

Ege bölgesinde faaliyet gösteren KOSGEB kapsamındaki farklı ölçeklerdeki şirketlerin (KOBİ) bulanık kümeleme analizi ile gruplandırılması

Grouping of the companies in different scales by fuzzy cluster analysis operating in the Aegean region of KOSGEB (SMEs)

Mustafa GÜNEŞ¹, Aynur İNCEKIRIK^{2*}

¹Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gediz Üniversitesi, İzmir, Türkiye.

mustafa.gunes@gediz.edu.tr

²Bankacılık ve Finans Bölümü, Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Celal Bayar Üniversitesi, Manisa, Türkiye.

aynur.incekirik@cbu.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 01.07.2015, Kabul Tarihi/Accepted: 20.11.2015

* Yazışılan yazar/Corresponding author

doi: 10.5505/pajes.2015.24119

Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Son yıllardaki akademik araştırmalarda ve uygulamalarda belirsizlik anlamı taşıyan kavramların sınıflandırılmasında bulanık kümeleme teorisi kullanılmaktadır. Kümeleme çalışmalarında, bazı objelerin küme üyeliklerinde veya kümeleri tanımlamada bir belirsizlik oluyorsa bulanık kümeleme yaklaşımının kullanılması daha faydalı olacaktır. Ayrıca, Bulanık Kümeleme Analizi diğer istatistiksel analizlerden farklı olarak esnek yapıda ve daha kullanışlı olup herhangi bir varsayıma dayanmaz. Bunun sonucunda, birçok sistemin bulanık sistemler yardımıyla modellenenilmesi ve hatta kopyalanabilmesinde hem bilimsel alanda hem de günlük hayatta oldukça önemli gelişmelere sebep olmuştur. Bu çalışmada, Bulanık Kümeleme Analizinin tüm avantajları göz önünde bulundurularak, Ege bölgesinde faaliyet gösteren Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı (KOSGEB) kapsamındaki farklı ölçeklerdeki şirketler sınıflandırılmıştır. KOSGEB'in belirlediği ölçütlere göre elde edilen veriler kullanılmıştır. Bulanık kümeleme metodları kullanılarak üç farklı ölçeğe göre sınıflandırma yapılmıştır. Bulanık çıkarım sistemi yapısı, bulanık modelleme yapısı ve bulanık kümeleme algoritmaları uygulamalarında kolaylık sağlamak amacıyla oluşturulmuştur. Bu çalışmadaki sınıflandırma analizi için daha esnek bir model elde edilmiştir. Ayrıca, MATLAB kullanılarak oluşturulan bir yazılım vasıtasıyla araştırmacılara ve uygulayıcılara hızlı bir analiz yapma ve değerlendirme olanağı sağlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Bulanık küme metodu, Bulanık kümeleme teorisi, Kümeleme yaklaşımları, Bulanık çıkarım yapısı, MATLAB

Abstract

In recent academic researches and applications, fuzzy clustering theory is used to classify concepts which state uncertainty. In clustering studies, if there is an uncertainty in determining clusters or cluster memberships of some objects, it would be better to use fuzzy clustering approach. Furthermore, Fuzzy Clustering Analysis differ from other statistical analysis as flexible structure, more practical and not based on any assumption. As a result of that, modelling and even copying of many systems with the help of fuzzy systems have been caused considerable development in our lives as well as in scientific field. In this study, considering the all advantages of fuzzy clustering analysis, the companies operating in the Aegean region of KOSGEB with different scales are classified. The data obtained according to the criteria determined by KOSGEB are used. Classification is made by three different scales using fuzzy clustering methods. Fuzzy inference system has been created to provide convenience for applications of fuzzy modelling structure and fuzzy clustering algorithms. For classification analysis in this study were obtained a more flexible model. Also it is intended to provide opportunity of quick analysis and evaluation to researchers and practitioners through a software created using MATLAB.

Keywords: Fuzzy set method, Fuzzy clustering theory, Clustering approaches, Fuzzy inference structure, MATLAB

1 Giriş

1965 yılında Zadeh tarafından “bulanık küme”, “mantık” ve “sistem” kavramları ortaya atılmıştır. Ancak, 1970’li yıllardan sonra doğu dünyasında özellikle de Japonya’da bulanık mantık ve bulanık sistem kavramlarına önem verilmiştir. Teknolojiyi yakından takip eden Japon mühendisleri, bulanık kontrol birimlerini oluşturma işinin ne kadar kolay olduğunu fark ederek, bulanık kontrol yapılarını birçok cihaz yapımında kullanmaya başlamışlardır. Bulanık sistem yapısının elektrikli süpürgeler, çamaşır makineleri, asansörler, metro hattı ve şirket işletimi gibi uygulama alanlarında kullanılması 1980 yılı sonrasında başlamıştır. Son yıllarda, mühendislik dallarının çoğunda, veri tabanlarının özelleştirilmesi sürecinde, telesekreterlerin cevaplama aşamasında ve daha birçok konuda dünyada kullanılır hale gelmektedir. Farklı bilim ve mühendislik uygulamalarını yayınlayan dergiler incelendiğinde, hemen hemen her mühendislik alanında ve teknolojik çalışmalarda bulanık sistem kontrol

mekanizmalarının ve bulanık sistem hesaplamalarının yaygınlaştığı görülmektedir [10].

Günümüz teknolojisinde çok yaygın olarak karşımıza çıkan akıllı ve uzman sistemlerle otomasyonda, belirsizlik ortamında en iyi karar verebilme ve modellemenin temelinde bulanık mantık önerme ve çıkarımları kullanılmaktadır. Akıllı robotlar sınıfına giren çamaşır makinesi, elektrik süpürgesi, fırın, klima, trafik ışıkları, asansörler, soğutucular ve benzeri alet ve cihazlar ile metro hatları, fabrika işletmeleri, iş yönetimi, uzaktan algılama, uzay araştırmaları ve havacılık endüstrisinde gerek dizayn ve imalat, gerekse uygulamada geniş çapta ve yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Uluslararası birçok şirketin AR-GE departmanlarında, günümüzde bulanık mantık yapısı, bulanık sistem ve bulanık kontrol mekanizmaları ihtiyaç haline gelmiştir.

Bu çalışmada, Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı (KOSGEB) kriterleri temel alınarak oluşturulan üç farklı ölçekli firma büyüklüğü dikkate

alınarak söz konusu ölçekler arasında geçiş büyüklüğünün belirlenmesine yönelik olarak Yöneylem Araştırması Tekniklerinden Bulanık Kümeleme Analizi Yönteminin kullanılması hedeflenmektedir. Yapılacak olan çalışmayla KOSGEB'in sektör tanıma ve gruplandırma çalışmalarına destek verilerek kredilendirme kriterlerinin güçlendirilmesine katkı sağlanacaktır. Bu çalışmayla KOSGEB'e başvuran bir şirketin sınıflandırılma işleminin daha esnek bir model aracılığıyla yapılması amaçlanmıştır. Bu çalışmada, uygun bir yazılım geliştirilerek ölçekleri girilen şirketlerin grupları hızlıca belirlenecektir. Kümeleme çalışmasına ek olarak Bulanık Kümeleme algoritmasıyla bulanık işlemler kullanılarak oluşturulan birkaç kümeyle kümeleme algoritmasına katkı sağlanması hedeflenmektedir.

2 Bulanık kümeleme teorisi

Zadeh, 1965'te ve daha sonra 1975 yılında, kesin olmayan önermeli matematiksel modelleme kavramı olan bulanık kümeler ve bulanık mantığı ortaya atmıştır. O zamandan beri kesin olmayan bilgileri kontrol etmek ve kesin olmayan bilgilerle nasıl çıkarım yapılacağını simüle etmek için birçok alanda bulanık küme ve bulanık mantık uygulanmıştır. Gürültülerin ve belirsizliklerin herhangi bir verilen veri tabanı sisteminde hiçbir zaman toplam olarak elimine edilemeyeceği bilinmektedir. Genel olarak kümeleme problemlerinde bu tür belirsizlikleri daha fazla açıklayabilmek için bulanık mantık teorisi kullanmak yaygın bir yöntemdir. Bulanık kümeleme (Fuzzy Clustering) algoritmaları, her bir objenin bu tür kümelerle ne dereceye kadar ait olduğunu belirleyen üyelik değerlerini hesaplarken verilen veri tabanında kesişen kümeleri tanımlayabilir [3].

Bulanık kümeleme analizinin temel kullanım alanları olan desen tanıma, görüntü işleme, denetleyici sistemler, uzman sistemler, veri tabanları, veri madenciliği ve bulanık modelleme gibi uygulamalar için kullanılmaktadır. Örüntü (desen) tanıma uygulamasının temel problemlerinden birisi veri grubundaki kümeleri ortaya çıkarmaktır. Literatürde pek çok bulanık kümeleme algoritması önerilmektedir. Bu algoritmalarından en yaygın kullanılan bulanık kümeleme yaklaşımı ilk olarak Dunn (1974) tarafından önerilen ve Bezdek tarafından geliştirilen bulanık c-ortalama algoritmasıdır.

