

**BULANIK MANTIK VE KONTROL SİSTEMLERİNİN  
BİREYSEL KREDİLENDİRMELERİN NİHAİ KARAR  
AŞAMASINDA KULLANIMI**

*Gülcan PETRİÇLİ\*, Gül Gökay EMEL\*\**

Makale Geliş Tarihi-Received: 10.04.2020  
Makale Kabul Tarihi-Accepted: 01.10.2020  
DOI: 10.37093/ijisi.837751

**ÖZ**

*Batık kredilerdeki hızlı artış, bankaların kredi verirken risklerini minimize edebilmeleri için daha temkinli ve seçici davranmalarını gerektirmektedir. Kredilendirme işlemleri, her ne kadar nesnel ve nicel finansal kriterler kullanılarak yapılıyor olsa da müşteriye sunulan kredi teklifi müşterinin beklentilerini karşılamadığı zaman, nihai karar aşaması sezgisel olarak gerçekleştirilebilmektedir. Bu gibi durumlarda, alınan kararların başarımları banka personelinin veya birim yöneticisinin tecrübelerine bağlı kalmaktadır. Bu tür öznel uygulamalar, hem bir banka içinde tek tip olmayan kredilendirme kararlarının alınmasına hem de batık kredi olasılığının artmasına neden olabilmektedir. Bu sakıncaları gidermenin yollarından biri, nihai karar aşamasının banka üst yönetimi tarafından ortak akıl ile belirlenmiş bazı öznel kurallar dahilinde standartlaştırılıp otomatikleştirilmesidir. Bulanık mantık, öznel yargıların ve nitel kriterlerin nicel olarak değerlendirilmesine ve analiz edilmesine olanak sağlamaktadır.*

\* Dr., Sorumlu Yazar, Bursa Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Bursa/Türkiye. gulcanp@uludag.edu.tr ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6296-6183>.

\*\* Doç. Dr., Bursa Uludağ Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Sayısal Yöntemler Anabilim Dalı, Bursa/Türkiye. ggokay@uludag.edu.tr ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2921-1368>.

*Bu çalışmanın amacı, kredilendirme sürecinin nihai karar aşamasında kullanılmak üzere oluşturulan örnek bir öznel değerlendirme kural tabanı için bulanık mantık yaklaşımlarından nasıl yararlanılabileceğini incelemektir. Çalışmada, hipotetik bir kredilendirme problemi ele alınmış, bulanık dilsel niteleyiciler, bulanık önermeler ve bulanık mantık kontrol sistemi (BMKS) kullanılarak modellenmiş ve çözülmüştür. Çözüm sonucunda MATLAB yazılımı ile görselleştirilen BMKS kural tabanı, farklı seviyelerdeki öznel değerlendirme puanlarının nihai karar üzerindeki etkisinin incelenmesini olanaklı kılmıştır. Ayrıca, elde edilen pseudo-code iki boyutlu yüzey görüntüsü ile karar alanları ve müşteri grupları oluşturulmuştur.*

**726**

IJSI 13/2  
Aralık  
December  
2020

**Anahtar Kelimeler:** Bulanık Mantık, Bulanık Mantık Kontrol Sistemi, Bulanık Çıkarım, Kredilendirme Kararı, Bireysel Kredi.

**JEL Kodları:** C6, C88, C440, G21.

**THE USE OF FUZZY LOGIC AND CONTROL SYSTEMS  
IN THE FINAL STEP OF CONSUMER  
LENDING DECISIONS**

**ABSTRACT**

*The rapid increase in bad loans caused banks to be more cautious and selective for minimizing their risks. However, although banks make the lending decision by using quantitative financial criteria, the final decision step is usually intuitive/judgemental when the offer does not meet the expectations of the customer. In this case, the success of the decision directly depends on the experience of the bank personnel or unit manager. Such an application may lead to decisions that do not comply with a specific standard/rule and result in default. One of the ways to eliminate these drawbacks is to standardize and automate the final decision phase within the framework of some subjective rules determined with common sense by the top management of the bank. Fuzzy logic allows quantitative analysis of subjective judgments and qualitative criteria. In this context, the aim of the study is to examine how fuzzy logic approaches can be used in the final step of lending decisions. A hypothetical lending decision was modeled and resolved using fuzzy linguistic qualifiers, fuzzy propositions, and fuzzy logic control systems. As a result, the fuzzy rule base of the control system that was visualized with MATLAB made it possible to examine the impact of different levels of subjective evaluation scores on the final decision. Also, decision fields and customer groups could be created with the pseudo-code surface images.*

**Keywords:** Fuzzy Logic, Fuzzy Logic Control Systems, Fuzzy Inference, Lending Decision, Consumer Loans.

**JEL Codes:** C6, C88, C440, G21.

**727**

IJSI 13/2  
Aralık  
December  
2020

## GİRİŞ

Türk bankacılık sisteminde toplam batık kredi tutarı 2018 ve 2019 yılları ile 2020 yılı ilk çeyreği için sırası ile 97, 151 ve 152 milyar TL'dir (BDDK, 2020). Son yıllarda tüketim kalıplarının değişerek tüketicilerin gelirini aşan bir şekilde harcama yapması ve bankacılık sektörünün daha fazla bireysel kredi satabilmek için kredilendirme karar sürecinin son aşamasında sezgisel kararlara ağırlık vermesi, geri ödemesi riskli çok sayıda kredinin verilmesine neden olmuştur. Bu durum, batık kredilerin artmasına yol açmıştır.

