \forall x \in U$$

ifadesi, \tilde{E} evreninde A bulanık kümesini göstermektedir. Eşitlikte bulunan $\mu_A(x)$ üyelik derecesi, $(x, \mu_A(x))$ ifadesi ise bulanık tekliktir. Bulanık teklik, “/” işareti kullanılarak da gösterilmektedir. Her bir bulanık teklik, $\frac{\mu_A(x)}{x_i}$ olarak gösterilirken; “i ($i=1,2,\dots,n$)”, değer kaçınıcı küme elemanına ait üyelik derecesini temsil ettiği gösterir(Bojadziev ve Bojadziev, 2007: 10).

Bulanık mantık sadece öncülleri belli ve sınırlı bilimleri kapsamaz ve neredeyse her alanda kullanılabilir. Ayrıca, bir insanın günlük hayatındaki olaylar karşısındaki karar verme sistemine de oldukça benzer. Bu durumu Zadeh, “çoğu insanın karar verme sürecinde, karar vermelerini tetikleyen kanıtlar, bulanık ve seçimlidir(tanecikli)” diyerek vurgulamıştır(Zadeh’ten aktaran Gupta vd, 1979: 16). Zadeh, gerçek sürekli aralık $[0,1]$ üzerinde çeşitli “üyelik dereceleri” bulabilmek için ikili üyelik kavramını genişletmiştir. Zadeh’e göre, “0” ve “1” uç noktaları klasik kümelerde sadece tam üyelik veya hiç üyelik derecelerinden başka bir sonuç alamazlar. Ancak, uç noktalar arasındaki sonsuz adet sayının, aynı evren üzerinde bazı kümelerde bir x elemanı için çeşitli üyelik dereceleri ile temsil edilebilir. Zaten, “üyelik derecelerini” içinde bulunduran bu \tilde{E} evrenindeki kümeler, Zadeh tarafından bulanık kümeler olarak adlandırılmıştır (Ross, 2010:15).

Literatürde kullanılan çeşitli üyelik fonksiyonu türleri vardır. Çoğunlukla görsel olarak algılandıkları şeylere benzetilerek isimlendirilmişlerdir. Üçgen, yamuk, tekil, sigmodial, s-tipli, z-tipli, Gaussian, genel çan, Π_1 ve Π_2 genel üyelik fonksiyonu tipleridir. Tüm bilimlerde sık kullanılan üçgen, yamuk, çan eğrisi, Gaussian ve sigmoid türlerdir(Baykal ve Beyan, 2004: 78-81; Şen, 2009: 50-59; Başkaya, 2011:112). Sosyal bilimlerde ise özellikle üçgen ve yamuk tipli üyelik fonksiyonu ile yapılmış çalışmalar sıklıkla görülür. Bazı durumlarda üyelik fonksiyonun bir kısmı da kullanılabilir. Bu durumda ayrımın yapılabilmesi için A-tipi veya B-tipi denilerek aralarındaki anlam karmaşasının önüne geçilmektedir. Örneğin, üçgen bir üyelik fonksiyonunun tamamı kullanılıyorsa bu durumda a-tipi, dikey olarak yarısı kullanılıyorsa b-tipi üçgen üyelik fonksiyonu olarak isimlendirilebilir.

Bir A bulanık kümesi için üçgen ve yamuk tipli üyelik fonksiyonlarının hesaplanması sırası ile aşağıdaki gibi yapılmaktadır.



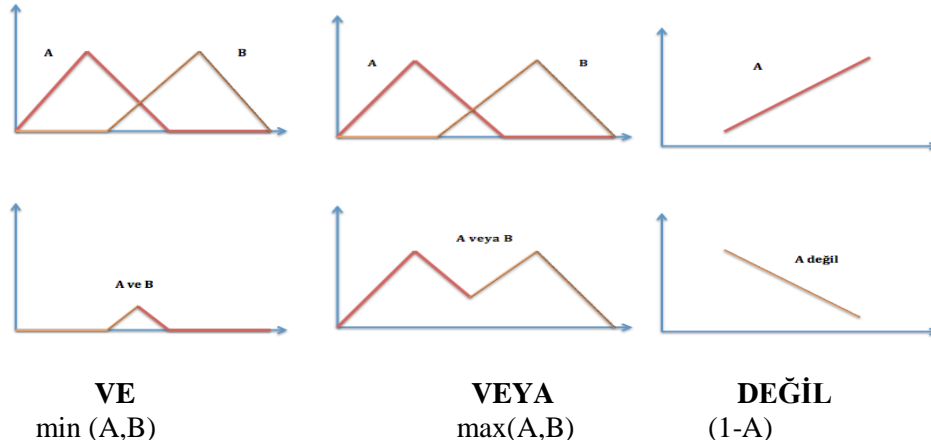
Şekil 1: Üçgen ve Yamuk Üyelik Fonksiyonları(Samanta, 2018: 4-5)

Bulanık kümelerle yapılacak bir çalışmada, her bir elemana matematiksel olarak, kümedeki üyelik derecesini temsil eden bir değer atanır. Bu değer, ilgili elemanın ilgili bulanık küme içindeki üyelik derecesini göstermektedir(Yıldız ve Kışoğlu, 2010: 16). Bu işlem yapıldıktan sonra artık bulanıklaşma gerçekleşmiş olur. Elde edilen sayılar artık bulanık değildir ancak temsil ettikleri şeyler bulanıktır.

II. BULANIK ÇIKARIM SİSTEMİ

“ $a \Rightarrow b$ ” şeklindeki bir anlam ilişkisi, dilsel terimlerle, “EĞER, a doğru İSE b’de doğrudur” şeklinde yorumlanabilir. Elbette, bu hem klasik (iki değerli) hem de bulanık mantık için geçerlidir(Chen ve Pham, 2000: 76); çünkü klasik kümeler, bulanık kümelerin bir alt kümesidir.