Bulanık kümeleme yöntemi, kümelerin birbirlerinden belirgin şekilde ayrılmadığı durumlarda ve bazı objelerin kümelerle aitliğini gösteren üyelik derecelerinde belirsizlikler olduğu durumlarda kullanılmaktadır. Kümedeki objelerin üyelik dereceleri, sıfır ile bir arasındaki değerlerden oluşur ve her objeyi belirleyen üyelik fonksiyonlarına bulanık küme denir. Birbirlerine çok benzerlik gösteren objeler, aynı küme içinde yüksek üyelik derecesine göre gruplanmışlardır. Bundan dolayı, bu yöntemde, objelerin kümelerle aitlik katsayıları hesaplanmaktadır ve bu üyelik katsayılarının toplamı daima 1'e eşittir. Böylece, objeler en yüksek üyelik katsayısına sahip oldukları kümeyle atanırlar. Kümedeki objeler, üyelik fonksiyonları sürekli ya da süreksiz olduğunda bir bulanık kümedeki bulanıklığı karakterize etmektedirler. Klasik kümeleme yöntemlerinde ise her obje sıfır (0) olmayan bir (1) değerini alan üyelik katsayısına sahiptir. Böylece, klasik kümeleme yöntemleri, bulanık çözümlemenin sınırlı bir durumudur [1].

2.1 Klasik kümeleme ve bulanık kümeleme yaklaşımlarının karşılaştırılması

Klasik kümeleme analizi, objelerin tüm değişkenlere göre benzerliklerini esas alarak kümelene yapılarını ortaya çıkarmayı amaçlayan, çok değişkenli istatistiksel bir tekniktir. Genel olarak kümeleme analizi teknikleri, sistemin boyutunu indirgeyerek yani obje sayısını azaltarak, çok sayıda obje arasındaki kümelene yapısını ortaya koyma amacını taşımaktadır. Bulanık kümeleme analizinde, objenin birden fazla kümeye üyelik dereceleriyle aitliği söz konusu olmaktadır. Oysaki klasik kümeleme analizinde bir obje sadece tek bir kümeye ait olabilmektedir.

Klasik kümeleme yaklaşımında, bir kümeye ait olan objeler ile ait olmayan objeler arasında esnek olmayan yapıda bir ayrım söz konusudur. Bu nedenle, klasik küme teorisinde, evrensel kümede yer alan objelerin evrensel kümenin bir alt kümesine olan üyeliğini belirleyen tanım aralığı kesin olarak ortaya konmaktadır. Burada, küme üyelik dereceleri arasında sıfırdan bire doğru kesikli bir durum vardır. Bulanık kümeleme yaklaşımı, objelerin evrensel kümenin bir alt kümesine olan üyeliğini belirleyen tanım aralığı esnek olarak tanımlamıştır ve kısmi üyelik dereceleri elde edilmektedir.

Klasik kümeleme yaklaşımı, bir objenin herhangi bir kümenin üyesi olması ya da üyesi olmaması mantığına dayanmaktadır. Burada, kümenin üyesi olma ya da olmaması arasında kesin ve açıkça belirtilen bir ayrım bulunduğundan bir objenin hem üye hem de üye olmama durumu bulunmaz. Bulanık kümeleme yaklaşımı, objelerin kümelerle kısmi üyeliğine dayanmaktadır. Burada kümeye üye olmadan üye olmamaya üyelik fonksiyonlarıyla belirtilen kademeli geçişler olup kesin bir ayrım bulunmamaktadır. Klasik kümeler karakteristik fonksiyonlarla tanımlanırken bulanık kümeler üyelik fonksiyonlarıyla tanımlanır. Klasik kümeleme yaklaşımından daha geniş bir çerçeve yaratan bulanık kümeleme yaklaşımı doğrusal programlamanın gerçek dünyayı yansıtmaya becerisine ve uygulanabilirliğine katkıda bulunmuştur. Gerçek dünya olayları kesin sınırları olmayan kümeleri karşımıza çıkarmaktadır. Bulanık kümelemede küme objelerinin verilen kümeye kısmen aitliği belirtilirken klasik kümelemeye göre avantaj sağlamaktadır [12].

Klasik küme teorisinde, bir obje bir kümeye kesin olarak aittir ya da ait değildir, ikisinin ortasında bir durumdan söz edilemez. Bulanık küme teorisi, objelerin farklı üyelik dereceleriyle birden fazla kümeye aitliğine olanak yaratan, klasik küme teorisinin genişletilmiş bir şeklidir. Üyelik fonksiyonları, bir objenin bir kümeye ne derece ait olduğunu gösteren değerleri ifade etmektedir. "0" olması durumu, objenin kümeye ait olmadığını, "1" olması durumu ise objenin kümeye tam olarak ait olduğunu gösterir. "1'e yakın üyelik değerleri" objenin yüksek derecede kümeye ait olduğunu, "0'a yakın üyelik değerleri" ise düşük derecede kümeye ait olduğunu ifade etmektedir.

Klasik kümeler üzerinde yapılan işlemler ve hesaplamalar, bulanık kümeler kullanılarak yapılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan bulanık kümeleme işlemleri, birleşim, kesişim ve tümleyendir. Bu işlemlerin klasik küme işlemlerinden farkı, 0 ile 1 aralığındaki bütün değerleri dikkate almasıdır. Bulanık kümeleme yöntemlerinin geleneksel kümeleme yöntemlerine

göre avantajı, üzerinde çalışılan veri tabanı (database) hakkında daha detaylı bilgi vermesidir. Bu yaklaşımın dezavantajı, çok sayıda obje ve küme olması durumunda elimizde çok fazla çıktı olacağından, analiz sonucunu özetlemek ve bilgiyi bir arada göstermek oldukça zor olmaktadır. Bunun yanında, bulanık kümeleme algoritmaları, genellikle karmaşık yapıdadır ve daha çok belirsizlik söz konusu olduğu durumlarda kullanılmaktadır.

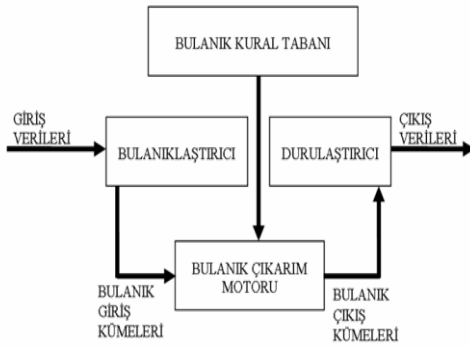
2.2 Bulanık sistemlerin yapısı

Yapay zekâ (makine zekâsı) alanında, insan bilgisini ve düşünüş tarzını temsil eden çeşitli yollar vardır. Bu yollardan en yaygın olanlardan biri, insanın kullandığı doğal dili aşağıda gösterilen form içinde oluşturmaktır;

IF Öncül, THEN Sonuç

Bu bilgi formu, yüzeysel bilgi olarak karakterize edilmiştir ve yaygın olarak "IF-THEN" kural tabanı olarak adlandırılmaktadır. Genelde çıkarımsal form adıyla da anılmaktadır [8].

Bulanık şartlara bağlı durumlar "Eğer A ise B" formu ile ifade edilmektedirler. Bu durumlar, A ve B değerleri üyelik fonksiyonlarıyla karakterize edilen bulanık kümeleri temsil etmektedirler. "Eğer-İse" ifadeleri günlük aktivitelerde sıklıkla kullanılmaktadır. Bulanık mantığın en popüler yaklaşımı olan bulanık çıkarım sistemi, giriş ve çıkış ilişkileri üzerine performans göstermektedir [2]. Bulanık sisteminin temel yapısı Şekil 1'den de görülebileceği gibi aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır;



Şekil 1: Genel bulanık sistem yapısı.