728

IJSI 13/2  
Aralık  
December  
2020

Sorunlu kredilerdeki artış, hem sosyal hem de iktisadi açıdan toplumu, ülke ekonomisini ve bankacılık sistemini derinden etkilemektedir. Yakın geçmişte ülkemizde yaşanan ekonomik krizler ve batık kredilerdeki hızlı artış, bankaların kredi değerlendirme süreçlerini, kullandıkları karar kriterlerini ve risk yönetim biçimlerini daha önemli hale getirmiştir. Bu nedenle bankalar, kredi talebinde bulunan bireylerin kredi geri ödeme kapasitelerini ayrıntılı bir şekilde araştırmaktadır (Cücük, 2019). Kredilendirme kararları, genellikle finansal kriterler ışığında nesnel olarak alınmaktadır. Bankalar, müşterileri hakkında topladıkları bilgileri, Kredi Kayıt Bürosu verilerini ve müşterinin talep ettiği kredi miktarını kendi sistemlerine girerek müşteri kredibilitesini tespit etmektedir. Sistem tarafından oluşturulan kredilendirme kararı, bir karar alıcı olarak banka personeli ya da müşteri açısından tatmin edici değil ise kredi yetkilisi personel ya hisleri ile hareket ederek (Trönnberg, Hemlin, 2014) ya da şube müdürü veya bölge müdürlüğü ile irtibata geçerek (Cücük, 2019) inisiyatif kullanmaktadır. Bu aşamada alınan kararlar, artık sezgisel kararlardır. Örneğin; nesnel değerlendirme sonucu müşteriye teklif edilen kredi meblağının, kredilendirme oranının veya vadenin müşteri tarafından uygun bulunmadığı bir durumda nihai karar eski müşteri olma, müşterinin tutumu, kredi çekme amacı, çalıştığı sektör ve benzeri gibi bazı öznel/nitel kriterler ışığında sezgisel olarak alınabilmektedir. Fakat sezgisel kararlar yanlılık barındırmaktadır (Trönnberg, Hemlin, 2014). Dolayısı ile aynı bankanın farklı şubelerinden aynı şartlarla kredi talep eden fakat talep ettikleri miktarda kredi almaları mümkün olmayan iki müşteri için farklı nitel kriterler ve ölçekler kullanılarak gerçekleştirilen sezgisel karar alma aşaması, doğal olarak farklı çıktılarla sonuçlanabilmektedir. Bu nedenle kredibilite hesaplama aşaması da dahil olmak üzere standart ve otomatik bir şekilde ilerleyen kredilendirme süreci, sezgisel karar

*Bulanık Mantık ve Kontrol Sistemlerinin Bireysel Kredilendirmelerin  
Nihai Karar Aşamasında Kullanımı*

alma aşamasında da banka üst yönetimi tarafından veya ortak akıl ile belirlenmiş bazı öznel kurallar çerçevesinde standartlaştırılıp otomatikleştirilmelidir. Bu yaklaşım, bir bankanın tüm şubelerinde alınan sezgisel kararların aynı kurallar çerçevesinde şekillendirilmesini sağlayarak, müşteri memnuniyetini arttıracak ve bankanın riskini azaltmada yardımcı olabilecektir.

Bu çalışmanın amacı, bireysel kredilendirmede öznel yargılar ve nitel kriterler kullanılarak gerçekleştirilen nihai karar aşamasını bir kural tabanına dayandırarak standartlaştırmak ve çeşitli bulanık mantık yaklaşımları ile otomatikleştirmektir. Böylelikle, sezgisellik karar alma sürecinden tamamen çıkartılmamış olacaktır. Çünkü karar mekanizması, banka yönetiminin belirleyeceği sezgisel türdeki nitel kriterlere bağlı olarak şekillendirilmekte ve bulanık mantık, nitel türdeki dilsel veri tipinin nicel veri tipine dönüştürülerek üzerinde matematiksel analiz yapılabilmesini sağlamaktadır. Bu şekilde oluşturulan bir karar mekanizması, şubeler arası benzer kredi başvurularının aynı sonuçlanmasını, banka personelinin sezgisel kararlarından kaynaklanan hataların azalmasını ve dolayısı ile batık kredi riskinin düşmesini sağlayacaktır.

Çalışmanın birinci bölümünde bankacılıkta bireysel kredilendirme ve kredi riski, ikinci bölümünde bulanık mantık, üçüncü bölümünde ise uygulamalar ele alınmıştır. Uygulama bölümünde sunulan bir hipotetik karar alma problemi sırasıyla bulanık dilsel niteleyiciler, bulanık önermeler ve BMKS (ya da bulanık çıkarsama) kullanılarak üç aşamada ayrıntılı bir şekilde çözülmüş ve MATLAB ile modellenerek görselleştirilmiştir. Çalışmanın değerlendirilmesine sonuç bölümünde yer verilmiştir.

