BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KALİTE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
KALİTE MÜHENDİSLİĞİ TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

KAHVE TÜKETİM MİKTARLARININ ÜLKELER BAZINDA SEZGİSEL BULANIK DOĞRUSAL REGRESYON ANALİZİ İLE TAHMİNİ

HAZIRLAYAN

MÜCELLA MERVE SARIKAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANKARA - 2021

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KALİTE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
KALİTE MÜHENDİSLİĞİ TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

KAHVE TÜKETİM MİKTARLARININ ÜLKELER BAZINDA SEZGİSEL BULANIK DOĞRUSAL REGRESYON ANALİZİ İLE TAHMİNİ

HAZIRLAYAN

MÜCELLA MERVE SARIKAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEZ DANIŞMANI

DOÇ. DR. KUMRU DİDEM ATALAY

ANKARA – 2021

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Kalite Mühendisliği Anabilim Dalı KAlite Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı çerçevesinde Mücella Merve SARIKAYA tarafından hazırlanan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 06 / 09 / 2021

Tez Adı: KAHVE TÜKETİM MİKTARLARININ ÜLKELER BAZINDA SEZGİSEL BULANIK DOĞRUSAL REGRESYON ANALİZİ İLE TAHMİNİ

Tez Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı - Soyadı, Kurumu)	**İmza**
Prof. Dr. Canan HAMURKAROĞLU, Karabük Üniversitesi	..………………...
Dr. Öğr. Üyesi Barış KEÇECİ, Başkent Üniversitesi	…………………
Doç. Dr. Kumru Didem ATALAY, Başkent Üniversitesi	…………………

ONAY

Prof. Dr. ÖMER FARUK ELALDI

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Tarih: … / … / ……..

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORİJİNALLİK RAPORU

Tarih: … / … / ……..

Öğrencinin Adı, Soyadı: Mücella Merve SARIKAYA

Öğrencinin Numarası: 21810124

Anabilim Dalı: Kalite Mühendisliği Anabilim Dalı

Programı: Kalite Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans

Danışmanın Unvanı/Adı, Soyadı: Doç. Dr. Kumru Didem ATALAY

Tez Başlığı: KAHVE TÜKETİM MİKTARLARININ ÜLKELER BAZINDA SEZGİSEL BULANIK DOĞRUSAL REGRESYON ANALİZİ İLE TAHMİNİ

Yukarıda başlığı belirtilen Yüksek Lisans çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç Bölümünden oluşan, toplam 58 sayfalık kısmına ilişkin, 10 / 09 / 2021 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 10'dır. Uygulanan filtrelemeler:

1. Kaynakça hariç

2. Alıntılar hariç

3. Beş (5) kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

"Başkent Üniversitesi Enstitüleri Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Usul ve Esaslarını" inceledim ve bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Öğrenci İmzası:………………….

ONAY

Tarih: … / … / ……..

Öğrenci Danışmanı Unvan, Ad, Soyad, İmza:

Doç. Dr. Kumru Didem ATALAY

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince bilgisi, tecrübesi ve verdiği sonsuz desteği ile akademik hayatımda yol gösteren değerli danışman hocam Doç. Dr. Kumru Didem ATALAY'A

Tez savunmama katılarak değerli yorum ve değerlendirmeleri ile çalışmama katkıda bulunan jüri üyeleri Prof. Dr. Canan HAMURKAROĞLU ve Dr. Öğr. Üyesi Barış KEÇECİ'YE

Elde ettiğim başarıda her zaman payları sonsuz olan, bugünlere gelmemde katkılarını her zaman yüreğimde hissettiğim sevgili ailem Ayşe & Mustafa SARIKAYA ve canım kardeşim Maide SARIKAYA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

ÖZET

Mücella Merve SARIKAYA

KAHVE TÜKETİM MİKTARLARININ ÜLKELER BAZINDA SEZGİSEL BULANIK DOĞRUSAL REGRESYON ANALİZİ İLE TAHMİNİ

Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Kalite Mühendisliği Anabilim Dalı

2021

Geçmişten günümüze sosyalleşmede ve insanların eğlenmesinde yerini koruyan bir trend olan kahve sektörü, araştırmacılar tarafından sıkça kullanılan bir araştırma konusu haline geldi. Günümüzde insanların bu meşrubat sevgisi, kahve endüstrisinin geleceği hakkında fikir sahibi olma arzusuna yol açmaktadır. Ancak talebin bu kadar yüksek olduğu bu sektörün ithalat yapan ülkeler açısından devamlılığının sağlanması gerekmektedir. Kahve çekirdeği üretiminin dünyadaki talebi karşılama yeterliliği her geçen gün daha da önem kazanmaktadır. Bu durum göz önüne alındığında, her kaynakta olduğu gibi, kahve çekirdeklerinin kaynağının sınırlı olduğu ve korunması gerektiği görülmektedir.

Bu çalışmada kahve sektörünün önümüzdeki yıllarda devamlılığını sağlamak için sektöre yol göstermesi amacıyla kahve sektöründe tüketim tahmini çalışılmıştır. Çalışmada kullanılan veriler gerçek hayattaki bir problemde derlenmiş veriler olduğundan kesin yargıları içermez. Bu nedenle sezgisel bulanık yaklaşım kullanılmıştır. Günümüzde gerçek hayat problemlerinde ortaya çıkan belirsizlikleri analiz etmek ve bu problemleri yorumlamak için bulanık mantık yöntemlerinin kullanımı yaygınlaşmıştır.

Bu çalışmada, belirli ülkelerdeki kahve tüketim miktarları sezgisel bulanık regresyon analizi ile tahmin edilmiştir. Sezgisel bulanık yöntemleri seçmenin nedeni, regresyon yönteminin temel taşı olan girdi ve çıktı değişkenleri arasındaki belirsizlikleri daha derinlemesine incelemenizi sağlamasıdır. Bu sayede, ileriye dönük tahminler, kahve tüketiminin geleceğine dair bir öngörü sağlayacaktır.

ANAHTAR KELİMELER: Kahve tüketimi, Sezgisel bulanık, Regresyon analizi, Tahmin

ABSTRACT

Mücella Merve SARIKAYA

ESTIMATION OF COFFEE CONSUMPTION AMOUNTS BASED ON COUNTRIES USING INTUITIONISTIC FUZZY LİNEAR REGRESSION ANALYSIS

Başkent University Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Quality Engineering

2021

The coffee sector, which has been a trend in socializing and people's entertainment from the past to the present, has become a frequently used research topic by researchers. Today, people's love for soft drinks leads to a desire to have an idea about the future of the coffee industry. However, the continuity of this sector, where the demand is so high, should be ensured for importing countries. The ability of coffee bean production to meet the demand in the world is becoming more and more important every day. Considering this situation, it is seen that the source of coffee beans is limited and needs to be protected, as is the case with every source.

In this study, the consumption forecast in the coffee industry was studied in order to guide the coffee industry in order to ensure its continuity in the coming years. The data used in the study does not include precise judgments, since they are data compiled in a real-life problem. Therefore, the intuitionistic fuzzy approach has been used. Today, the use of fuzzy logic methods to analyze the uncertainties that arise in real life problems and to interpret these problems has become widespread.

In this study, coffee consumption amounts in certain countries were estimated by intuitionistic fuzzy regression analysis. The reason for choosing intuitionistic fuzzy methods is that they allow you to examine the uncertainties between input and output variables, which are the cornerstone of the regression method, in more depth. In this way, forward-looking predictions will provide a prediction for the future of coffee consumption.

KEYWORDS: Coffee Consumption, Intuitionistic Fuzzy, Regression Analysis, Forecasting

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında kahve tüketimi miktarları açısından dünya üzerindeki ülkeler, coğrafi farklılıklarına göre seçilerek derlenmiş ve seçilen ülkelerdeki tüketim miktarlarının bize gösterdiği bilgiler ışığında, ilgili piyasanın kalitesinin gelecekte ne ölçüde etkileneceği saptanmak istenmiştir. Araştırmaya konu olan kahve piyasasının dinamik olması ve gördüğü rağbet de çalışmayı dikkate değer hale getirmiştir. Gerekli bilgiler yapılan araştırmalar sonucunda toplanmış ve analize uygunluğu hususunda kontrol edilip, analize uygun hale getirilmiştir. Çalışmada verilerin işlendiği analiz yöntemi için uygun programlar araştırılıp, referans makaleler incelenmiş ve gerekli formüller revize edilmiştir.

Bu çalışmanın her safhasında desteğini, yardımını ve değerli görüşlerini esirgemeyen Başkent Üniversitesi öğretim üyesi Doç. Dr. Kumru Didem ATALAY akademik gelişimi ve meslek hayatımda büyük katkı sağlamıştır kendisine sonsuz teşekkürü borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TABLOLAR LİSTESİ

ŞEKİLLER LİSTESİ

1. GİRİŞ

Geçmişten günümüze kahve kültürü, bir rutin haline gelmiştir. İnsanlar için bazen bir araya gelme bahanesi olan bu kültür bazen de insanların bir araya geldiklerinde en çok tercih ettikleri içecek halini almıştır. Bu kültürde zaman ve mekan ayrımı bulunmamaktadır. Kahve kültüründeki zamansızlık sayesinde insanlar kahvehanelerden günümüzdeki modern "coffee house" kültürüne evrilmiştir. Son gelişmeler göstermektedir ki kahve, insanların hayatında kalıcı halini önümüzdeki yıllarda da sürdürmeye devam edecektir.

Kahve bitkisi içerisinde barındırdığı uyarıcı maddenin insanlar üzerine gösterdiği etkinin keşfedilmesiyle birlikte geçmiş çağlardan günümüze kadar insanların içecek tercihi açısından gözde seçimlerinden biri haline gelmiştir.

Bu keşfin tarihçesi hakkında kesin bir bilgi olmamakla birlikte birçok efsane mevcuttur. Bu efsaneler arasında en göze çarpan MÖ.850 yılında Etiyopya'da yaşayan bir keçi çobanı tarafından keçilerin bazı yemişleri yediğinde daha canlı olduklarını anlatandır.

İnsanların bu uyarıcı etkisini keşfetmesi ile birlikte popülerliğine ulaşan bu çekirdek ilk çağlarda yemiş olarak tüketilmiştir. Kahvenin pişirilmesi ya da kavrulması ile ilgili söylentilerden biri de çekirdeğin tadını beğenmeyen ve acı bulan din adamlarının, çekirdekleri ateşe attıklarında gelen lezzetli koku sonucunda demleme yöntemi ile içecek haline getirmeleri de kahvenin günümüzdeki halini almasında mihenk taşı olmuştur. Yapılan bu demleme ve kahve çekirdeğinin içecek haline getirilmesi ile oluşan kahve içme kültürünün geçmişi 11. yüzyıla kadar uzanmaktadır.

Kahvenin tarihi yolculuğu 575 ile 850 yılları arasında Etiyopya'da başlamıştır. Araştırmacıların kahve dünyasına kazandırdığı ilk verilere göre, kahve anavatanı olan Etiyopya'dan Arabistan'a 11.yüzyılda ihraç edilmiştir.

Arap Yarımadası sadece kahveyi yetiştirmekle kalmayıp ilk kahve ticaretini de başlatmışlardır. Türk dünyasının kahveyle tanışması ise 16.yüzyıla dayanmaktadır. 16. yüzyılda İstanbul, dünya kahve ticaretinin merkezi olmanın yanı sıra, dünyanın en büyük kahve pazarı haline de gelmiştir. İlk kahvehane 1553 yılında açılmış ve kısa sürede kentin her köşesinde açılan dükkânlarla sayıları yüzlere ulaşmıştır.

Müslümanlar tarafından bu yeni içecek "İslam Şarabı" olarak nitelendirilmiştir. İslam kaideleri açısından bir sakıncası bulunmayan bu yeni içecek Arap dünyasını resmen cezbetmiştir. Hatta o kadar benimsenmiştir ki ilerleyen yıllarda bu coğrafyadan aldığı isimle tüm dünyada yıllarca anılacaktır. “Kahve” kelimesi eski Arapça “qahwah” kelimesinden türetilmiştir.

16.yüzyılda kahve kültürünün etkisini sadece Arap ve Türk dünyasında değil aynı zamanda Avrupa kapılarında da duyulmaya başlanmıştır. İlk Avrupa kahvehaneleri Venedik'te 1640 yılında, Marsilya'da 1642 yılında ve Londra'da 1652 yılında açılmıştır. Bununla birlikte, Osmanlı sefirlerinin Viyana (1665) ve Paris (1669) saraylarına yaptıkları diplomatik geziler, kamuoyunda ‘Türk usulü kahve içme’ kültürünün gelişmesine de yardımcı olmuştur.

Venedikli tacirler tarafından çuvallarla Avrupa’ya taşınan bu kokusu ve tadı ile insanı cezbeden yeni içecek hızla tüm dünyada yayılmıştır. Çalışma ve üretmeyi kendine ilke haline getiren Avrupalı burjuvalar arasında moda haline gelmesi ise çok gecikmemiştir.

Yakın Doğu coğrafyasına seyahat eden Avrupalı tüccarlar kahveyle tanışmışlar ve ardından Avrupa’da başlayan bu akım 1600’lü yılların ortalarında bugünkü adıyla New York’a getirilmiştir. Böylece dünya kahveyle tanışmış ve günümüze kadar trend halinde kalmayı başaran yegane sektör haline gelmiştir.

Kısa zaman içinde Endonezya, Surinam, Cava, Martinik, Jamaika ve Brezilya, büyük çaplı kahve tedarikçileri haline gelmiş ve Yemen kahvesine üstünlük sağlamayı başarmışlardır. 1788 yılında, dünya kahve ihracatının yarısı Karayipler’deki Fransız sömürgesi Santo Domingo (şimdi Dominik Cumhuriyeti) tarafından yapılır duruma gelmiştir. 18. yüzyılın başlarına gelindiğinde, Hollanda, Fransa, İngiltere, İspanya ve Portekiz, Güneydoğu Asya ve Amerika kıtasındaki sömürgelerinde kahve işletmeleri kurmaya başlamışlardır.

1901 yılında Japon Dr. Sartori KATO tarafından kahvenin suda çözünen ilk hali keşfedilmiştir. Bu gelişmeler bir çığır açmış ve 1938 yılına gelindiğinde ise Nestlé şirketi tarafından bu suda çözünen yeni trend ticari hayatına başlamıştır.

Tüm dünyada tüketilmeye başlanan bu içecek anavatanı olan Etiyopya’dan çıktığı bu yolculukta 20.yüzyıla gelindiğinde artık Brezilya tarafından tüm dünyaya ihraç edilmektedir.

Günümüzde kahve üretimin neredeyse tamamı Orta Amerika, Brezilya ve Güney Amerika'nın tropik bölümlerinden gelmektedir. Brezilya ile beraber genel kahve üretimi 150 milyon çuvala ulaşmış ve bu alanda Brezilya toplam üretimin 1/3 oranını gerçekleştirerek liderliğini korumaktadır.

Günümüzde kahve çoğunlukla Orta ve Latin Amerika'nın Ekvator bölgelerinin yanı sıra, Afrika, Güneydoğu Asya ve Hindistan'da yetiştirilmektedir. Başlıca üreticiler arasında, dünya kahve ihracatının %50'sini üreten Brezilya ilk sırayı alırken, kafein oranı yüksek ve sert olan kahve türü robusta, kahve çekirdeğinde başı çeken Vietnam ikinci, Kolombiya ise üçüncü sırada bulunmaktadır. Diğer önde gelen kahve üreticisi ülkeler arasında, Etiyopya, Honduras, Peru, Guatemala, Meksika, Nikaragua, El Salvador ve Kosta Rika sayılabilir. Günümüz dünyasında -büyük çoğunluğu gelişmiş ülkelerde olmak üzere- her gün 2.5 milyar fincan kahve tüketildiği tahmin edilmektedir.

Kahveye olan rağbet sayesinde bu sıcak içecek, petrol ürünlerinden sonra dünyadaki en önemli ikinci ticari meta haline getirmiştir. Bu trende aşırı üretim, fazla stokların yakılması, fiyatların düşürülmesi, dünya ekonomik krizleri, ikinci dünya savaşı sırasında tüketimin azalması, kahve fiyatlarının dengelenmesi için dünya kahve anlaşmasının oluşturulması eşlik etmiştir. Almanya'da İkinci Dünya Savaşından sonra kahve ekonomik yeniden yapılanma ve ekonomik mucizenin sembolü olmuştur. Kahve içmek yeniden bir şeyler satın alabilmek ile eş anlamlı hale gelmiştir.

Avrupa'da kişi başına yıllık kahve tüketimi yaklaşık olarak 5-6 kg'dır ve İskandinav ülkelerinde bu tüketim oranı 11-12 kg'a kadar çıkabilmektedir. Ülkemizdeyse kişi başı tüketim senede 250 gr'dır. İtalya'da çalışan bireylerin bir günde ortalama 41 dakikayı kahve içmekle geçirdikleri görülmüştür.

Kahve üretimi ve tüketiminin her geçen gün artması sayesinde dünyanın sayılı sektörlerinden biri haline gelmiştir. Gerek Türkiye'de gerekse dünyada kahve sektörü sürekli gelişim ve değişim içerisindedir. Kahveye yönelik gelişen bu trend üretimine daha çok önem verilmesine sebep olmuştur. Dolayısıyla ileriye yönelik tüketim oranlarının tahmin edilmesi üretim açısından büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada günümüzde kahve piyasasındaki tüketim oranlarının tahmin edilmesi amaçlanmaktadır. Tahmin edilen tüketim oranları incelenerek mevcut ve geleceğe yönelik talebin karşılanabilmesi için önerilerde bulunulacaktır.

Ele alınan ülkeler tarafından kahve tüketimi miktarları incelenmiş ve bu yapılan incelemeler doğrultusunda piyasanın kalitesinin sürekliliğinin sağlanması amacıyla önümüzdeki yıllarda uğrayacağı değişimler de göz önünde bulundurularak tahmin edilmek istenmiştir.

İstatistik bilimi içinde barındırdığı yöntemler ve formüller sayesinde kestirim yapılması için araştırmacılara geniş olanaklar sağlamaktadır. Mevcut verilerin analizi ve bu analiz sonuçları doğrultusunda tutarlı tahmin yapılabilmektedir. Ancak her ne kadar basit tahmin yöntemleri matematiksel her veride işlese de tutarlı cevap veremediği de olmaktadır. Özellikle araştırmamızda olduğu gibi gerçek yaşamla ilgili araştırmalarda derlenen verilerin kesin sayılar ya da eksiksiz olmadığı durumlarda klasik istatistik kayda değer derecede doğru tahmin yapamamaktadır. Yapılacak olan bu çalışmalarda Zadeh tarafından 1982 yılında geliştirilen bulanık doğrusal regresyon analizinin kullanılması önerilmektedir. Bulanık Doğrusal Regresyon Analizi incelenecek ve problem için uygun adımlar izlenecektir.

1.1.Kahve Piyasası İle İlgili Literatür Çalışması

Literatürde bulunan kahve ve kahve tüketimine ait bazı çalışmalar incelenmiş aşağıda sunulmuştur.

Yaman ve Güllü (2001), Ankara ilinde beş farklı üniversitede 350 öğrenci ile anket aracılığıyla gerçekleştirdikleri çalışmada çoğunlukla tüketilen kahve türünün granül kahve (yüzde 66,3) ve Türk kahvesi (yüzde 64,6) olduğu ve en fazla tüketildiği zaman diliminin akşam saatleri olduğunu saptamışlardır. Bu araştırmayla üniversite öğrencilerinin kahve çeşitleri hakkında yeterince bilgi sahibi olmadıkları ortaya çıkmıştır.

Şimşek ve Açıkgöz (2011), yaptıkları çalışmada binin üzerinde tesadüfi olarak seçtikleri öğrencilerle içme sütü tüketim durumlarını belirlemeyi amaçlamışlardır. Süt tüketiminin önemli bir etken olduğunu ve artırılması gerektiği sonucuna ulaşmışlardır.

Ulusoy ve Şeker'in (2013), "Türkiye'de değişen çay tüketim alışkanlıkları'' adlı çalışmasında yapılan analizler sonucu erkeklerin kadınlara göre daha fazla çay tükettiği gözlenmiştir. Eğitim düzeyi yükseldikçe çay tüketiminin azaldığı bulgularının yanında, ayrıca kadınlar, gençler ve yüksek eğitim gruplarının yeni çıkan çay markalarına ve ürünlerine karşı deneme eğiliminin yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Ayrıca yapılan çalışmada mevcut dönemdeki popüler kültür etkisiyle gençlerin çay ve kahve arasında çay üzerinde yoğunlaştıkları görülmüştür.

Yılmaz ve diğerlerinin (2016) gerçekleştirdiği çalışmada son zamanlarda değişen kahve tüketim eğilimleri ve tüketici özelliklerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Anket yolu ile toplanan verilere göre, Türk kahvesi ve çay içme alışkanlığı yüksek olsa da, farklı kahve çeşitlerine olan ilginin hızla arttığı belirlenmiştir.

Tan ve Hocaoğlu (2017), çalışmasında elde edilen sonuçlara göre, en fazla tüketilen hazır kahve 3ü1 arada olduğu belirlenmiştir. Satın almada etkili üç unsur ise ürünün kahve, seker ve krema karışımının kıvamında olması, fiyatının uygun olması ve bilindik bir marka olmasıdır.

Akşit Aşık (2017), değişen kahve tüketim alışkanlıklarını ve tüketicilerin kahve tercihlerini etkileyen faktörleri ortaya çıkarmak için gerçekleştirdiği çalışmasında, kolayda örnekleme ile 500 kişiye ulaşılmıştır. Çalışmanın sonucunda tüketicilerin marka kahve algısının daha yüksek olduğu ve bu kahvelerin yoğunlukta tüketildiği belirlenmiştir. Ayrıca katılımcıların kahve tercihini belirleyen faktörler; kahvenin sunumu ve tadı, fiyatının uygunluğu, servis hızı ile kalitesi olduğu belirlenmiştir.

1.2. Bulanık Mantık İle İlgili Literatür Çalışması

Literatürde yer alan bulanık ve bulanık regresyon analizi ile ilgili çalışmaların bazıları aşağıda verilmektedir.