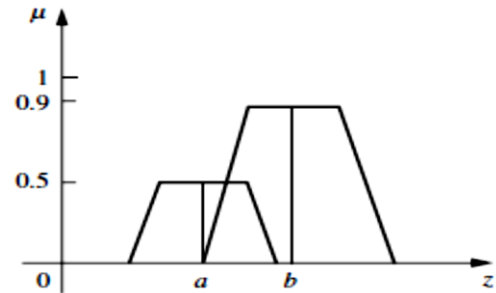
1. **Giriş verileri aşaması:** İncelenen olaya ilişkin girişler hakkındaki tüm bilgilerin (sayısal veya sözel) toplandığı aşamadır.
2. **Bulanıklaştırma aşaması:** Klasik girişlerin sözel (dilsel) ifadelerle dönüştürüldüğü yani bulanık girişlerin elde edildiği aşamadır. Bu aşamada, giriş sayılarının bulanıklaştırılması işlemi yapılır. Burada, bir tanım aralığında bulunan tüm öğelerin üyelik derecesinin 1'e eşit olacağı yerde 0 ile 1 arasında değişik değerlere sahip olması düşünülür. Böylece, bazı objelerin belirsizlik içerdikleri kabul edilerek bu belirsizliğin sayısal olmayan durumlardan kaynaklanması halinde bulanıklıktan söz edilir [10].
3. **Bulanık kural tabanı aşaması:** Bulanık kuralların oluşturulması aşamasıdır. Bu aşamada, uzman bilgisi kullanılarak sistemin yapısına uygun olan doğru kuralların belirlenmesi sağlanır. Bu adım, bulanık sistemin doğru çalışmasını sağlayan en önemli adımlardan biridir. Girişleri çıkışlara bağlayan

mantıksal Eğer-İse (IF-THEN) yapısıyla tüm bağlantıları olarak yazılan kuralları içermektedir. Bulanık ilişkiler, bir sözden ibaret olan ve birkaç sözün bir araya gelmesinden oluşarak şekillenmiştir. Bu sözler birbirlerine "ve" veya "veya" bağlaçlarıyla bağlanırlar. Bu bağlaçların klasik kümelerde karşılıkları sırasıyla: "kesişim" ve "birleşim"dir. Günlük aktivitelerimizde çok sık kullandığımız bulanık "Eğer-İse" kuralları ya da bulanık koşullara bağlı durumlar, "IF A THEN B" formu ile gösterilirler. Buradaki A ve B, belirlenen üyelik fonksiyonları ile karakterize edilmiş bulanık kümelerdir [11].

4. **Bulanık çıkarım motoru aşaması:** Bir önceki aşamada giriş ve çıkış bulanık kümeleri arasında kurulan ilişkileri bir araya toplayarak sistemin tek çıkışlı davranmasını sağlayan işlemler motorudur. Sistemin girişler altında nasıl bir çıkış göstereceğini belirleyen bir aşamadır. Bulanık çıkarım sistemi (FIS), kural tabanı, veri tabanı ve sonuç çıkarım kavramlarından oluşmaktadır. İlk adımda, giriş ve çıkış değişkenlerinin üyelik fonksiyonları ve bulanık kuralları belirlenmektedir. Son adımda, sistem çıkışı oluşturulmaktadır. Bulanık mantık yaklaşımında, uzman bilgisi dikkate alınarak anlamlı sonuçlar çıkarmak hedeflenmektedir [8].
5. **Durulaştırma (Defuzzification) aşaması:** Bulanık çıkışların sayısal değerlere yani klasik çıkışlara dönüştürülmesidir. Bu değerler tek bir klasik değer ya da bir fonksiyon değeri olarak verilebilir. Bulanık sistem çıkışlarının mühendislik tasarımlarında kullanılabilmesi amacıyla sayısallaştırılması için durulaştırma aşaması kullanılmaktadır [9]. Bulanık çıkış fonksiyonları olarak adlandırılan üyelik fonksiyonlarını durulaştırmak (defuzzification) için kullanılan metotlardan biri Ağırlıklandırılmış Ortalama Metodu (weighted average method) dur. Bu yöntem, hesaplamada daha etkili metotlardan olduğundan dolayı bulanık uygulamalarda en sıklıkla kullanılan yöntemlerden biridir. Burada, genellikle simetrik çıkış üyelik fonksiyonları sınırlandırılmıştır. Bu yöntemin cebirsel ifadesi, şu şekildedir;

$$z^* = \frac{\sum \mu_{\bar{z}}(\bar{z}) \cdot \bar{z}}{\sum \mu_{\bar{z}}(\bar{z})} \quad (1)$$

Burada, Σ işareti cebirsel toplamı ve \bar{z} ise simetrik üyelik fonksiyonlarından her birinin ağırlığını verir. Bu yöntem, söz konusu maksimum üyelik değerleri ile çıkıştaki her bir ağırlıklandırılmış üyelik fonksiyonu tarafından biçimlenir. Bu metot, Şekil 2'de gösterilmiştir [8].



Şekil 2: Durulaştırmanın ağırlıklandırılmış ortalama metodu.

2.3 Bulanık kural-tabanlı sistem modelleri

Bulanık mantık ile modellemenin tercih edilmesinin bazı sebepleri şunlardır; Bulanık matematiksel teori basittir ve anlaşılması kolaydır, esnek bir modelleme yapısı sunmaktadır, yetersiz veriler ile işlemler yapılabilmektedir, uzman kişilerin görüş ve tecrübelerinden yararlanılır ve kompleks fonksiyonları modelleyebilmektedir. Bulanık mantığın en önemli avantajı, insanların günlük hayatta kullandığı dili kullanıyor olmasıdır.

Adımları:

1. Giriş ve çıkışlar belirlendikten sonra, uygulamada kullanılan değişkenlik aralığı, elde edilen sayısal verilerden bulunur. Bu aralıklar, anlamlı dilsel durumlar kümesi içinde bölünmüştür. Bulanık alt kümeler, uygun üyelik fonksiyonlarıyla açıklanırlar. En yaygın olarak kullanılan üyelik fonksiyonları, üçgensel uzaya sahiptirler.
2. İlişkili ölçüm belirsizliğini açıklamak amacıyla, her giriş ve her çıkış için bulanıklaştırılmış bir fonksiyon girilir. Bulanıklaştırılmış fonksiyonun amacı, ilgili reel sayının daha gerçekçi bulanık yaklaşımları olarak reel bir sayı tarafından açıklanmış olmasıdır [4].
3. Bu adım, bulanık çıkarım kurallarının kümesinin formülasyonudur. Bu kuralların yorumlanması için iki ana yol bulunmaktadır. İlk yol, deneyimli insanlardan oluşan uzmanlar tarafından uygun bir durumda elde edilir. Diğer yol ise, uygun öğrenme metodlarıyla deneysel verilerden çıkartılarak yorumlamaktır.
4. Giriş değişkenlerinin ölçümü, çıkış değişkenleriyle ilişkili çıkarımlar yapmak için bulanık bilgi kurallarıyla ilgili doğru şekilde birleştirilmelidir.
5. Son olarak, klasik sonuçlara ulaşmak amacıyla uygun bir durulaştırma metodu seçilmelidir. Ana amacımız tek bir reel sayı elde etmek olduğundan çıkarım motoruyla elde edilen sonuçların her biri dönüştürülmektedir [9].

2.3.1 Takagi-Sugeno (1985) modeli (TS)

Takagi-Sugeno modeli, ilk kez 1985 yılında kullanılmaya başlanmıştır. Bu modelde, çıkış üyelik fonksiyonlarının değerleri bulanık bir küme değil, doğrusal bir fonksiyon veya sabit bir değerdir [8]. Bu nedenle, durulaştırma işlemine ihtiyaç duymaz. Kullanımının basit olması ve özellikle sayısal verilerle çalışıldığında oldukça başarılı sonuçlar vermesinden dolayı yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu modelin avantajlarından bazıları; sayısal sonuç çıkarma ve matematiksel analizlerdeki etkinliği, optimizasyon ve uyarılma işlemlerindeki başarısı olarak sıralanabilir. Bir Sugeno sistemi, çoklu doğrusal modeller arasındaki ara değerlerin hesaplanması yoluyla doğrusal olmayan sistemlerin modellenmesi için uygundur. Bu modeldeki tipik bir kural formu şu şekildedir;

$$\begin{aligned} \text{IF Giriş 1} &= x \text{ ve Giriş 2} = y, \\ \text{THEN Çıkış } z &= ax + by + c \end{aligned} \quad (2)$$

Her bir kuralın çıkış düzeyi z_i , kurallarla ağırlıklandırılmıştır ve aşağıdaki Şekil 3'te "And" kuralı için $w_i = \text{and}$ yöntemi ($F_1(x), F_2(y)$)'dir. $F_1(x)$ ve $F_2(y)$, 1 ve 2 girişleri için üyelik fonksiyonlarıdır. Kural çıkışlarının ağırlıklandırılmış ortalaması, sistemin sonuç çıkışını vermektedir; (N=kural sayısıdır).

$$\text{Sonuç Çıkışı} = \frac{\sum_{i=1}^N w_i z_i}{\sum_{i=1}^N w_i} \quad (3)$$

Burada, bir veya birden fazla giriş değeri ile tek bir çıkış değeri (z_i) bulunmaktadır. Çıkış değeri, giriş değerlerinin doğrusal bir fonksiyonu olabildiği gibi sabit bir sayıda olabilmektedir [7].