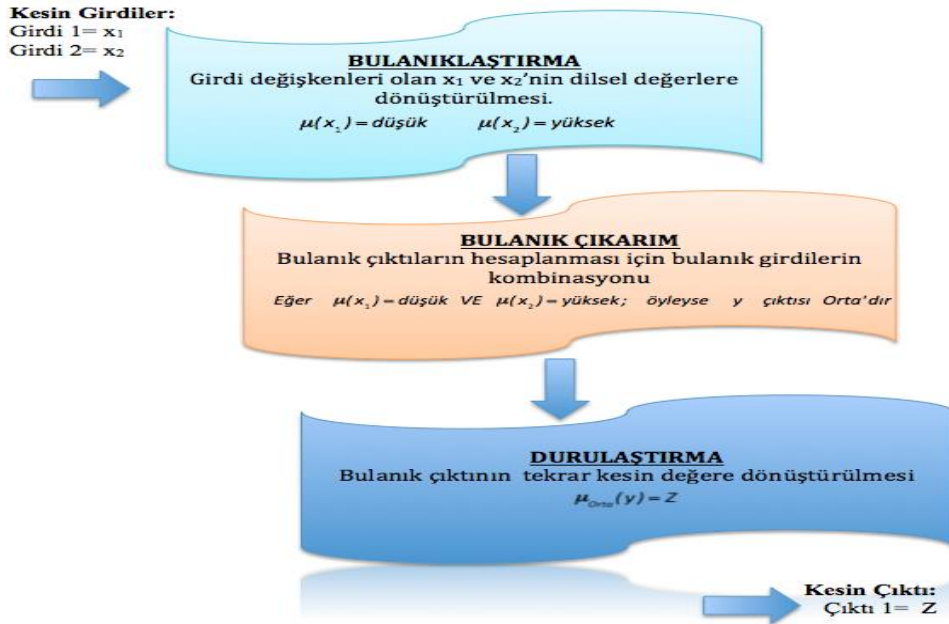
Bir bulanık çıkarım sistemi (BÇS) [Fuzzy Inference System(FIS)], “eğer-ise” kurallarında belirtilen bilgiler üzerinde çalışır ve tanımlanmamış birçok sistemin ve veriye dayalı karar verme sürecinin davranışını tahmin etmek için uygulanabilir. BÇS'nin ana avantajı, bu yönteme başvurmak için ön koşul olan temel fiziksel süreçler hakkında derinlemesine bilgiler gerektirmemesidir(Ahamad vd., 2017: 403). En temel ifade ile bir bulanık çıkarım süreci, “eğer-ise” kurallarını, mantıksal bağlantı işlemlerini (örneğin “ve”, “veya”, “değil”) ve toplama operatörlerini (örn. “min”, “max”) kullanarak bulanık çıktı için bulanık değerleri birleştirmek olarak ifade edilebilir. Standart ikili mantık, üyelik değerlerinin her zaman 1(tamamen doğru) veya 0 (tamamen yanlış) olduğu, özel bir bulanık mantık alt kümesidir. BÇS ise standart mantıksal işlemler olarak, tutarlı mantıksal işlemleri içinde bulundurmak zorundadır. Klasik mantıkta, temel mantıksal işlemler "ve", "veya" ve "değil" şeklindedir. Standart mantıksal işlemden farklı olarak, bulanık mantıkta A ve B işlenenleri, $[0,1]$ aralığındaki üyelik değerleridir. Bulanık mantık işlemlerinde, mantıksal "ve", minimum fonksiyonu ile ifade edilir. Bu yüzden, "A ve B" ifadesi, $\min(A, B)$ 'ye eşittir. Mantıksal "veya", maksimum fonksiyonu ile tanımlanır. Böylece "A veya B", $\max(A, B)$ 'ye eşdeğer hale gelir. Son olarak, mantıksal "değil" işlemi, A'yı “1-A” olarak tanımlar(Wang, 2015: 6). Bu mantıksal işlemler Şekil 2’de gösterilmektedir.



Şekil 2: Bulanık Mantıksal İşlemler (Kaynak: Wang, 2015: 7)

Literatürde çeşitli BÇS türleri bulunmaktadır. Bazıları özel amaçlı olarak spesifik alanlarda kullanılabilirken, bazıları birçok sisteme entegre edilebilmektedir. Genel olarak, üç tip bulanık çıkarım sistemi önerilmektedir. Bunlar sırası ile Mamdani, Sugeno (Takagi-Sugeno-Kang-TSK) ve son olarak Tsukamoto-BÇS türleridir. Bu sistemler, iki kısma ayrılabilir. İlk kısım, giriş değişkenlerinin kesin değerlerinin, uygun bulanık kümelere göre üyelik değerlerine dönüştürüldüğü aşamadır ki; burada üç yöntem tam olarak aynıdır. Tüm kuralların sonuçları, çıktı için tekil kesin değere entegre edildiğinde, yani ikinci kısımda farklılıklar ortaya çıkmaktadır(Wang, 2015:9).

Bir BÇS, üç süreçten oluşur. Bunlar sırası ile *bulanıklaştırma*, *bulanık*



çıkartım ve son olarak *durulama sürecidir*. Bu süreçler Şekil 3'te görülmektedir.

Şekil 3: Bulanık Çıkartım Sisteminin Genel Yapısı (Kaynak: Zarte, 2018:243).

A. MAMDANI ÇIKARIM SİSTEMİ

Mamdani-BÇS, bulanık küme teorisi ile inşa edilmiş olan ilk kontrol sistemi olarak bilinmektedir. 1975 yılında Prof. E. Mamdani, deneyimli insan operatörlerinden elde edilen bir dizi dilsel kontrol kurallarını sentezleyerek buhar motoru ve kazan kombinasyonunu kontrol etmeyi başarmıştır. Çalışmasında Zadeh'in 1973 yılındaki karmaşık sistemler ve karar süreci için bulanık algoritmalar konusundaki makalesini esas almıştır. Çıkarım süreci Zadeh'in çalışmasından farklı olmakla birlikte, temel fikir aynıdır(Mathworks, 2014: 33).

$$\mu_R(x,y) = \min[\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(y)]$$

Yukarıdaki eşitlik, minimum korelasyonu veya Mamdani önermesi olarak bilinmektedir. Önerme için bu eşitlik, $R = \tilde{A} \times \tilde{B}$ boyutlu bulanık \tilde{A} ve bulanık \tilde{B} kümelerinin bulanık Kartezyen kümesini temsil eder. $\mu_{\tilde{A}}(x) \geq 0.5$ ve $\mu_{\tilde{B}}(y) \geq 0.5$ için klasik mantık önerme yaklaşımının, Mamdani önermesine indirgenmiş halini ifade eder (Ross, 2010:138). Mamdani çıkarımında, "eğer-ise" kuralının sonucu bir bulanık kümeyle tanımlanır. Her bir kuralın bulanık çıktı kümesi, sistemde eşleşen bir sayı ile yeniden şekillendirilmektedir ve bu yeniden şekillendirme sonucunda elde edilen bulanık kümelerin tamamı toplanıp, sonrasında durulaştırılmak zorundadır(Wang, 2015:9). Mamdani-BÇS, sezgisel olan insan algısı ve mantığına yakınlık gibi avantajlara sahiptir(Mathworks, 2014: 107).