Terzi(2004), yürüttüğü çalışmasında bulanıklık için; aktivitelerin veya gözlemlerin küme sınırlarının iyi tanımlanmadığı ve net olmadığı durumları ifade ettiğini, bulanık küme teorisine dayandığını ifade etmiştir.

Bulanık mantık kavramıyla literatürde ilk karşılaştığımız makale Zadeh' in 1965 yılında yayınladığı çalışmasıdır. Doğrusal küme teorisi hususunda birlikte çalıştığı Prof. Charles DESAER sistem teorisinde çok sayıda kendisini kesin olarak tanımlamaya izin vermeyen kavram olduğunu ileri sürmüştür.

Temurtaş (2000), mühendislikte ve diğer bilim dallarında sistemlerin, kesin matematiksel yöntemlerin ilkelerine göre modellenirken, karar verme süreçlerinin belirsizliği nedeniyle problemlerin çözümünde yeni bir yol arayışında bulunulduğunu ifade etmiş ve buna göre bulanık mantığı ile asıl hedeflenen insan zihni gibi düşünebilen, karar verebilen, inisiyatif kullanabilen, duruma göre seçim yapabilen karar sistemleri oluşturmak biçiminde tanımlamıştır.

Yuan (1994) tarafından, bulanık mantık kavramı ise "Biraz" içeren tanımlamaları gibi sınırları tam olarak belli olmayan kavramlar, kişiler arasında tam olarak anlaşılmasının yanında; mantık işleyiş süreçlerinin bilgisayar sistemlerine göre daha başarılı şekilde yürütülmesini sağlamak olarak tanımlanmıştır. Kısmi üyeliğe izin veren bir teoridir ayrıca, bir kümeye üye olma veya olmama durumunda, kademeler arası geçişe izin verir. Çünkü bulanık mantık teorisi, hem tam üyeliğe hem de hiç üye olmamaya izin verir. Bu nedenle bulanık küme teorisi, klasik küme teorisinin genelleştirilmiş halidir (Yuan, 1994).

Literatürde yer alan bulanık ve sezgisel bulanık regresyon analizi ile ilgili çalışmaların bazıları aşağıda verilmektedir:

Atanassov (1986) makale çalışmasında, bulanık küme kavramının genelleştirilmesi olarak Sezgisel Bulanık Küme (IFS) kavramını tanımlamıştır. Bulanık küme tanımına, uyumsuzluğun derecesini belirleyen yeni bir bileşen eklemiştir. Bulanık kümeler, belirli bir kümedeki bir elemanın üyelik derecesini barındırmakta (derecenin üyeliğinin olmaması, bir eksi üyelik derecesine eşittir), sezgisel bulanık kümeler ise üyelik derecesini vermektedir.

Bulanık kavramı ve ilkeleri hakkında ilk bilgiler, Lütfi Zadeh (1965) tarafından ortaya atılmıştır. Zadeh (1965)'in bulanık kümeler kavramını tanımlamasının ardından regresyon modelinde bulanık bilgiyi göz önünde bulunduran uygulamalar birçok bilim dalında başarıyla uygulanmaya başlamıştır. Bulanık mantık ya da bulanık regresyon analizi yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalardan erişilebilenlerin kısa bir özeti, çalışmaların yayınlanma tarihi sırasına göre aşağıda sunulmuştur.

Tanaka, Uejima ve Asai (1982) yılında yapmış oldukları çalışma ile bulanık regresyondaki ilk uygulamayı önermişlerdir. Bu çalışmada girdi ve çıktı değişkenlerinin bulanık olmadığı, ancak sistemin mantığının bulanık olduğu varsayılmaktadır. Analiz lineer programlama tekniği ile çözümlenmiştir.

Diamond (1988), klasik en küçük kareler (EKK) regresyon yöntemine benzer şekilde bulanık en küçük kareler (BEKK) regresyon yöntemini ortaya koymuştur. Yazar, girdisi kesin sayı, çıktısı bulanık sayı ve girdisi bulanık, çıktısı bulanık sayı olan veriler için bulanık en küçük kareler yöntemine dayanan modeller geliştirmiştir. Yazar ayrıca bulanık veri setlerinin modele uygulanabilirliği için normal denkleme eş kriterler de türetmiştir.

Moskowitz ve Kim (1993), bulanık doğrusal regresyon analizinde bulanık parametrelerin yayılmaları, üyelik fonksiyonları ve H değeri arasındaki ilişkiyi belirlemeye yönelik yaptıkları çalışmada, üyelik fonksiyonun aldığı şekil ve H değerine göre yayılmanın duyarlılık derecelerini ortaya koymuşlardır.

Chang ve Lee (1996), örneklemde aykırı değerler olması durumunda üyelik derecelerine göre yapılacak ağırlıklandırmaya dayanan ve karar verici ile etkileşime geçen genelleştirilmiş bulanık ağırlıklandırılmış en küçük kareler yöntemini geliştirmişlerdir.

Wang ve Tsaur (2000), Tanaka (1982) tarafından tanımlanan bulanık olmayan bağımsız değişken ve bulanık bağımlı değişkenli problemlerin çözümü için, değiştirilmiş bulanık en küçük kareler yöntemini bulmuşlardır.

Yang ve Lin (2002), bulanık değişkenler için bulanık en küçük kareler yöntemine dayanan iki yeni tahmin yöntemi geliştirmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca heterojen veri kümeleri ve aykırı değerleri (outlier) belirlemek için kümeleme analizinden yararlanmanın gerekli olduğunu vurgulamışlardır.

Lee ve Chen (2003), genelleştirilmiş bulanık doğrusal regresyon modelini tekrar ele almışlar ve bulanık parametreleri belirleyebilmek için doğrusal olmayan programlama modelinin kullanılabileceğini göstermişlerdir.

Altunkaynak, Özer ve Çakmakcı (2005) yılında yapmış oldukları çalışmada; bağımsız değişken olarak 3 dönemlik su tüketim miktarını ele alarak, gelecek dönemdeki su talep miktarını tahmin etmeyi amaçlamışlardır. Farklı model yapıları için ortalama hata kare değerleri hesaplanıp, en etkili model seçilmiştir.

İşbilen Yücel (2005), bulanık regresyon yöntemi kullanarak, kayıt dışı ekonominin tahminine yönelik gerçekleştirdiği uygulamada; sayısal bilimlerin analiz ihtiyaçlarına klasik regresyon analizi yöntemlerinin kesin ve net sonuçlar verebilmesine karşın, sosyal bilimlerde yapılan çalışmaların analizlerinde, klasik regresyon analizi yöntemlerinin yetersiz kaldığını vurgulayarak, bulanık regresyon analizi yöntemini kullanmayı tercih etmiştir. Yazar bu kapsamda; Türkiye'de 1980-2004 döneminde kayıt dışı ekonomi modelini tahmin etmiştir. Yazar çalışmasının sonunda; klasik yöntemlerle modele alınamayan değişkenlerin, bulanık regresyon yönteminde rahatlıkla modele alınabildiğini ve durum tespiti yapabilme açısından daha başarılı tahminler ortaya konulabildiğini göstermiştir.

Yurtçu ve İçağa (2007), bulanık regresyon yaklaşımını inceledikleri çalışmada; klasik regresyon ile bulanık regresyonun karşılaştırmasında örnek olması açından sayısal veriler ile bir uygulama yapmışladır. Çalışmalarının son bölümündeyse bulanık doğrusal regresyon analizi yönteminin gelişimi hakkında bilgi verilip, hidroloji alanında yapılmış bulanık regresyon analizi uygulamalarına ait literatür araştırması özeti sunulmuştur.

Yanartaş (2009) bulanık doğrusal regresyon analiz yöntemlerini ele aldığı çalışmasında, bulanık doğrusal regresyon analiz yöntemlerini; doğrusal programlama temeline dayanan yöntemler ve bulanık en küçük kareler yöntemi şeklinde iki ana başlık altında incelemiştir. Çalışmada farklı yöntemler kullanılarak testler yapılmış ve girdisi kesin, çıktısı bulanık sayı olan veriler için en etkin olan ve tercih edilen yöntemin, en küçük hata kareler ortalaması yöntemi olduğu belirlenmiştir.

Altıntaş (2009), bulanık doğrusal regresyon yöntemlerini ele alarak doğrusal programlama temeline dayalı yöntemleri ve bulanık en küçük kareler yöntemini incelemiştir. Çalışmasında bulanık mantık, bulanık küme hakkında bilgiler veren yazar, teorik olarak açıkladığı bu yöntemleri, sayısal verilerle de örneklendirmiştir.

İçen (2010) bulanık mantığın tarihsel gelişimi ve bulanık kümeleri tanıtarak başladığı çalışmasında; klasik ve bulanık küme işlemleri arasındaki farklılıkları açıklamış, bulanık doğrusal regresyon analizi yöntemlerini ele alıp, bulanık hipotez testlerini incelemiştir. Çalışmanın uygulama bölümünde; Türkiye'deki işsizlik oranı ele alınmış ve bu oran, bulanık doğrusal regresyon analizi yöntemlerinden, katsayıların bulanıklaştırılması yöntemi ve doğrusal programlama yöntemi yardımıyla tahmin edilmiştir.

Gök (2010), klasik regresyon analizi yöntemine alternatif iki yöntem olan bulanık doğrusal regresyon analizi ve lojistik regresyon analizi yöntemlerini kullanarak, modeller oluşturmuş ve bu modellerle örnek bir uygulama yapmıştır. Uygulamada; bankaların sektör paylarının tahmin edilmesine yönelik her iki yöntemi de deneyen yazar, lojistik regresyon analizi yönteminin daha başarılı sonuçlar ürettiğini belirlemiştir.

Pan vd. (2011), kaldırım koşullarını beş üyelik işlevi ile kullanmış ve klasik yöntemlerin belirsizliğini açıklamak için bulanık regresyon analizi yöntemini kullanılarak tahminler yapmıştır. Kaldırım denetim verilerini kullanan bir vaka çalışması üzerinde, tahmini bulanık regresyon denklemleri oluşturan araştırmacılar; karayolu idare birimlerine, öngörülen kaldırım koşulları ile ilgili istenen onarım eylemlerini belirlemelerinde yardımcı olabilecek bir model sunmaya çalışmışlardır.

Armutlu ve Yazıcı (2012), bulanık regresyon analizinin önemini vurguladıkları çalışmalarında, bu analizlerin teorik bilgilerini vermelerinin ardından, 45 adet otomobil markasının verileri ile bir bulanık regresyon analizi gerçekleştirmişler ve elde ettikleri sonuçları, doğrusal regresyon analizi yöntemi olan EKK yöntemiyle karşılaştırmışlar ve bulanık regresyon analizinin, EKK yöntemine göre daha iyi sonuçlar verdiğini ifade etmişlerdir.

Nowaková ve Pokorný (2013), aralıklı ve bulanık regresyon teknolojilerini tartıştıkları çalışmalarında; doğrusal bulanık regresyon modelinin daha uygun bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir. Bulanık regresyon tanımlamak için genetik algoritma katsayıları kullanan yazarlar, sayısal bir örnek sunarak, belirsiz modelin olasılık alanını da göstermişlerdir.

Kaya (2014) yılında yapmış olduğu çalışmasında; bulanık mantık ve bulanık mantıktan ilerleyerek geliştirilen bulanık regresyon modelinin açıklamasını yapmıştır. Çalışmasının ilk bölümünde; tüketim miktarı ve GSYH verilerini kullanarak, tüketim fonksiyonu kurup, bulanık regresyon modeli ile inceleyen yazar, çalışmasının ikinci bölümde ise ithalat miktarı, GSYH ve kur verileri ile ithalat fonksiyonu kurup, ithalat miktarındaki değişimi, klasik regresyon analizi ve bulanık regresyon analizi ile inceleyerek, elde ettiği sonuçları karşılaştırmıştır. Yazar çalışmasında; bulanık regresyon analizinin klasik regresyon analizine göre daha iyi sonuçlar verdiğini gözlemlemiştir.

Chan ve Engelke (2015), öznel görüntü kalitesi değerlendirmesine (IQA) yönelik yöntemlerde insan kararına bağlı bulanıklığın değerlendirmeye alınmadığı durumlarda ortaya çıkabilecek bulanıklığı açıklayan, bulanık bir regresyon yöntemi önermişlerdir. Değerlendirmede, öznel IQA ve objektif IQA'yı ilişkilendiren kalite tahmin modellerinin geliştirilmesinde genellikle ihmal edilen belirsizliği ele alan yazarlar, yaptıkları değerlendirme sonucunda; bulanık regresyon modellerinin, farklı görüntü tiplerinde ve seviyelerinde öznel IQA tahmin edilirken daha etkili veri uyumu ve daha iyi genelleştirme kapasitesi elde ettiği sonucuna ulaşmışlardır.

Chen ve Nien (2020), bulanık gözlemler kullanarak bulanık parametrelerle, bulanık doğrusal regresyon modellerini formüle etmek için matematiksel programlama probleminde kısıtlamalar için kullanılan FPC operatörünü önermişlerdir. Mevcut yaklaşımlarla yapılan karşılaştırmalar, net açıklayıcı değişkenler kullanıldığında bile, önerilen yaklaşımın daha güçlü olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Literatürde yer alan çalışmalara incelendiğinde; bulanık mantık alanında önemli mesafeler kat edildiği ve bu konunun, farklı problemlerin çözümünde, klasik analiz yöntemlerine göre daha başarılı sonuçlar ürettiği görülmektedir.

De ve ark. (2000) makale çalışmasında, sezgisel bulanık kümelerin yoğunlaşması, genişlemesi ve normalleştirilmesi kavramlarını tanımlamışlardır. Bu tanımlar, sezgisel bulanık çevre altındaki problemlerin içerdiği “çok”, “az ya da “çok”, “oldukça”, “çok çok” gibi çeşitli dilsel terimlerle ilgili yararlı bazı önermeleri kanıtlamış ve sunmuşlardır. Özellikle sosyal bilimler gibi öznesi insan olan ve insan davranışlarının / kararlarının / beklentilerinin değişimine oldukça duyarlı olan alanlarda çalışmalar yapılırken, klasik regresyon analizleri yerine, bulanık regresyon analizi yöntemlerinin kullanılması, daha isabetli olacaktır. Bu nedenle, bu çalışmada da Aydın ilinde konut talebinin belirleyicileri incelenirken, bulanık regresyon analizi yöntemlerinden yararlanılmıştır.

Atanassov ve ark. (2005) makale çalışmasında, toplamları 1‟e eşit veya daha küçük olan bir üyelik derecesi ve bir üye olmama derecesine sahip sezgisel bulanık kümelerin ögelerini ele almışlardır. Çalışmada çok kişili ve çok ölçütlü çok kriterli karar verme süreçlerinin sezgisel bulanık yorumları tartışılmıştır.

Lin ve ark. (2007) makale çalışmasında, sezgisel bulanık kümelere dayalı çok kriterli karar verme problemlerini ele alan yeni bir yöntem sunulmuştur. Bu yöntem, sezgisel bulanık kümeler ile ifade edilen kriterler kümesine göre her bir alternatifin sağlanabilirlik ve sağlanamama derecesine imkan sunmaktadır.

Liu ve Wang (2007) makale çalışmasında, sezgisel bulanık ortamda çok kriterli karar verme probleminin çözümü için yeni yöntemler sunmuşlardır. Sezgisel bulanık nokta operatörlerine dayalı çok kriterli karar verme problemi için bir dizi skor fonksiyonu tanımlamışlardır.

B. S. Mahapatra ve G. S. Mahapatra (2010) makale çalışmasında, bulanık kümeler üzerinde IFS kullanmanın en büyük avantajının bir kümedeki bir öğenin ilişkilendirilmesi için pozitif ve negatif göstergenin ayrılması olduğunu ispatlamışlardır.

Ronald R. Yager (2009) makale çalışmasında, hesaplamalı zekaya olan son ilginin sezgisel bulanık alt kümeler gibi standart olmayan bulanık alt kümelere odaklanıldığını göstermiştir. Burada üyelik, toplamı birden az olması gereken iki değerle ifade edilmiştir. Bu çalışmada, standart bulanık alt kümelerden bir dizi fikrin sezgisel bulanık alt kümelerine genişletilmesine bakılmıştır.

Plamen P. Angelov (1995) makale çalışmasında, bir IF (intutionistic fuzzy) ortamında optimizasyon problemine yeni bir kavram tanıtılmıştır. Bulanık optimizasyonun bir uzantısı ve IF (intutionistic fuzzy) kümelerinin bir uygulaması olarak düşünülebilir.

G. S. Mahapatra ve T. K. Roy (2009) makale çalışmasında, sistemin bileşenlerinin Üçgen sezgisel bulanık sayı ile temsil edildiği sezgisel bulanık küme teorisine dayanan sistem güvenilirliğini analiz etmek için bir yöntem sunulmuştur.

K.K. Yen, S. Ghoshray ve G. Roig (1999) makale çalışmasında, önceki bulanık doğrusal modellerin esnekliğinin ortadan kaldırılabileceği katsayılar olarak simetrik Üçgen bulanık sayılar kullanarak yeni bir bulanık doğrusal model geliştirilmiştir. Bu yöntemde, bulanık doğrusal model, orijinal çerçeveyi değiştirmeden simetrik olmayan bulanık sayı katsayılarını kullanmak için genişletilebilir. Ayrıca, simetrik olmayan üçgenin iki tarafının eşit olmayan yayılımları arasındaki oran olarak çarpıklık faktörünü de tanıtılmıştır.

Türkşen (2008) çalışmasında, bulanık sistem modellerinin geliştirilmesi için en küçük kareler yöntemine dayalı bulanık fonksiyonlar önermiştir. Önerilen yaklaşım ile klasik en küçük kareler tahmin yöntemi karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, en küçük kareler yöntemine dayalı bulanık fonksiyonlar ile daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Yanartaş (2009), bulanık regresyon analizinde kullanılan bulanık-EKK ve doğrusal programlamaya dayalı yöntemleri incelemiştir. Girdisi kesin-çıktısı bulanık ve girdisi bulanık-çıktısı bulanık sayı olan regresyon modellerinden elde edilen sonuçları karşılaştırmalı olarak incelemiştir.

Parvathi, Malathi, Akram ve Atanassov (2013), sezgisel simetrik üçgensel bulanık sayıları kullanarak sezgisel bulanık regresyon modeli önermişlerdir. Doğrusal programlama problemi (DPP) çözümlenerek modelin katsayıları elde edilmiştir. Sezgisel bulanık regresyon analizinin bulanık doğrusal regresyon analizine göre avantajlı olduğu tespit edilmiştir.

Arefi ve Taheri (2015), model bileşenleri ve katsayılarının sezgisel bulanık sayılar olduğu durumlarda tam sezgisel bulanık regresyon modelini önermişlerdir. Model parametrelerinin tahmininde en küçük kareler yöntemi kullanılmıştır. Uygulama çalışmasında, toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki ilişki sezgisel bulanık regresyon modeli ile incelenmiştir. Elde edilen modeller karşılaştırılırken uyum iyiliği testleri ve çapraz doğrulama yöntemi kullanılmıştır.

Şanlı ve Apaydın (2004), girdi-çıktı değişkenleri üçgensel bulanık sayılar ve veri setinde aykırı değerler olması durumunda regresyon modeli tahmini için yeni bir yaklaşım önermişlerdir. Önerilen yaklaşımın tahmin edicileri, klasik ve sağlam (robust) yöntemden elde edilen tahmin ediciler ile karşılaştırılmıştır.

Pehlivan ve Apaydın (2005), yapay sinir ağları ve simpleks yöntemlerini kullanarak bulanık doğrusal programlama problemini ele almışlardır. Elde edilen bulgular, yapay sinir ağları yönteminin avantjlarını ortaya koymuştur.

1.3. Bulanık Mantığın Avantajları

Bulanık mantığın avantajı, sınıflandırılmış olan nitelikli bilginin kullanılabilir olmasında yatmaktadır. Bulanık mantıklı denetim uygulamalarının diğer yöntemlere göre avantajları şöyle sıralanabilir (Bellman 1970, Aktaran: Sattarov 2008):

- ✓ Detaylı bir matematiksel model gerektirmezler
- ✓ Pek çok girdi – çıktı değişkenleri eş zamanlı olarak ele alınabilir
- ✓ Bulanık bir denetimdeki tüm kurallar eş zamanlı olarak uygulanır ve sonuçlandırılır, uyuşmayan kurallar biçimsel olarak uydurulabilir
- ✓ Girdi – çıktı değişkenlerinin tüm birleşimleri için çıkış belirlenme zorunluluğu yoktur. Değişkenlerin dikkatli bir seçimi kuralların sayısını önemli ölçüde indirgeyecektir
- ✓ Bulanık denetleyici içerisine yerleştirilen denetim kuralları sistem girişlerinin belirli birleşimlerde istenilen çıkış elde edilmezse diğer girişlere dokunmadan denetim işlemini gerçekleştiren aktif kurallar yeniden düzenlenebilir. Bulanık denetleyiciye kurallar rahatlıkla eklenebilir veya istenen belirli bir özellikteki denetim kurallarının özelliği rahatlıkla sistem davranışını bozmayacak şekilde etkin hale getirilebilir.
- ✓ Bulanık mantık denetleyicilerle, klasik mantık denetleyicileri birbirine bağlamak suretiyle denetim performansını artırmak mümkündür
- ✓ Karmaşık sistemlerde istenen kalite, nitelik ve hıza göre birden fazla denetleyici kullanılabilir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Bulanık Küme Teorisi

Bulanık ortam barındıran sistemleri modellemek için klasik regresyon analizinin bir alternatifi olan bulanık regresyon analizi Tanaka (1980) tarafından literatüre kazandırılmıştır. Klasik regresyon analizinden bulanık regresyon analizine geçiş ihtiyacı:

- ✓ Veri modellemesinin bulanık ortamda derlenen verilerden sağlanması,
- ✓ Gerçek yaşam problemlerinden oluşan bir sistemin modellenmesi
- ✓ Geleneksel regresyon analizi için geçerli olan şartların sağlanamaması, nedeniyle doğmuştur.

Oluşan bu nedenlerden dolayı, girdi ve çıktı değişkenlerini oluşturan veri setinin yapısı ve bu değişkenlerin oluşturduğu bulanık durumlarla karşılaşılmaktadır.