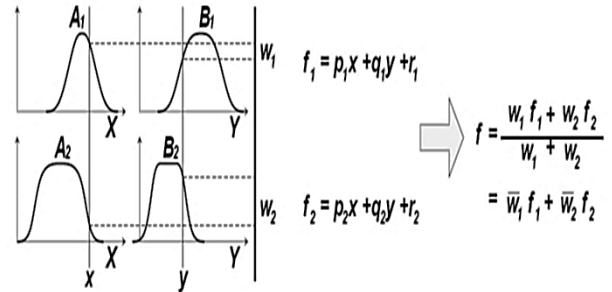
Yukarıda gördüğümüz işlemlerin tümünü elle yapmak imkânsız denecek kadar zordur. Bu nedenle, işlemlerin daha kısa sürede ve daha doğru olarak yapılabilmesi için MATLAB programı içerisinde yer alan bulanık çıkarım sistemi [Fuzzy Inference System (FIS)] editörü kullanılmaktadır. Sugeno modelindeki her bir kural, klasik bir çıkışa sahiptir. Şekil 3'te tüm çıkışlar, ağırlıklandırılmış ortalama kullanılarak durulaştırma yoluyla elde edilmiştir. Bu modelin yapısı, bulanık ifadelerden ve kurallardan oluşmuştur. Ayrıca, Sugeno modeli, sistem hakkında elde edilen bilgiye dayanarak belirlenebilir. Bu model, dinamik ve statik doğrusal olmayan sistemleri modellemede kullanılmaktadır [8].

Sugeno modelinin avantajları:

- Doğrusal olan tekniklerle iyi çalışır,
- Optimizasyon ve uyarlanabilir (adaptive) tekniklerle birlikte iyi çalışmaktadır ve çıktı parametrelerini optimize ederek sonuçları iyileştirir,
- Çıkış uzayında sürekliliği garantiler,
- Matematiksel analizler için uygundur,
- Hesaplamalar için çok uygundur.

Sugeno modelinin dezavantajları:

- Yüksek derecedeki Sugeno bulanık modeli kullanıldığında oldukça kompleks bir yapıya sahip olur,
- Girişlerin ve alt küme sayılarının artması, verilerin eğitilmesini zorlaştırarak sonuçların elde edilmesi için belirlenen sonuç parametrelerin sayısını artırır,
- İnsan sezgilerine uygun değildir [7].



Şekil 3: Sugeno bulanık modeli.

3 Uygulama

3.1 Uygulamanın amacı

KOSGEB tarafından kullanılan kümeleme mantığı tamamen klasik kümeleme algoritmalarına dayanmaktadır. Hâlbuki bu klasik algoritmalar çoğu zaman şirketlerin yanlış kategorilere konulmasına sebep olmaktadır. Bu gibi nedenlerle, kümeleme çalışmalarının klasik mantığın geliştirdiği algoritmalar yerine bulanık mantığın literatüre kazandırdığı bulanık algoritmalarla yapılması önerilmektedir. Bu çalışmanın amacı, KOSGEB'in şirketleri kümelemede kullandığı algoritmayı da içine alan bir bulanık algoritma geliştirerek şirketleri daha sağlıklı sınıflandırma imkânı verecek modelleri uygulamaya kazandırmaktır. Yapılacak olan çalışma ile KOSGEB'in sektör tanıma ve gruplama çalışmalarına destek verilerek kredilendirme kriterlerinin güçlendirilmesine katkı sağlanacaktır.

Planlanan çalışmada, KOSGEB bünyesindeki Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmelerin (KOBİ) Çalışan Sayısı, Net Satış Hâsılatı ve Mali Bilanço Toplamı kriterlerini dikkate alarak belirlediği Mikro, Küçük ve Orta Ölçekli üç farklı şirket büyüklüğü yani kümesi göz önüne alınarak, söz konusu bu ölçekler arasındaki geçiş büyüklüğünün belirlenmesi amacıyla Yöneylem Araştırması tekniklerinden biri olan Bulanık Kümeleme Analizi Yönteminin kullanılması hedeflenmektedir. Bulanık Kümeleme Yöntemleri kullanılarak Mikro, Küçük ve Orta Ölçekli firmalar arasında var olan ara seviyelerin ortaya konularak alt kümelerin oluşturulması ve uygulamanın bu doğrultuda yapılması hedeflenmektedir. Bu çalışma ile KOSGEB'e başvuran bir şirketin sınıflandırılmasını yapan hali hazırda kullanılan klasik kümeleme temelli bir model yerine daha anlamlı sonuçların elde edileceği esnek yapıda bulanık bir kümeleme modeli geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Asıl amacımız, klasik kümeleme çalışmasına ek olarak bulanık matematiği kullanarak yapılacak Bulanık Kümeleme çalışması kapsamında ara değerleri temsil etme yeteneğine sahip olan bazı alt kümeler ekleyebilmektir. Böylece, kümeleme algoritmasına katkı sağlanması hedeflenmektedir.

Çalışmamız kapsamında, bulanık mantık sistemine dayalı yeni kümeler oluşturmayı hedefleyerek, kriterleri girilen şirketlerin ölçek gruplarının hızlı bir şekilde belirlendiği uygun bir yazılım programı geliştirmeyi hedeflemekteyiz. Bu amaç doğrultusunda MATLAB programında, elde edilen veriler ile bulanık çıkarım sisteminde "Eğer-İse (IF-THEN)" kural tabanı kullanılarak tüm giriş ve çıkış değerlerini belirleyip üyelik değerleri elde edilecektir. Uygulama ile bulanık kümeleme yöntemi ve bulanık kural tabanlı sistem tekniklerinin birlikte kullanılmasına faaliyet gösteren firmaların gruplandırılmasını veren kümeleme tabanlı bulanık sistem algoritması geliştirilmesi hedeflenmektedir. KOSGEB'den Ege Bölgesi'nde 2012 yılında faaliyet gösteren tüm şirketlerin veri tabanı bilgileri temin edilmiştir. Bu çalışmada, Ege Bölgesi'nde faaliyet gösteren firmaların kredilendirme süreçlerinde doğru kümelenmelerine zemin hazırlayacak algoritmaların geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu algoritma ile ele alınan şirketler derecelendirilerek KOSGEB'in karar süreçlerine katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çalışma sayesinde, kredilendirme sürecinde bulunan firmalar çok daha doğru kümelere yerleştirilerek hak ettikleri kredileri alabilmelerine imkân sağlanmış olacaktır.

KOSGEB'in şirketleri sınıflandırma politikalarına bulanık mantık algoritmasıyla sınıflandırılma yapısının da eklenmesi hedeflenmektedir. Belirlenen üç kriter kullanılarak oluşturulan bulanık algoritma ile KOSGEB çatısı altındaki şirketleri daha sağlıklı ve doğru sınıflandırma imkanı elde etmeyi amaçlamaktayız.

3.2. Uygulama kapsamında kullanılan veriler ve değişken sınıfları

KOSGEB'den, Ege Bölgesi'nde (İzmir, Manisa, Uşak, Aydın, Denizli, Muğla, Afyon ve Kütahya) faaliyet gösteren Mikro, Küçük ve Orta ölçekli şirket kümelerini temsil eden 3519 adet kayıtlı işletmenin 2012 yılına ait son güncel beyannamesi üzerinden elde edilen veriler, işletme kümesini (sınıfını) belirlemek amacıyla ele alınmıştır. Tüm bu işletmelerin KOSGEB kriterlerine ve sınıflandırma algoritmasına göre hangi ölçek sınıfına dâhil olduğu bilgisine de ulaşılmıştır.

KOSGEB'in Küçük ve Orta büyüklükteki işletmelerin tanımı, nitelikleri ve sınıflandırılması hakkında yönetmelik maddeleri dikkate alınarak aşağıdaki tanımlara ulaşılmıştır;

- İşletme: Yasal statüsü ne olursa olsun, bir veya birden çok gerçek veya tüzel kişiye ait olup bir ekonomik faaliyette bulunan birimleri veya girişimleri,
- Küçük ve Orta büyüklükte işletme (KOBİ): İki yüz elli kişiden az yıllık çalışan istihdam eden ve yıllık net satış hâsılatı veya mali bilançosundan herhangi biri kırk milyon Türk Lirasını aşmayan ve bu Yönetmelikte Mikro işletme, Küçük işletme ve Orta büyüklükteki işletme olarak sınıflandırılan ekonomik birimleri veya girişimleri,
- Mali Bilanço (MBT): Bir işletmenin belirli bir tarihte sahip olduğu varlıklar ile bu varlıkların sağlandığı kaynakları gösteren mali tabloyu,
- Net Satış Hâsılatı (NSH): Bir işletmenin brüt satışlarından satış iskontoları ve iadeleri ile diğer indirimlerin düşülmesi sonucu bulunan tutarı,
- Yıllık İş Birimi (YİB), Çalışan Sayısı (ÇS): Bir yıl boyunca tam zamanlı olarak işletmede veya işletme adına çalışan bir kişiyi ifade eder [5].