## **1. BANKACILIKTA BİREYSEL KREDİLENDİRME ve KREDİ RİSKİ**

### **1.1. Bireysel Kredilendirme**

Finansal tüketici, bireysel (ticari olmayan) talepleri için bankalardan çeşitli hizmetler alan kişidir. Finansal tüketicinin, ihtiyaçlarını karşılamak için bankalardan borç aldığı zaman bankalarla arasında bireysel kredi işlemleri gerçekleşmiş olur. Bireysel krediler, "ticari amaç dışında kullanılmak üzere gayrimenkul, taşıt gibi herhangi bir

729

IJSSI 13/2  
Aralık  
December  
2020

mal veya hizmet alımının finansmanı için bireylere verilen, ödeme koşulları en başta belirlenip bu plana göre geri ödenmesi gereken krediler” olarak tanımlanmaktadır (Şakar (2002)’den akt. Kılınc, Karaoğlu, 2014). Tüketicilerin cari tüketim istek ve ihtiyaçlarının hemen gerçekleştirilmesini sağlayan bir finansman türüdür (Ertaş, Kaban, Sobacı, 2016). Bireysel krediler, bankaların yüklenmiş olduğu riskin tabana yayılmasını sağlamaktadır. Bireysel ödeme alışkanlıkları kurumsal ödeme alışkanlıklarından daha güçlüdür ve daha az risk taşımaktadır. Örneğin; konut, araç vb. ihtiyaçlar için kullanılan bireysel kredilerde alınan mal karşılık gösterilerek kredi dönüşü garanti edilmeye çalışılmaktadır. Ayrıca, bireysel kredi talebi konjonktürel dalgalanmalardan daha az etkilenmekte ve böylece bankalar bireysel krediler ile ticari kredilerdeki durgunluğun etkisini az da olsa bertaraf edebilmektedir. Bu durum, bankalara yüksek faiz getirisi sağlayan, riski düşük ve sektörel dalgalanmalardan etkilenmeyen alanlara yatırım yapma olanağı sunmaktadır (İmren (1994) ve Şakar (2002)’den akt. Kılınc, Karaoğlu, 2014).

Tüketici kredisi(bayram, eğitim, eşya, evlilik, kariyer, tatil ve inşaat tamamlama-onarım kredisi), kredili mevduat hesabı, taşıt kredisi, konut kredisi ve kredi kartları bireysel kredilendirme araçlarındandır. Tüketici kredileri kısa, orta ve uzun vadeli, kredi kartları ise genellikle kısa vadeli kaynak ihtiyacının karşılanmasında kullanılmaktadır. Kredi kartları, bankalar tarafından tüketiciye nakit kullandırmadan ödemenin satıcıya doğrudan banka tarafından gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Kredi kartları sürekli bir tüketici kredisi limiti olarak da tanımlanabilir.

Ülkemizin bankacılık sektöründe bireysel kredi kullandırma eğilimi son yıllarda ve özellikle 2020 yılında hissedilir bir hızda yükselmiştir. Bu değişimin olası iki nedeni bulunmaktadır. İlki, bankacılık sektörünün mevcut kaynaklarını bireysel kredilere yönlendirmesidir. Ertaş, Kaban, Sobacı (2016)’ya göre ülkemizde kamu borçlanma gereksinimi ve dolayısı ile kamu borçlanma maliyetleri 2000 ve 2001 ekonomik krizleri ile birlikte azalmaya başlamıştır. Bu durum, Türk bankacılık sektörünün mevcut kaynaklarını ağırlıklı olarak hazineye borç vermesi yönündeki alışkanlığını terk ederek, daha verimli ve karlı olduğu düşünülen kredilere yönlendirmesini sağlamış ve bireysel kredi hacminde keskin artışlar yaşanmasına neden olmuştur.

*Bulanık Mantık ve Kontrol Sistemlerinin Bireysel Kredilendirmelerin  
Nihai Karar Aşamasında Kullanımı*

İkinci neden, tüketim toplumunun son yıllarda artan bir ivme ile şekillenmesidir. Tüketim, bireysel gerçekleşen fakat toplumsal bir faaliyete dönüşen ve değişebilen bir süreçtir. Kapitalizm geliştikçe tüketim kalıpları da değişmektedir. Bu değişimdeki en önemli etken kitle iletişim araçları olmuştur. Tüketiciler, kitle iletişim araçları ve modern reklamcılık uygulamalarından had safhada etkilenmiş, tüketme arzuları ve doyumsuzluk duyguları tetiklenmiş ve bu etkileşim örneğın Asa Berger (2015)'in de tanımlamış olduğu seçkinci, bireyselci, eşitçi ve kaderci gibi farklı tüketim kültürlerinin doğmasına neden olmuştur.

Kapitalizm öncesinde bireysel kimliğı, çalışılan iş belirlemede iken günümüzde ise tüketim kalıpları belirlemektedir (Bocok (2009)'dan akt. Kılınç, Karaoğlu, 2014). Bu değişim, sadece toplumları ve kültürleri etkilemekle kalmayıp, aynı zamanda bazı ekonomik sonuçlar da doğurmuştur. Örneğın; birey yaşam standardını yükseltmek ve hayal ettiğı kimliğe sahip olmak adına bugünkü varlıkları ile elde edemeyeceğı mal ve hizmetlere sahip olmak için kredi veya kredi kartıyla borçlanmaya başlamıştır. Günümüz Türkiye'sinde ise finansal kuruluşlara borcu olan çok sayıda aile/yetişkin bulunmaktadır. Türkiye Bankalar Birliğı (TBB) Risk Merkezinin Ocak 2019 raporuna göre bireysel kredilerin, bir önceki yılın aynı dönemine kıyasla, %1,2 oranında arttığı ve bireysel kredi müşterilerinin sayısının da 1.3 milyon artarak 31.3 milyona ulaştığı görülmektedir. 2019 yılı, 2018 yılı ile bütünsel olarak karşılaştırıldığında, bireysel kredilerde %15.64 oranında bir artış gözlemlenmektedir (BDDK, 2020). Bireysel kredi kullanımının artması ile tüketimde artış sağlanmış ve üreticiler daha fazla satış yapma imkânına sahip olmuştur. Alan yazınında, bu durumun istihdamda ve milli gelirdede artış sağladığı belirtilmektedir.