Gerçek yaşam problemlerinde veri derlemek amacıyla kullanılan yöntemlerde insan algısının farklılığından ve kesin olmayışından doğan belirsizlikler mevcuttur. Karar alma süreçlerinde karşılaşılan ortam şartları ya da algı farklılıklarından kaynaklanan bu kesin olmayan (bulanık) veri setinin klasik regresyon analizi ile modellenmesi güç olmakta ve bu nedenle bulanık regresyon analizi ile sağlanmaktadır.

Geleneksel/klasik regresyon analizinde çalışılan problemlerde kesin/net veri seti ile çalışılmasına karşın, sistem içerinde bulunan bileşenlerden en az birinin bulanıklık içermesi halinde bulanık regresyon analizi ile çalışılmaktadır. Bulanık regresyon analizi yöntemlerini iki başlık altında genelleyebiliriz:

- ✓ Olabilirlik modeli
- ✓ En küçük kareler (EKK) yöntemi

Tanaka, Uejima ve Asia (1982), doğrusal programlama yöntemi ile bir regresyon modelinde bulanık katsayıların tahmini konusunda literatüre kazanımlar sağlamışlardır. Tanaka ve arkadaşları tarafından 1982 yılında literatüre kazandırılan doğrusal programlamaya dayalı bulanık regresyon modelinde, modelin içerisinde yer alan parametrelerin bulanık hale getirilmesi ile hatalar tüm modele yayılmaktadır. Bu durumun dışında, gözlenen çıktıyı kapsayan doğrusal programlama modelinin içerisinde yer alan kısıtlar ile tahmin edilen çıktı için bulanık regresyon analizi kullanılmaktadır. En küçük kareler (EKK) tekniğine dayanan bulanık regresyon analizi, Diamond (1988) tarafından literatüre kazandırılmıştır.

Bulanık model parametrelerinin tahmini merkez, sol ve sağ yayılımlardan oluşan iki bulanık sayı için Diomand (1988)'ın önerdiği uzaklık ölçüsü kullanılmıştır. Bulanık regresyon analizi çalışmalarında, sistem içerdiği bileşenlere yönelik veri setlerinin yapıları iki durumda irdelenmektedir:

- ✓ Kesin Yapıdaki Sistem Girdileri, Bulanık Yapı İçeren Çıktı Girdileri
- ✓ Hem Çıktı Hem Girdilerin Bulanık Olduğu Durumlar

Ortaya çıkan kesin ya da bulanık veri seti yapıları göz önüne alınarak bu bileşenlerin arasında yer alan fonksiyon için en uygun tahmin yöntemi gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, bulanık kümelere has olan ait olma ve ait olmama (üyelik) derecelerinden kaynaklı belirsizlikler mevcuttur. Bulanık küme teorisi içeren uygulamalardaki belirsizliği kapsamlı ve gerçekçi bir yaklaşımla inceleme fırsatı sunan sezgisel bulanık regresyon teorisi ise Atanassov (1986) tarafından literatüre kazandırılmıştır.

Bulanık kümelere nazaran daha genelleştirilmiş bir yöntem olan sezgisel bulanık kümelerde inceleme yöntemleri ait olma ve ait olmama derecelerinin birlikte ele alınması ile gerçekleştirilmektedir. Literatürde bulanık regresyon analizine nazaran sezgisel bulanık regresyon analizi ile ilgili az sayıda çalışma bulunmaktadır.

Yürütülen bu tez çalışmasında, Atanassov'un sezgisel bulanık küme teorisinden doğan sezgisel bulanık doğrusal regresyon analizi incelenmektedir. İncelenen sezgisel bulanık modelin teori şartları ve çalışılan uygulama üzerindeki etkisi, kahve piyasasının kalitesinin sürdürülebilirliğinin tahmin edilmesi problemine uygulanmaktadır. Bu sayede, sezgisel bulanık regresyon analizi yönteminin karar alma konusunda uygulanabilirlik durumu ve yenilikçi etkisi göz önüne serilmektedir. Bununla birlikte, sezgisel bulanık regresyon modeli hesaplamaları, LİNGO 11 programında oluşturulan kod penceresi ile gerçekleştirilmektedir. Sezgisel bulanık kümelerden doğan doğrusal regresyon analizinde, gözlenen ve tahmin edilen sezgisel bulanık çıktılar sadeleştirilerek kesin değerler haline gelmektedir. Bu sayede, sezgisel bulanık regresyon analizi kullanılarak elde edilen sonuçlar ile klasik ve bulanık regresyon analizleri sonuçlarına göre daha sağlıklı yorum yapılması sağlanacaktır.

Tarihe ilk olarak Aristoteles tarafından not düşülen klasik mantık iki değerli karar verme yapısını içermektedir. Aristoteles mantığı olarak da nitelendirilen klasik mantıkta önermeler "doğru" ya da "yanlış" olarak sadece iki şekilde nitelendirilmektedir.

Klasik mantık tarafından öne sürülen bu duruma tamamen zıt olarak gerçek yaşamda karşılaşılan problemler hiçbir zaman kesin ifadeler içermemektedir. Geçmişte ortaya atılan bu kısıtlı mantık kavramı 20. yüzyılın başlarından itibaren değişmeye ve bilim insanlarınca irdelenmeye başlanmıştır. Gerçek yaşamda karşılaşılan yoruma dayalı ve belirsizlik içeren karmaşık sistemlerin analiz edilmesinde klasik mantık kavramına alternatif olarak birçok mantık sistemleri literatüre kazandırılmaya başlanmıştır. Alman bilim insanı Heisenberg tarafından, 1920'de "doğru" ve "yanlış" olgularından ziyade arasına "orta" olgusunun da varlığını dillendirmesi sayesinde bu klasik mantık anlayışına yeni soluk kazandırılmıştır.

Öte yandan Polonyalı mantık bilim insanı Lukasiewicz'in "doğru" ve "yanlış" olguları arasında sonsuz farklı değer olduğundan bahsetmesi ile çok değerli mantığa geçilmiştir (Başkır, 2011; İçen, 2010).

1965 yılında Zadeh tarafından yayımlanan makalede ortaya atılan bulanık küme teorisi daha sonraki yıllarda birçok araştırmacı tarafından geliştirilmiş ve güncellenmiştir. Bu teorisinin uygulamaları, örneğin, yapay zekâ, bilgisayar bilimi, tıp, kontrol mühendisliği, karar teorisi, uzman sistemler, Mantık, yönetim bilimi, operasyon araştırması, örüntü tarama ve robotikte bulunabilir. Matematiksel gelişmeler çok yüksek hızda ilerlemeye devam etmektedir. Bu gelişmeler ışığında görülmektedir ki bulanık küme teorisinin temel matematiksel çerçevesi gün geçtikçe daha hızlı gelişmeye devam edecektir.

1992'den beri bulanık küme teorisi, sinir ağları teorisi ve evrimsel programlama alanı " hesaplamalı zeka" ve "yumuşak hesaplama" adı altında bilinirliğini korumaktadır. Bu çalışmalar ışığında bulanık küme teorisi gerçek yaşam problemlerine de uygulanmaya başlanmıştır.

Zadeh (1965); "bulanık küme kavramı, sıradan kümeler durumunda kullanılan çerçeveye birçok açıdan paralel olan, ancak ikincisinden daha genel olan ve potansiyel olarak kanıtlayabilen kavramsal bir çerçevenin inşası için uygun bir hareket noktası sağlar. Özellikle kalıp sınıflandırması ve bilgi işleme alanlarında daha çok geniş bir uygulanabilirlik kapsamına sahip olmaktadır.

Belirsizlik kavramı üzerine temelleri kurulan bulanık mantık Zadeh (1965)'in "Bulanık Kümeler" makalesi ile mantık bilimi dünyasında çığır açmıştır. Bulanık mantık, iki değerli karar verme yapısına sahip Aristo tarafından ortaya atılan klasik mantığa nazaran doğruluk ve yanlışlık olgularının derecesini de içeren çoklu karar verme yapısını barındırmaktadır.

Bulanık mantıktaki önermelerde "doğru" ya da "yanlış" olma durumu dışında sonsuz durum gerçekleşebilmektedir. Matematiksel olarak bulanık mantıkta önermeler [0,1] aralığındaki gerçek sayılardan sonsuz değere sahiptir. Bulanık küme teorisine dayanan bulanık mantık insan düşünce ve davranışlarındaki belirsiz kavramların özgün bir şekilde incelenerek, matematiksel olarak ifade edilmesine olanak sağlayan mantık sistemdir (Baykal ve Beyan, 2004: 39,40; Başkır, 2011).

Matematik biliminde kullanılan klasik küme kavramında bir eleman bir kümeye ya ait olur ya ait olmaz. *X* evrensel bir küme ve *A* bu *X* evrensel kümesinin bir elemanı olsun. Bu küme için fonksiyon

$$\varphi_A(x) = \left\{ \begin{matrix} 1, x \in A \\ 0, x \notin A \end{matrix} \right\}$$ şeklinde gösterilir.

Bu fonksiyonda, *x*, *A*'nın elemanı ise φ_A fonksiyonu 1 olurken, elemanı değilse φ_A fonksiyonu 0 olmaktadır. Bu durumda φ_A fonksiyonu,

$$\varphi_A : X \to \{0,1\}$$ olarak tanımlanmaktadır.

Klasik mantıktan farklı olarak bulanık mantıkta kümeye ait olma ve ait olmama derecesi ile önem arz etmektedir. Bulanık küme kavramında bir elemanın kümeye belirli derecelerle ait olma durumu ile üye olmaktadır. *X* evrensel kümesinde her $x \in X$ için bulanık olan bir $\tilde{A}$ kümesi $\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x), x \in X\}$ şeklinde yazılır. Bu fonksiyonda,

$$\mu_{\tilde{A}} : X \to [0,1]$$ ise bulanık kümelerde üyelik derecesini temsil etmektedir.

Bulanık kümelerde bir eleman için üyelik derecesi 1'e yaklaştıkça bulanık kümeye ait olma derecesi yükselmiş demektir. Tam tersi durumda ise ait olmama derecesi yükselir ve üyelik derecesi 0'a yaklaşmaktadır.

2.1.1. Bulanık Küme Özellikleri

Tez çalışmasının bu bölümünde bulanık kümelerin başlıca özellikleri paylaşılmaktadır. Bulanık küme özellikleri Zadeh (1982) tarafından yürütülen çalışmalardan yararlanılarak derlenmiştir.

Tanım 2.1. (α kesit kümesi): Herhangi bir bulanık $\hat{A}$ kümesinde elemanların α'ya eşit veya α'dan daha büyük olan üyelik değerlerinin mevcut olduğu kümedir.

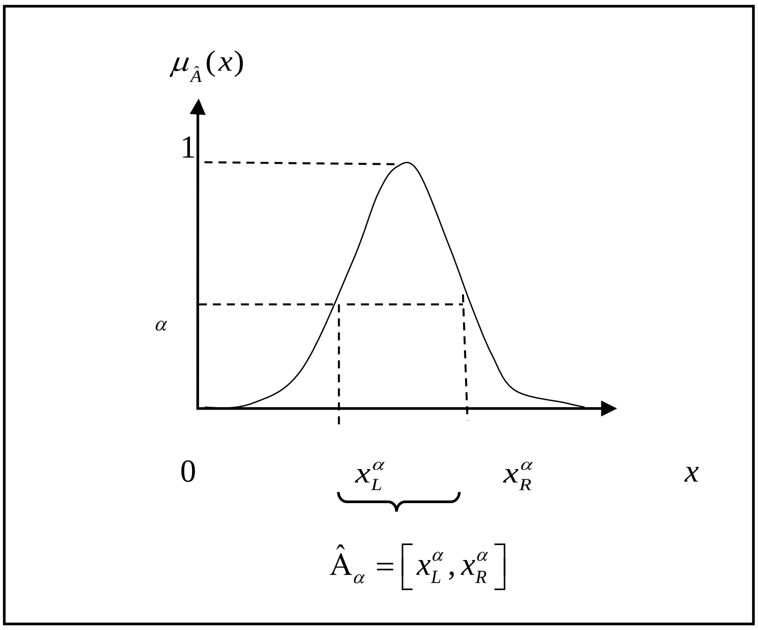
Bahsedilen bu küme,

$k \geq 0$

$k < 0$

$\hat{A}^{\alpha} = \{ \forall x \in X \; \mathrm{I} \; \mu_{\hat{A}}(x) \geq \alpha, \alpha \in [0,1] \}$ şeklinde gösterilmektedir.

$\hat{A}$ bulanık kümesinin [0,1] aralığında α kesit için mevcut aralık kümesi gösterimi aşağıdaki Şekil 2.1'de gösterilmektedir.



Şekil 2.1. $\hat{A}$ bulanık kümesinin [0,1] aralığında α kesit için mevcut aralık kümesi gösterimi

$\hat{A}$ bulanık kümesi için x_L^{α} α- kesitin alt sınırını, x_R^{α} ise üst sınırını göstermektedir.

Tanım 2.2. (Kernel kümesi): Herhangi bir bulanık $\tilde{A}$ kümesinde üyelik değeri 1 olan elemanların mevcut olduğu kümedir. Kernel kümesi ise,

Kernel ($\tilde{A}$) = { $\forall x \in X$ I $\mu_{\hat{A}}(x) = 1$} dir.

Tanım 2.3. (Destek kümesi): Herhangi bir bulanık $\tilde{A}$ kümesinde üyelik değeri 0'dan büyük olan elemanların mevcut olduğu kümedir.

Destek($\tilde{A}$) = { $\forall x \in X$ I $\mu_{\hat{A}}(x) > 0$ } şeklinde gösterilir.

Tanım 2.4. (Sınır kümesi): Herhangi bir bulanık $\tilde{A}$ kümesi için sınır kümesi,

Sınır($\tilde{A}$) = { $\forall x \in X$ I $0 < \mu_{\hat{A}}(x) < 1$} şeklinde gösterilir

Tanım 2.5. (Yükseklik): Herhangi bir bulanık $\tilde{A}$ kümesinde en büyük yükseklik değeri yükseklik olarak adlandırılır. Yükseklik matematiksel olarak,

Yükseklik ($\tilde{A}$) = $\sup(\mu_{\hat{A}}(x))$ şeklinde gösterilir.

Tanım 2.6. (Normallik): Herhangi bir bulanık $\tilde{A}$ kümesinde yüksekliğin 1'e eşit olduğu kümeye normal bulanık küme denilmektedir. Normallik matematiksel olarak,

Normal($\tilde{A}$) = 1, $\exists x \in X$ şeklindedir.

Tanım 2.7. (Normal altı bulanık küme): Bulanık bir $\tilde{A}$ kümesinde yüksekliğin 1'den büyük olduğu kümeye normal altı bulanık küme denilmektedir. Matematiksel olarak normal altı bulanık kümeyi normal hale getirmek için,

Normal($\tilde{A}$) $= \dfrac{\mu_{\hat{A}}(x)}{Yükseklik(\hat{A})}, \forall x \in X$ uygulaması gerçekleştirilir.

Tanım2.8.(Merkez($\hat{A}$)): Bulanık bir $\tilde{A}$kümesinde üyelik değerlerinin en büyüklerinin oluşturduğu kümeyi ele alalım. Ortaya çıkan bu $\tilde{A}$kümesinin merkezi,

1- Sonlu sayıda { $\sup(\mu_{\hat{A}}(x)$ } yükseklik barındıran $\forall x \in X$ için en büyük değerlerin ortalamasıdır.

2- Sonsuz sayıda $\{\sup(\mu_{\hat{A}}(x)\}$ yükseklik barındıran $\forall x \in X$ için en büyük üyelik değeri olan noktaların en büyüğü ya da en küçüğüdür.

Tanım 2.9. (Dışbükeylik) ($\tilde{A}$): Bulanık bir $\tilde{A}$ kümesinde α- kesitlerin her biri dışbükey olmasıdır.

Zadeh (1965) tarafından bulanık kümelerde tanımlanan De Morgan üçlüsü,

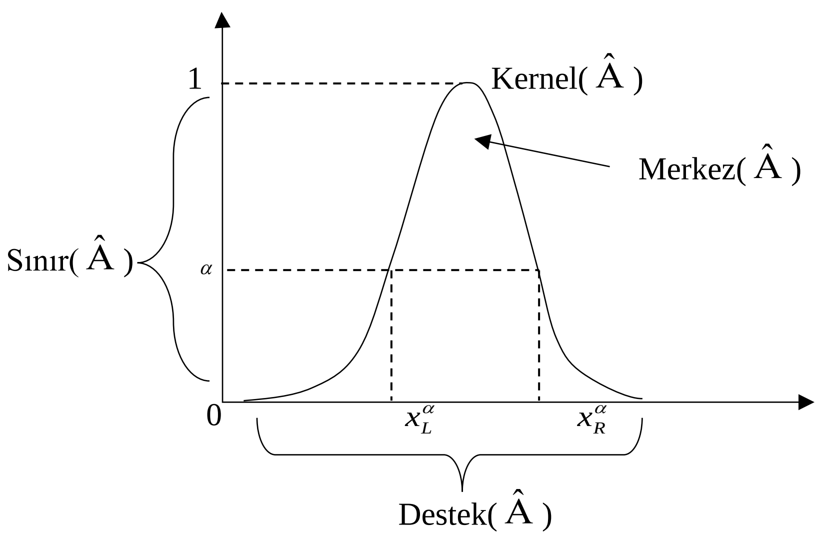
1) Kesişim: $\mu_{\hat{A}\cap\hat{B}}(x) = \min(\mu_{\hat{A}}(x), \mu_{\hat{B}}(x))$

2) Birleşim: $\mu_{\hat{A}\cup\hat{B}}(x) = \max(\mu_{\hat{A}}(x), \mu_{\hat{B}}(x))$

3) Tümleme: $\mu_{\hat{\bar{A}}}(x) = 1 - \mu_{\hat{A}}(x)$ şeklinde tanımlanmıştır.

Tanım 2.10 (Monotonluk): Bire eşit üyelik derecesine sahip olan elemanın sağındaki ve solundaki elemanların da üyelik derecesi bir yaklaşmaktaysa bu üyelik fonksiyonu monotondur denir.

Herhangi bir bulanık $\hat{A}$ kümesi için Tanım.1- 9 da söz edilen bazı küme özellikleri grafik üzerinde Şekil 2.2'de gösterilmektedir.



Şekil 2.2. Bulanık küme özelliklerinin gösterimi

2.1.2. Bulanık Kümeler İçin Cebirsel İşlemler

Evrensel bir küme olan X'de $\hat{A}, \hat{B} \subset X$ bulanık kümeleri için üyelik fonksiyonları sırasıyla, $\mu_{\hat{A}}$ ve $\mu_{\hat{B}}$ olur. Bu üyelik fonksiyonlarının kullanımı ile oluşturulan cebirsel işlemler Çizelge 1'de yer almaktadır.(Zadeh,1965)

Tablo 2.1. Bulanık kümelerde cebirsel işlemler

Eşitlik	$\hat{A} = \hat{B} \Leftrightarrow \mu_{\hat{A}}(x) = \mu_{\hat{B}}(x), \forall x \in X$
Kapsama	$\hat{A} \subset \hat{B} \Leftrightarrow \mu_{\hat{A}}(x) \le \mu_{\hat{B}}(x), \forall x \in X$
Kesişim	$\mu_{\hat{A} \cap \hat{B}} = \min(\mu_{\hat{A}}(x), \mu_{\hat{B}}(x)) = \mu_{\hat{A}}(x) \wedge \mu_{\hat{B}}(x), \forall x \in X$
Birleşim	$\mu_{\hat{A} \cup \hat{B}} = \max(\mu_{\hat{A}}(x), \mu_{\hat{B}}(x)) = \mu_{\hat{A}}(x) \vee \mu_{\hat{B}}(x), \forall x \in X$
Tümleme	$\hat{\hat{A}} : \hat{A}$ bulanık kümenin tümleyeni, $\forall x \in X$ için $\mu_{\hat{\hat{A}}}(x) = 1 - \mu_{\hat{A}}(x)$
Cebirsel Toplam	$\mu_{\hat{A} \oplus \hat{B}}(x) = \mu_{\hat{A}}(x) + \mu_{\hat{B}}(x) - \mu_{\hat{A}}(x)\mu_{\hat{B}}(x), x \in X$
Cebirsel Fark	$\mu_{\hat{A}(-)\hat{B}}(x) = \mu_{\hat{A} \cap \hat{\hat{B}}}(x) = \min(\mu_{\hat{A}}(x) + \mu_{\hat{\hat{B}}}(x)), x \in X$
Cebirsel Çarpım	$\mu_{\hat{A} \otimes \hat{B}}(x) = \mu_{\hat{A}}(x).\mu_{\hat{B}}(x), x \in X$
Cebirsel Kuvvet	$k \ge 0, \forall x \in X$ için $\mu_{\hat{A}^k}(x) = (\mu_{\hat{A}}(x))^k$

2.1.3. Bulanık Sayı

Normal varsayımına uyan bulanık bir $\hat{A}$ kümesi, dışbükey ve aynı zamanda $\hat{A}$ 'nın her bir α-kesiti gerçel sayı doğrusunda kapalı aralık içerisinde ise bulanık bir sayı olarak tanımlanabilir. Bulanık kümelerin belirli özelliklerini kapsayan özel haline bulanık sayılar denilmektedir.