Küçük ve Orta büyüklükteki işletmelerin (KOBİ) sınıflandırılması:

- Mikro işletme: On kişiden az yıllık çalışan istihdam eden ve yıllık net satış hâsılatı veya mali bilançosundan herhangi biri bir milyon Türk Lirasını aşmayan işletmelerdir.
- Küçük işletme: Elli kişiden az yıllık çalışan istihdam eden ve yıllık net satış hâsılatı veya mali bilançosundan herhangi biri sekiz milyon Türk Lirasını aşmayan işletmelerdir.
- Orta büyüklükteki işletme: İki yüz elli kişiden az yıllık çalışan istihdam eden ve yıllık net satış hâsılatı veya mali bilançosundan herhangi biri kırk milyon Türk Lirasını aşmayan işletmelerdir [5].

Çalışan sayısı, mali durum ve referans dönemi için kullanılan veriler: İşletmelerin mali durumları ve çalışan sayılarının belirlenmesinde yıllık olarak hesaplanan en son veriler esas alınır. Yeni kurulan ve ilk yıl hesapları henüz onaylanmamış işletmelerde sadece çalışan sayısı dikkate alınır.

Çalışan sayısı ve yıllık iş birimleri: Bir işletmede çalışanların toplam sayısı, o işletmedeki yıllık iş birimlerinin toplam sayısına göre belirlenir. Hangi süre ile olursa olsun, yılın veya günün belirli bölümlerinde veya mevsimlik işlerde çalışan kişiler yıllık iş biriminin kesirlerini oluştururlar. Doğum izni ve birinci dereceden yakınların ölümü veya hastalık sebebiyle kullanılan izinler hesaba katılmaz. Bölge müdürlüğünden alınan bilgilerden öğrenildiği üzere, işletmeye ait yıllık iş günü sayısı 360'a bölünerek çalışan sayısı bilgisi elde edilmiştir. Bu Yönetmeliğin uygulanmasında;

- İlgili işletmede çalışan işçi, işveren vekilleri ve işverenler ile işletme sahipleri,
- İşletmede düzenli olarak bir iş gören ve bunun karşılığında bir ücret alan ortaklar, çalışan olarak dikkate alınırlar. Çıraklık ve mesleki eğitim sözleşmesi kapsamında işletmede mesleki eğitim gören çıraklar ve staj yapan öğrenciler çalışan sayısına dâhil edilmez [5].

Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmelerin Niteliği Hakkında Bilgi Beyannamesinde İşletme Sınıfını Belirlemek İçin Kullanılan Veriler, Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmelerin Tanımı, Nitelikleri ve Sınıflandırılması Hakkında Yönetmeliğin 15.maddesine göre hesaplanmıştır. Bu beyannamede, ilgili olduğu mali yıl dikkate alınarak, Yıllık Çalışan Kişi Sayısı (YİB), Net Satış Hâsılatı (TL) ve Mali Bilanço Toplamı (TL) verilerine göre işletmenin sınıfı belirlenmektedir. Burada, tüm veriler en son onaylanan hesap dönemine ait olmalıdır. Hesapları henüz onaylanmamış yeni kurulan işletmeler için veriler mali yılın durumuna göre kabul edilebilir bir tahminle çıkarılmalıdır.

KOSGEB KOBİ'leri sınıflandırmada Tablo 1'deki üç gruplandırmayı temel alan klasik mantığa dayalı bir algoritma kullanılmaktadır.

Tablo 1: KOBİ'lerin sınıflandırılması.

Kriterler Ölçekler	Yıllık Çalışan Kişi Sayısı (YİB)	Net Satış Hâsılatı(TL)	Mali Bilanço Toplamı (TL)
Mikro ölçekli	<10	≤1.000.000	≤1.000.000
Küçük ölçekli	<50	≤8.000.000	≤8.000.000
Orta ölçekli	<250	≤40.000.000	≤40.000.000

Küçük ve Orta büyüklükteki işletmelerin niteliği hakkında bilgi beyannameini dolduran her bir işletmenin ölçek büyüklüğü yukarıdaki kriterler dikkate alınarak belirlenmektedir.

3.2 KOSGEB'in ölçek endeksli büyüme kredisi destek programının amacı ve kriterleri

2010 yılındaki KOSGEB'in Ölçek Endeksli Büyüme Kredisi Destek Programının Amacı; Bütün dünya ile beraber ülkemizi de etkileyen küresel ekonomik krizin sonrasında hızlı bir büyüme eğilimi gösteren esnaf ve sanatkârlar ile KOBİ'lerimizin beklentilerini ve taleplerini karşılamaktır. Bahsedilen program ile KOBİ'lerin ve Esnaf ve Sanatkârların,

- Yeni finansman imkânlarının yaratılması ve finansman yüklerinin azaltılması,
- Hızlı ve sürdürülebilir özellikte olan büyüme ortamının sağlanması,
- İstihdam olanaklarının artırılması,
- Kapasite durumlarının geliştirilmesi,
- Yeni yatırım olanaklarının sağlanması,
- Mevcut yatırımlarındaki ürün, pazarlama, üretim/üretim yeri veya finansman yapısının geliştirilmesi KOSGEB tarafından amaçlanmaktadır [6]. Ölçek Endeksli Büyüme Kredisi Destek Programı'nda işletme başına oluşan kredi faiz desteğinin faiz/kar payının $\frac{3}{4}$ 'ü KOSGEB, $\frac{1}{4}$ 'ü ise işletme tarafından karşılanacaktır. Kredi faiz oranı %0.94 oranıyla uygulanacaktır. İşletme sahibinin kadın girişimci olması durumunda kredi üst limitleri 10.000 TL kadar daha artırılabilir.

Kredi Vadesi: Kredi vadesinin ilk altı ayı ödemesiz, geri kalanı aylık eşit taksitler şeklinde ödemeli, toplam 18 ay olacaktır.

Kimler Başvuru Yapabilir?:

Ölçek Endeksli Büyüme Kredisi Destek Programı'ndan yararlanmak isteyen işletmelerin;

- 1-250 arasında çalışana sahip olması veya yıllık net satış hâsılatı ya da mali bilançosu 25 Milyon TL'yi aşmaması,
- KOSGEB Veri Tabanına kayıtlı bulunması,
- KOSGEB'e verilecek güncel KOBİ Beyannameinin onaylanmış olması gerekmektedir [6].

Tablo 2'de KOSGEB'in işletme başına kredi üst limitleri gösterilmektedir.

3.3 Uygulamada kullanılan yöntemler

Bulanık kural tabanlı sistem modelleri kullanılarak bulanık algoritma oluşturulmuştur. KOSGEB'ten alınan veriler, belirsizliklerin belirlenebilmesi için bulanık mantık temeline dayalı olarak incelenmiştir. Bulanık tabanlı sistemi, üç giriş ve bir çıkış değeri ile elde bulunan verilere uygun kurallar

belirlenerek çalıştırabilmek hedeflenmektedir. Değişik çıkarım motorlarını, deneme-yanılma metodu ile kullanarak içlerinden en uygun çıkarım motoru (inference engine) olan Maximum çıkarım işlemcisi "veya (OR)" belirlenmiştir. Bu çalışmada, bulanık kümeleme analizi sonuçlarının tek bir sayısal değer olarak elde edilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla kullanılan Sugeno bulanık çıkarım sistemi, her bir şirketin üyelik değerlerini tek bir sayısal değer olarak vermektedir. Bu nedenden dolayı, çalışmanın tasarlanmasındaki aşamalarda bulanık çıkarım yöntemlerinden biri olan ve uygulamada kullanılan verilere en uygun yöntem olduğu tespit edilen Sugeno yöntemi kullanılmaktadır. Şekil 4'te Sugeno metodu kullanılarak oluşturulan FIS editörü görülmektedir.

Tablo 2: KOSGEB'in işletme başına kredi üst limitleri.