B. SUGENO ve TSUKOMATO ÇIKARIM SİSTEMLERİ

Sugeno-BÇS'de bulanık çıkarım sürecinin ilk iki kısmı, girişleri bulanıklaştırmak ve bulanık operatörü uygulamak Mamdani-BÇS ile tamamen aynıdır. Aralarındaki temel fark, Sugeno-BÇS çıkış üyelik fonksiyonlarının doğrusal ya da sabit olmasıdır. Sugeno-BÇS'de, "eğer-ise" kuralının sonucu, girdi değişkenlerine göre bir polinomla açıklanır. Böylece her kuralın çıktısı tek bir sayı olarak tanımlanmış olur. Daha sonra nihai durulaşmış(klasik) çıktıyı elde etmek için bir ağırlık mekanizması uygulanır. Sugeno-BÇS, karmaşık bir bulanıklaştırmadan kaçınsa da polinomların parametrelerini belirleme çalışması, Mamdani-BÇS için çıkarılan bulanık kümeleri tanımlamaktan daha verimsiz ve daha basittir. Genel olarak Sugeno-BÇS aşağıdaki gibi gösterilir.

$$\text{Eğer, } x=A \text{ ve } y=B; \text{ ise } z = f(x,y)$$

Burada z, öncüllerden elde edilmiş kesin bir işlemdir. Aslında çıkış işlevi, girdi sayısına bağlı olan bir polinom olarak ifade edilir(Rout vd., 2017: 5). Örnek olarak, iki giriş ve bir çıkışlı bir model kurulacaksa, bu aşağıdaki gibi olacaktır.

$$\text{Eğer } 1. \text{ girdi}=x \text{ ve } 2. \text{ girdi}=y; \text{ ise çıktı; } z = ax + by + c$$

Sugeno-BÇS hesaplamalı olarak sonuç vermesi; optimizasyon ve matematiksel analiz için yüksek uyumluluk gibi faydaları bulunmaktadır(Mathworks, 2014: 101-107). Tsukamoto-BÇS ise Mamdani-BÇS ve Sugeno-BÇS bileşiminden türetilmiş olan bir üçüncü yöntemdir(Wang, 2015: 9). Bunlar dışında, girdilerde çarpım ve çıkış işlemlerinde ise max-çarpım işlemcisini kullanan Larsen, güneş ışınlarının hesaplanması için özel olarak geliştirilmiş Şen, Zadeh, Dines-Rescher ve Gödel gibi BÇS türleri de bulunmaktadır (Baykal ve Beyan; 378; Şen 2009: 275); Özkan, 2003: 138-140). Ancak uygulamalarda Mamdani-BÇS diğer tüm yöntemlere göre daha popülerdir.

III. LİTERATÜR TARAMASI

Literatür incelendiğinde bulanık sistemlerin, bilim-teknoloji, yönetim, mühendislik ve işletme gibi birçok alana yayılmış olduğu görülmektedir(Rout vd., 2017: 4). Birçok disiplinde bulanık mantıkla yapılmış çalışma mevcuttur. Bu çalışmaların bir kısmında aşağıda bahsedilmiştir.

Yıldız ve Kişoğlu(2011),kadın dış giyim alanında faaliyet gösteren hazır giyim işletmelerinden alınan ölçü tabloları ve beden numaralarından BÇS kullanımıyla ortak bir beden numaralama sistemi modellemeyi başarmışlardır. Mamdani(1974) çalışmasında, laboratuvar ortamında buhar motoru ile bir tesis kontrol etmek için bulanık algoritmanın kullanıldığı bir şema tesis etmiştir. Tesisin, çevrimiçi olarak bu bulanık algoritma ile yönetiminin faydalarını ortaya koymuştur. Mamdani ve Assilian(1975), bulanık mantıkta çığır açan bu çalışmalarında, bir insan operatörünün belirttiği sezgisel kontrol aşamalarını otomatik bir kontrol stratejisine dönüştürmek için literatürde ilk kez bulanık mantığı kullanmışlardır. Bir öğrenme kontrolörü ile insan etkileşimi olasılığını araştırmak için başlattıkları çalışmalarında, dilbilimsel olarak kurulan kontrol stratejisinin, kendi başına beklenenden çok daha başarılı sonuçlar çıkardıklarını kanıtlanmıştır. Kikuchi ve Chakroborty(1992), trafik stabilitesi ve hız-yoğunluk analizlerinin ilişkisine dayalı olarak, araç-takip sistemi geliştirilmesinde bulanık çıkarım sistemi kullanmışlardır. Sun(1994), çalışmasında bulanık kural tabanlı çıkarım sistemlerinde varsayılan paralel işlemenin faydasını korumak için, doğrusal hızlanma ile model eşleştirme için paralel bir algoritma geliştirmiştir. Şen(1998), güneş ışını süresinin güneş ışınımı ölçümlerinden hesaplanmasında Türkiye için, bulanık mantık algoritması geliştirmiştir. Bu çalışmada Şen'in, güneş ışınımının hesaplanması için geliştirdiği bir BÇS türü bulunmaktadır ve ŞEN-BÇS olarak isimlendirilmektedir (Şen, 2009:275). Aydın(2004), yaptığı doktora çalışmasında, yalıtkan malzemelerin kablo yalıtkanı olarak seçiminde BÇS ile eniyi (optimum) tercih olabirliğini test etmiştir. Chang ve Chang(2006), su rezervuarlarına bağlı olarak su kaynaklarının yönetiminde tahmin modeli geliştirmek için bulanık mantık ve adaptif ağ tabanlı bulanık çıkarım sistemlerini(ANFIS) kullanmışlardır. İnsan tecrübelerini önemseyen ANFIS ile bu tecrübeyi önemsemeyen iki sistemin karşılaştırmasını yapmışlar ve ANFIS'in üstün yönlerini ortaya koymuşlardır. Rong vd.(2006), Ardeşık Uyarlamalı Bulanık Çıkarım Sistemini(SAFIS) olarak isimlendirdikleri bulanık çıkarım sistemini, bir radyal temel fonksiyon ağı ve bir BÇS arasında fonksiyonel eşdeğerliliğe dayanarak geliştirilmiştir. İki doğrusal olmayan sistem tanımlama testi problemi ve bir kaotik zaman dizisi tahmin problemi üzerinde, mevcut birkaç algoritma ile modellerini karşılaştırılmışlar ve diğeri algoritmalara kıyasla daha az sayıda kural ile benzer veya daha iyi doğruluklar ürettiğini ortaya çıkarmışlardır. Polat ve Güneş(2007), temel bileşen analizi(PCA) ve ANFIS kullanılarak diyabet hastalığının tanısai doğruluğunu artıracak bir model geliştirmeye çalışmışlar ve güçlü bir algoritma oluşturmuşlardır. Amindoust vd.(2012), sürekli tedarikçi seçiminde bulanık mantık kullanımını araştırmış, karar vericilerin tedarikçi seçiminizdeki kriterleri sözel değışkenler olarak kodlayıp BÇS ile karar vericilere tedarikçi performanslarını dikkate alan yeni bir seçim algoritması sunmuşlardır. Sancar ve Tabrizi(2017), vücut kitle indeksi verilerini dikkate alarak, bireylerde ortaya çıkabilecek obezlik vb. hastalıkların erken teşhisinde bulanık çıkarım sistemlerinin kullanılabilirliğini incelemişlerdir. Bu amaçla bir modelleme yapmışlar ve tahmin- teşhis aşamasında başarılı sonuçlar elde etmişlerdir.