2.1.4. LR tipi bulanık sayı ve α-kesit gösterimi

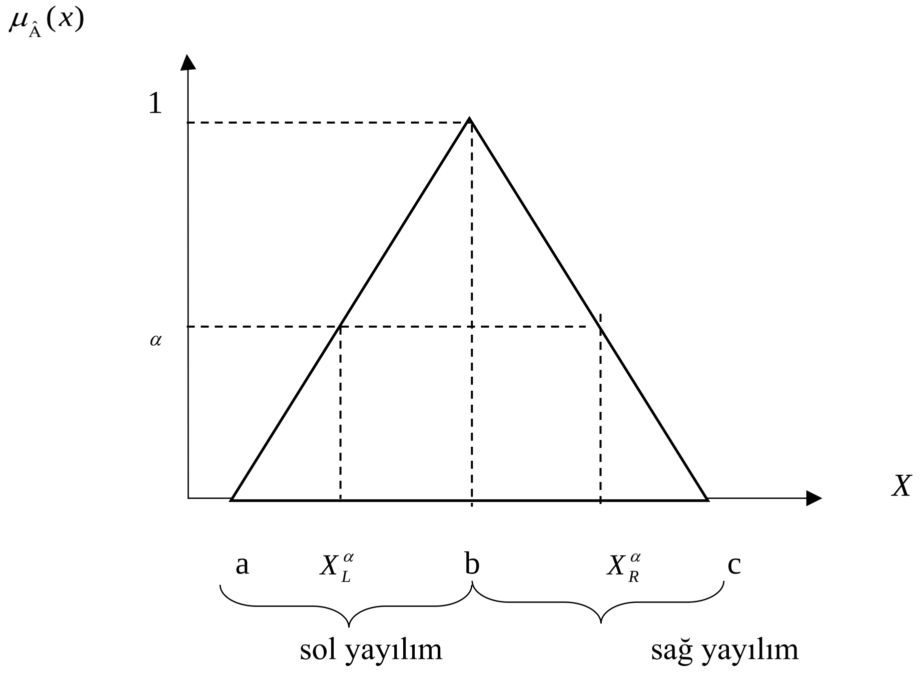
Dubois ve Prade (1980) tarafından literatüre önerilen LR tipi bulanık sayılar en sık karşılaştığımız bulanık sayılardandır. L(x) ve R(x) ise bulanık sayının, sırasıyla, sol ve sağ kısımlarını gösteren fonksiyonlardır. LR tipi bir bulanık sayı olan $\hat{A}$ için üyelik fonksiyonu,

$$\mu_{\hat{A}}(x) = \begin{cases} L\left(\dfrac{x-a}{b-a}\right), a \le x \le b \\ 1, b \le x \le c \\ R\left(\dfrac{d-x}{d-c}\right), c \le x \le d \\ 0, d.d \end{cases}$$ şeklindedir. Formül(2.1)

Formül (2.1)'de, $L, R : [0,1] \rightarrow [0,1]; L(0) = R(0) = 0$ ve $L(1) = R(1) = 1$ olmaktadır.

2.1.5. Üçgensel Bulanık Sayı

$\widehat{A} = (a,b,c)$ şeklinde ifade edilen üçgensel bulanık sayılar en sık karşılaşılan bulanık sayılardan biridir. Üçgensel bulanık sayıların geometrik gösterimi ise Şekil 2.3'te yer almaktadır.



Şekil 2.3. Üçgensel bulanık sayının gösterimi

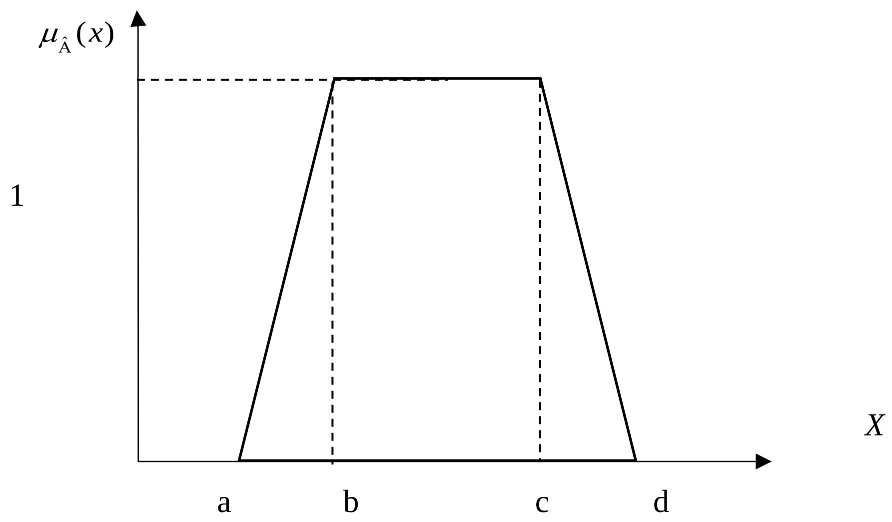
Şekil 2.3.'de üyelik fonksiyonları ile X değişkenine ait a alt ve c üst sınırları arasındaki b noktası bulanık sayının tepe değeri (merkezi) olarak tanımlanmıştır. Bir üçgensel sayıya simetrik denilebilmesi için sol ve sağ yayılımlarının birbirine eşit olması gerekir.

Üçgensel bulanık sayıya ait üyelik fonksiyonu ise,

$$\mu_{\hat{A}}(x) = \begin{cases} \dfrac{x-a}{b-a}, a \le x \le b \\ \dfrac{c-x}{c-b}, b \le x \le c \\ 0, x > c veya x < a \end{cases}$$ şeklinde formülize edilir.(Formül 2.2)

2.1.6. Yamuksal Bulanık Sayı

Dört adet parametre *(a,b,c,d)* şeklinde tanımlanan yamuksal sayıda, *b* ve *c* değerleri üyelik değerinin 1 olduğu noktaları, *a* ve *d* ise sırasıyla alt ve üst limitleri temsil etmektedir. $\hat{A}$ yamuksal bulanık sayısı Şekil 2.4.te gösterilmektedir.



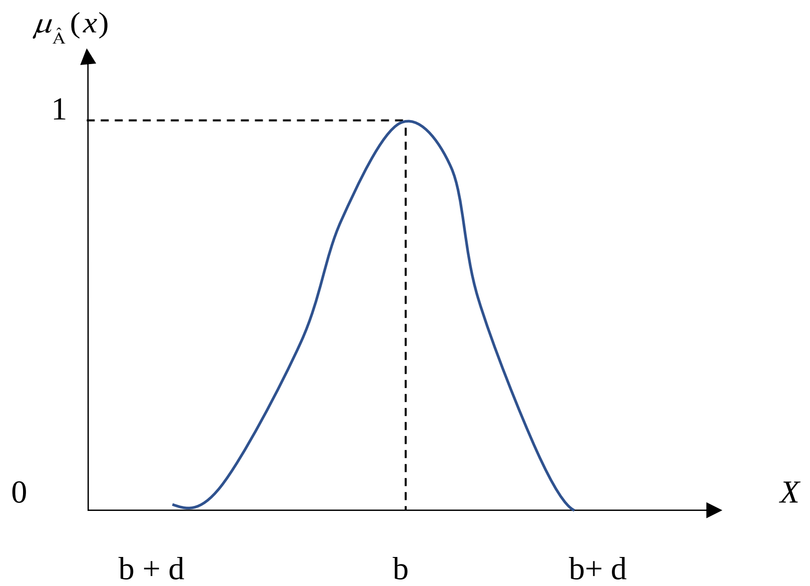
Şekil 2.4. Yamuksal bulanık sayının gösterimi

Yamuksal bulanık sayılara ait üyelik fonksiyonun matematiksel gösterimi ise,

$$\mu_{\hat{A}}(x) = \begin{Bmatrix} \dfrac{x-a}{b-a}, a \leq x \leq b \\ 1, b \leq x \leq c \\ \dfrac{d-x}{d-c}, c \leq x \leq d \\ 0, x > a veya x > d \end{Bmatrix}$$ şeklinde formülize edilir.(Formül 2.3)

2.1.7. Gaussian Bulanık Sayısı

Gaussian bulanık sayısı iki parametre içermektedir. Bu parametrelerden *b* ve *d*, sırasıyla, merkez değeri ve sapmayı temsil etmektedir. $\hat{A}$ Gaussian bulanık sayısı Şekil 2.5.te gösterilmektedir.



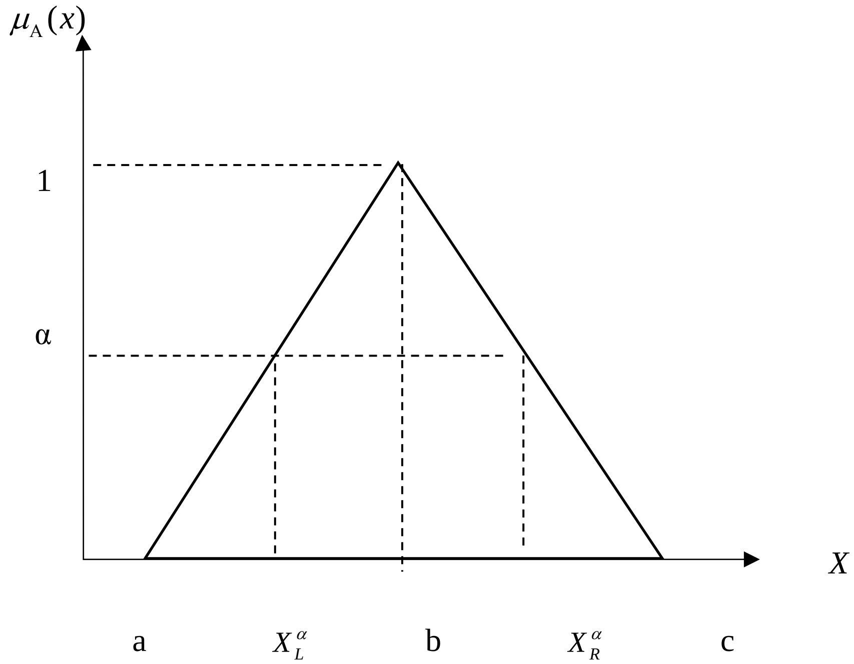
Şekil 2.5. Gaussian üyelik fonksiyonu

Üyelik fonksiyonu matematiksel olarak,

$\mu_{\hat{A}}(x) = \exp(-(x-b)^2 / 2d^2$ şeklinde formülize edilir.(Formül 2.4)

2.1.8. Bulanık Sayılarda Aritmetik İşlemler

Bulanık sayılarla cebirsel işlemlerde genellikle $\alpha-$kesitler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu kullanımın nedeni ise $\alpha-$kesitlerin yapılan cebirsel işlemlerde daha duyarlı sonuçlar elde etme imkanı sağlamasıdır.



Şekil 2.6. Üçgensel bulanık sayı için $\alpha-$kesit gösterimi

$\hat{A} = (a, b, c)$ üçgensel bulanık sayısının α −kesitlerini [X_L^α , X_R^α] şeklinde gösterilirse;

$$X_L^\alpha = a + \alpha(b - a)$$

$$X_R^\alpha = c + \alpha(c - b)$$ olacaktır.

Bu matematiksel gösterimde X_L^α ve X_R^α X_R^α sırasıyla alt ve üst sınırlar olarak tanımlanmaktadır. Aynı şekilde, $\hat{A} =$ *(a,b,c,d)* yamuksal bulanık sayısında α −kesit aralığı ise,

$$[X_L^\alpha, X_R^\alpha] = [a + \alpha(b - c), d - \alpha(d - c)]$$ olacaktır.

İki üçgensel bulanık sayı olan $\hat{A}$ ve $\hat{B}$ için α −kesitleri, sırasıyla, $\hat{A}^{\alpha} = \left[x_L^{\alpha}, x_R^{\alpha} \right]$ ve $\hat{B}^{\alpha} = \left[y_L^{\alpha}, y_R^{\alpha} \right]$ olacak şekilde aritmetiksel işlemler,

1- Toplama

$$\hat{A}^{\alpha} + \hat{B}^{\alpha} = [x_L^{\alpha}, x_R^{\alpha}] + [y_L^{\alpha}, y_R^{\alpha}] = [x_L^{\alpha} + y_L^{\alpha}, x_R^{\alpha} + y_R^{\alpha}]$$

2- Çıkarma

$$\hat{A}^{\alpha} - \hat{B}^{\alpha} = [x_L^{\alpha}, x_R^{\alpha}] - [y_L^{\alpha}, y_R^{\alpha}] = [x_L^{\alpha} - y_L^{\alpha}, x_R^{\alpha} - y_R^{\alpha}]$$

3- Bölme

$$\hat{A}^{\alpha} / \hat{B}^{\alpha} = [x_L^{\alpha}, x_R^{\alpha}] / [y_L^{\alpha}, y_R^{\alpha}] = [x_L^{\alpha} / y_L^{\alpha}, x_R^{\alpha} / y_R^{\alpha}]$$

4- Çarpım

$$\hat{A}^{\alpha} \times \hat{B} = [x_L^{\alpha}, x_R^{\alpha}] \times [y_L^{\alpha}, y_R^{\alpha}] = \begin{bmatrix} min(\, x_L^{\alpha} y_L^{\alpha}, x_L^{\alpha} y_R^{\alpha}, x_R^{\alpha} y_L^{\alpha}, x_R^{\alpha} y_R^{\alpha}), \\ max(\, x_L^{\alpha} y_L^{\alpha}, x_L^{\alpha} y_R^{\alpha}, x_R^{\alpha} y_L^{\alpha}, x_R^{\alpha} y_R^{\alpha}) \end{bmatrix}$$

5- Skalerle çarpım

$$k[x_L^{\alpha}, x_R^{\alpha}] = \left\{ k[x_L^{\alpha}, x_R^{\alpha}] \right. \left\{ \begin{array}{ll} \left[kx_L^{\alpha}, kx_R^{\alpha} \right], & k \geq 0 \\ \left[kx_R^{\alpha}, kx_L^{\alpha} \right], & k < 0 \end{array} \right.$$

3. SEZGİSEL BULANIK KÜMELER

Gerçek hayatın akışında insan yargısının karşılaştığı birçok olay ve durumda kesin yargıya ulaşmak neredeyse imkânsızdır. Kesin yargıya ulaşamamadaki en büyük etmen; bu olay ve durumlarda karşımıza çıkan belirsizliklerin payının azımsanamayacak kadar büyük olmasıdır. Zadeh (1965) tarafından ortaya atılan "Bulanıklık" kavramı ile bu belirsizlikleri analiz etmek ve bu belirsizliklere çözüm getirmek amaçlanmıştır. Bu kapsamda çeşitli tanımlamalar ve kavramlar literatüre kazandırılmıştır.

Ortaya çıkan belirsizliklere ve kesin olmayan durumlara rağmen karar verme araçlarında bulanık mantık elverişli bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Bu durumlarda bulanık mantık kesin olan 'evet' ya da 'hayır' gibi yargılar yerine 'orta', 'yüksek', 'düşük' gibi kesin olamayan esnek yargılara yer veren bir teoridir.

Bulanık kümeler bu denli elverişli ve çözüme açık olmasına karşın yetersiz kaldığı durumlar da mevcuttur. Bu durumlardan en çok karşılaşılanı ise üyelik derecesinin tam olarak belirli olmadığı durumlardır. Zadeh (1965) tarafından literatüre kazandırılan Tip-2 bulanık küme kavramı bu durumda yardımcı olmaktadır. Tip-1 olarak adlandırılan bulanık kümelerde kesin üyelik dereceleri mevcutken, Tip-2 bulanık kümelerde üyelik dereceleri de bulanık durumdadır. Tip-2 bulanık kümelerin avantajı, belirsizlikleri daha iyi modelleyerek, belirsizlik içeren sistemlerde daha etkili sonuçlar vermesidir.

Atanassov (1986) tarafından yürütülen çalışmalarla literatüre kazandırılan, bulanık küme kavramının daha gelişmiş hali olarak nitelendirilen sezgisel bulanık kümeler;

- Bulanık küme elemanlarının uzantıları ve
- Bu yeni elemanların tanımları ve özellikleri fikrine dayandırılmıştır (Atanassov, 1999).

Atanassov (1986) tarafından tanımlanan sezgisel bulanık küme teorisinde üye olma ve üye olmama derecesi toplamı 0 ile 1 arasındadır,

$$0 \leq \mu_A(x) + \nu_A(x) \leq 1 \quad \text{şeklinde tanımlanır.}$$

Tanım 3.1: Boş olmayan evrensel bir X kümesi olmak üzere, $\tilde{A}$ sezgisel bulanık kümesinin ait olma ve ait olmama dereceleri,

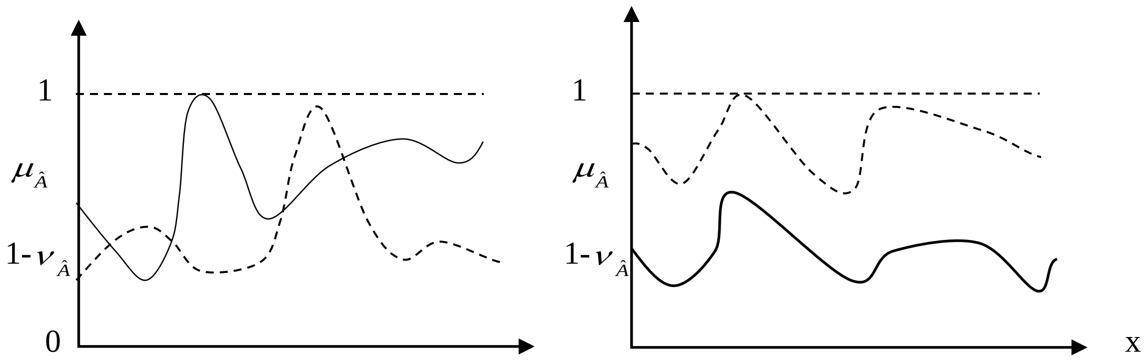
$\mu_{\hat{A}} : X \rightarrow [0,1]$ ve $\nu_{\hat{A}} : X \rightarrow [0,1]$ şeklindedir. $\tilde{A}: \{\langle x, \mu_{\hat{A}}, \nu_{\hat{A}} \rangle : x \in X\}$ sezgisel bulanık kümesinde $\forall x \in X$ için $0 \leq \mu_{\hat{A}}(x) + \nu_{\hat{A}}(x) \leq 1$ dir (Atanassov,1999).

Tanım 3.2: Atanassov (1986) tarafından literatüre kazandırılan sezgisel bulanık kümelerde, *x* elemanının $\tilde{\mathrm{A}}$ sezgisel bulanık kümesine üye olup olmama tereddüt düzeyine tereddüt derecesinin sembolü denilmektedir,

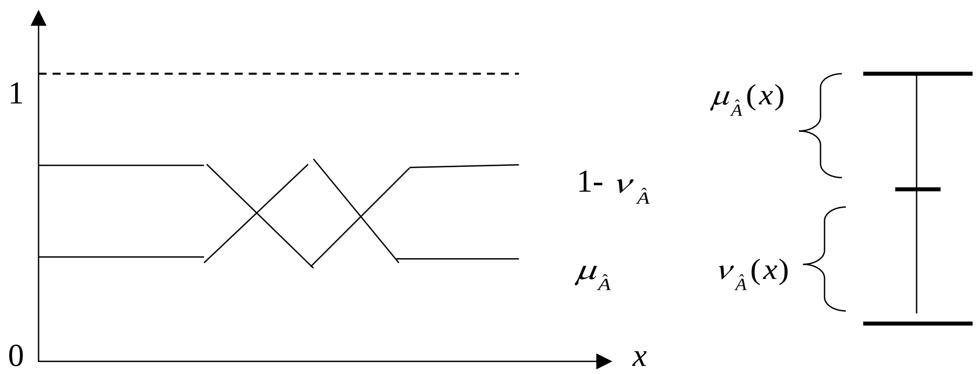
$\pi_{\tilde{A}}(x) = 1 - \mu_{\hat{A}}(x) - \nu_{\hat{A}}(x)$ şeklinde hesaplanmaktadır.

$\pi_{\tilde{A}}(x)$' ne kadar küçük bir değere sahipse *x* elemanı hakkında bilgi o derece daha kesin olmasına karşın, büyüdükçe daha da belirsizleşir. $\pi_{\tilde{A}}(x) = 0$ durumunda ise *x* elemanı hakkında bilgi kesindir denir.

$\ell = \left(\mu_{\hat{A}}(x), \nu_{\hat{A}}(x), \pi_{\tilde{A}}(x)\right)$ sezgisel bulanık sayı ve $\mu_{\hat{A}}(x), \nu_{\hat{A}}(x) \in [0,1]$ olmak üzere; $0 \le \mu_{\hat{A}}(x) + \nu_{\hat{A}}(x) \le 1$ ve $\pi_{\tilde{A}}(x) = 1 - \mu_{\hat{A}}(x) - \nu_{\hat{A}}(x)$ dir (Atanassov ve Gargov,1989;Arefi ve Taheri,2015). Evrensel küme X ve $\tilde{\mathrm{A}} : \{\langle x, \mu_{\hat{A}}, \nu_{\hat{A}} \rangle : x \in X\}$ sezgisel bulanık küme olacak şekilde ait olma ve ait olmama dereceleri, sırasıyla $\mu_{\hat{A}} : X \to [0,1]$ ve $\nu_{\hat{A}} : X \to [0,1]$ tanımlanmaktadır. Sezgisel bulanık kümelere ait gösterimler Şekil (3.1) ve Şekil (3.2)'de temsil edilmektedir (Atanassov,1999).