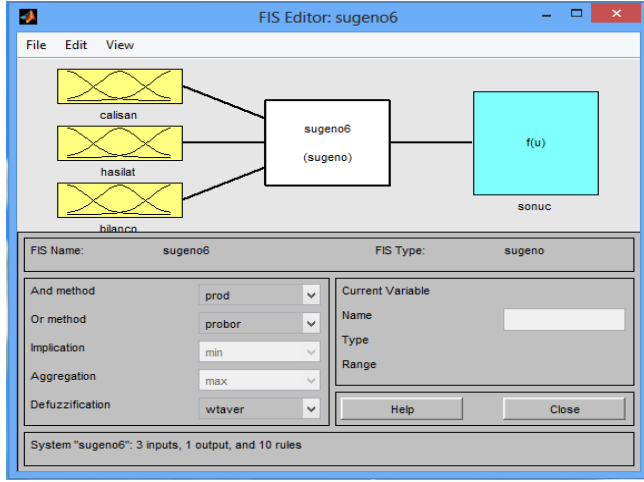
Ölçekler	İşletme Başına Kredi Üst Limiti	Ödenecek Faiz Miktarı
Mikro Ölçekli İşletme için	30.000 TL	859 TL
Küçük Ölçekli İşletme için	50.000 TL	1431 TL
Orta Ölçekli İşletme için	80.000 TL	2300 TL

Sugeno modeli adımları:

- 1. Adım:** Girdi ve çıktı değişkenlerini temsil eden karakteristikler belirlenir,
- 2. Adım:** Bulanık kural tabanlı mantık sistemine dayalı olarak her bir girdi değişken kümeleri alt kümelere bölünerek bu kümeleri temsil eden tanım aralıkları elde edilir. Burada sistem değişkenleri bulanık kümeye dönüştürülmüş olur,
- 3. Adım:** Her bir giriş ve çıkış için belirlenen tanım aralıklarının gösterildiği ve her bir tanım kümesinin hangi kümeyi temsil ettiğinin belirlendiği uygun üyelik fonksiyonları grafiksel biçimde gösterilir,
- 4. Adım:** "Or" bağlacı kullanılarak girdilerin kombinasyonu sonucunda çıktılarının olduğu "IF-THEN" koşuluna dayalı kurallar yazılmaktadır. Yukarıdaki çıktıda, olasılıksal (probabilistic) "Or" yöntemi seçilmiştir. Bu süreçteki tüm işlemler bulanık çıkarım sistemi kullanılarak yapılmaktadır. Belirlenen on adet kural üzerinden çıkış hareketleri belirlenmektedir. Burada, teorik olarak alınan giriş bilgileri için hangi kuralların uygulanacağı ve hangi bulanık denetim hareketinin çıkarılacağı görülmektedir,
- 5. Adım:** Sistemin sonunda elde edilen bulanık kümenin sayısal bir değerle gösterilmesi adına en uygun modelleme yöntemlerinden biri seçilerek işlemler yürütülmektedir. Defuzzification aşamasında kullanılan bu yöntemler durulaştırma adıyla adlandırılmaktadır. Sonuçta, elde edilen üyelik fonksiyonlarının ağırlıklı maximum değerleri seçilerek elde edilen hesaplamalardan girdi değişkenlerinin hangi küme ne kadar üyelik derecesiyle ait olduğu belirlenmektedir.

MATLAB yazılım programında, Ege Bölgesi'nde faaliyet gösteren şirketlerin sınıflandırılmasının elde edileceği bir kümeleme programı oluşturulması için izlenilecek işlem

adımları bulunmaktadır. MATLAB Bulanık mantık uygulama araç kutusunda (Toolbox) FIS editörü kullanılmıştır. MATLAB program kodları ayrı bir pencerede çalışan düzenleyici (Editör) ile yazılıp düzenlenmiştir.



Şekil 4: Sugeno metodu kullanılarak oluşturulan FIS editörü.

4 Sonuç ve Öneriler

Yapılan çalışmada, 2012 yılında Ege Bölgesinde faaliyet göstermiş olan KOSGEB'e kayıtlı tüm şirketlerin, bulanık mantık temeline dayalı olarak sınıflandırılmaları amacıyla klasik mantık algoritmasıyla sınıflandırılmasını da kapsayan bir bulanık mantık algoritması önerilmiştir. Bu amaca yönelik olarak, KOSGEB'den temin edilen şirketlerin, KOBİ bilgi beyanamesi içeriğinde yer alan büyüklük (ölçek) sınıfını belirleyen kriterleri (değişkenleri) gösteren Yıllık Çalışan Kişi Sayısı (Yıllık iş birimi), Net Satış Hâsılatı (TL) ve Mali Bilanço Toplamı (TL) verilerinden faydalanılmıştır. Aynı zamanda bu değişkenlerin, bulanık kümeleme analizine önemli katkıda bulunmasına ve anlamlı olmasına dikkat edilerek, şirket gruplarını birbirinden en iyi ayıracak değişkenler (ayırma gücü en yüksek olan değişkenler) ortaya çıkarılmıştır. Bulanık kümeleme analizinin tanıtıldığı bu çalışmada, her bir objenin farklı kümelerle ait olabileceği ve bu aittikte üyelik derecelerinin ne derece etkin rol oynadığının belirlenmesinin bu analiz kullanılmasıyla mümkün olduğu ortaya konmuştur. Bu veriler kullanılarak oluşturulan klasik sınıflandırma sisteminin bilindiği durumda, geliştirilen bulanık sınıflandırma sistemi sürecinin en doğru şekilde işleyip işlemediği araştırılmıştır. KOSGEB bilgi tabanında yer alan veri seti üzerinde yapılan çalışmalarla, klasik ve bulanık sınıflandırma yapısının kıyaslanmasına olanak sağlanmıştır. Böylece, klasik yaklaşım yerine bulanık yaklaşımın kullanılıp kullanılmayacağı ve olumlu etkilerinin olup olmayacağı sorularına cevaplar aranmıştır.

Bu çalışmada, KOBİ sınıflarının belirsizliklerini ve her bir sınıfa ayrılan kredi miktarı konusundaki yetersizliği giderebilmek amacıyla yeni alt sınıflar oluşturulmuştur. KOSGEB'in kümelenmesinde karşılığı olmayan Büyük Ölçekli şirketlerin dâhil edildiği küme bulanık algoritmaya eklenmiştir. Bu ekleme işlemi, Orta Ölçekli sınıfın üst sınırı dikkate alınıp bu sınıfın üstünde kalan değerleri temsil eden Büyük Ölçekli şirketler sınıfı tanım aralığı oluşturulmuştur. KOSGEB'in klasik mantıkla oluşturduğu sınıflandırmayı da içine alan bulanık mantık algoritmalarını kullanarak yeni bir sınıflandırma sistemi

tanımlanmıştır. KOSGEB sınıflandırma sınırlarını dikkate alınarak her bir sınıfa ait olan verilerin standart sapma ve ortalamaları hesaplanmıştır. Buradaki ortalama değeri, KOSGEB kümelerinin kesin sınırlarını belirlemektedir. Bu sınır değerleri kullanılarak, bulanık kümelerin her birinin üyelik fonksiyonunun tanım aralıkları oluşturulmuştur. Bu hesaplamalar, Mikro, Küçük ve Orta Ölçekli kümelerle ait olan şirket verileri için ayrı ayrı elde edilmiştir. Bu üç kümenin (Mikro, Küçük ve Orta) her birinin kendi alt kümeleri şu şekilde; ((Mikro Altı, Mikro, Mikro Üstü), (Küçük Altı, Küçük, Küçük Üstü), (Orta Altı, Orta, Orta Üstü), (Büyük)) belirlenmiştir. Bu kümelerin bulanık üyelik fonksiyonları, Çalışan sayısı, Mali bilanço toplamı ve Net satış hâsılatı değişkenleri kullanılarak hesaplanmaktadır. Kullanılacak üyelik fonksiyon türü seçim süreci aşamasında, uygulamaya en uygun fonksiyonların üçgen ve ikizkenar üyelik fonksiyonu olduğuna karar verilmiştir.

Bu çalışmada, en uygun yöntem olan Sugeno Bulanık Çıkarım Sistemi kullanılarak durulaştırma aşamasında, çıkışların ağırlıklandırılmış maksimumları dikkate alınarak bir aidiyet hesaplaması yapılmıştır. Yazılım sonucunda, her bir şirketin sınıfı belirlenerek kayıt altına alınmıştır. Uygulama süreci, MATLAB yazılım programından ve bulanık mantık araç kutusunda yer alan bulanık çıkarım sistemi editöründen gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, Tablo 3'te KOSGEB tarafından kümelenen şirketlerinin ait oldukları kümelerle, bulanık kümeleme sonucunda ait oldukları kümelerin karşılaştırılmaları mümkün olmaktadır. KOSGEB'e başvuran bir şirketin yeni belirlenen gruplandırmaya göre en yüksek üyelik derecesiyle hangi kümede yer aldığı ve geri kalan üyelik derecesiyle diğer kümelerden hangisine ne derecede aittik gösterdiği belirlenmiş olmaktadır. Örneğin, incelediğimiz bir şirket %90 mikro ölçekli kümede yer alıyorsa bazı özelliklerden dolayı %10'da mikro altı ölçekli kümede yer alabilmektedir. Elde edilen bu sonuç bize, çalışma alanımız olan bulanık mantık temeli oluşturulan "bir elemanın birden fazla kümeye belli derecelerle (üyelik fonksiyonlarıyla) ait olabilmesi" ifadesini doğrulamaktadır.

Çalışmada kullanılan hesaplama algoritmalarının tümünün klasik kümeleme analizi hesaplama algoritmalarını kapsadığı görülmektedir.