Kredi kullanımının (teşvikinin) harcama eksikliğinden kaynaklanan problemlerin yaşandığı ekonomilerde, ekonominin denge harcama düzeyine yaklaşmasını sağladığı düşünülmektedir (Kılınç, Karaoğlu, 2014). Ancak, kredilerin yaygın kullanımı tüketim kalıplarını uzun dönemde değişmesine neden olmuştur. Kılınç & Karaoğlu (2014) bu durumu şu şekilde açıklamaktadır; kredi piyasasının olmadığı durumlarda, tüketicinin kendi gelirini aşan bir harcama yapabilmesi satıcı ile aralarındaki ilişkiye bağlıdır. Bu durum, finansman sıkıntısı olan tüketicinin tüketim tercihlerinde değişiklik yapmasına neden olur. Kredi kullanımı durumunda ise tüketicinin satıcı ile doğrudan

731

IJSS 13/2  
Aralık  
December  
2020

bir ilişki kurmasına gerek yoktur. Kredi, tüketici için finansman kolaylığı ve hızı sağlayarak, onların tercih ve davranışlarını etkileyerek, dilediği ürün ve hizmeti mevcut finansal varlıklarının değeri yetmese bile alabilmesini sağlamaktadır.

Kredi kullanımı, aynı zamanda uzun vadede risk oluşturmaktadır. İktisadi koşullarda olumsuz değişim meydana gelmesi durumunda, tüketim kalıpları değişen tüketici, tüketim davranışını kredi kullanarak sürdürmekte böylece yeniden borçlanmaktadır. Gün geçtikçe artan bireysel borçlanmanın sonucunda ödenemeyen krediler de artmaktadır. Nitekim TBB'nin Tüketici Kredileri ve Konut Kredileri İstatistikleri Haziran 2019 raporuna göre, Nisan-Haziran 2019 döneminde kullanılan tüketici kredileri ve konut kredilerinden kanuni takibe alınan kredi miktarı, bir önceki yılın aynı dönemine göre %27 oranında artarak 771 milyon TL olmuştur. Söz konusu kredilerin %2'sini taşıt, %16'sini konut, %81'ini ihtiyaç kredileri oluşturmuştur.

732

IJSI 13/2  
Aralık  
December  
2020

## 1.2. Kredi Riski ve Yönetimi

Kredi, bir borç olmakla birlikte hangi tür borçlanmaların kredi sayılacağı, ne tür uygulamalar yapılacağı ve hangi sınırlamaların getirileceği kanunlarla belirlenmektedir. Kredi işlemleri, tasarrufların yatırıma dönüştürülmesini, kaynakların etkin dağıtılmasını, ekonomik aktivitenin canlanmasını ve ekonominin etkinliğinin arttırılmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda iyi işleyen bir finansal sistemin ve gelişmiş ekonominin göstergesi olarak da kabul edilmektedir.

Bankaların maruz kaldığı riskler; kredi riski, piyasa riski ve operasyonel risk olarak incelenmektedir (Yarız 2011). Kredi riski, maruz kalınan temel risklerden en eskisi olup kredi borçlusunun anapara veya faiz ödemeleriyle ilgili yükümlülüklerini zamanında ve tam olarak yerine getirememesi durumudur. Banka tarafından verilen borcun ödenmesindeki belirsizlik (Özçelik (2006)'dan akt. Çil Koçyiğit, Demir, 2014) veya müşterinin kredilendirme sözleşmesi gereklerine uymayarak yükümlülüğünü kısmen veya tamamen zamanında yerine getirememesi sonucunda ortaya çıkan risk olarak da tanımlanmaktadır (Dağ (2008)'ten akt. Çil Koçyiğit, Demir, 2014). Bankalar kredilendirme sürecini her ne kadar ayrıntılı incelemeler ve



bilgisayarların desteği ile yönetiyor olsalar da kredi riskini tamamen ortadan kaldırmaları neredeyse imkânsızdır.

Çil Koçyiğit & Demir (2014)'e göre kredi riskinin oluşum süreci iki aşamadır; başlangıçtan itibaren var olan kredi riski ve sonradan oluşan kredi riski. Başlangıçtan itibaren var olan kredi riski, müşterinin kredilendirilme anı itibari ile meydana gelmektedir. Bu riskin önlenmesi için etkin bir müşteri değerlilik incelemesi yapılmalı ve incelemeye bağlı olarak kredi doğru bir oranda fiyatlandırılmalıdır. Sonradan oluşan kredi riski ise gelecekte oluşması gibi muhtemel işten çıkarılma, vefat etme gibi olumsuz değişimlerden meydana gelen risklerdir.

Risk yönetimi; risklerin tespit edilmesi, tanımlanması, değerlendirilmesi ve ölçülmesi ile elde edilen bilgiler ışığında alınacak kararlar ve gerçekleştirilecek faaliyetlerin bütünüdür. Bankacılıkta risk yönetimi, bankanın likiditesini ve karlılığını garanti etme üzere mevcut risklere karşı uygulanan politikalar bütünüdür (Kaval (2000)'ten akt. Çil Koçyiğit, Demir, 2014). Kredi riskinin yönetimi ise kredinin tahsisıyla başlayan ve kapatılmasına kadar geçen sürede tüm gelişmeleri doğru bir şekilde değerlendirerek, gerekli tedbirlerin zamanında alınmasına yönelik tüm faaliyetleri kapsamaktadır (Çerçi (2008)'den akt. Çil Koçyiğit, Demir, 2014). Bankalar için kredinin geri ödenebilirliğinin sağlanması, kredi talep eden müşteriler için ise kredi değerlendirme sürecinin nesnel kriterler ile yapılması önem teşkil etmektedir. Dolayısıyla hem borçlu olan müşteri hem de alacaklı olan banka açısından en uygun kredilendirme şartları tespit edilmelidir.