Şekil 3.1. Sezgisel bulanık küme geometrik temsili



Şekil 3.2. Sezgisel bulanık kümelerin olanaksız gösterim

3.1. Sezgisel Bulanık Kümelerin Özellikleri

$\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$, X evrensel kümesinde tanımlı iki sezgisel bulanık kümesi olsun. $\mu_{\hat{A}}$, $\mu_{\hat{B}}$ ise sırasıyla $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ için üyelik fonksiyonu olarak tanımlanabilir. (Atanassov,1999)

Eşitlik: $\tilde{A}=\tilde{B} \Leftrightarrow (\mu_{\hat{B}}(x)\,\&\,\nu_{\hat{B}}(x)), \forall x \in X$

Tümleme: $\mathrm{A}^c = \left\{\left\langle x, \nu_{\hat{A}}(x), \mu_{\hat{A}}(x) \right\rangle, x \in X\right\}$

Kesişim: $\tilde{A} \cap \tilde{B} = \left\{\left\langle x, \min(\mu_{\hat{A}}(x), \mu_{\hat{B}}(x)), \max(\nu_{\hat{A}}(x), \nu_{\hat{B}}(x)) \right\rangle, x \in X\right\}$

Birleşim: $\tilde{A} \cup \tilde{B} = \left\{\left\langle x, \max(\mu_{\hat{A}}(x), \mu_{\hat{B}}(x)), \min(\nu_{\hat{A}}(x), \nu_{\hat{B}}(x)) \right\rangle, x \in X\right\}$

Toplama: $\tilde{A} + \tilde{B} = \left\{\left\langle x, \mu_{\hat{A}}(x) + \mu_{\hat{B}}(x) - \mu_{\hat{A}}(x).\mu_{\hat{B}}(x).\nu_{\hat{A}}(x).\nu_{\hat{B}}(x) \right\rangle, x \in X\right\}$

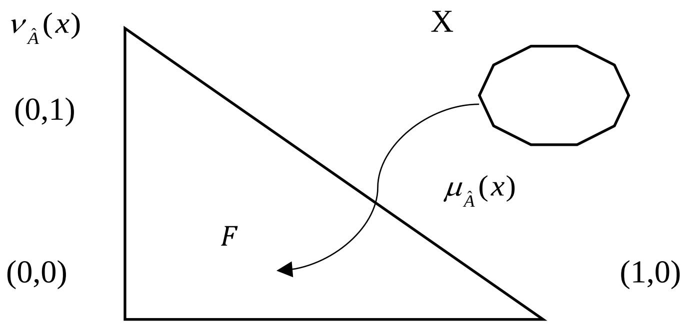
Çarpma: $\tilde{A}.\tilde{B} = \left\{\left\langle x, \mu_{\hat{A}}(x).\mu_{\hat{B}}(x), \nu_{\hat{A}}(x) + \nu_{\hat{B}}(x) - \nu_{\hat{A}}(x).\nu_{\hat{B}}(x) \right\rangle, x \in X\right\}$

k ile skaler çarpım: $\lambda \otimes \mathrm{A} = \left\langle 1-(1-\mu_{\hat{A}}(x))^{\lambda}, (\nu_{\hat{A}}(x))^{\lambda} \right\rangle$

Kuvvet alma: $\tilde{A}^{\lambda} = \left\langle \left(\mu_{\hat{A}}(x)\right)^{\lambda}, 1-(1-\nu_{\hat{A}}(x))^{\lambda} \right\rangle$

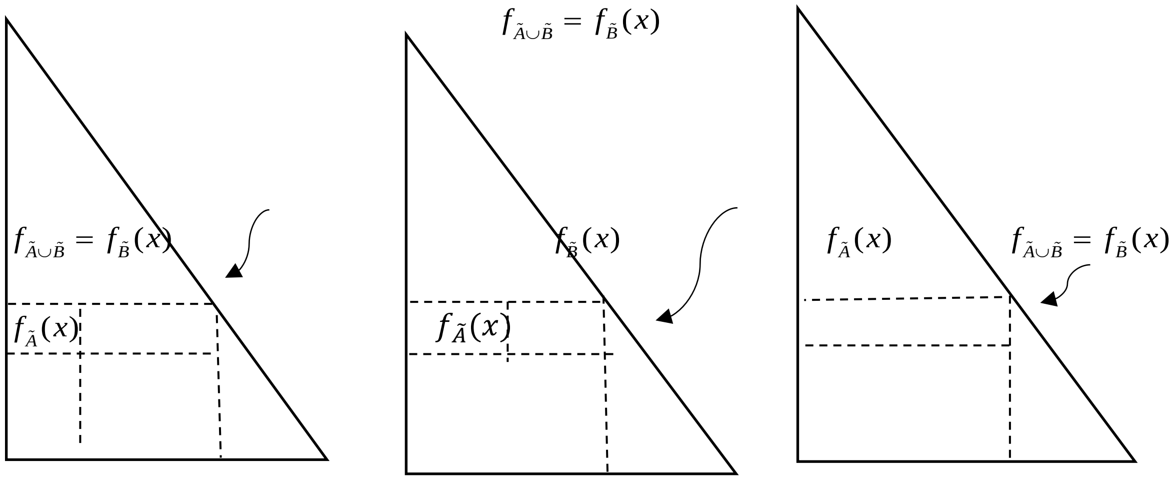
3.2. Sezgisel Bulanık Kümelerin Geometrik Gösterimi

$\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$, X evrensel kümesinde tanımlı iki sezgisel bulanık kümesi olsun. Sezgisel bulanık kümelerde yapılan kesişim, birleşim gibi aritmetik işlemlere ait geometrik gösterim;



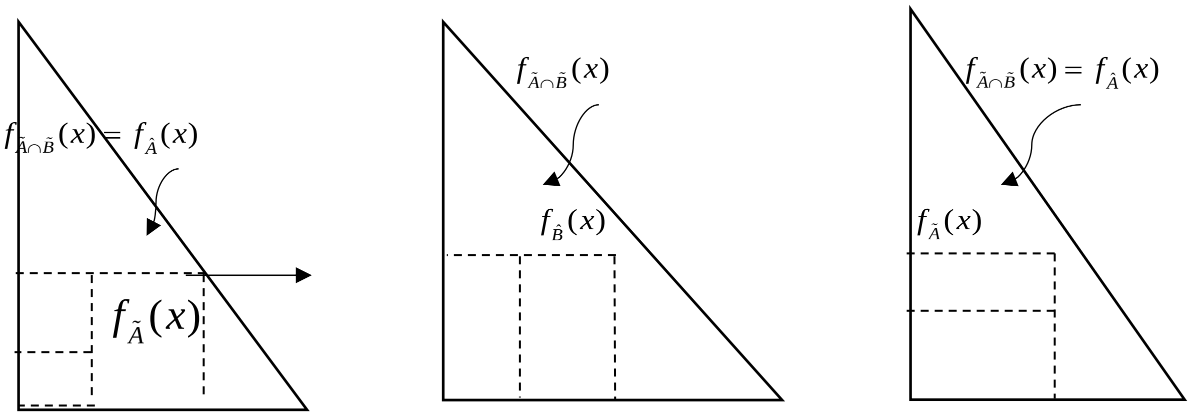
Şekil 3.3. Sezgisel bulanık kümelerin genel geometrik gösterim

a) Sezgisel bulanık kümeler için birleşim: $f_{\tilde{A}\cup\tilde{B}} \in F$ için $\langle x, max(\mu_{\hat{A}}(x), \mu_{\hat{B}}(x)), min(\nu_{\hat{A}}(x), \nu_{\hat{B}}(x))\rangle$ şeklinde koordinat olarak tanımlanır (Atanassov,1999).



Şekil 3.4. Sezgisel bulanık kümelerde birleşim işlemi için geometrik gösterim

b) Sezgisel bulanık kümeler için kesişim: $f_{\tilde{A}\cap\tilde{B}} \in F$ için $\left\langle x, \min(\mu_{\hat{A}}(x), \mu_{\hat{B}}(x)), \max(\nu_{\hat{A}}(x), \nu_{\hat{B}}(x))\right\rangle$ şeklinde koordinat olarak tanımlanır (Atanassov,1999).



Şekil 3.5. Sezgisel bulanık kümelerde kesişim işlemi için geometrik gösteri

3.3. Sezgisel Bulanık Sayıların Tanıtılması

$\hat{A}$ = $\{ < x\ , \mu_{\hat{A}}(x)\ ,\ v_{\hat{A}}(x)\ >: x\ \in X\ \}$ tanımlı sezgisel bulanık kümesi aşağıdaki aksiyomları sağlıyorsa bulanık sayı olarak ifade edilir (Atanassov);

$\hat{A}$ normal sezgisel bulanık sayı olmak üzere

$\mu_{\hat{A}}(x) = 1$ ve $v_{\hat{A}}(x) = 0$

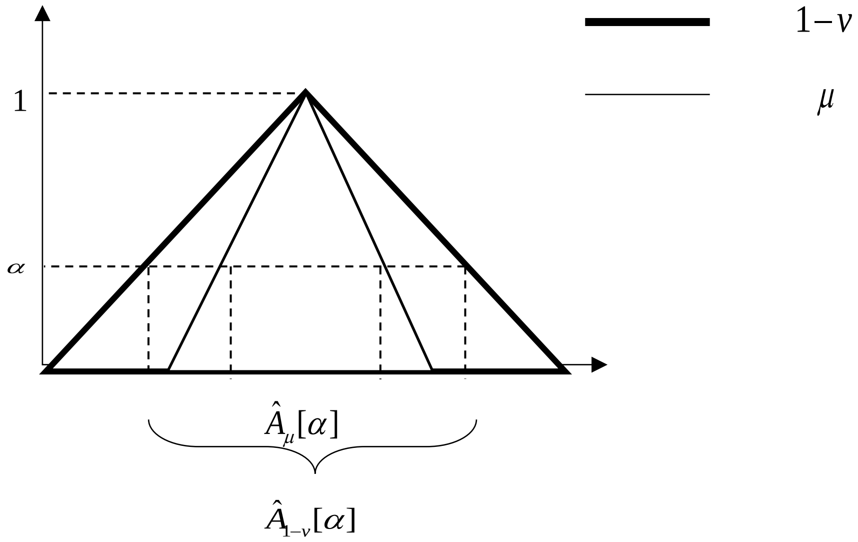
$\mu_{\hat{A}}(x)$ (üyelik fonksiyonu) konveks ise;

$\mu_{\hat{A}}\,(x)(\ \lambda x_1 + (\ 1 - \lambda)x_2\ ) \geq \min \{\ \mu_{\hat{A}}\ (x_1)\ ,\ \mu_{\hat{A}}\ (x_2)\ \} \quad \forall x_{1,} x_2 \in X\ , \lambda\ \in [0,1]$

Ait olmama fonksiyonu $v_{\hat{A}}(x)$ konkav ise ;

$v_{\hat{A}}(x)\ \ (\ \lambda x_1 + (\ 1 - \lambda)x_2\ ) \leq \text{maks} \{\ v_{\hat{A}}\ (x_1)\ ,\ v_{\hat{A}}\ (x_2)\ \} \quad \forall x_{1,} x_2 \in X\ , \lambda\ \in [0,1]$

$\hat{A}$ üçgensel sezgisel bulanık sayı olsun. $\hat{A}$ ait olma ve ait olmama dereceleri için α kesitler; (Arefi ve Tahiri)



Şekil 3.6. $\tilde{A}$ sezgisel üçgensel bulanık sayısının ait olma ve ait olamam dereceleri için α-kesit gösterimi

Burada ait olma ve olmama derecelerinin α kesitleri sırasıyla (Arefi ve Taheri, Guha ve Chakraborty);

$$\hat{A}_{\mu}\,[\alpha] = \{\, x : \mu_{\hat{A}}(x) \geq \alpha \,\}$$

$$\hat{A}_{v-1}\,[\alpha] = \{\, x : 1 - v_{\hat{A}}(x) \geq \alpha \,\}$$

$\hat{A} = \{ < x, \mu_{\hat{A}}(x), v_{\hat{A}}(x) > \mathrm{I}\ x \in R \}$ sezgisel bulanık kümesi

1- m, $\hat{A}$ sezgisel bulanık sayısının merkezi olmak üzere $m \in R, \mu_{\hat{A}}(m) = 1$ ve $v_{\hat{A}}(m) = 0$ dır.

2- Sezgisel bulanık kümesinin α kesitleri ($0 < \alpha < 1$) R'nin kompakt aralıklarıdır (Guha ve Chakraborty) .

$\hat{A}$ sezgisel bulanık sayısı pozitif ($\hat{A} > 0$) ise $x < 0$ için $\mu_{\hat{A}}(x)$=0 ve $v_{\hat{A}}(x) = 1$ dir. (Arefi ve Taheri)

LR tipindeki $\hat{A}$ sezgisel bulanık sayısının ait olma ve ait olmama fonksiyonları sırasıyla; (Arefi ve Taheri)

$$\mu_{\hat{A}}(x) = \begin{cases} L\left(\frac{m-x}{s_1}\right), & x \leq m \\ R\left(\frac{x-m}{s_2}\right), & m < x \end{cases}$$

Burada L(.) ve R(.) : $R^T \longrightarrow$ [0,1] azalan fonksiyonlar ve L(0)=R(0)=1 dir. LR tipindeki sezgisel bulanık sayıların genel gösterimi; $\hat{A} = (m;\ s_1, s_2, s_1', s_2')_{LR}$ şeklindedir. Burada, $s_1, s_1' \in R^+ \cup 0\ (s_1' > s_1)$ ve $s_2, s_2' \in R^+ \cup 0\ (s_2' > s_2)$ sırasıyla, sezgisel bulanık sayıların ait olma, ait olmama dereceleri için sağ ve sol yayılımlarını göstermektedir (Arefi ve Taheri, Guha Chakraborty).

$\hat{A} = (m;\ s_1, s_2, s_1', s_2')_{LR}$ LR tipindeki sezgisel bulanık sayının ait olma ve ait olmama dereceleri için α kesitleri ;

$$\hat{A}_\mu[\alpha] = \{ \left[\hat{A}_\mu^L(\alpha),\ \hat{A}_\mu^R(\alpha)\right] = [\,m - s_1 L^{-1}(\alpha), m - s_2 R^{-1}(\alpha)\,] = [\,m - s_1(1-\alpha), m - s_2(1-\alpha)\,] \}$$

$$\hat{A}_{1-v}[\alpha] = \{ \left[\hat{A}_{1-v}^L(\alpha),\ \hat{A}_{1-v}^R(\alpha)\right] = [\,m - s_1' L^{-1}(\alpha), m - s_2'(1-\alpha)\,]$$

$\widetilde{M} = (m;\ s_1, s_2, s_1', s_2')_{LR}$, $\widetilde{N} = (n;\ r_1, r_2, r_1', r_2')_{LR}$ LR tipindeki sezgisel bulanık sayılar $v\,\lambda \in R - \{0\}$ dır. Sezgisel bulanık sayılar arasındaki bazı işlemler; (Dubois ve Prade)

$$\widetilde{M} \oplus \widetilde{N} = (m;\ s_1, s_2, s_1', s_2')_{LR} \oplus (n;\ r_1, r_2, r_1', r_2')_{LR} = (\,m+n\,;\ s_1+r_1; s_2+r_2; s_1'+r_1'; s_2'+r_2')_{LR}$$

$$\lambda \oplus \widetilde{N} = \begin{cases} (\lambda m; \lambda s_1, \lambda s_2; \lambda s_1', \lambda s_2')_{LR}, & \lambda \geq 0 \\ (\lambda m; -\lambda s_2, -\lambda s_1; -\lambda s_2', -\lambda s_1')_{RL}, & \lambda < 0 \end{cases}$$

Sezgisel bulanık sayılarda çarpma işlemi için $\widetilde{M}$ ve $\widetilde{N}$ ‘nin pozitif ve negatif olma durumuna göre ayrı ayrı inceleme yapılmıştır. Bu durumlar;

1- $\widetilde{M} > 0$ ve $\widetilde{N} > 0$ ise;

$$\widetilde{M} \oplus \widetilde{N} = (m;\ s_1, s_2, s_1', s_2')_{LR} \oplus (n;\ r_1, r_2, r_1', r_2')_{LR} = (mn;\ w_1,\ w_2;\ w_1',\ w_2')_{LR}$$

Sol ve sağ yayılım değerleri aşağıdaki eşitlikler yardımı ile elde edilir:

$$w_1 = mr_1 + ns_1 \qquad w_1' = mr_1' + ns_1'$$

$$w_2 = mr_2 + ns_2 \qquad w_2' = mr_2' + ns_2'$$

2- $\widetilde{M} < 0$ ve $\widetilde{N} > 0$ ise;

$$\widetilde{M} \otimes \widetilde{N} = (m;\ s_1, s_2, s_1', s_2')_{RL} \otimes (n;\ r_1, r_2, r_1', r_2')_{LR}$$

$$= (-m;\ s_1, s_2, s_1', s_2')_{LR} \otimes (n;\ r_1, r_2, r_1', r_2')_{LR}$$

$$= (-mn;\ w_1, w_2;\ w_1',\ w_2')_{LR} = (mn;\ w_1,\ w_2;\ w_1',\ w_2')_{RL}$$

Sol ve sağ yayılım değerleri aşağıdaki eşitlikler yardımı ile elde edilir:

$$w_1 = ns_1 - mr_2 \qquad w_2 = ns_2 - mr_1$$

$$w_1' = ns_1' - mr_2' \qquad w_2' = ns_2' - mr_1'$$

3- $\widetilde{M} < 0$ ve $\widetilde{N} < 0$ ise;

$$\widetilde{M} \otimes \widetilde{N} = (m;\ s_1, s_2, s_1', s_2')_{RL} \otimes (n;\ r_1, r_2, r_1', r_2')_{LR}$$

$$= -\widetilde{M} \otimes -\widetilde{N}$$

$$= (-m;\ s_1, s_2, s_1', s_2')_{RL} \otimes (-n;\ r_1, r_2, r_1', r_2')_{RL}$$

$$= (mn;\ w_1,\ w_2;\ w_1',\ w_2')_{RL}$$

Sol ve sağ yayılım değerleri aşağıdaki eşitlikler yardımı ile elde edilir:

$$w_1 = ns_1 - mr_2 \qquad w_2 = ns_2 - mr_1$$

$$w_1' = ns_1' - mr_2' \qquad w_2' = ns_2' - mr_1'$$

3.4. Sezgisel Bulanık Sayılar Arasındaki Uzaklık

$\widetilde{M}$ ve $\widetilde{N}$ sezgisel bulanık sayılar olsun. $f(a)$ ağırlık fonksiyonuna dayalı olarak iki sezgisel bulanık sayı arasındaki uzaklık; (Atanassov, Grzegorzewski; Guha ve Chakraborty; Arefi ve Taheri)

$$d(\widetilde{M},\widetilde{N}) = [\int_0^1 \frac{1}{2} f(a)\,(d^2\left(\widetilde{M}_\mu[a], \widetilde{N}_\mu[a] \right) + \left(d^2\left(\widetilde{M}_{1-v}[a], \widetilde{N}_{1-v}[a] \right)\right) da]^{1/2}$$

$$d^2\left(\widetilde{M}_\mu[a], \widetilde{N}_\mu[a] \right) = \left[\widetilde{M}_\mu^L(\mathrm{a}) - \widetilde{N}_\mu^L(\mathrm{a})\right]^2 + \left[\widetilde{M}_\mu^u(\mathrm{a}) - \widetilde{N}_\mu^u(\mathrm{a})\right]^2$$

$$d^2\left(\widetilde{M}_{1-v}[a], \widetilde{N}_{1-v}[a] \right) = \left[\widetilde{M}_{1-v}^L(\mathrm{a}) - \widetilde{N}_{1-v}^L(\mathrm{a})\right]^2 + \left[\widetilde{M}_{1-v}^u(\mathrm{a}) - \widetilde{N}_{1-v}^u(\mathrm{a})\right]^2$$

$f(a)$ = [0,1] aralığında tanımlı artan fonksiyon olmak üzere;

$f(0) = 0$ ve $\int_0^1 f(a)da = 1/2$

(IFN(R) , d) aşağıdaki koşulları sağladığı için;

1. $d(\widetilde{M},\widetilde{N}) \geq 0$
2. $d(\widetilde{M},\widetilde{N}) = 0 \Longleftrightarrow \widetilde{M} = \widetilde{N}$
3. $d(\widetilde{M},\widetilde{N}) = d(\widetilde{N},\widetilde{M})$
4. $d(\widetilde{M},\widetilde{N}) \leq d\left(\widetilde{M},\tilde{A}\right) + d\left(\tilde{A},\widetilde{N}\right)$ metrik uzay olarak adlandırılır. (Arefi ve Taheri)

3.5. Bulanık Regresyon Analizi

Doğrusal regresyon modelleri günümüzde işletme, ekonomi, mühendislik ve sosyal,sağlık, biyoloji de dahil olmak üzere geleneksel olarak sayısal değerlere dayanmayan daha bir çok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Regresyon analizi bir giriş değişkenin (çıktı veya yanıt) diğer değişkenlere (bağımsız veya açıklayıcı) bağlı olduğu fenomenleri analiz etme metodolojisidir. Bağımsız değişkenin belirli bir değeri için bağımlı değişkenin değerini tahmin etmek için adapte edilir. Bununla birlikte gerçek dünyadaki fenomenler tam olarak analiz edilemez. Çünkü bazı belirsiz faktörlere bağlıdır,bununla birlikte oluşan bazı durumlarda bulanık regresyon analizini kullanmak uygun olmaktadır.

Genel bulanık regresyon modelinde, giriş ve çıkış verileri bulanıktır. Giriş ve çıkış verileri arasındaki mevcut olan bu bulanık ilişki aynı zamanda bulanık bir fonksiyona ve dağılıma sahiptir. Oluşan bu regresyon analizi için mevcut geleneksel istatistiksel özellikleri sağlaması gerekmez (Neter, 1985). Bu nedenle bulanık regresyon analizi, klasik (istatistiksel) regresyon analizin güçlü varsayımlarının karşılanmadığı bir çok gerçek yaşam probleminde de uygulanmaktadır.

Tanaka (1982), bulanık bir modelle ilk doğrusal regrrsyon analizi işlevini önermiştir. Geliştirilen bu yönteme göre, regresyon katsayıları, üyelik değerleri ile aralık sayıları olarak ifade edilen bulanık sayılardır. Regresyon katsayıları bu yöntemde de gösterildiği üzere bulanık sayılar olduğundan, tahmini bağımlı değişken de bulanık bir sayıdır. Kacpryzk ve Fedrizzi'de de bulanık regresyon analizine yönelik çeşitli yaklaşımlarla ilgili yeni gelişmeler mevcuttur. Bu alandaki diğer katkılar, Diamond (1988), Tanaka ve Ishibuchi (1991), Savic ve Pedrycz(1991) ve Ishibuchi tarafından sunulmuştur.

Yen (1999), simetrik üçgen katsayısını bulanık doğrusal regresyon modelinin sonuçlarını simetrik olmayan bulanık üçgen katsayılarına sahip olana genişletmiştir. Bu çalışma, mevcut bulanık doğrusal regresyon modellerinin esnekliğini ortadan kaldırmıştır.

Bulanık küme teorisi, regresyon analizinde belirsizliği yakalamak için yaygın olarak kullanılsa da bulanık küme teorisinde tereddütleri modellemenin bir yolu yoktur. Atannasov (1986) taraından tanıtılan ve Angelov (1997), Yager (2009) ve diğerleri tarafında geliştirilen sezgisel bulanık küme teorisi, bu belirsizlik sorununa eğilmektedir. Burada, ait olma ve ait olmama derecesi, her iki değerin toplamının her zaman birinden daha az veya eşit olacağı şekilde dikkate alınır.