Mammadov vd.(2017), çalışmalarında rastgele seçilmiş beş üniversitenin eğitim hizmetlerinin kalitesinin ve hizmet kalitesinin değerlendirilmesini BÇS ile değerlendirmişlerdir. Rout vd.(2017), çalışmalarında değişken ücret tespitinde Sugeno-BÇS ile performansa dayalı güvenilir bir yeni ücret belirleme sistemi üretmişlerdir. Ma vd.(2018), çiğ süt depolama güvenliğini sağlamak için depolama aşamasında süt sıcaklık değişiminin belirlenmesinde KB sinir ağları ve tahmin verileri ve tarih verilerinin karşılaştırılmasında BÇS sistemi kullanmışlardır. Elde ettikleri sonuçlarla, sistemdeki çiğ süt izleme ve uyarı ekipmanı tarafından temin edilerek veri eğrisinin, çiğ süt sağım sürecini tam olarak tekrar faaliyete geçirdiğini (re-aktifleştirdiğini) tespit etmişlerdir.

Performans hesaplama üzerine yapılmış birçok çalışma olmasına rağmen, genel itibarıyla bu çalışmalar, örgütsel veya bireysel performans kriterlerinin belirlenmesi kapsamındadır. Performans puanlaması üzerine yapılan literatür taramasında, bulanık çıkarım sisteminin kullanıldığı herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu sebeple, çalışma bu yönüyle de literatüre katkıda bulunacaktır.

IV. BULANIK ÇIKARIM SİSTEMİ İLE BAŞARI SEVİYESİNİN BELİRLENMESİ

A. ÇALIŞMANIN AMACI

Bu çalışmanın amacı, bulanık çıkarım sisteminin, bir örnek olay üzerinden işletmeler ve tüm organizasyonlar için ölçme ve değerlendirmede uygulanabilirliğini göstermek ve insan mantık ve duygularına uygun çıktılar elde etmektir. Özellikle, bireysel başarının, üstün vereceği performans puanlamasıyla değerlendirildiği bir iş ortamında, değerlendirme sürecinde, kesin başarı ya da başarısızlık olgusu yerine, bireysel başarı trendinin ve dilsel yaklaşımların ölçme yöntemine dahil edilmesinin farklı sonuçlar çıkaracağı düşünülmektedir. Bulanık mantık yönteminde çıktıların durulaştırılması için değişik yaklaşımlar bulunmasına karşılık bu çalışmada genel ortalamanın dikkate alınmasıyla, bireysel performans puanlamasının daha gerçekçi değerlendirilebileceği düşünülmektedir.

Performans değerlendirme, birçok alanda kullanılan işletme amaçları ve stratejilerini yansıtan bir olgudur. Buna rağmen, performans kavramının net bir tanımlanması yapılabilmemiş değildir. Bunun nedenlerinden birinin performans kavramının, işletmelerin misyon ve stratejilerine göre farklılık gösterebilen ve belirlenen hedefler doğrultusunda firma stratejilerine uygun değişken tanımlamaların yapılabiliyor olmasıdır (Ağca ve Tuncer, 2006: 175). Performans değerlendirme bireysel, grup ya da takım boyutlarında gerçekleştirilebilmektedir. Bu değerlendirmede amaç tutumluluk, etkinlik, verimlilik ve kalite unsurlarının ölçümü ya da iyileştirilme adımları amaçlanmış olabilir (Yümlü, 2017: 27-40).

B. VERİLER VE YÖNTEM

Bu çalışmada B tipi büyüklüğünde bir banka şubesinin, bireysel performans ölçümünde BÇS kullanılmıştır. Bu amaçla, bankanın aynı şubesinde çalışan 41 personelin, yöneticileri tarafından, bankanın kendi sistemi üzerinden çeşitli sorulara verilmiş cevaplar sonucunda ortaya çıkan performans puan notları BÇS ile değerlendirilmiştir. Bankalarda bireysel performans puanlaması, yılda bir kez olmak üzere iki amir (1. amir ve 2. amir) tarafından yapılmaktadır. Puanlama, amirlere bir bilgisayar ekranında, derecelendirme esasına dayanan çeşitli soruların

sorulması ile gerçekleştirilmektedir. Amir, ilgili personel için kendine sorulan soruları kendi algısına göre en yakın şekilde cevaplamaktadır. Personel hakkında sorulan bu soruların puanlama içindeki ağırlıkları (katsayıları) bilinmemekte olup otomatik olarak sistem tarafından belirlenmektedir. İşlem sonrasında ise ilgili personel için amirin cevaplarına göre bir puan ortaya çıkmaktadır. Sistem 1.amir puanlamasını gerçekleştirdikten sonra sistem 1. amir için kapanmaktadır. Belirli bir süre sonra ilgili personel için ilgili sorular 2. amirin sistemine atılmaktadır. Aynı işlem, daha sonra ikinci amir tarafından devam ettirilmektedir. 2. amir puanlamasını yaptıktan sonra ise iki amirin vermiş olduğu puanların aritmetik ortalaması alınmakta olup, ilgili personel için o yıla ait bireysel performans puanını oluşturmaktadır. Bu puanlama tablolarından ilki FP ikincisi ise SP olarak kodlanmış ve 2017 yılı için banka şubesinden temin edilmiştir. FP ve SP ortalamasının, en az 60 olması gerekmektedir ve bu puan asgari performans yeterlilik sınırındadır. Bu çalışmada, banka personelinin bireysel performans değerlendirmesi, Mamdani-BÇS ile gerçekleştirilmiştir. FP ve SP bulanık kümelerinin normal üyelik fonksiyonu %95 güven aralığı içerisinde istatistiksel olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplama bulanıklaştırma ile sonuçlandırılmıştır. Gerekli hesaplamaların yapılması ve modelin kurularak uygulanmasında MATLAB R2017b paket programı kullanılmıştır.

1. Üyelik Fonksiyonlarının Tespiti

Bu işlemler yapılırken, çeşitli mantıksal sınırlar konulmuştur. Bu sınırlar, araştırmacının tercihine, ölçme ve değerlendirme uzmanları ile yapılan mülakata göre yapılmıştır.