KOSGEB'in kullandığı klasik kümelemede şirket kümelerini belirlerken bu kümeler arasındaki ara değerler (geçiş değerleri) dikkate alınmamış oysaki geliştirilen bulanık kümeleme çalışmasında kümeleri belirlerken küme grupları arasındaki ara değerler dikkate alınarak şirketlerin her bir kümeye dağılımı sağlanmıştır. Bundan dolayı, iki farklı kümelemedeki sonuçların farklı olması kaçınılmaz bir durumdur. Bu çalışmada, şirketler KOBİ sınıfına girdiğinden dolayı Mikro Ölçekli küme sınıfında çok sayıda şirket olduğu görülmektedir. Bu çalışmada, Küçük Ölçekli Şirket kümesindeki Küçük Altı ve Küçük Üstü kümesinde yer alan şirketlerin bir kısmı aynı zamanda da belli üyelik dereceleriyle Mikro Üstü ve Orta Altı kümelerinde de yer aldığından dolayı Küçük Ölçekli Şirket kümesindeki şirket sayılarının, KOSGEB'in yaptığı kümelenmeden elde edilen sayıdan daha farklı bulunması beklenen ve anlamlı bir sonuç olarak karşımıza çıkmaktadır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar kullanılarak, KOSGEB Ölçek Bazlı Kredi Destek Programı çerçevesinde grubu farklı olan şirketlerin iyileştirilmesi konusunda çalışmalar yapılacaktır. Bu doğrultuda Tablo 4'te KOSGEB tarafından belirlenen kredi miktarlarının her bir bulanık kümeye pay edilmesiyle oluşturulan yeni kredi miktarları belirlenmiştir.

Tablo 3: KOSGEB kümelerindeki ve bulanık kümelerdeki şirket sayılarının karşılaştırılması.

Bulanık Kümeler	Şirket Sayıları	Toplam Şirket Sayıları	KOSGEB Kümeleri	Şirket Sayıları
Mikro Altı Ölçekli Şirketler	1142	2136	Mikro Ölçekli Şirketler	1977
Mikro Ölçekli Şirketler	507			
Mikro Üstü Ölçekli Şirketler	487			
Küçük Altı Ölçekli Şirketler	478	1090	Küçük Ölçekli Şirketler	1200
Küçük Ölçekli Şirketler	354			
Küçük Üstü Ölçekli Şirketler	258			
Orta Altı Ölçekli Şirketler	177	293	Orta Ölçekli Şirketler	339
Orta Ölçekli Şirketler	73			
Orta Üstü Ölçekli Şirketler	43			
Büyük Ölçekli Şirketler	0			
Toplam	3519		Toplam	3519

Tablo 4: Bulanık kümeler için işletme başına belirlenen kredi üst limiti miktarları.

Bulanık Kümeler	Kredi Üst Limiti (TL)
Mikro Altı Ölçekli Şirketler	25000
Mikro Ölçekli Şirketler	30000
Mikro Üstü Ölçekli Şirketler	35000
Küçük Altı Ölçekli Şirketler	45000
Küçük Ölçekli Şirketler	50000
Küçük Üstü Ölçekli Şirketler	60000
Orta Altı Ölçekli Şirketler	70000
Orta Ölçekli Şirketler	80000
Orta Üstü Ölçekli Şirketler	85000
Büyük Ölçekli Şirketler	90000

Bu sayede, şirketleri desteklemek amacıyla KOSGEB tarafından verilen ölçek bazlı kredi miktarlarının elde edilen on kümeye dağıtılmasının faydalı olacağı önerilerek KOSGEB'in ve şirketlerin gereksiz yere kredi yükleri altında kalmayıp daha verimli kredilendirme yapısını oluşturulmasının sağlanması hedeflenmektedir. KOSGEB klasik kümelemesinde Mikro Ölçekli kümeye üye olan ve 30000 TL kredi alan bir işletme Bulanık kümeleme sonucu Mikro Altı kümede yer alarak 25000 TL kredi alabileceği ortaya çıkmaktadır. Bu işletmenin, daha az kredi alarak ve daha az faiz ödeyerek kara geçebileceği görülmektedir.

Burada, Ölçek Endeksli Büyüme Kredisi Destek Programı'nda işletme başına düşen kredi faiz desteğinin (faiz/kar payının) $\frac{3}{4}$ 'ü KOSGEB tarafından $\frac{1}{4}$ 'ü işletme tarafından karşılandığından KOSGEB'in sağladığı kredi desteğinin, verimli ve etkin bir şekilde kullanıldığı dikkati çekmektedir. Sonuç olarak, üç kümeye verilen kredi miktarlarının oluşturulan tüm kümelere dağıtılmasının KOSGEB ve işletme tarafından avantajlı olabileceği düşünülmektedir.

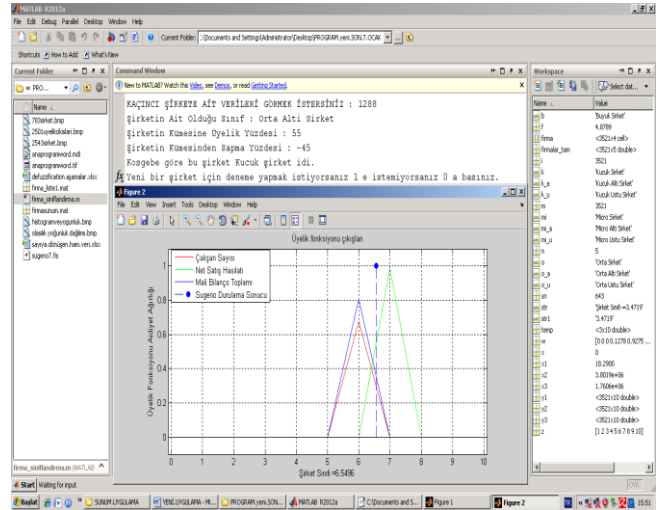
Bu çalışmada, KOSGEB'e yeni bir şirket başvurduğunda bu şirketin yerini belirlemek amacıyla (hangi kümede olduğunu tespit etmek amacıyla) tasarlanan bu programa girişi yapılarak hesaplanan üyelik dereceleriyle ait olduğu kümeler ortaya çıkarılır. Tasarlanan yazılım programı yalnızca 3519 şirket için değil KOSGEB'e kayıtlı daha fazla şirket olması durumunda da doğrudan kullanılabilir bir yazılımdır.

Yapılan çalışma ile KOSGEB'in sektör tanıma ve sınıflandırma çalışmalarına destek verilerek kredilendirme kriterlerinin güçlendirilmesine katkı sağlanacaktır. Geliştirilen bu yazılımın, İstatistik, Tıp, Sosyal Bilimler, Mühendislik gibi birçok alandaki

sınıflandırma problemine uygulanabilirliği bulunmaktadır. KOSGEB Bulanık kümeleme yapısı, şirketleri daha doğru, kaliteli ve sağlıklı kümeleme olanağı yaratmaktadır. Özellikle, KOSGEB'e kayıtlı şirketlerin faaliyet gösterdikleri sektörlerin belirlendiği veri tabanında kullanılması önerilmektedir. Tasarlanan yazılım programının, KOSGEB'in şirketleri kümeleme çalışmalarına destek vereceği düşünülerek daha faydalı sonuçlar elde edilmesi beklendiğinden KOSGEB tarafından kullanılabilirliğinin yaratılması önerisinin KOSGEB'e sunulması planlanmaktadır.

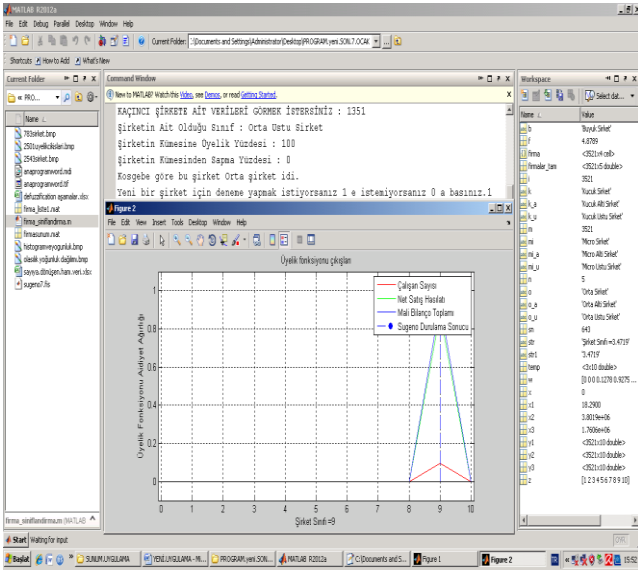
KOSGEB kümeleme çalışmasında, bulanık mantık tabanlı üyelik fonksiyonlarını kullanmasa da ara değerleri dikkate alacak ek kümelerin kümeleme sistemlerine eklenmesinde fayda vardır. Bu nedenle, henüz KOSGEB uzmanları böyle bir alt yapıyı kullanmada yetersiz olsalar bile klasik kümeleme analizinin algoritmalarına dâhil etmelerinde fayda görülmektedir.