3.6. Bulanık Regresyon Modeli

Geleneksel regresyon analizinde karşılanması gereken güçlü varsayımlar bulunmaktadır. Bu varsayımlardan en önemlisi, kullanılacak veya analiz edilecek veri kümesinin kesin değerler içermesi gerekiliğidir. Gerçek yaşam problemlerinde belirsizlik karşımıza çıkmaktadır. Bu sebeple gerçek yaşam problemleri içeren sistemlerin modellenmesinde kesinlik içermeyen durumlar karşımıza çıkmaktadır. Bu durumları içeren veri setleri ile çalışılırken, modelleme yapabilmek amacıyla bulanık regresyon modelinden yararlanılır.

Bulanık regresyon modeli kullanılan sistemlerde, bileşenler arasındaki ilişkinin ve modelde yer alan bileşenlerin bizzat kendisinin bulanık olduğu durumlarla karşılaşılmaktadır. Bulanık regresyon analizi, karşılaşılan analiz problemleri için çoğu zaman geleneksel (klasik) regresyon analizinden daha avantajlı olmaktadır. İlgili veri setinde örnek çapı küçük olduğunda, geleneksel istatistik varsayımları sağlanamadığında veya araştırma için toplanan veri setinin yapısından kaynaklı olarak belirsizlik mevcut olduğunda en uygun alternatif kullanılmaktadır (Shapiro, Wang ve Tsaur).

3.7. Sezgisel Bulanık Regresyon Analizi

3.7.1. Sezgisel Bulanık Regresyon Analizi Tarihçesi

İlk olarak Atanassov tarafından sunulan sezgisel bulanık kümelerin (IFS) belirsizlikle başa çıkmak için kullanılabileceği kanıtlanmıştır. Sezgisel bulanık küme kavramı, mevcut bilginin geleneksel bir bulanık küme aracılığıyla kesin olmayan bir kavramın tanımlanması için yeterli olmadığı durumda bir bulanık kümeyi tanımlamak için alternatif bir yaklaşım olarak görülebilir.

Gerçek hayat problemlerinde, toplanan veriler veya sistem parametreleri, eksik veya elde edilemeyen bilgiler nedeniyle genellikle belirsiz olmaktadır.

3.7.2. Sezgisel Bulanık Kümeler Ve Bulanık Kümeler Arasındaki Farklar

Bulanık kümelerde üye olmama derecesinin 1 eksi üyelik derecesine eşitliği konusunda tereddüt derecesi bulunmasına karşın sezgisel bulanık kümelerde böyle bir tereddüt derecesi bulunmamaktadır. Üyelik derecesi konusunda sezgisel bulanık kümelerde daha kapsamlı bilgi edinilebilir.

Herhangi bir konu üzerinde analiz yapılırken bulanık küme yöntemi kullanıldığında daha masraflı olmaktadır. Sezgisel bulanık küme yöntemi ise analiz konusunda daha avantajlıdır.

Bulanık küme yöntemi her ne kadar klasik kümelere göre daha esnek olarak nitelendirilse de gerçek yaşam problemleri için hala tam esneklik sağlayamamaktadır. İstenilen esneklik için sezgisel bulanık küme yöntemi yapılan araştırmalarda da görüldüğü üzere daha kullanışlı ve avantajlıdır.

Yapılacak olan araştırmalar üzerinde çok kriterli karar verme yöntemleri uygulanacağı durumlarda bulanık mantık kullanıldığında belirsiz durum ve yargılar hala nitelendirelemeyebilir ve bu durumda da analizde sorun ile karşılaşılabilir. Sezgisel bulanık mantık kullanıldığında ise belirsizliklere karşı daha hassas olduğundan analiz konusunda sıkıntı çıkmayacaktır.

3.7.3. Sezgisel Bulanık Kümelerin Tanıtımı

Gerçekte, bulanık bir kümeye bir elemanın üye olmama derecesinin 1 eksi üyelik derecesine eşit olduğu doğru olmayabilir, çünkü bazı tereddüt dereceleri olabilir.

Bu nedenle, bulanık kümelerin genelleştirilmesi, tereddüt marjı adı verilen tereddüt derecesini içeren sezgisel bulanık kümeler ve sırasıyla üyelik ve üyelik dışı derecelerin toplamı 1 eksi olarak tanımlanmaktadır.

Sezgisel bulanık kümeler üyelik derecesi, üye olmama derecesi ve tereddüt derecesi hakkında daha kapsamlı bir değerlendirmeye olanak sağladığından, belirsizlik ortamında bulanık kümelere göre faydasının daha fazla olduğu açıktır.

Sezgisel bulanık mantık çok kriterli karar verme yöntemleri ile entegrasyonu belirsiz durum ve yargılarda daha net karar vermeye olanak sağladığı için sıklıkla kullanılmaktadır.

Belirtilen hususların yanı sıra, bulanık sayılara üyelik atama işlemleri sezgisel atanabilmekte olup, bu yöntemde çok az girdi gerekmektedir. Sezgi, konu veya anlam olarak sonuç odaklılığı ifade etmektedir.

Bu sezgisel bulanık regresyonun amacı, verilen tüm veri setleri için önerilen bir modelin katsayılarını bulmaktır.

Burada temel fikir, verilen tüm verilerin dahil edilmesine bağlı olarak sezgisel bulanık katsayılarının toplam desteğini en aza indirerek modelin sezgisel bulanıklığını en aza indirmektir.

Veri değerleri önce sezgisel bulanık doğrusal regresyon ile çalıştırıldıktan sonra normal regresyon çalıştırılarak analiz edilir.

Bu sezgisel bulanık regresyonun amacı, verilen tüm girdi-çıktı veri kümeleri için önerilen bir modelin katsayılarını bulmaktır.

Tanaka'nın genellikle olasılıksal regresyon olarak adlandırılan yaklaşımının temel fikrini takiben amaç, verilen tüm verilerin dahil edilmesine bağlı olarak katsayılarının toplam yayılmasını en aza indirerek modelin sezgisel bulanıklığını en aza indirmektir.

3.7.4. Sezgisel Bulanık Regresyon Modeli

Girdi-çıktı değişkenleri arasındaki belirsiz ilişki yapısını ait olma ve ait olmama dereceleri yardımı ile hassas bir şekilde inceleyen sezgisel bulanık regresyon analizi, bulanık regresyon analizinin genelleştirilmiş hali olarak literatüre sunulmuştur.

Sezgisel bulanık regresyonun (IFR) amacı, verilen tüm giriş–çıkış veri kümeleri için önerilen bir modelin katsayılarını bulmaktır. Burada temel fikir, verilen tüm verileri içerecek şekilde IF katsayılarının toplam desteğini en aza indirerek modelin sezgisel bulanıklığını en aza indirmektir.

Tanım 3.3. (Atanassov 1986): Bir sezgisel bulanık küme A'daki mevcut X;

A = $\{ < x, \mu_A(x), v_A(x) >: x \in X\}$ şeklinde tanımlanır.

Burada ; $\mu_A(x) \longrightarrow [0,1]$ ve $v_A(x) \longrightarrow [0,1]$, sırasıyla, üye olma derecesi ve üye olmama derecesi olarak tanımlanmaktadır.

Tanım 3.4. (Atanassov 1986): X üzerindeki her ortak bulanık alt küme A için, A'daki X'in sezgisel bulanık indeksi şu şekilde tanımlanır;

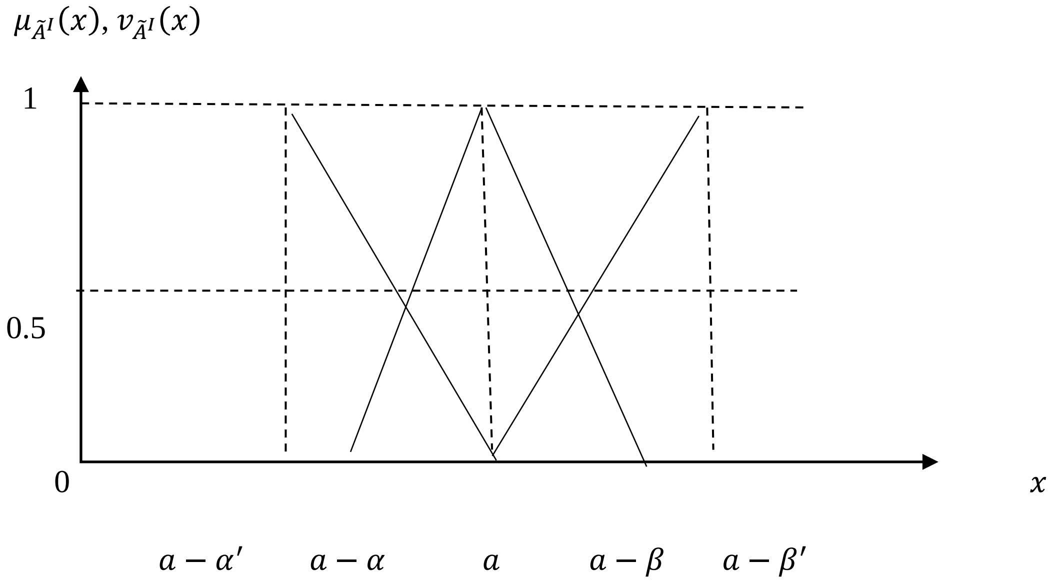
$$\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - v_A(x)$$

Ayrıca, her $x \in X, 0 \leq \pi_A(x) \leq 1$ için, A'daki x elementinin tereddüt derecesi veya belirsizlik derecesi olarak da bilinir.

Tanım 3.5. (Mahapatra and Mahapatra 2010): Sezgisel bulanık sayı $\tilde{A}^I$; gerçek sezgisel bulanık bir alt kümesidir,

her $x_0 \in R$ için $\mu_{\tilde{A}^I}(x_0) = 1, v_{\tilde{A}^I}(x_0) = 0$ normaldir.

$\mu_{\tilde{A}^I}(x)$ konveks bir üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{A}^I}(\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2) \geq \min\left(\mu_{\tilde{A}^I}(x_1), \mu_{\tilde{A}^I}(x_2)\right)$ şeklindedir, $x_1, x_2 \in R, \lambda \in [0,1]$ ve $v_{\tilde{A}^I}(x)$ konkav bir üye olmama fonksiyonu $v_{\tilde{A}^I}(\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2) \geq \max\left(v_{\tilde{A}^I}(x_1), v_{\tilde{A}^I}(x_2)\right)$ şeklindedir, $x_1, x_2 \in R, \lambda \in [0,1]$



Şekil 3.7. Üçgensel bulanık sayıların grafiksel gösterimi

Tanım 3.6. (Mahapatra and Roy 2009): Üçgensel sezgisel bulanık bir sayı $\tilde{A}^I$'nın, R uzayındaki üçgensel bulanık kümelerde üye olma ve üye olmama gösterimleri aşağıdaki gibidir;

$$\mu_{\tilde{A}^I}(x) = \begin{cases} \frac{x-(a-\alpha\ )}{\alpha} & , \quad x \in [a-\alpha, a] \\ \frac{a+\beta-x}{\beta} & , \quad x \in [a, a+\beta] \\ 0 & , \quad \text{diğer durumlar} \end{cases}$$

$$v_{\tilde{A}^I}(x) = \begin{cases} \frac{(a-x\ )}{\alpha'} & , \quad x \in [a-\alpha', a] \\ \frac{x-a}{\beta'} & , \quad x \in [a, a+\beta'] \\ 1 & , \quad \text{diğer durumlar} \end{cases}$$

$a \in R, \alpha, \beta, \alpha', \beta' \geq 0 \quad ve \quad \alpha \leq \alpha' \quad ve \quad \beta \leq \beta'$ dir.

Üçgensel bulanık sezgisel kümelerin sembolik gösterimi ; $\tilde{A}'_{TrIIFN} = [\,a;\ \alpha, \beta;\ \alpha', \beta']$ şeklindedir. Burada, α ve β , $\mu_{\tilde{A}^I}(x)'$nin üye olma fonksiyonunun sol ve sağ yayılımları iken α' ve β' ise $v_{\tilde{A}^I}(x)$'nin üye olmama fonksiyonun sol ve sağ yayılımlarıdır.

Tanım 3.7: Bir lineer programlama problemi aşağıdaki gibi modellenebilir;

Max Z = cx $\quad$ $Amaç\ fonksiyonu$

$Ax = b\ ,\ x \geq 0 \quad Kısıtlar$

Burada, $c = (c_1, \ldots\ldots, c_n)$, $b = (b_1, \ldots\ldots, b_m)^T$ ve $A = [a_{ij}]_{mxn}$ (Eş. tüm parametreler kesin sayılardır.

3.7.5. Sezgisel Bulanık Doğrusal Modeller

Zadeh (1978) tarafından geliştirilen bulanık modellemeler üzerinde çalışılarak sezgisel bulanık doğrusal modelleme tekniği geliştirilmiştir.

Tanım 3.8: Sezgisel bulanık fonksiyon ; $f : X \times \tilde{A}^I \rightarrow \tilde{Y}^I$; $\tilde{Y}^I = f\ (x, \tilde{A}^I\,)$ şeklinde tanımlanır.

Burada;

$$x \in X, X\ bir\ kesin\ kümedir$$

$$\tilde{A}^I\ \ bir\ sezgisel\ bulanık\ kümedir$$

$$\tilde{Y}^I\ \ ise\ \ sezgisel\ bulanık\ küme\ \tilde{A}^I\ \ daki\ x\ ile\ ilişkili\ ortak\ alandır$$

Tanım 3.9: Sezgisel bulanık küme $\tilde{Y}^I$ için üye olma ve üye olmama fonksiyonları;

$$\mu_{\tilde{Y}^I}(y) = \begin{cases} max_{(a_1,\ldots\ldots,a_n)} \left\{ min_j\, \mu_{\tilde{A}^I_j}(a_j) \right\}, f^{-1}(y,x) \neq \emptyset \\ 0 \quad , \quad \text{diğer durumlar} \end{cases}$$

$$\mu_{\tilde{Y}^I}(y) = \begin{cases} max_{(a_1,\ldots\ldots,a_n)} \left\{ min_j\, \mu_{\tilde{A}^I_j}(a_j) \right\}, f^{-1}(y,x) \neq \emptyset \\ 1 \quad , \quad \text{diğer durumlar} \end{cases}$$

Tanım 3.10: Sezgisel bulanık regresyon modellemesinin genelleştirilmiş formu aşağıdadır;

$$\tilde{Y}^I \;=\; f\,(\,x, \tilde{A}^I\,) \;=\; \tilde{A}^I_0 \;+\; \tilde{A}^I_1 x_1 + \ldots\ldots + \tilde{A}^I_n x_n \quad (2)$$

Burada ; $\tilde{Y}^I$ sezgisel bulanık çıktısı

$\tilde{A}^I_i \,, i \;=\; 1{,}2\,, \ldots, n$ sezgisel bulanık katsayı

$x = (x_1, \ldots\ldots, x_n)$ n-boyutlu bulanık olmayan girdi vektörüdür.

Her üçgensel sezgisel bulanık regresyon katsayısı $\tilde{A}^I_i$; $\tilde{A}^I_i \;=\; [\,a_i;\ \alpha_i, \beta_i;\ \alpha'_i, \beta'_i]$ şelindedir. $\alpha_i\ ve\ \beta_i$ ise üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{A}^I}(x)$ için sol ve sağ yayılımı göstermektedir. Aynı şekilde $\alpha'_i\ ve\ \beta'_i$ de üye olmama fonksiyonu $v_{\tilde{A}^I}(x)$ için sol ve sağ yayılımlardır.

3.8. Sezgisel Bulanık Doğrusal Regresyon Analizi

Tanaka'nın genellikle olasılıksal regresyon olarak adlandırılan yaklaşımının temel fikrinden yola çıkarak elde edilen amaç, verilen tüm verilerin dahil edilmesine tabi olarak sezgisel bulanık katsayılarının toplam yayılmasını en aza indirerek modelin sezgisel bulanıklığını en aza indirmektir. Olasılıksal regresyon modeli, verilerin yeterli bir şekilde tutulmasına tabi olarak yayılmayı en aza indirerek optimize edilmesine olanak sağlar.

Asıl amaç, çıktıların sezgisel bulanıklığını en aza indirmektir. Sezgisel bulanık çıktısının üyelik ve üyelik dışı işlevlerinin değerleri, üyelik ve üyelik dışı işlevlerin yayılım işlevleri olduğundan, yayılımları en aza indirgemek, üyelik işlevinin yayılımlarının ve üyelik dışı işlevin yayılımlarının en aza indirilmesine karşılık gelir ve bu nedenle çıktının sezgisel bulanıklığının en aza indirilmesine yol açmaktadır. Yapılan sezgisel bulanık doğrusal analizin ardından yorumlayabilmek amacıyla çıktıların sezgisel bulanıklığı en aza indirilmelidir. Bu durumda üye olma ($f^{s_1}(x)$) ve üye olmama yayılımlarının fonksiyonları ($f^{s_2}(x)$) en aza indirilmelidir.

Z yayılımını minimize etmek yöntemi ise;

$$min\, z \;=\; min\,\{f^{s_1}(x) \;+\; f^{s_2}(x)\} \qquad (3.1)$$

$$\text{min z} = z_1 + z_2 \quad \begin{cases} z_1 \;=\; min\,\{f^{s_1}(x)\} \;=\; min\,\{\,k_0 \sum_{i=1}^{n} k_i \sum_{j=1}^{m} \lvert x_{ij} \rvert \\ z_1 \;=\; min\,\{f^{s_2}(x)\} \;=\; min\,\{\,k_0{}' + \sum_{i=1}^{n} k_i{}' \sum_{j=1}^{m} \lvert x_{ij} \rvert\} \end{cases}$$

Eşitlik(3.1)'de üyelik fonksiyonları da kullanılarak sezgisel bulanık regresyon modeli oluşturulabilir. Yapılacak basitleştirme işlemlerinin ardından;

$$(a_0 + \sum_i a_i x_i) + (1 - c - h)(k_0{}' + \sum_i k_i' \left|x_{ij}\right|) \geq y \quad \text{elde edilir.} \qquad (3.2)$$

Eşitlik(3.2)'de " c " sezgisel indeks ve "c" ve "h" değerleri en uygun modeli oluşturmak amacıyla atanır.

Tanım 3.11: Sezgisel bulanık fonksiyon ; $f : X \times \tilde{A}^I \rightarrow \tilde{Y}^I$ olup $\tilde{Y}^I = f\,(x, \tilde{A}^I)$ şeklinde tanımlanır. Burada $x \in X$ olup kesin bir kümedir. $\tilde{A}^I$ sezgisel bir küme olup bu sezgisel kümede x ile ilişkili ortak alan $\tilde{Y}^I$ 'dır.

Tanım 3.12: Sezgisel bulanık küme $\tilde{Y}^I$ için üye olma ve üye olmama fonksiyonları sırasıyla Eşitlik (3.3) ve Eşitlik (3.4) ile verilmiştir.

$$\mu_{\tilde{Y}^I}(y) = \begin{cases} max_{(a_1,\ldots\ldots,a_n)}\left\{min_{\,j}\, \mu_{\tilde{A}_j^I}(a_j)\right\}, & f^{-1}(y,x) \neq \emptyset \\ 0, & dd \end{cases} \qquad (3.3)$$

$$v_{\tilde{Y}^I}(y) = \begin{cases} min_{(a_1,\ldots\ldots,a_n)}\left\{max_{\,j}\, \mu_{\tilde{A}_j^I}(a_j)\right\}, & f^{-1}(y,x) \neq \emptyset \\ 1, & dd \end{cases} \qquad (3.4)$$

Tanım 3.13: Sezgisel bulanık regresyon modelinin genel formu Eşitlik (3.5) ile verilmiştir.

$$\tilde{Y}^I = f\,(x, \tilde{A}^I) = \tilde{A}^I_0 + \tilde{A}^I_1 x_1 + \ldots\ldots + \tilde{A}^I_n x_n \qquad (3.5)$$

Burada, $\tilde{Y}^I$ sezgisel bulanık çıktı (sezgisel bulanık bağımlı değişken), $\tilde{A}^I_i$, $i = 1,2\,,\ldots,n$ sezgisel bulanık katsayılar olup $\boldsymbol{x} = (x_1,\ldots\ldots,x_n)$ n-boyutlu bulanık olmayan girdi vektörüdür.

Üçgensel sezgisel bulanık regresyon katsayısı $\tilde{A}^I_i = [\,a_i;\ \alpha_i, \beta_i;\ \alpha'_i, \beta'_i\,]$ biçiminde tanımlanır. $\alpha_i\ ve\ \beta_i$ ise üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{A}^I}(x)$ için sol ve sağ yayılımı göstermektedir. Aynı şekilde $\alpha'_i\ ve\ \beta'_i$ de üye olmama fonksiyonu $v_{\tilde{A}^I}(x)$ için sol ve sağ yayılımlardır. Simetrik üçgensel sezgisel bulanık regresyon katsayısı ise $\widetilde{A_{SIM}}^I_i = [\,a_i;\ k_i, k_i;\ k_i', k_i'\,]$ olarak tanımlanır. Burada sağ ve sol yayılımlar birbirine eşittir yani $\alpha_i = \beta_i = k_i$ ve $\alpha'_i = \beta'_i = k_i'$; $i = 1,2,\ldots,n$ dir.