İki puanlama cetvelinde de, eğer ilk %5 ve son %5'lik dilimde puan alan personel bulunuyorsa alt ve üst sınıra düşen üyelik fonksiyonları yamuk tipli olmasına karar verilmiştir. %5'lik alt ve üst sınırlar dâhilinde puan alan personelin üyelik fonksiyonu 1 olarak değerlendirilmiştir. Eğer alt ve üst sınırlar içerisinde %5'lik sınırdan puan alan personel yoksa üçgen tipli üyelik fonksiyonu kullanılmıştır. FP ve SP bulanık kümelerinin üyelik fonksiyonları üç tanedir. Bunlar, “yetersiz(Y), normal(N), başarılı(B)” dilsel ifadelerinden oluşmaktadır. Y ve B için üyelik fonksiyonları, personel performans puanlarına göre, üçgen ve B-tipi yamuk olarak tercih edilmiştir. Başarı puanları 100 üzerinden değerlendirme ile durulaştırılmış olacaktır. Performans-Başarı bulanık kümesine ait üyelik fonksiyonları için “çok yetersiz (ÇY), yetersiz (Y), normal (N), başarılı (B), çok başarılı (ÇB)” dilsel ifadelerinden faydalanılmıştır. Model iki girdi ve tek çıktısı olan Mamdani-BÇS yöntemidir. Bulanık sayılar ve üyelik fonksiyonlarının tespitinde ortalama ve standart sapmadan faydalanılmıştır. Personellerin notları incelendiğinde FP'den alınmış en düşük ve en yüksek puanlar sırası ile 35 ve 70 SP için ise 10 ve 95'tir. Aritmetik ortalama ve standart sapmalar, FP için $\bar{X}_{FP} = 57,63$ ve $\sigma_{FP} = 11,72$; SP için $\bar{X}_{SP} = 60,39$ ve $\sigma_{SP} = 18,78$ 'dir. FP'de alınan puanlar genel olarak SP'de alınan puanlara göre daha benzerdir.

2. Girdi Üyelik Fonksiyonları

N üyelik fonksiyonu hem FP'de hem de SP'de üçgen tiplidir. N üyelik fonksiyonu için %95 güven sınırları, üyelik fonksiyonlarının destek aralığı olarak kabul edilmiştir. Y ve B üyelik fonksiyonları FP'nin not ortalamasına yaklaşımları

ile sınırlandırılmıştır. N üyelik fonksiyonunun destek aralığı $\pm 1,645 = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma}$ ile belirlenmiştir. Tüm işlemlere ait bilgiler Tablo 1’de görülmektedir.

Tablo 1: Veriler İçin Tanımlayıcı Bilgiler

N=41	FP	SP
En Düşük Not	35	70
En yüksek Not	10	95
Ortalama(\bar{X})	57,63	60,39
Std. Sapma(σ)	11,72	18,78
%95 Güven Sınırları	38,36 £ X £ 76,91	29,50 £ X £ 91,28

-FP Üyelik Fonksiyonlarının Oluşturulması

FP’de personellerin aldıkları performans notları, minimum 35 ve maksimum 70’tir. N üyelik fonksiyonun %95 sınırlarında daha az ve daha çok puan alan personel olup olmamasına göre, üçgen veya yamuk olan B-tipli üyelik fonksiyonları tercih edilmiştir. Bu kurala göre, 38,36’dan daha az puan alan personel için B-tipli yamuk Y üyelik fonksiyonu için; 70’den daha yüksek not alan olmadığı içinde üst sınırı 70 olan B-tipi üçgen üyelik fonksiyonları ile FP için bulanık üyelik fonksiyonlar için işlemler tanımlanmıştır.

$$\mu_Y = \left\{ \begin{array}{ll} 1 & ,eğer \quad x \leq 38,36 \\ \frac{57,63-x}{57,63-38,36} & ,eğer \quad 38,36 \leq x \leq 57,63 \\ 0 & ,eğer \quad x \geq 57,63 \end{array} \right\} \quad \mu_N(x) = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & ,eğer \quad x \leq 38,36 \\ \frac{x-38,36}{57,63-38,36} & ,eğer \quad 38,36 \leq x \leq 57,63 \\ \frac{70-x}{70-46,66} & ,eğer \quad 57,63 \leq x \leq 70 \\ 0 & ,eğer \quad x \geq 70 \end{array} \right\}$$

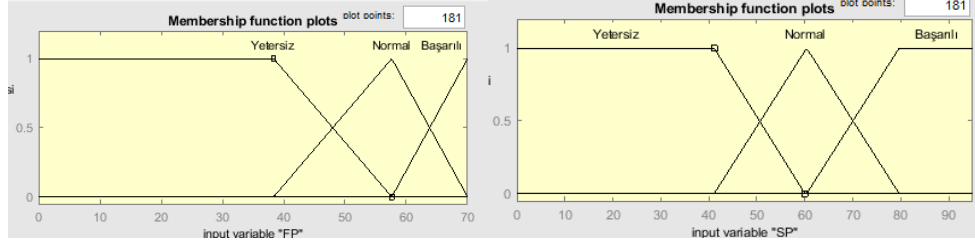
$$\mu_B(x) = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & ,eğer \quad x \leq 57,63 \\ \frac{x-57,63}{70-57,63} & ,eğer \quad 57,63 \leq x \leq 70 \end{array} \right\}$$

-SP Üyelik Fonksiyonlarının Oluşturulması

SP’de personellerin aldıkları notlar minimum 10, maksimum 95’tir. N üyelik fonksiyonun %95 sınırlarından daha az ve daha çok puan alan personel olup olmamasına göre üçgen veya yamuk olan b-tipli üyelik fonksiyonları tercih edilmiştir. Bu kurala göre, 29,50’den daha az puan alan personel olduğu için B-tipli yamuk Y üyelik fonksiyonu için; 91,28’den daha yüksek not alan olmadığı içinde üst sınırı 95 olan B-tipi yamuk üyelik fonksiyonları ile SP için bulanık üyelik fonksiyonlar tanımlanmıştır. Şekil 4’te FP ve SP üyelik fonksiyonlarının MATLAB görüntüsü verilmiştir.

$$\mu_Y = \left\{ \begin{array}{ll} 1 & ,eğer \quad x \leq 29,50 \\ \frac{60,39-x}{60,39-29,50} & ,eğer \quad 29,50 \leq x \leq 60,39 \\ 0 & ,eğer \quad x \geq 60,39 \end{array} \right\} \quad \mu_N(x) = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & ,eğer \quad x \leq 29,50 \\ \frac{x-29,50}{60,39-29,50} & ,eğer \quad 29,50 \leq x \leq 60,39 \\ \frac{91,28-x}{91,28-60,39} & ,eğer \quad 60,39 \leq x \leq 91,28 \\ 0 & ,eğer \quad x \geq 91,28 \end{array} \right\}$$

$$\mu_B(x) = \begin{cases} 0 & ,eğer \quad x \leq 41,72 \\ \frac{x-60,39}{91,28-60,39} & ,eğer \quad 60,39 \leq x \leq 91,28 \\ 1 & ,eğer \quad x \geq 91,28 \end{cases}$$



Şekil 4: FS ve SP Üyelik Fonksiyonları MATLAB Görüntüsü

-Performans Seviyesi Üyelik Fonksiyonlarının Oluşturulması

Çıktı Performans-Başarı seviyesi bulanık kümesinin 5'li üyelik fonksiyonları ile belirlenmiştir. ÇY, N ve ÇB üyelik fonksiyonları B-tipi üçgen, Y ve B ise B-tipi yamuk üyelik fonksiyonu olarak belirlenmiştir.