Ele alınan 1288 numaralı şirketin, KOSGEB kümelemesinde Küçük Ölçekli Şirket kümesinde yer aldığı, bulanık kümelemede ise %55'lik üyelik derecesiyle Orta Altı Şirket kümesine ait olduğu, Orta Altı Şirket kümesinden sola doğru sapma gösterdiğinden geri kalan %45'lik üyelik derecesiyle de Küçük Üstü Şirket kümesine ait olduğu Şekil 5'te görülmektedir.

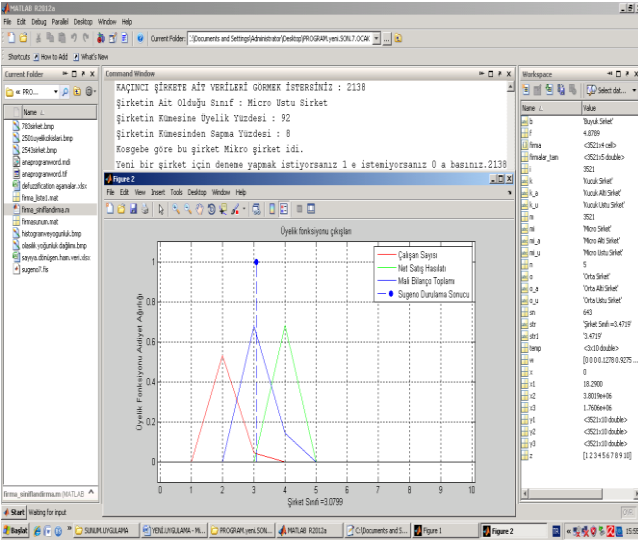


Şekil 5: 1288 numaralı şirkete ait program sonuçları.

Ele alınan 1351 numaralı şirketin, KOSGEB kümelemesinde Orta Ölçekli Şirket kümesinde yer aldığı, bulanık kümelemede ise %100'lük üyelik derecesiyle Orta Üstü Şirket kümesine ait olduğu ve şirket kümesinden sapma yüzdesi sıfır olduğundan ait olduğu kümeye tam bir üyelik gösterdiği Şekil 6'da görülebilmektedir.



Şekil 6: 1351 numaralı şirkete ait program sonuçları.

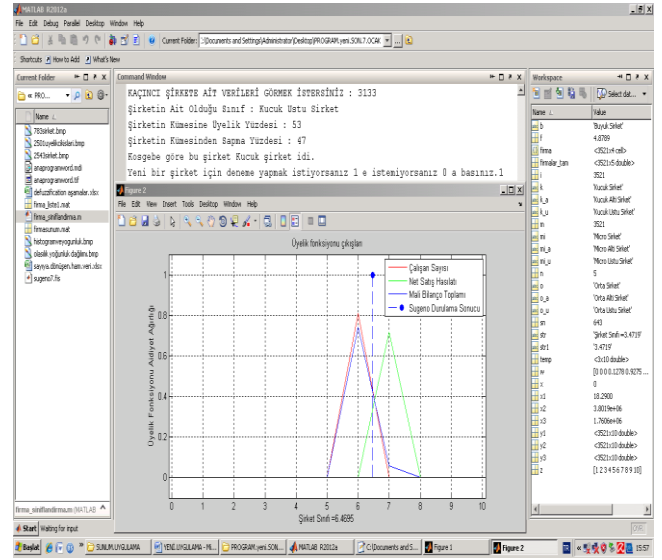


Şekil 7: 2138 numaralı şirkete ait program sonuçları.

Ele alınan 2138 numaralı şirketin, KOSGEB kümelemesinde

Mikro Ölçekli Şirket kümesinde yer aldığı bulanık kümelemede ise %92'lik üyelik derecesiyle Mikro Üstü Şirket kümesine ait olduğu ve Mikro Üstü Şirket kümesinden sağa doğru sapma gösterdiğinden geri kalan %8'lik bir üyelik derecesiyle Küçük Altı Şirket kümesine ait olduğu Şekil 7'de görülmektedir.

Ele alınan 3133 numaralı şirketin, KOSGEB kümelemesinde Küçük Ölçekli Şirket kümesinde yer aldığı, bulanık kümelemede ise %53'lük üyelik derecesiyle Küçük Üstü Şirket kümesine ait olduğu ve bu kümeden sağa doğru sapma gösterdiğinden geri kalan %47'lik üyelik derecesiyle de Orta Altı Şirket kümesine ait olduğu Şekil 8'de görülmektedir.



Şekil 8: 3133 Numaralı şirkete ait program sonuçları.

Elde ettiğimiz sonuçların karşılaştırıldığı Tablo 5'te ilk 10 şirketin ne derecede bir üyelik aidyeti ile hangi kümelerde yer aldığını görebilmekteyiz. Burada, 1 numaralı şirketin %100'lük bir üyelik aidyeti ile 'Mikro Altı Şirket' kümesinde yer aldığı, 3 numaralı şirketin ise %57'lik bir aidyitle 'Mikro Üstü Şirket' kümesinde yer aldığı aynı zamanda %43'lük bir aidyitle de Mikro kümede yer aldığı, 8 numaralı şirketin %64'lük bir aidyitle 'Mikro Altı Şirket' kümesinde yer aldığı aynı zamanda %36'luk bir aidyitle de Mikro kümede yer aldığı yorumunu yapabiliriz.

Tablo 5: KOSGEB verileri ve bulanık kümeleme çıktıları sonuçları.

Sıra	KOSGEB Çıktıları			MATLAB Çıktıları			
	ÇŞ	NSH	MBT	Küme	Şirket Kümesi	% Sapma	% Aidiyet
1	0.04	0	0	Mikro	'Micro Altı Şirket'	0	100
2	0.07	0	0	Mikro	'Micro Altı Şirket'	0	100
3	3.63	496660.63	680681.24	Mikro	'Mikro Üstü Şirket'	-43	57
4	0.04	0	0	Mikro	'Micro Altı Şirket'	0	100
5	0.40	0	0	Mikro	'Micro Altı Şirket'	0	100
6	3.85	3051542.44	4109964.82	Küçük	'Küçük Altı'	-3	97
7	3.76	377731.04	603948.92	Mikro	'Micro'	43	57
8	1.83	101309.52	30051.52	Mikro	'Micro Altı Şirket'	36	64
9	0.92	40597	40597	Mikro	'Micro Altı Şirket'	0	100
10	0.72	0	15102.27	Mikro	'Micro Altı Şirket'	0	100

5 Teşekkür

Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisine katkıda bulunan tüm yazarlar ve hakemlere teşekkür ederiz. Bu çalışma Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsünde Aynur İNCEKIRIK'ın doktora tezinden türetilmiştir. Doktora Tez Danışmanım Sayın Prof. Dr. Mustafa GÜNEŞ'e teşekkür ederim

6 Kaynaklar

- [1] Bezdek JC. "Fuzzy models-what are they, and why?". *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 1(1), 1-6, 1993.
- [2] Cherkassky V, Mulier F. *Learning from Data: Concept, Theory and Methods*. 2nd ed. New Jersey, USA, John Wiley & Sons Inc., 2007.
- [3] Çelikyılmaz A, Türkşen IB. *Modeling Uncertainty with Fuzzy Logic*. Berlin Heidelberg, Springer-Verlag, 2009.
- [4] Klir GJ, Yuan B. *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications*. 1st ed. New Jersey, USA, Prentice Hall, 1995.
- [5] KOSGEB T.C. Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı. "Bakanlar Kurulu Kararı: KOBİ'lerin Tanımı, Nitelikleri ve Sınıflandırılması Hakkında Yönetmelik 2005". <http://www.kosgeb.gov.tr/Pages/UI/Baskanligimiz.aspx> (10.11.2013).
- [6] KOSGEB T.C. Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı. "Ölçek Endeksli Büyüme Kredisi Destek Programı, 2010". <http://www.kosgeb.gov.tr/Pages/UI/b.aspx> (15.11.2013).
- [7] MathWorks. *Fuzzy Logic Toolbox™ User's Guide*. Natick, The Math Works Inc., 1995-2003.
- [8] Ross TJ. *Fuzzy Logic with Engineering Applications*. 2nd ed. West Sussex, England, John Wiley & Sons Ltd., 2004.
- [9] Şen Z. *Fuzzy Logic and System Models in Water Sciences*. İstanbul, Turkey, Turkish Water Foundation, 2004a.
- [10] Şen Z. *Mühendislikte Bulanık (Fuzzy) Mantık ile Modelleme Prensipleri*. İstanbul, Türkiye, Su Vakfı Yayınları, 2004b.
- [11] Şen Z. *Bulanık (Fuzzy) Mantık İlkeleri ve Modelleme*. İstanbul, Türkiye, Su Vakfı Yayınları, 2009.
- [12] Zadeh LA. "Fuzzy sets". *Information and Control*, 8(3), 338-353, 1965.