### **1.3. Kredi Değerlendirme**

Bankalar kendi kredi değerlendirme/derecelendirme modellerini oluşturmaya çalışmaktadır. Yazıcı (2009)'dan akt. Akkaya & Demireli (2010)'a göre derecelendirme, borçlunun kredibilitesini ve borcunu zamanında ve düzenli geri ödeme kapasitesini ölçmeye yarayan bir sistemdir. Derecelendirme; Abdou & Pointon (2011) çalışmasında da ifade edildiği gibi bir değerlendirme ve değerlere bağlı sınıflama sistemidir. Amaç, proaktif bir şekilde batık kredi verme riskini azaltmaya çalışmaktır. Çinko (2006)'ya göre kredi kartı başvuru değerlendirme işlemi; başvuru bilgilerine ek olarak, bankaların geçmiş kredi kartı kullandırma verileri de dikkate alınarak kredi tahsisi

kararının alındığı bir faaliyettir. Kredilendirme kararı, aslında bir çeşit veri madenciliği uygulaması olup bir tür sınıflandırma problemidir (Abdou, Pointon, 2011; Kalapodas, Thomson, 2006). Problemin çıktısı, değerlendirilen başvuruların veya müşterilerin örneğin iyi-zayıf-kötü, yüksek-orta-düşük riskli veya kredi verilebilir-verilmemeli vb. gibi gruplanması/etiketlenmesi/sınıflandırılması şeklindeki kararlardır.

Kredilendirme kararları, önceleri yalnızca finans camiasında genel kabul görmüş olan bazı ilke ve kurallar kullanılarak alınırdı. Fakat kredi talebinde bulunan kişi ya da kurum sayısındaki hızlı artış hem ekonomik hem de insan gücü açısından kredi başvurularının sağlıklı, nesnel ve tutarlı bir şekilde değerlendirilmesini neredeyse imkânsız hale getirmiştir. Hem verimlilik hem de karar vericilerin öznel davranışları göz önüne alındığında, hızlı ve sağlıklı kararların verilebilmesi için çeşitli sayısal yöntemler geliştirilmiştir. Parametrik ve parametrik olmayan istatistiksel yöntemler, doğrusal ve doğrusal olmayan modeller, çok kriterli veya çok amaçlı optimizasyon/karar alma yöntemleri ve yapay zeka yaklaşımlarına dayanan teknikler bu yöntemlerden bazılarıdır. Günümüzde bu ve benzeri teknikler kullanılarak oluşturulan derecelendirme/değerleme sistemleri bankalarca sıklıkla kullanılıyor olsa da öznel değerlendirme tekniği de halen yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Abdou, Pointon, 2011).

Öznel değerlendirme tekniği, özellikle otomatikleştirilmiş sistemlerin çıktıları karar verici banka personeline ya da müşteriye uygun olmadığı durumlarda sıklıkla kullanılmaktadır. Nitekim genellikle kredi analistlerinin kararları, 5C olarak kısaltılan beş temel kritere dayanmaktadır.<sup>1</sup> Bunlardan karakter (*character*), müşterinin hem kredi başvurusu anında banka personeli üzerinde bıraktığı etkiyi (Thomas, 2000) hem de finansal geçmişini temsil etmektedir. Keza 5C'nin durum (*conditions*) bileşeni de karakter bileşeni gibi hem nitel hem de nicel kapsamı olan bir bileşendir. Bu bileşen altında talep edilen kredi tutarı, faiz oranı ve geri ödeme süresi gibi nicel değişkenlere ek olarak, müşterinin krediyi hangi amaçla çektiği de incelenmektedir. Örneğin; herhangi bir eşya, gayrimenkul, araç, tatil, sağlık harcaması, mevcut başka borçların kapatılması gibi. Fakat bu tür uygulamalar tutarlı ve uygun kararların alınmasını veya karar alma sürecinin geçerliliğini riske atmaktadır. Çünkü bu uygulamanın başarısı

---

<sup>1</sup> Character, capital, colleteral, capacity, condition

*Bulanık Mantık ve Kontrol Sistemlerinin Bireysel Kredilendirmelerin  
Nihai Karar Aşamasında Kullanımı*