Bankada, personel performanslarının en az 60 olması gerektiği kabulü vardır. Bu sebeple, N için aralığın alt sınırı 60'tır. N destek sınırları; alt sınır 60 ve üst sınır $60+(100-60)/2]=80$ olarak belirlenmiştir. B üyelik fonksiyonu ise 60-80-100 sınırlarına sahip b-tipi yamuktur. Ayrıca, ÇY ve Y üyelik fonksiyonlarının destek sınırları da kendi ortalamaları üzerinden değerlendirilerek; ÇY için alt 0, üst $[60-60/2]=30$ olan b-tipi üçgen üyelik fonksiyonu iken; Y üyelik fonksiyonu ise destek kümesi sınırları 0-30-60 olan B-tipi yamuk üyelik fonksiyonu ile temsil edilmiştir. Son olarak ÇB, 80-100 sınırlarında B-tipi üçgen üyelik fonksiyonu ile tanımlanmıştır. Bu sınırlara göre, hesaplamalar aşağıdaki gibidir. Şekil 5'te bireysel performans üyelik fonksiyonlarının MATLAB görüntüsü verilmiştir.

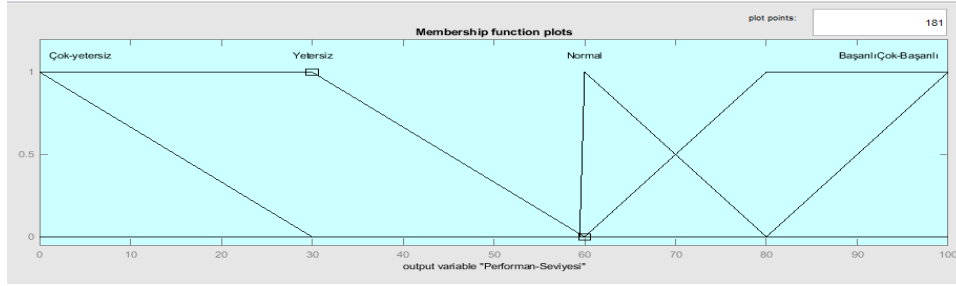
$$\mu_{ÇY}(x) = \begin{cases} \frac{30-x}{30-0} & ,eğer \quad 0 \leq x \leq 30 \\ 0 & ,eğer \quad x \geq 30 \end{cases}$$

$$\mu_Y(x) = \begin{cases} 1 & ,eğer \quad x \leq 30 \\ \frac{x-30}{60-30} & ,eğer \quad 30 \leq x \leq 60 \\ 0 & ,eğer \quad x \geq 60 \end{cases}$$

$$\mu_N(x) = \begin{cases} 0 & ,eğer \quad x \leq 60 \\ \frac{80-x}{80-60} & ,eğer \quad 60 \leq x \leq 80 \\ 0 & ,eğer \quad x \geq 80 \end{cases}$$

$$\mu_B(x) = \begin{cases} 0 & ,eğer \quad x \leq 60 \\ \frac{x-60}{80-60} & ,eğer \quad 60 \leq x \leq 80 \\ 1 & ,eğer \quad 80 \leq x \leq 100 \end{cases}$$

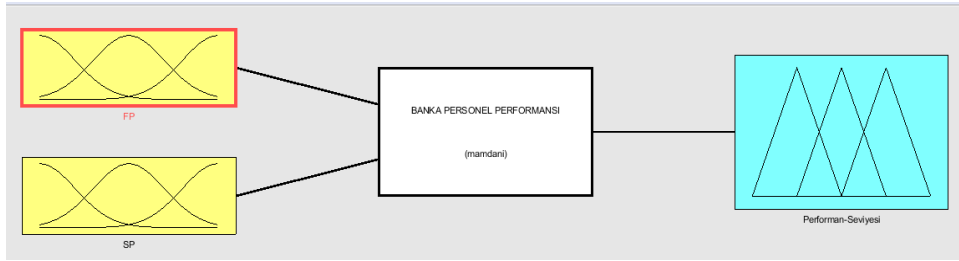
$$\mu_{ÇB}(x) = \begin{cases} 0 & ,eğer \quad x \leq 80 \\ \frac{x-80}{100-80} & ,eğer \quad 80 \leq x \leq 100 \end{cases}$$



Şekil 5: Performans Seviyesi Çıktı üyelik Fonksiyonu MATLAB Görüntüsü

C. UYGULAMA

İlgili işlemlerin hepsi MATLAB R2017b paket programı ile yapılmıştır. Mamdani-BÇS modeli Şekil 6’da görülmektedir.



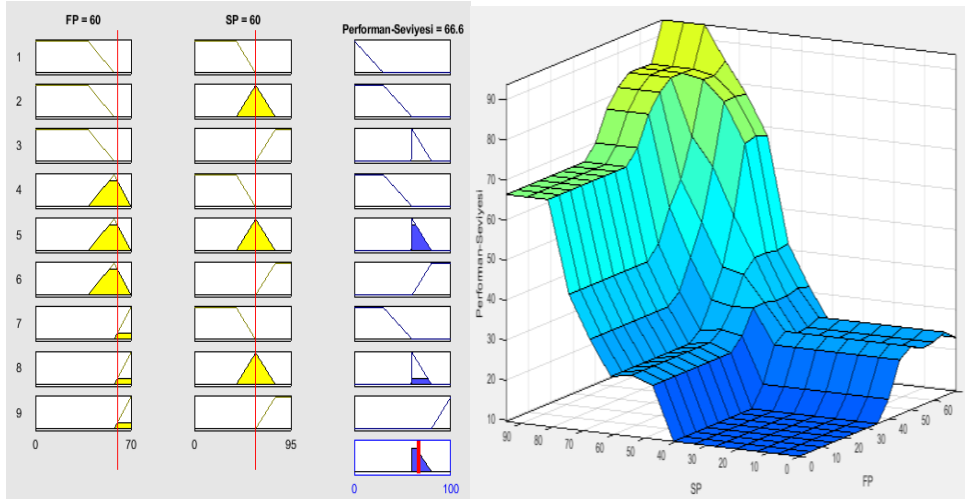
Şekil 6:Mamdani-BÇS yapısı

Modele, sözel mantık kurallarının konulması gerekmektedir. Bu kuralların tesisi sırasında, kural tabanının tam, tutarlı ve kesin olması modelin geçerliliği açısından önemlidir (Yıldız ve Kışoğlu, 2011: 18). Bu sebeple, eğitim fakültesi “eğitim ölçme ve değerlendirme” anabilim dalı öğretim üyelerinin görüşleri de alınarak Şekil 7’de görülen kurallar modele işlenmiştir.