Sezgisel bulanık tahmini regresyon modeli $\tilde{Y}^I = f\left(x, \tilde{A}^I\right) = \left(f^C(x), f^{S_1}(x), f^{S_2}(x)\right)$ olup burada $f^C(x)$ sezgisel bulanık modelin merkezi, $f^{S_1}(x), f^{S_2}(x)$ sırasıyla üyelik ve üyelik olmama fonksiyonlarının yayılımlarıdır ve Eşitlik (3.6) ve Eşitlik (3.7) ile verilmiştir.

$$f^{S_1}(x) = k_0 + k_1|x_1| + \cdots + k_n|x_n| \quad (3.6)$$

$$f^{S_2}(x) = k_0' + k_1'|x_1| + \cdots + k_n'|x_n| \quad (3.7)$$

Bulanık olmayan verilerle uygulanan sezgisel bulanık regresyon metodunun amacı $\{y_j\}$ sezgisel bulanık çıktı kümesi olan $\tilde{A}^{*I}$ parametresini belirlemektir. Bunun için $\mu_{\tilde{Y}^I}\left(y_j\right) \geq h$ ve $v_{\tilde{Y}^I}\left(y_j\right) \leq 1 - c - h$ sağlanmalıdır. Burada c sezgisel indeks ve h seviyesi en uygun modeli üretmek amacıyla seçilen değerlerdir.Tanaka'nın genellikle olasılıksal regresyon olarak adlandırılan yaklaşımının temel fikrinden yola çıkarak, tüm verilerin analize dahil edilmesine bağlı olarak sezgisel bulanık katsayıların toplam yayılmasını en aza indirerek modelin sezgisel bulanıklığını en aza indirgemek amaçlanır. Sezgisel bulanık doğrusal regresyon analizinde asıl amaç çıktıların sezgisel bulanıklığını en aza indirmektir. Sezgisel bulanık çıktısının üyelik ve üyelik olmama işlevlerinin değerleri, üyelik ve üyelik dışı işlevlerin yayılım işlevleri olduğundan, yayılımları en aza indirgemek, üyelik işlevinin yayılımlarının ve üyelik dışı işlevin yayılımlarının en aza indirilmesine karşılık gelir ve bu nedenle çıktının sezgisel bulanıklığının en aza indirilmesine yol açmaktadır. Sezisel bulanıklık z ile ifade edilirse, bunu en küçükleyen fonksiyon Eşitlik (3.8) ile ifade edilebilir.

$$min\, z = min\,\{f^{S_1}(x) + f^{S_2}(x)\} \quad (3.8)$$

Eşitlik (3.8) $min\, z = z_1 + z_2$ olarak yazılırsa;

$$z_1 = min\,\{f^{S_1}(x)\} = min\,\{\, k_0 \textstyle\sum_{i=1}^{n} + k_i \sum_{j=1}^{m} \left|x_{ji}\right| \quad (3.9)$$

$$z_2 = min\,\{f^{S_2}(x)\} = min\,\{\, k_0' + \textstyle\sum_{i=1}^{n} k_i' \sum_{j=1}^{m} \left|x_{ji}\right|\}\text{'} \quad (3.10)$$

Eşitlik (3.9) ile verilen amaç fonksiyonu $y_j \in \left[f\left(x_j\right)\right]_h$ kısıtları altındaki modelin çözülmesi gerekir. Burada $\left[f\left(x_j\right)\right]_h = \left[\tilde{A}^I_0\right]_h + \left[\tilde{A}^I_1\right]_h x_{j1} + \cdots + \left[\tilde{A}^I_n\right]_h x_{jn}$ olup $[.]_h$ sezgisel bulanık sayının h seviyesini gösterir.

Çıktılar için sezgisel bulanık üyelik fonksiyonu kullanılarak sezgisel bulanık regresyon modelinin ilk iki grup kısıtı Eşitlik (3.11) ve Eşitlik (3.12) ile verilmiştir.

$$\frac{y-[(a_0+\sum_{i=1}^{m} a_i x_i)-(k_0+\sum_{i=1}^{m} k_i|x_i|)]}{k_0+\sum_{i=1}^{m} k_i|x_i|} \geq h \tag{3.11}$$

$$\frac{[(a_0+\sum_{i=1}^{m} a_i x_i)-(k_0+\sum_{i=1}^{m} k_i|x_i|)]-y}{k_0+\sum_{i=1}^{m} k_i|x_i|} \geq h \tag{3.12}$$

Eşitlik (3.11) ve Eşitlik (3.12) düzenlenerek Eşitlik (3.13) ve Eşitlik (3.14) elde edilir.

$$(a_0 + \sum_{i=1}^{m} a_i x_i) - (1-h)(k_0 + \sum_{i=1}^{m} k_i|x_i|) \leq y \tag{3.13}$$

$$(a_0 + \sum_{i=1}^{m} a_i x_i) + (1-h)(k_0 + \sum_{i=1}^{m} k_i|x_i|) \geq y \tag{3.14}$$

Benzer şekilde çıktılar için sezgisel bulanık üye olmama fonksiyonu kullanılarak sezgisel bulanık regresyon modeli için iki kısıt Eşitlik (3.15) ve Eşitlik (3.16) ile verilmiştir.

$$(a_0 + \sum_{i=1}^{m} a_i x_i) - (1-c-h)(k'_0 + \sum_{i=1}^{m} k'_i|x_i|) \leq y \tag{3.15}$$

$$(a_0 + \sum_{i=1}^{m} a_i x_i) + (1-c-h)(k'_0 + \sum_{i=1}^{m} k'_i|x_i|) \geq y \tag{3.16}$$

Buna göre sezgisel bulanık regresyon modeli Eşitlik (3.13-3.16) kısıtları altında Eşitlik (3.9) ile verilen amaç fonksiyonunu en iyilemek olarak tanımlanır. Burada $k_0, k'_0 \geq 0$ ve $k_i, k'_i \geq 0$ $i = 1,2,\ldots,m$ dir.

Modelin çözümü sonucunda sezgisel bulanık regresyon katsayıları Eşitlik (3.17) olarak elde edilir;

$$\tilde{A}_0^I = [a_0;\ k_0, k_0;\ k'_0, k'_0],\ldots, \tilde{A}_n^I = [a_n;\ k_n, k_n;\ k'_n, k'_n] \quad j = 1,2,\ldots,n \tag{3.17}$$

$\widetilde{A_{SIM}}_i^I = [\, a_i;\ k_i, k_i;\ k'_i, k'_i \,]$ simetrik sezgisel bulanık sayısı Eşitlik (3.18) kullanılarak kesin sayıya dönüştürülür.

$$A_i = a_i + \frac{1}{6}[k'_i - k_i] \quad i = 1,2,\ldots,m \tag{3.18}$$

4. UYGULAMA

Bu çalışmada kahve tüketim miktarlarına ilişkin ileriye yönelik tahminler yapmak amacıyla çıktı değişkeni tüketim miktarları ve girdi değişkenleri yıllar olan sezgisel bulanık modeller kurulmuştur. Ayrıca ülke seçimi yaparken rastgeleliğin yanı sıra coğrafi ve ekonomik özellikleri göz önünde bulundurulmuştur. Belirlenen ülkelerin son 10 yıllık kahve tüketim miktarları ele alınmış ve sezgisel bulanık doğrusal regresyon analizi ile modellemeler yapılmıştır. Buna göre kurulan sezgisel modeller sayesinde ileriye yönelik tüketim miktarlarını tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

Bu sayede gerçek yaşam problemlerinde tahmine ilişkin modellemelerde sezgisel bulanık regresyon analizi yönteminin uygulanabilirliği vurgulanmıştır. Kurulan modellerin çözümü LİNGO 11 paket programı ile yapılmıştır.

Çalışmada kapsamında ele alınan ülkeler için son 10 yıla ilişkin kahve tüketim miktarları Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1: Seçilen ülkelere ait 30 yıla ilişkin kahve tüketim miktarları (In thousand 60 kg)

ÜLKELER	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Japonya	1879,72	2058,27	2206,42	1836,49	1417,21	1231,44	1210,47	1294,20	1293,35	1499,78	1257,23	1432,41	1447,21	1336,06	1538,16	1576,58
Norveç	2014,95	1746,23	1827,85	2063,26	2262,47	2401,50	2525,82	2544,38	3579,68							
Hollanda	268,18	200,22	182,23	397,44	462,67	515,42	272,16	294,15	342,12	366,92	280,73	354,90	343,43	400,36	366,85	440,51
Avusturya			168,19	162,77	193,45	320,13	321,84	385,30	339,05	352,08	344,38	352,09	370,91	392,57	388,39	391,60
Belçika	49,85	53,93	40,88	77,41	51,84	43,77	51,50	41,34	49,78	55,46	68,54	59,05	56,63	58,80	59,35	80,10
Türkiye	659,43	525,27	474,73	514,28	553,80	553,20	525,30	560,23	764,84	727,68	808,94	899,25	887,88	974,07	928,87	1063,41
Bulgaristan	959,11	982,76	1061,62	993,95	1033,18	877,16	1006,00	949,07	1013,72	1093,78	1021,80	1102,96	1075,80	1001,58	1119,45	993,36
Hırvatistan			16,38	51,15	83,10	107,48	116,92	141,11	134,66	130,91	105,30	160,89	119,70	133,81	175,73	221,14
Kıbrıs	1095,14	1033,07	1055,36	1301,46	1361,00	769,50	992,27	1185,52	1167,94	1209,48	1063,11	1084,06	1075,33	1104,80	1151,98	1156,44
Çekya	6301,22	6552,71	6612,06	6334,47	6368,66	6213,68	6659,51	6703,99	6576,02	6675,67	6520,01	6752,74	6925,10	6651,82	5940,13	5714,01
Danimarka	13670,95	13228,85	13788,55	14107,00	13583,22	12851,84	13507,13	13905,18	13739,57	14320,03	13894,54	14753,27	15515,54	15727,00	17356,07	16716,05
Estonya	3670,95	13228,85	13788,55	14107,00	13583,22	12851,84	3083,96	2923,77	2862,05	2565,50	2965,80	2793,68	2760,00	3175,54	3159,03	2988,02
Finlandiya	3128,15	3120,77	3204,95	2803,73	2799,88	2910,37	1924,07	2253,08	2292,96	2403,63	2576,38	2719,39	2643,50	2664,34	2686,82	2791,50
Fransa	435,07	249,87	1787,06	1670,50	1842,64	1770,71	742,96	727,29	761,59	816,95	811,43	843,38	838,10	833,90	838,34	831,22
Almanya	551,59	557,47	591,17	666,45	663,86	633,17	1522,38	1472,84	1439,64	1455,68	1344,17	1432,18	1463,31	1434,93	1495,23	1693,00
İtalya	1766,67	1717,09	1771,73	1756,60	1893,29	1420,44	5994,11	5921,42	6026,97	6547,48	6908,01	6996,20	7307,46	6922,57	7253,91	7407,83
Polonya	5329,75	5510,47	5325,62	5691,12	6217,15	5489,09	719,89	683,89	706,88	789,98	662,24	716,25	697,97	690,68	716,11	753,06
Rusya	742,04	761,21	739,15	692,83	805,63	662,10	1127,97	2185,29	1731,92	1368,08	1890,45	3056,87	3504,02	3772,29	3205,39	3335,80
İsviçre	0,00	0,00	1381,86	1794,95	1725,73	1728,14	1111,63	970,77	1111,84	1138,93	1171,48	1254,54	1216,74	1321,87	1236,30	1641,05
Tunus	1170,51	1130,29	1101,25	1059,88	1099,41	1016,83	143,65	164,62	147,42	185,75	192,45	233,00	235,57	123,15	263,91	189,97
İngiltere	101,00	90,20	110,58	100,62	137,27	136,78	2903,45	2929,34	3142,41	2907,26	3012,40	3061,83	2971,32	3002,02	3328,68	3433,30

Tablo4.1: Seçilen ülkelere ait 30 yıla ilişkin kahve tüketim miktarları (devamı) (In thousand 60 kg)

ÜLKELER	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Japonya	1600,65	1968,11	1901,07	1309,23	1369,20	1452,49	1558,61	1554,93	1525,08	1513,39	1494,94	1459,91	1429,41	1447,51
Hollanda	434,55	393,36	517,21	523,00	528,37	481,51	559,83	609,49	620,71	681,76	779,16	706,88	737,24	784,90
Avusturya	404,12	413,76	405,33	394,05	393,83	390,87	384,49	412,85	419,67	437,20	478,67	439,07	445,51	466,42
Belçika	73,80	71,42	77,51	71,74	76,73	82,08	83,88	93,77	94,39	89,30	93,15	99,93	133,18	133,22
Türkiye	940,48	1037,08	1037,33	930,03	950,72	952,37	1126,62	1183,88	1822,69	2067,84	1779,35	1506,97	1903,16	1608,92
Bulgaristan	1004,16	995,20	900,37	859,85	1014,64	908,87	913,10	921,18	853,42	840,78	905,79	852,19	867,95	907,94
Hırvatistan	254,42	277,11	334,38	357,27	262,87	166,86	157,23	156,21	130,85	126,20	134,80	133,15	147,14	147,85
Kıbrıs	1167,98	1207,03	1284,79	1243,26	1273,74	1286,52	1237,83	1275,47	1213,06	1320,80	1388,97	1360,02	1284,82	1515,47
Çekya	6190,53	6420,27	6251,74	6669,73	6717,24	6991,82	6841,14	6713,10	7112,31	6808,57	6737,78	6966,51	7624,02	7992,91
Danimarka	18542,84	19564,05	19876,24	19415,67	20602,96	20926,40	21816,21	21174,31	22077,69	21316,21	22368,39	21764,78	22147,18	22431,91
Estonya	3292,81	3531,02	2304,44	2502,13	2582,66	2678,33	2729,76	3406,79	4016,02	4176,24	4781,45	5067,74	5520,44	5354,02
Finlandiya	2653,66	2263,67	2460,34	3161,54	3278,91	3403,82	3542,75	3284,38	3229,21	3665,61	3827,17	3999,32	4325,06	4452,46
Fransa	861,68	911,30	885,07	886,73	1010,44	1057,73	1075,84	1062,68	1059,75	1043,86	1128,48	1093,95	1140,20	1219,76
Almanya	1820,48	1769,67	1804,13	1658,65	1726,68	1646,73	1679,73	1709,39	2198,46	2120,55	2349,87	2306,33	2262,21	2347,80
İtalya	7631,55	7086,22	7060,03	7089,70	7407,08	7543,86	7024,86	8381,26	7656,98	8063,40	8026,15	7646,64	7539,98	8039,68
Polonya	731,11	779,89	721,89	724,41	759,35	794,92	735,44	781,48	743,18	799,74	799,15	800,86	743,34	785,89
Rusya	3465,14	4317,90	4053,19	3553,16	4155,26	4217,68	4174,74	4410,19	4746,95	4710,04	5232,88	5467,78	5287,54	5916,63
İsviçre	1502,62	1823,11	1977,69	2101,00	2317,61	2497,91	2477,96	2666,75	2643,11	2747,86	2816,03	2903,62	3086,02	3228,38
Tunus	209,46	253,42	317,61	288,80	304,09	428,78	438,92	438,97	460,03	458,71	465,55	546,16	532,97	508,33
İngiltere	4045,79	3780,55	3967,46	4130,91	4301,91	4183,23	4126,05	4206,09	4318,70	4895,41	5052,29	4989,04	5687,86	5554,36

Tablo 1 ile verilen çıktı değişkeni kahve tüketim miktarları girdi değişkeni yıllar alınarak oluşturulan sezgisel bulanık regresyon modeline ait olan Eş. 14, Eş. 15 ve Eş. 16 kullanılarak merkez, alt ve üst yayılımlar Tablo 2 ile verilmiştir.

Tablo 4.2. Sezgisel bulanık regresyon modelinin merkez, alt ve üst yayılımları

Ülkeler	k_0	k_0'	a_0	a_1	k_1	k_1'
Japonya	178.5933	200.9175	6694.568	58.98400	0	0
Norveç	38.37654	43.17361	685.2900	6.448889	0	0
Hollanda	777.3963	874.5708	2423.901	138.8556	0	0
Avusturya	304.51	1247.61	5717,24	46092,00	0	0
Belçika	263.39	6158.82	9425,91	104008,00	0	0
Türkiye	195.59	839.70	1819,35	20966,14	0	0
Bulgaristan	215.21	463.40	5208,00	13846,26	0	0
Hırvatistan	279.80	4714.80	5162,22	10929,49	0	0
Kıbrıs	36.93	68.71	893,97	2172,33	0	0
Çek Cumhuriyeti	465.67	1007.81	1529,73	35866,25	0	0
Danimarka	15.76	410.91	603,43	29020,00	0	0
Estonya	14.33	30.33	687,00	4485,00	0	0
Finlandiya	531.96	1301.46	1710,26	35866,24	0	0
Fransa	155.42	3604.36	6145,80	199539,46	0	0
Almanya	341.18	2680.82	12742,22	524689,62	0	0
İtalya	106.33	284.17	2737,65	18329,79	0	0
Polonya	641.96	941.78	2416,88	27332,07	0	0
Rusya	635.50	3419.12	14444,44	207046,60	0	0
İsviçre	601.20	985.87	1490,99	6450,31	0	0
Tunus	182.35	1400.24	2569,22	4727,29	0	0
İngiltere	1681.84	1868.71	3112,29	21762,12	0	0

Tablo. 2'de verilen tablodaki üye olma ve üye olmama durumlarının, sol ve sağ yayılım değerleri olan k_0, k_1 ve a_0, a_1 ve k_1' değerleri LİNGO11 paket programı ile bulunmuştur. Yayılım değerleri aşağıdaki çizelgede geometrik şekilde gösterilmiştir. Tablo.1 ile verilen çıktı değişkeni kahve tüketim miktarları girdi değişkeni yıllar alınarak oluşturulan sezgisel bulanık regresyon modeline ait olan Eş. (3.14), Eş. (3.15) ve Eş.(3.16) kullanılarak merkez, alt ve üst yayılımlar Tablo 2 ile verilmiştir.

Bu doğrusal programlama çözümlemesi yapan program için gereken kod yazımı Eşitlik (4.1)'de verilmiştir;

$$\min\ z = z_1 + z_2; \qquad (4.1)$$

Bu eşitlikte mevcut olan $z_1\ ve\ z_2$ amaç fonksiyonlarını Eşitlik (4.2)-(4.3)'de ele alınmıştır;

$$z_1 = \min[\, k_0 + k_1 \sum_{J=1}^{m} |x_J| \,] \qquad (4.2)$$

$$z_2 = \min\,[k_0' + k_1' \sum_{J=1}^{m} |x_J| \,] \qquad (4.3)$$

Eşitlik (4.2)-(4.3)'de verilen amaç fonksiyonlarına uygun olarak yazılacak kısıtlar için gerekli olan adımlar Formül (4.1)-(4.2)'de mevcuttur;

$$(a_0 + a_1 * x_J) + (1 - c - h) * (k_0 + x_i * k_1) \geq y; \qquad (4.1)$$

$$(a_0 + a_1 * x_J) + (1 - c - h) * (k_0' + x_i * k_1') \geq y; \qquad (4.2)$$

Bulanıklaştırma işlemi sırasında, veri setinde mevcut olan değişkenlerin veriler derlenirken ortaya çıkabilecek hataların oranına bağlı olarak belirlenmiş ve incelenmiştir.

Lingo11 programı kullanılarak beklenen değerin merkez ve üye olma-üye olmama fonksiyonlarının yayılımı olan değerleri tahmin edilmiştir. Verilen sezgisel bulanık katsayılar eşliğinde;

Tablo.2'ye göre Japonya için sezgisel bulanık regresyon modeli Eşitlik (4.1)'de belirtilmiştir. Bu sayede elde edilen sonuç Eşitlik (4.1)'de yerine konarak sezgisel bulanık değer aralıkları elde edilir. Ancak elde edilen bu değer aralıkları gerekli tahminlerin yapılması için tek başına anlam ifade etmez.

$$\hat{\hat{Y}}^{I}{}_{JAP} = [\, 6694.568\,; 178.5933,\ 178.5933,0,0] + [\, 58.98400; 0,0,0,0]x_1 \qquad (4.1)$$

Kahve tüketimi yapan ithalatçı ülkelerin sezgisel bulanık regresyon modelinin tahmini yapılırken incelenmesi için Y eksenini kesen (bağımlı değişken-β_0) ve tahmin yapılabilmesi için gerekli olan eğim (x değişkeni-β_1) değerleri Eşitlik (4.2)-(4.3) ile verilmiştir.

$$\beta_0 = [\, 6694.568\,; 178.5933, 178.5933,0,0] \qquad (4.2)$$

$$\beta_1 = [\,58.98400; 0,0,0,0]x_i \tag{4.3}$$

Eşitlik (4.3) ele alınarak incelendiğinde tahmin yapabilmek için istenilen yıl ya da diğer bağımsız değişkenler x_i değeri yerine yazılır. Bu sayede sezgisel bulanık sayıya dönüşür. Tablo.2 ‘de 2020-2024 yılları bağımsız değişken (x_i $değerleri$) olarak alınmış ve tahmin işlemi yapılmıştır. Tablo. 2’de elde edilen bulanık sayılar araştırmanın sonuçlanmasında tek başına yeterli değildir. Çünkü bulanık olarak elde edilen sayıların durulaştırılması elzemdir. Bulanık sayılar üzerinde yapılan durulaştırma (defuzzification) işleminin ardından elde edilen verilere sezgisel regresyon modelleri kullanılarak ileriye yönelik 5 yıllık tahminler Tablo.3 ile verilmiştir.

İlk tahmin yılımız olan 2020 için ;

$$\hat{\hat{Y}}^{I}{}_{JAP} = [\,6694.568\,;178.5933,\ \ 178.5933,0,0] + [\,58.98400;0,0,0,0] * [x_i] \tag{4.4}$$

$$\hat{\hat{Y}}^{I}{}_{JAP} = \quad 7379{,}111$$

Ayrıca modelin uygunluğunun ölçülmesi için artık değerleri elde edilerek Tablo 4. İle verilmiştir. Tablo 4 ile verilen artık değerleri kullanılarak modelin performansı için hata kareler ortalaması ($HKO = \frac{\sum(y-\hat{y})^2}{m}$) ölçütü kullanılmıştır. HKO olarak elde edilmiştir.