başvuruyu değerlendiren banka personelinin deneyimlerine ve sezgilerine bağlıdır (Antonov, 2000). Fakat yine de bu tekniğin, kullanımının müşterilerin nitel karakteristiklerinin değerlendirilmesine imkân vermesinden ötürü önemli olarak belirtilmektedir (Abdou, Pointon, 2011). Özellikle, ticari kredilendirme problemlerinde hem müşterinin bankanın eski müşterilerinden olması hem de karar verici konumunda olan banka personeli ile müşteri arasındaki ilişkinin uzun süreli olması durumunda öznel değerlendirme tekniğinin hayati önem taşıdığı ifade edilmektedir. Angilella & Mazz`u (2014) çalışmasında ise finansal verilerin güvenilir olmadığı ve yetersiz olduğu belirtilerek, küçük ve orta ölçekli inovatif işletmelerin kredilendirilmesi için hem öznel hem de finansal kriterler içeren çok kriterli bir karar modeli tasarlanmıştır. Polat & Yeşilyaprak (2014)'e göre, özellikle kayıt dışılığın yoğun olduğu sektörlerde faaliyet gösteren işletmelerin ticari kredi taleplerinin değerlendirilmesinde nitel kriterler ve öznel değerlendirme tekniği son derece önemlidir. Trönberg & Hemlin (2014) çalışmasında sezgisel karar almanın riskli ticari kredi başvurularında kullanım sıklığı araştırılmıştır. Araştırmanın sonuçlarına göre riskli olarak değerlendirilen başvurularda, karar vericilerin sezgisel kararlar almadığı tespit edilmiştir. Cornée (2015)'in çalışmasında, batık ticari krediler öngörülme çalışılmış ve çalışmanın bulgularına göre öznel değerlendirme ve sayısal yöntemlerle elde edilen bilgi arasında yüksek bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, öznel değerlendirmelerin sayısal karar alma modeli ile bütünleştirilmesi durumunda öngörü amaçlı oluşturulan karar modelinin başarımının arttığı ifade edilmiştir (Chandler, Coffman, 1979; Cornée, 2015).

Bu çalışmada, bireysel kredi değerlemenin sezgisel ve öznel nitelikte olan nihai karar aşamasına bulanık mantık yaklaşımları yardımı ile basit çözümler getirmek amaçlanmıştır.

## **2. BULANIK MANTIK**

Boolean mantık veya Aristo mantığı, gündelik hayatta ve iş hayatında alınan kararların bir kısmında etkin olarak kullanılmaktadır. Bu kararlara ait çıktılar olumlu ve olumsuz nitelikli olmak üzere yalnızca iki değerli olabilmektedir. Dolayısı ile alınan kararlar, bir ifadenin doğruluğu ya da yanlışlığı varsayımı altında kabul görmektedir. Gündelik yaşam ve iş yaşamının geri kalan kısmında ise belirsizlikler

735

IJSI 13/2  
Aralık  
December  
2020

egemendir. Sahip olunan bilgi net değildir, yetersiz veya eksiktir. İnsan beyni böyle bir ortamda alacağı kararları görsel ve sözel ifadelerle şekillendirmektedir. Beyin karara varacağı konu ya da problemi alt başlıklara bölerek, elde ettiği her bir problemciği kendi içinde çözerek, çözümlerini birleştirerek en iyi kararı bulmaya çalışır.

Yakın geçmişe kadar, Boolean mantık tabanlı birçok uygulama hayata geçirilmiş olsa da bilim insanları yeni bir bakış açısı arayışına yönelerek belirsizlik içeren sistemlerde, tam ve kesin olmayan bilgi kaynakları ile çalışmaya başlamışlardır. Bu çalışmalar çerçevesinde 1965 yılında Lotfi Asker Zadeh, bulanık mantık kavramını ortaya atmıştır. Bulanık mantık; problemlerin karmaşık, ikiden çok değerli, bilgi kaynaklarının kıt ve bilginin belirsiz olduğu durumlarda kullanılmaktadır. Bulanıklık, bu gibi durumlarda uzman kişinin bilgi ve deneyimlerinden faydalanmayı önerir. Uzman kişi az, çok, pek az, uygun, değil, biraz, vb gibi günlük hayatta kullanılan sözel (dilsel) niteleyiciler kullanarak sistemi tanımlayan ifadeler oluşturur. Söz konusu ifade topluluğu, bir kural tabanını temsil etmek üzere, bilgisayarlara aktarılır ve BMKS'ler geliştirilir. Dolayısı ile bulanık mantık, makinelerin insanların deneyimlerinden ve önsözlerinden yararlanarak veri işleyebilmesini sağlamaktadır. Makineler veri işlemede sayısal ifadeler ve değişkenler yerine, sembolik ve sözel ifadeler kullanmakta ve insan beyni gibi, problemleri küçük problemlere ayırarak çözüp en iyi kararı oluşturmaktadır.

Zadeh (1965)'e göre bulanık mantık; sözel ifadelerin bilgisayara aktarılmasında  $\{0,1\}$  tipi kesin değerlere dayalı bir düşünme sistemi yerine  $[0,1]$  aralığında sürekli değerlere sahip olan sözel ifadeler ve yaklaşık değerlere dayalı bir sistem kullanır. Bulanık mantık, konuşma dilinde kullandığımız belgisiz sıfatlarla (dilsel/sözel değişken) çalışarak net, açık veya anlaşılır olmayan önermelere bir anlam veya sonuç yüklemeye çalışır. Örneğin; veri büyük, küçük, çok, az gibi dilsel ifadeler şeklinde olup, bulanık çıkarım/karar alma bu ifadeler üzerinden gerçekleştirilir. Her mantıksal sistem bulanıklaştırılabilir; bulanık mantık matematiksel modeli zor oluşturulan sistemler için çok uygundur ve eksik gözlem içeren veri setleri ile çalışmayı mümkün kılar (Zadeh, 1965).

Klasik mantıkta ise her önerme ya doğru ya da yanlıştır. Klasik mantık, bir durumun sonucunda ara değerleri göz ardı etmektedir. Bu özelliği klasik mantığın günlük hayata uygulanabilirliğini

zorlaştırmaktadır. Örneğin, “TL yarın USD karşısında değer kazanacak” önermesinin değeri ne doğru, ne de yanlıştır çünkü TL’nin değeri gerçekten yükselecek mi, belirsizdir. Bu ve benzeri önermelerin değerlerini bulabilmek adına bazı bilim insanları üç değerli mantık kavramını ortaya atmışlardır.