1. If (FP is Yetersiz) and (SP is Yetersiz) then (Performans-Seviyesi is Çok-yetersiz) (1)
2. If (FP is Yetersiz) and (SP is Normal) then (Performans-Seviyesi is Yetersiz) (1)
3. If (FP is Yetersiz) and (SP is Başarılı) then (Performans-Seviyesi is Normal) (1)
4. If (FP is Normal) and (SP is Yetersiz) then (Performans-Seviyesi is Yetersiz) (1)
5. If (FP is Normal) and (SP is Normal) then (Performans-Seviyesi is Normal) (1)
6. If (FP is Normal) and (SP is Başarılı) then (Performans-Seviyesi is Başarılı) (1)
7. If (FP is Başarılı) and (SP is Yetersiz) then (Performans-Seviyesi is Yetersiz) (1)
8. If (FP is Başarılı) and (SP is Normal) then (Performans-Seviyesi is Normal) (1)
9. If (FP is Başarılı) and (SP is Başarılı) then (Performans-Seviyesi is Çok-Başarılı) (1)

Şekil 7:Modele İşlenen Kurallar

Bu aşamadan sonra artık model kuralları işlenmiş ve performans-başarı seviyesi için girdilerin çıktıya etkisi kurallar dâhilinde elde edilmiş olacaktır. Girdi değişkenlerinin çıktı değişkenilerine etkisi Şekil 8’de ve modelin 3 boyutlu çıktı görüntüsü Şekil 9’da görülmektedir.



Şekil 8: Kural Tabanı

Şekil 9: Model Ara Yüzü

BÇS’de son aşama durulama işleminin yapılmasıdır. Literatürde çeşitli durulama modelleri olmakla birlikte, en çok kullanılan metot “ağırlık merkezi yöntemi (centroid)” olarak görülmektedir. Bu çalışmada da, ağırlık merkezi yöntemi kullanılmıştır. Ağırlık merkezi yöntemi dışında, en büyüklerin ortası, ortalama merkezi, iki bölümlü alan yöntemi, temel durulama dağılımı, yarı doğrusal durulama, rastgele üretimle durulama, ışınsal durulama, bulanık kümeleme ile durulama ve sinir ağına dayalı durulama gibi durulama yöntemleri bulunmaktadır(Baykal ve Beyan, 2004: 383:385).

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Genel olarak sosyo-ekonomik olayların incelenmesinde belirsizlikler söz konusu olduğundan bugüne kadar belirsizlik içermeyen yöntemlerin kullanılması sonucunda kayırmacı puan durumları ile de karşılaşmaktadır. Bu çalışmada böyle durumlardan kaçınılması ve gerçeğe daha uygun elastik olan sonuçların elde edilmesi için son yılların güncel konusu olan bulanık mantık kural ve çıkarım sisteminden yararlanılmıştır. Bunun için gerekli olan BÇS literatür çalışmaları ve uygulamalarının ışığı altında açıklanarak bu yazının özel konusu olan banka personeli verimlilik (performans) ölçümlerinden yararlanarak klasik yöntemlere karşı bulanık mantık kümeleri, çeşitleri, kural tabanı ve bunun elde edilen verilere göre tetiklenmesi ile Mamdani-BÇS’de göre elde edilen sonuç kümelerinin durulaştırılması işlemlerinin tamamlanması ile sayısal sonuçlara ulaşılmıştır. Bu çalışmada genel olarak sınır bölgelerde (en büyük ve en küçük veri alanlarında) yamuk ve ara değerlerde de üçgen bulanık kümelerden yararlanılmıştır. Modelin kurulması aşamasında girdi olan iki değişkenin her biri için 3 tane, çıktı için ise 5 tane bulanık küme kullanılarak girdi kümelerine göre 9 adet bulanık kural tabanından yararlanılmıştır. Mamdani-BÇS’de göre elde edilen sonuç kümelerinin durulaştırılmasında pratikte sıkça kullanılan “ağırlık merkezi yöntemi (centroid)” yaklaşımından faydalanılmıştır. BÇS ile kurulan bireysel performans puanlama sistemi, personellerin ilk puanlamadan aldıkları sonuçlar ile ikinci puanlamadan aldıkları sonuçları puanlarken, aritmetik ortalama dışında, uzmanlar tarafından konulan model kurallarına göre karar vermektedir. Böylelikle personelin performansındaki olumlu ya da olumsuz değişim, bulanık çıkarım sistemi ile göz ardı edilmemektedir. Sistem, değerlendirme yaparken birimdeki diğer personellerinin almış oldukları performans puanlarını ve sapmalarını dikkate

olarak, kendi içinde görelî bir değerlendirme yapmaktadır. Örneğin, klasik performans puanlamasında FS ve SP'den 60'ar puan olan bir personelin bireysel performans puanı, aritmetik ortalaması gereği 60 olarak sonuçlanacak iken BÇS ile bu sonuç 66,6 olarak hesaplanmıştır. BÇS ile oluşturulacak bir performans puanlama sisteminin daha tarafsız ve özgün bir puanlama ortaya koyacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Ahamed, N. U., Benson, L., Clermont, C., Osis, S. T. ve Ferber, R.(2017). Fuzzy Inference System-Based Recognition Of Slow, Medium And Fast Running Conditions Using A Triaxial Accelerometer. *Procedia Computer Science*. Vol:114, s.401-407.
- Altaş, İ.H.(1999). Bulanık Mantık: Bulanıklık Kavramı. *Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e*, Vol: 62, s.80-85.
- Amindoust, A., Ahmed, S., Saghafinia, A. ve Bahreininejad, A.(2012). Sustainable Supplier Selection: A Ranking Model Based On Fuzzy Inference System. *Applied Soft Computing*, Vol:12(6), s.1668-1677.
- Aydın, N.(2007).Katı Atık Yönetiminde Optimal Planlama İçin Bulanık Doğrusal Programlama Yaklaşımı,(Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi FBE, İstanbul.
- Aydın, T.(2004). Bulanık Mantık Sınıflandırmadan Yararlanarak Kablo Malzemesi Seçimi(Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi),İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, İstanbul.
- Başkaya, Z.(2011). Bulanık Doğrusal Programlama. Ekin Yayınevi. Bursa.
- Baykal, N. ve Beyan, T.(2004). Bulanık Mantık İlke ve Temelleri, Bıçaklar Kitabevi. Ankara.
- Bojadziev, G. ve Bojadziev, M.(2007). Fuzzy Logic For Business, Finance And Management(2nd. Edition). Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- Chang, F.J. ve Chang, Y.T.(2006). Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System For Prediction Of Water Level in Reservoir. *Advances in WaterResources*,Vol: 29(1), s.1-10.
- Chen. G. ve Pham. T.,T.(2001). Introduction To-Fuzzy Sets, Fuzzy Logic and Fuzzy Control Systems. CRC Press, Florida. USA.
- Çevik, O. ve Yıldırım, Y.(2010). Bulanık Doğrusal Programlama ile Süt Ürünleri İşletmesinde Bir Uygulama. *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*.2010(1).s.15-26.
- Gupta, M. M., Ragade, R. K. ve Yager, R. R. (Eds.)(1979). *Advances in Fuzzy Set Theory And Applications*. North-Holland Publishing Company.
- Güneş, M.(2001); Bulanık Doğrusal Sistemler ve Regresyon Modellerine Uygulaması. A Review Of Social, Economic& Business Studies, Vol:1(1), s.176-192.
- Kikuchi, S. ve Chakroborty, P.(1992). Car-Following Model Based On Fuzzy Inference System. *Transportation Research Record No: 1365*, s. 82-82.
- Klir, G. ve Yuan, B.(1995) *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic*, Prentice Hall,Upper Saddle River, NJ.
- Ma, W., Fan, J., Li, Q. ve Tang, Y.(2018). A Raw Milk Service Platform Using BP Neural Network and Fuzzy Inference. *Information Processing in Agriculture*.
- Mamdani, E. H.(1974). Application of Fuzzy AlgorithmsFor Control Of Simple Dynamic Plant. In *Proceedings of The Institution of Electrical Engineers (Vol:121(12), s.1585-1588)*. IET.
- Mamdani, E. H. ve Assilian, S.(1975). An Experiment in Linguistic Synthesis with A Fuzzy Logic Controller. *International Journal of Man-Machine Studies*, 7(1),s.1-13.
- Mardanov, M., Rzayev, R., Jamalov, Z., ve Khudatova, A.(2017). Integrated Assessment and Ranking of Universities by Fuzzy Inference. *Procedia Computer Science*, Vol:120, s.213-220.
- Math Works(2014). *Fuzzy Logic Toolbox, User's Guide R2014a*, The Mathworks Inc. Natick- United States.
- Özdemir, A.İ. ve Seçme, G.(2009). Tedarik Zinciri Ağ Tasarımına Bulanık Ulaştırma Modeli Yaklaşımı. *Kayseri: Erciyes Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. Vol:32, s.219-237.