Tablo 4.3. 5 yıllık tahmini kahve tüketim miktarları (In thousand 60 kg)

Ülkeler	1	2	3	4	5
Japonya	7379,111	7438.09	7497.07	7556.06	7615.04
Norveç	763.903	770.35	776.80	783.25	789.69
Hollanda	4145.66	4284.51	4423.37	4562.22	4701.08
Avusturya	1554277,2	1606086,44	1657895,68	1761514,16	1813323,4
Belçika	3403017,3	3516451,21	3629885,12	3856752,94	3970186,85
Türkiye	683564,7	706350,19	729135,68	774706,66	797492,15
Bulgaristan	571627,8	590682,06	609736,32	647844,84	666899,1
Hırvatistan	482751,3	498843,01	514934,72	547118,14	563209,85
Kıbrıs	91989	95055,3	98121,6	104254,2	107320,5
Çek Cumhuriyeti	1121879,4	1159275,38	1196671,36	1271463,32	1308859,3
Danimarka	888702,9	918326,33	947949,76	1007196,62	1036820,05
Estonya	155160	160332	165504	175848	181020
Finlandiya	1127295	1164871,5	1202448	1277601	1315177,5
Fransa	6170557,8	6376243,06	6581928,32	6993298,84	7198984,1
Almanya	16122955,2	16660387,04	17197818,88	18272682,56	18810114,4
İtalya	632023,2	653090,64	674158,08	716292,96	737360,4
Polonya	892468,5	922217,45	951966,4	1011464,3	1041213,25
Rusya	6644731,2	6866222,24	7087713,28	7530695,36	7752186,4
İsviçre	238239	246180,3	254121,6	270004,2	277945,5
Tunus	218895,3	226191,81	233488,32	248081,34	255377,85
İngiltere	746232,3	771106,71	795981,12	845729,94	870604,35

Tablo 4.4. Modelin Performansı İçin Hata Kareler Ortalaması

Yıllar	Japonya	Norveç	Hollanda	Avusturya	Belçika	Türkiye	Bulgaristan	Hırvatistan	Kıbrıs	Çek Cumhuriyeti
1	343,07	-314,62	-193,36	-222,15	-22,56	-349,52	-8,59	-143,79	-100,40	-350,09
2	521,62	-583,34	-261,32	-227,56	-18,49	-483,68	15,07	-109,02	-162,47	-98,61
3	669,77	-501,72	-279,31	-196,89	-31,54	-534,22	93,93	-77,07	-140,18	-39,26
4	299,84	-266,31	-64,10	-70,21	5,00	-494,68	26,26	-52,69	105,91	-316,85
5	-119,44	-67,10	1,13	-68,50	-20,58	-455,16	65,49	-43,25	165,46	-282,65
6	-305,21	71,93	53,88	-5,04	-28,64	-455,76	-90,53	-19,05	-426,04	-437,63
7	-326,18	196,25	-189,38	-51,29	-20,91	-483,66	38,31	-25,51	-203,27	8,20
8	-242,45	214,81	-167,39	-38,26	-31,07	-448,73	-18,62	-29,25	-10,02	52,67
9	-243,30	1250,11	-119,42	-45,96	-22,63	-244,11	46,03	-54,86	-27,61	-75,29
10	-36,87		-94,62	-38,25	-16,95	-281,28	126,09	0,72	13,94	24,35
11	-279,42		-180,82	-19,42	-3,87	-200,01	54,11	-40,46	-132,43	-131,31
12	-104,24		-106,64	2,24	-13,36	-109,70	135,27	-26,36	-111,48	101,43
13	-89,44		-118,11	-1,95	-15,78	-121,07	108,11	15,57	-120,21	273,79
14	-200,59		-61,18	1,26	-13,61	-34,89	33,89	60,97	-90,74	0,51
15	1,51		-94,69	574,66	-13,06	-80,08	151,76	94,26	-43,56	-711,19
16	39,93		-21,03	23,43	7,69	54,46	25,67	116,94	-39,10	-937,31
17	64,00		-26,99	14,99	1,39	-68,48	36,47	174,22	-27,56	-460,78

Tablo 4.4. Modelin Performansı İçin Hata Kareler Ortalaması (devamı)

18	431,46		-68,18	3,71	-0,99	28,12	27,51	197,11	11,49	-231,04
19	364,42		55,66	3,49	5,10	28,37	-67,33	102,70	89,25	-399,58
20	-227,42		61,45	0,54	-0,67	-78,93	-107,84	6,69	47,72	18,41
21	-167,45		66,83	-5,85	4,32	-58,23	46,95	-2,93	78,20	65,93
22	-84,16		19,97	22,51	9,67	-56,59	-58,82	-3,95	90,97	340,51
23	21,96		98,28	29,33	11,47	117,67	-54,59	-29,31	42,29	189,82
24	18,28		147,94	46,86	21,36	174,93	-46,51	-33,96	79,93	61,79
25	-11,57		159,17	88,33	21,98	813,74	-114,27	-25,36	17,51	460,99
26	-23,26		220,21	48,74	16,89	1058,88	-126,91	-27,02	125,26	157,25
27	-41,71		317,62	55,17	20,74	770,40	-61,90	-13,03	193,43	86,47
28	-76,74		245,34	76,08	27,52	498,01	-115,50	-12,32	164,48	315,20
29	-107,24		275,70		60,77	894,20	-99,74		89,28	972,70
30	-89,14		323,35		60,81	599,97	-59,76		319,93	1341,59
*HKO**	*61288,56*	*268780,17*	27103,55	*18258,81*	*524,70*	*193347,6*	*6293,159*	*5728,72*	*19972,77*	*189249,6*

Tablo 4.4. Modelin Performansı İçin Hata Kareler Ortalaması (devamı)

Yıllar	Danimarka	Estonya	Finlandiya	Fransa	Almanya	İtalya	Polonya	Rusya	İsviçre	Tunus	İngiltere
1	-3818,70	-178,15	-2240,24	-299,96	17,35	-1571,80	-21,46	-2029,49	-614,26	-172,59	-841,49
2	-4260,80	-185,53	-2425,44	-294,08	-32,24	-1391,08	-57,46	-1616,41	-654,47	-183,39	-933,87
3	-3701,10	-101,35	-888,25	-260,37	22,40	-1575,94	-34,47	-1685,62	-683,51	-163,01	-651,61
4	-3382,65	-502,57	-1004,81	-185,10	7,27	-1210,43	48,63	-1683,21	-724,89	-172,97	-542,80
5	-3906,43	-506,42	-832,67	-187,68	143,96	-684,40	-79,11	-2283,38	-685,36	-136,32	-273,93
6	-4637,81	-395,94	-904,60	-218,38	-328,89	-1412,46	-25,10	-1226,06	-767,94	-136,81	-933,06
7	-3982,52	-222,34	-751,24	-108,59	-226,95	-907,44	-43,38	-1679,43	-673,14	-129,94	-836,33
8	-3584,47	-382,53	-422,23	-124,25	-276,49	-980,14	-50,67	-2043,27	-813,99	-108,97	-810,45
9	-3750,08	-444,25	-382,35	-89,96	-309,69	-874,59	-25,24	-1520,90	-672,93	-126,17	-597,38
10	-3169,62	-740,80	-271,68	-34,60	-293,65	-354,07	11,71	-354,48	-645,84	-87,84	-832,53
11	-3595,11	-340,50	-98,93	-40,11	-405,16	6,46	-10,24	92,66	-613,28	-81,14	-727,39
12	-2736,38	-512,62	44,08	-8,16	-317,15	94,65	38,54	360,94	-530,23	-40,59	-677,96
13	-1974,11	-546,30	-31,81	-13,45	-286,02	405,90	-19,46	-205,96	-568,02	-38,03	-768,47
14	-1762,65	-130,76	-10,97	-17,64	-314,40	21,02	-16,94	-75,55	-462,90	-150,44	-737,77
15	-133,58	-147,28	11,51	-13,20	-254,10	352,36	18,00	53,79	-548,47	-9,68	-411,11
16	-773,60	-318,29	116,19	-20,33	-56,33	506,28	53,57	906,55	-143,72	-83,62	-306,48
17	1053,19	-13,50	-21,65	10,14	71,15	730,00	-5,91	641,84	-282,14	-64,13	306,00

Tablo 4.4. Modelin Performansı İçin Hata Kareler Ortalaması (devamı)

18	2074,40	224,72	-411,64	59,75	20,34	184,67	40,13	141,81	38,34	-20,17	40,76
19	2386,59	-1001,86	-214,97	33,53	54,80	158,48	1,82	743,90	192,92	44,02	227,67
20	1926,02	-804,17	486,23	35,18	-90,67	188,15	58,39	806,33	316,24	15,21	391,12
21	3113,31	-723,64	603,60	158,90	-22,65	505,53	57,80	763,39	532,84	30,50	562,12
22	3436,75	-627,97	728,51	206,19	-102,60	642,30	59,51	998,84	713,15	155,19	443,44
23	4326,56	-576,54	867,44	224,30	-69,59	123,31	1,99	1335,60	693,19	165,33	386,27
24	3684,66	100,49	609,07	211,14	-39,94	1479,71	44,54	1298,69	881,99	165,38	466,30
25	4588,04	709,72	553,90	208,20	449,13	755,43	21499,19	1821,53	858,34	186,44	578,91
26	3826,56	869,93	990,30	192,31	371,22	1161,85	0,00	2056,43	963,09	185,12	1155,62
27	4878,74	1475,15	1151,86	276,94	600,54	1124,60	-741,35	1876,19	1031,26	191,96	1312,51
28	4275,13	1761,44	1324,01	242,41	557,00	745,08	-741,35	2505,28	1118,85	272,56	1249,25
29	4657,53	2214,14	1649,75	288,66	512,89	638,43	-741,35	-2029,49	1301,25	259,38	1948,07
30	4942,26	2047,72	1777,15	368,22	598,47	1138,13	-741,35	-1616,41	1443,62	234,74	1814,58
*HKO**	*12266863,83*	*703258,8*	*930636,5*	*33469,33*	*87327,96*	*766355,6*	*15481741,85*	*1914251*	*546172,4*	*21264,52*	*708627*

5. SONUÇ

İthalat yapan ülkelerin gösterdiği tüketim eğilimi ilerleyen yıllardaki kahve sektöründe karşılaşacağımız değişimini önemli ölçüde etkilemektedir. Çünkü tüketimle beraber artan bir üretim eğilimi sağlanamazsa kahve piyasası açısından zor günler yaşanması mümkündür.

Çalışmada mevcut olan örnek ülkelerin tüketim tahminlerinin sürekli arttığı görülmektedir (Ek.1). Önümüzdeki yıllarda bu artışın devam etmesi kaçınılmazdır. Artan taleplerin karşılanması için üretim yapan ülkelerin sorumluluğu da aynı ölçüde artmaktadır.

Günümüzde her sektörün geliştiği gibi kahve sektörü de gelişen teknolojik çağa ayak uydurmak durumundadır. Çünkü bu çağa ayak uydurup devamlılığını sağlayamayan her sektör silinmeye mecburdur. Bu sebeple günden güne gelişime açık olmalı ve geleceğinin tahmini yapılarak kalitesinin devamlılığı sağlanmalıdır.

Bir sektörünün kalitesinin sağlanması için devamlılığının olması gerekmektedir. Bu çalışmada, kahve sektörü için de devamlılığının tespit edilmesi çalışması yürütülmüştür. Kahve çekirdeği üretimi yapan ülkelerden ithalat yapan ve dünya üzerinde tüketim açısından ilk sıralarda yer alan ülkelerin, sektörün devamlılığı açısından düzenli olarak yapılan ithalat miktarına bağlı olarak tüketim oranı tahmini yapılmıştır. Kahve sektörü açından yapılan incelemeler ışığında tüketimin dünya genelinde hızla arttığı ve popüler kültür etkisinin bu artış üzerinde büyük etkisi olduğu anlaşılmıştır.

Yapılan bu çalışma ile tüketim miktarındaki en önemli etmenin ithalat miktarı olduğu ilgili ülkeler bakımında incelenerek göz önüne serilmiştir. Öte yandan, gelen tüketim talebini karşılamak için ilerleyen yıllarda daha fazla üretim yapılması gerekmektedir. Eğer önümüzdeki yıllarda üretim miktarı dünyadaki en yüksek tüketim yapan ülkelerin talebini karşılayamaz hale gelirse, sektörün kalitesinin sağlanabilmesi açısından en önemli etmen olan sürekliliği sağlanamayacak duruma gelecektir. Bu durumun önüne şimdiden geçilmeli ve etkili bir pazar yönetimi yapılmalıdır.

Bulanık doğrusal regresyon analizi herhangi bir sektör için ileriye yönelik tahmin yapabilmek için kullanılmaktadır. Bulanık doğrusal regresyon analizi içerisinden doğan bir yöntem olan sezgisel bulanık doğrusal regresyon analizi ise zaman ve maliyet konusunda araştırmacıya sağladığı kolaylıkla bir hayli talep görmektedir. Klasik doğrusal regresyon analizi ile temel mantık açısından işleyişinin aynı olması da yapılacak çözümlere aşina olmasını sağlamaktadır.

Çalışma kapsamında ithalat yapan seçilmiş ülkelerin tüketim miktarlarının geleceğine yönelik tahmin yapılmıştır. Sezgisel bulanık doğrusal regresyon analizi ile yapılan bu tahmin modellemesi ile kahve piyasasının seçilen bu ülkeler açısından kalitesinin korunması ve sürekliliğinin sağlanmasının, yapılan ithalat miktarı ile ne kadar doğru orantılı olduğu gözler önüne serilmek istenmiştir.

Gerçek hayat problemi üzerinde yapılan bu çalışmada kullanılan sezgisel bulanık regresyon analizi ile çalışılan bu makalede, yöntemin ne kadar etkili olduğuna da değinilmiştir. Klasik regresyon yöntemlerinin karşılayamadığı bu gerçek hayat problemlerinde kullanılan bu yöntemin, gerekliliklerinin daha esnek olması ve analizinin daha gerçekçi sonuçlar vermesi nedeni ile daha çok tercih edilmektedir.

Her türlü sektörün piyasada devamlılığının sağlanabilmesi için çeşitli istatistiksel analizlerle gelecek tahmini yapılmalıdır. Ancak klasik yöntemler gerçek hayat problemlerinde kullanışlı olmadığı için sezgisel bulanık regresyon analizinin kullanılmasının daha uygun olacağı görülmüştür.

Bu çalışma, sezgisel bulanık doğrusal regresyon analizinin ithalat yapan ülkelerin kahve tüketim miktarlarının incelenmesinde yenilik sunmakta olup, kahve piyasasının arz-talep dengesinin sağlanması için tüketim miktarlarındaki artışın tahmin edilmesinin önemli bir mesele olduğunu gözler önüne sermektedir.

KAYNAKLAR

[1] Akarçay, E, *Kah Kahvehane Kah Cafe: Küreselleşen Eskişehir'de Kahve Tüketimi Üzerine Kurumsal Bir Giriş. Aynalı Labirent Küreselleşen Kentte Tüketim içinde, Ed. Ali Ergur*, Galatasaray Üniversitesi İletişim Dergisi, Özel Sayı, 2, 181-202, (2012).

[2] Akşit, A, Değişen Kahve Tüketim Alışkanlıkları ve Türk Kahvesi Üzerine Bir Araştırma. Journal of Tourism and Gastronomy Studies, 5(4), 310-325, (2017).

[3] Angelov, P. Optimization in an intuitionistic fuzzy environment. Fuzzy Sets and Systems, 68,301–306, (1997).

[4] Arefi, M. and Taheri, S. M. Least-squares regression based on Atanassov's intuitionistic fuzzy inputs outputs and Atanassov's intuitionistic fuzzy parameters. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 23(4), 1142-1154, (2015).

[5] Atanassov. K, Intuitionistic fuzzy sets VII ITKR‟s Session, Sofia, June, 1, 983, (1983).

[6] Atanassov. K. T, Intuitionistic fuzzy sets, Fuzzy Sets and Systems, 20, 87-96, (1986).

[7] Atanassov. K. T, Intuitionistic fuzzy sets, In: Intuitionistic fuzzy sets, Eds: Springer, p. 1-137, (1999).

[8] Atanassov, K., Pasi, G. ve Yager, R., Intuitionistic fuzzy interpretations of multicriteria multi-person and multi-measurement tool decision making, International Journal of Systems Science, 36 (14), 859-868, (2005).

[9] Aydın, Adalı, G. ve Bakır, Z., N. An Assessment of Venues in the Context of Consumption Culture: Consumption of Kahve Cafe(s) by College Students. Journal of Strategic Research in Social Science, 2 (3), 59- 84, (2016).

[10] Başkır, M. B. Bulanık kalite fonksiyon yayılımı yaklaşımının iyileştirilmesi ve uygulamaları. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 20-55, (2011).

[11] Chang, P. T. and Lee, E. S. A generalized fuzzy weighted least-squares regression. Fuzzy Sets and Systems, 82(3), 289–298, (1996).

[12] Chen, S.-M. ve Chang, C.-H., Fuzzy multiattribute decision making based on transformation techniques of intuitionistic fuzzy values and intuitionistic fuzzy geometric averaging operators, Information Sciences, 352, 133-149, (2016).

[13] Diamond, P. Fuzzy least squares. Information Sciences, 46, 141–157, (1988).

[14] Fendal, D. Türkiye'deki Kahve ve Mutfak Kültürünün Dönüşümü Üzerinden Küreselleşme Sürecinde Küresel ve Yerel Kültürün Etkileşim ve Eklemlenişi. Özel Sayı 2, İletitişim, 147-180, (2012).

[15] Grzegorzewski, P. Distances between intuitionistic fuzzy sets and/or interval-valued fuzzy sets based on the Hausdorff metric. Fuzzy Sets Systems, 148(2), 319–328, (2004).

[16] Guha, D. and Chakraborty D. A theoretical development of distance measure for intuitionistic fuzzy numbers. International Journal of Mathematics and Mathematical Sciences. 20(10), 1-25, (2010).

[17] Işın, E. Tanede Saklı Keyif, Kahve. İstanbul: Yapı Kredi Yayınları, (2001).

[18] İçen, D. Bulanık doğrusal regresyon analizi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 5-48, (2010).

[19] Kafadar, C. A History of Coffee, (2018).

[20] Kim, K. J., Moskowitz, H. and Köksalan, M. Fuzzy versus statistical linear regression. European Journal of Operational Research, 92(2), 417-434, (1996).

[21] Koç, B. Bingöl Üniversitesi Öğrencilerinin Hazır Kahve Tüketimi İle İlgili Tutum ve Davranışları. XII. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi, Isparta, Kongre Kitabı, 519-524, (2016).

[22] Lee, H. T., and Chen, S.H. Fuzzy regression model with fuzzy input and output data for manpower forecasting. Fuzzy Sets and Systems, 119(2), 205–213, (2001).

[23] Mahapatra, B. S., & Mahapatra, G. S. Intuitionistic fuzzy fault tree analysis using intuitionistic fuzzy numbers. International Mathematical Forum, 5(21), 1015–1024, (2010).

[24] Mahapatra, G. S., & Roy, T. K. Reliability evaluation using triangular intuitionistic fuzzy numbers arithmetic operations. International Journal of Mathematical and Statistical Sciences, 1(1), 31–38, (2009).

[25] Moskowitz, H. and Kim, K. On assessing the h value in fuzzy linear regression. Fuzzy Sets and Systems, 58(3), 303–327, (1993).

[26] Özdestan, Ö. Evaluation of Bioactive Amine and Mineral Levels in Turkish Coffee. Food Research International, 61, 167-175.55555, (2014).

[27] Pehlivan, N. Y. and Apaydın, A. Artificial neural networks approach to fuzzy linear programming. Selçuk Journal Applied Mathematics, 6(2), 9-26, (2005).

[28] R. E. Bellman und L. A. Zudeh Decısıon-Makıng In A Fuzzy Envıronment, (1970).

[29] R. Parvathi · C. Malathi · M. Akram ·Krassimir T. Atanassov Intuitionistic Fuzzy Linear Regression Analysis, (2019).

[30] S. Ismail Mohideen, and U. Abuthahir Error Estimation Using Intuitionistic Fuzzy Linear Regression Analysis. Int. Journal of Engineering Research and Application, pp.56-64, (2017).

[31] Şanlı, K. ve Apaydın, A. The fuzzy regression analysis, the case of fuzzy data set outlier. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 17(3), 71-84, (2004).

[32] Şen, Z. Bulanık mantık ve modelleme ilkeleri. İstanbul: Bilge Kültür Sanat Kitabevi, 20-50, (2001).

[33] Tanaka, H., & Ishibuchi, H. Identification of possibilistic linear systems by quadratic membership functions of fuzzy parameters. Fuzzy Sets and Systems, 41, 145–160, (1991).

[34] Tan, A. & Hocaoğlu, E. Türkiye'de Hazır Kahve Satın Alma ve Tüketim Alışkanlıkları, Gaziantep University Journal of Social Sciences, 16(4), 950-962, (2017).

[35] Tanaka, H., Uejima, S., & Asai, K. Linear regression analysis with fuzzy model. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 12(6), 903–907, (1982).

[36] Tanaka, H., Uejima, S. and Asai, K. Fuzzy linear regression model. International congress on Applied Systems Research and Cybernetics, Acapulco, Mexico, (1980).

[37] Tarbuck, Gürses, D. Kahvehanelerin Avrupa Düşünce Tarihindeki Yeri Üzerine. Cogito, 68-69, 317-326, (2011).

[38] Türkşen, I. B. An Ontological and epistemological perspective of fuzzy set theory. USA: Elsevier Science, 510, (2006).

[39] Tuvay, B. Sokak Kahvecisi Franchise Veriyor, (2017).

[40] Wild, A. Kahve: Bir Acı Tarih. Çev. Ezgi Ulusoy, İstanbul: MB Yayınevi, (2007).

[41] Wang H. and Tsaur, R. C. Resolution of fuzzy regression models. Europhean Journal of Operational Research, 126 (3), 637-650, (2000b).

[42] Wang H., and Tsaur, R.C. Insight of a fuzzy regression model. Fuzzy Sets and Systms, 11(3), 355–369, (2000).

[43] Yager, R. R, Some aspects of intuitionistic fuzzy sets. Fuzzy Optimization and Decision Making, 8, 67–90, (2009).

[44] Yaman. M. & Güllü. M, Üniversite Öğrencilerinin Kahve Çeşitlerini Tüketim Sıklıkları ve Kahve ile İlgili Görüşleri, (2001).

[45] Yanartaş. S. S, Bulanık regresyonda kullanılan yöntemler. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 5-21, (2009).

[46] Yang, M. S. and Lin, T. S, Fuzzy least-squares linear regression analysis for fuzzy input-output data. Fuzzy Sets and Systems, 126(3), 389–399, (2002).

[47] Yılmaz, E., Oraman, Y., Özdemir, G., Arap, S, Yılmaz İ. Türk Kahvesi Tüketim Eğilimleri ve Tüketici Özelliklerinin Belirlenmesi, XII. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi, Isparta, Kongre Kitabı, 457-473, (2016).

[48] Zadeh, L. A, Fuzzy sets, Information and Control, 8 (3), 338-353, (1965).

[49] Zadeh, L. A, The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning—I, Information Sciences, 8 (3), 199-249, (1975).

[50] Zimmermann. H. J, Fuzzy set theory and ıts applications (Fourth Edition). United States of America: Kluwer Academic Publishers, 28-29, (2001).

EKLER

EK 1: Örnek Ülke için Tüketim Tahmini Grafiği