Üç değerli mantık, daha sonraları çok değerli mantığı da ortaya koyacak olan Lukasiewicz tarafından 1920’de bulunmuştur. Orta değeri belirsizliği temsil eden  $T_3 = \{0, \frac{1}{2}, 1\}$  şeklinde gösterilmektedir (Felsefe e-Dersliği, 2009). Lukasiewicz’in çok değerli mantık yaklaşımında ise önermeler  $n$  farklı çeşitte değer alabilmektedir (Iorgulescu, 1998). Bu yüzden çok değerli mantık  $n$ -değerli mantık olarak da adlandırılmaktadır. Her bir değer karşılığı,  $[0,1]$  aralığı “ $n$ ” tane eşit aralığa Eş. (1) ile bölünerek aralık değerleri hesaplanmaktadır.  $T_\infty = [0,1]$  gösterimi ise sonsuz değerli mantık olarak adlandırılır. Bu bağlamda, sonsuz değerli mantık ile bulanık mantık benzeşmektedir.

$$T_n = \left\{0, \frac{1}{n-1}, \frac{2}{n-1}, \dots, \frac{n-2}{n-1}, \frac{n-1}{n-1} = 1\right\} \quad (1)$$

## 2.1. Bulanık Önermeler

Değerleri kelime veya cümle olan değişkenler dilsel değişken olarak adlandırılmaktadır. Örneğin; yaş, değeri “çok genç, genç, orta yaşlı, çok yaşlı” gibi belgisiz sıfatlar olabilen bir dilsel değişkendir. Bu değerler, etiket veya terim olarak da adlandırılmaktadır. Her bir etiket, kendisine uygun üyelik fonksiyonu ile tanımlanmaktadır. Dilsel değişkenler, özellikle finans ve yönetim sistemlerinde risk, stres, yatırım, karlılık, gelir, güven tespitindeki belirsiz ortamlarda karar almada yöneticilere pratiklik sağlamaktadır.

Dilsel niteleyiciler, bir kelime veya cümleye belirsizlik getiren kelimelerdir. Bulanık mantıkta en sık kullanılan niteleyiciler, değil (not), yeterli (fairly) ve çok (very) olup bulanık karşılıkları Eş. (2-4) ile temsil edilmektedir (Bouchon, 1988).

$$\mu_{değil}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (2)$$

$$\mu_{yeterli}(x) = [\mu_A(x)]^{1/2} \quad (3)$$

$$\mu_{\text{çok}}(x) = [\mu_A(x)]^2 \quad (4)$$

Bulanık önermeler ise belirli koşullar altında olası sonuçları içeren "Eğer...ise..." yapılı bileşik cümlelerdir. Önermedeki ilk cümlecik(ler) koşulu (girdiyi) temsil ederken, ikinci/sonuncu cümlecik sonucu (çıktıyı) temsil etmektedir. Bileşik cümleyi oluşturan her bir cümlecik ise birer bulanık küme ile temsil edilmektedir. Örneğin iki girdili, ( $A$  ve  $B$ ) ve bir çıktılı ( $C$ ) bir model  $A = \{A_1, \dots, A_n\}$ ,  $B = \{B_1, \dots, B_m\}$  ve  $C = \{C_1, \dots, C_l\}$  şeklinde ifade edilirken, bu modelin bulanık küme şeklindeki gösterimi Eş. (5-7)'deki gibidir.

738

IJSI 13/2  
Aralık  
December  
2020

$$A_i = \{(x, \mu_A(x)) | x \in A_i \subset U_1\} \quad i = 1, \dots, n \quad (5)$$

$$B_j = \{(y, \mu_B(y)) | y \in B_j \subset U_2\} \quad j = 1, \dots, m \quad (6)$$

$$C_t = \{(z, \mu_C(z)) | z \in C_t \subset U_3\} \quad t = 1, \dots, l \quad (7)$$

Oluşturulan önermeler, taban aralıkları ve üyelik fonksiyonları da belirlendikten sonra kurallar matrisi veya kural tabanı oluşturmak için kullanılır. Bu kurallar, kontrol veya üretim kuralları olarak da adlandırılmaktadır.

## 2.2. Bulanık Kümeler, Bulanık Sayılar ve Bulanık İşlemler

Bulanık mantığın en önemli özelliği, üyelik değerlerinin  $\{0,1\}$  yerine,  $[0,1]$  aralığındaki herhangi bir noktada yer alarak, elemanların kümelere kısmen üye olabilmesi esnekliğidir. Bu durum üyelik derecesi olarak adlandırılmaktadır (Zadeh, 1999) ve Eş. (8) ile temsil edilmektedir.

$$A_i = \{(x, \mu_A(x)) | x \in A_i, \mu_A(x) \in [0,1]\} \quad (8)$$

İki bulanık kümenin kesişim ve birleşimleri sırasıyla "minimizasyon" ve "maksimizasyon" operatörleri ya da "ve" ve "veya" operatörleri ile gerçekleştirilmektedir. Örneğin  $A$  ve  $B$  şeklindeki iki bulanık kümenin kesişimi ve birleşimi sırasıyla  $\mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x))$  ve  $\mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) \vee \mu_B(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x))$  şeklinde hesaplanır.