- Özdemir, M. (2010). A Robabilistic Schedule Delay Analysis in Consruction Projects by Using Fuzzy Logic Incorporated with Relative Importance Index(RII) Method(Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Orta Doğu Teknik Üniversitesi FBE, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Özkan, M.(2014) Bulanık Hedef Programlama ve Bir İşletme Üzerinde Uygulama (Yayınlanmış Doktora Tezi), Cumhuriyet Üniversitesi SBE, Sivas.
- Özkan, M. M.(2003). Bulanık Hedef Programlama. Bursa: Ekin Kitabevi.
- Polat, K. Ve Güneş, S.(2007). An Expert System Approach Based on Principal Component Analysis And Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System to Diagnosis of Diabetes Disease. *Digital Signal Processing*, Vol:17(4), s.702-710.
- Rong, H. J., Sundararajan, N., Huang, G. B. ve Saratchandran, P.(2006). Sequential Adaptive Fuzzy Inference System (SAFIS) for Nonlinear System Identification and Prediction. *Fuzzy Sets And Systems*, Vol:157(9), s.1260-1275.
- Ross, T.J.(2010). Fuzzy Logic With Engineering Applications(Third Edition). John Wiley&Sons Ltd.
- Rout, S. S., Misra, B. B. ve Samanta, S.(2017). Competency Mapping with Sugeno Fuzzy Inference System For Variable Pay Determination: A Case Study. *Ain Shams Engineering Journal*. s.1-12. İnternet Adresi: [https://Reader.Elsevier.-Com/Reader/Sd/A37D0AA49CA8DB21CBFA852CD1D68D6E60C2D731497C6A11E71D12084B1D7F8B4D4D00B492795FAD499662CD7D5E7B1C](https://reader.elsevier.com/reader/Sd/A37D0AA49CA8DB21CBFA852CD1D68D6E60C2D731497C6A11E71D12084B1D7F8B4D4D00B492795FAD499662CD7D5E7B1C)(Erişim Tarihi: 04.07.2018)
- Samanta, D.(2018). Fuzzy Membership Function Formulation and Parameterization. İnternet Adresi:[http://Www.Nid.İitkgp.ernet.İn/Dsamanta/Courses/Archive/Sca-/Archives/Chapter%203%20Fuzzy%20Membership%20Functions.Pdf](http://www.nid.ilitkgp.ernet.in/dsamanta/courses/archive/sca-/archives/chapter%203%20fuzzy%20membership%20functions.pdf)(Erişim Tarihi: 27.07.2018)
- Sancar, N. ve Tabrizi, S.S.(2017). Body Mass Index EstimationBy Using An AdaptiveNeuroFuzzyInferenceSystem. *ProcediaComputerScience*, Vol:108,s.2501-2506.
- Sun, C. T.(1994). Rule-Base Structure Identification in An Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System. *IEEE Transactions On Fuzzy Systems*, Vol:2(1), s.64-73.
- Şen, Z.(2002). Bilimsel Düşünce ve Matematik Modelleme İlkeleri. Su Vakfi, İstanbul.
- Şen, Z.(1998). Fuzzy Algorithm For Estimation Of Solar Irradiation From Sunshine Duration. *Solar Energy*, Vol:63(1), s.39-49.
- Şen, Z.(2009). Bulanık Mantık İlkeleri Ve Modelleme, Su Vakfi, İstanbul.
- Şen, Z. (2003) Modern Mantık. Bilge Kültür Sanat Yayınları, İstanbul.
- Tuna, B.(1994). Bulanık Olasılıklar ve Bir Uygulama(Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi SBE, Ekonometri Ana Bilim Dalı, İstatistik Bilim Dalı. İstanbul.
- Wang, C.(2015). A Study Of Membership Functions On Mamdani-Type Fuzzy Inference System For Industrial Decision-Making.(Yayınlanmış Doktora Tezi). Theses And Dissertations. Lehigh University.(Paper:1665)
- Yakıcı Ayan, T.(2009). Toplam Üretim Planlaması Problemleri İçin Bir Bulanık Hedef Programlama Yaklaşımı. *Erciyes Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*. Vol:34. s.69-90.
- Yakupoğlu, T., Özdemir, N. ve Ekberli, İ.(2008). Toprak Erozyonu Çalışmalarında Bulanık Mantık Uygulamaları. *Samsun: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, Vol:23(2), s.121-130.
- Yıldız, S.(2011). Bulanık Mantık Yaklaşımı İle Hazır Giyimde Beden Numarası Belirleme. *Vocational Education*, Vol:6(1), s.12-22.
- Zadeh, L. A.(1965). Fuzzy Sets. *Information AndControl* ,Vol:8, s.338-353.
- Zimmermann, H.J.(1993). Fuzzy Sets, Decision Making and Expert Systems. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Zarte, M., Pechmann, A. ve Nunes, I. L.(2018). Sustainable Evaluation Of Production Programs Using A FuzzyInference Model–A Concept. *Procedia CIRP*, Vol:73, s. 241-246.