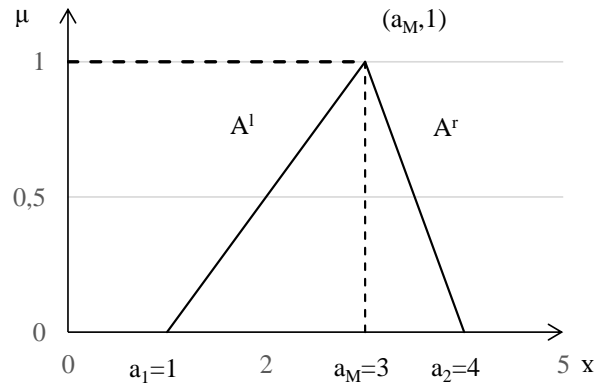
*Bulanık Mantık ve Kontrol Sistemlerinin Bireysel Kredilendirmelerin  
Nihai Karar Aşamasında Kullanımı*

$A$  gibi bir bulanık kümenin, her hangi bir elemanın üyelik derecesi 1'e eşit ise  $A$  kümesi normal bulanık kümedir; değil ise normal olmayan bulanık küme olarak adlandırılır (Şen, 2009). Bu durumda, küme elemanlarının mevcut üyelik dereceleri teker teker en yüksek üyelik derecesine bölünerek küme normalleştirilmelidir, Eş. (9).

$$\frac{\mu_A(x)}{\max \mu_A(x)} \quad (9)$$

İlgili değişkenlerin doğasına bağlı olmak üzere işletmecilik uygulamalarında sıklıkla üçgensel veya yamuk bulanık sayılar kullanılmaktadır. Üçgensel sayılara ait üyelik fonksiyonu iki doğrusal parçadan oluşmaktadır,  $A^l$  (left) ve  $A^r$  (right). Fonksiyon, parçalı doğrusal yapıya sahip olduğu için kullanımları ve sayı aralıklarının tespiti çok kolaydır.  $A = (a_1, a_M, a_2)$  şeklinde gösterilir. Üçgenin tepe noktasının (orta değerinin) sağ ve sol taraflarında kalan kısımlar üyeliğin niteliğini temsil etmektedir. Sol taraf,  $A^l = (a_1, a_M, a_M)$ , yaşlı, büyük, fazla, yüksek gibi betimlemeleri temsil eder ve pozitif büyük olarak algılanır. Sağ taraf ise  $A^r = (a_M, a_M, a_2)$ , genç, küçük, az, alçak gibi betimlemeleri temsil eder ve pozitif küçük olarak algılanır (Chen, Pham, 2001).  $[a_1, a_2]$ , destek aralığı olarak adlandırılırken,  $(a_M, 1)$  tepe noktasını temsil etmektedir.

**Şekil 1.** Bulanık üçgensel sayı



$$A \triangleq \mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-a_1}{a_M-a_1} \rightarrow a_1 \leq x \leq a_M \\ \frac{x-a_2}{a_2-a_M} \rightarrow a_M \leq x \leq a_2 \\ 0 \rightarrow \text{değilse} \end{cases} \quad (10)$$

Şekil 1’de yer alan üyelik fonksiyonu Eş. (10) kullanılarak aşağıdaki gibi temsil edilir:

$$A \triangleq \mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-1}{2} \rightarrow 1 \leq x \leq 3 \\ x-4 \rightarrow 3 \leq x \leq 4 \\ 0 \rightarrow \text{değilse} \end{cases}$$

740

IJSI 13/2  
Aralık  
December  
2020

$A_1 = (a_1^{(1)}, a_M^{(1)}, a_2^{(1)})$  ve  $A_2 = (a_1^{(2)}, a_M^{(2)}, a_2^{(2)})$  iki üçgensel sayı olmak üzere, bu sayıların toplamı Eş. (11) ile hesaplanır.

$$A_1 + A_2 = (a_1^{(1)}, a_M^{(1)}, a_2^{(1)}) + (a_1^{(2)}, a_M^{(2)}, a_2^{(2)}) = (a_1^{(1)} + a_1^{(2)}, a_M^{(1)} + a_M^{(2)}, a_2^{(1)} + a_2^{(2)}) \quad (11)$$

Bulanık üçgensel sayıların bir skaler ile çarpım ve bölümleri ise sırası ile Eş. (12-13) kullanılarak gerçekleştirilir.

$$Ar = rA = r(a_1, a_M, a_2) = ra_1, ra_M, ra_2 \quad (12)$$

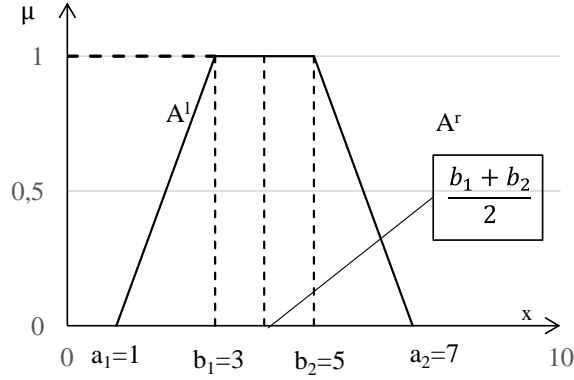
$$\frac{A}{r} = \frac{1}{r}(a_1, a_M, a_2) = \left(\frac{a_1}{r}, \frac{a_M}{r}, \frac{a_2}{r}\right) \quad (13)$$

Uygulamada, simetrik veya ikizkenar üçgensel sayılar kullanılabilirdiği gibi, asimetrik üçgensel sayılar da kullanılabilir (Peters, 2008).

Yamuk bulanık sayılar ise  $A = (a_1, b_1, b_2, a_2)$  şeklinde ifade edilir ve örneğin Şekil 2.’deki gibi görselleştirilerek, üyelik fonksiyonu Eş. (14) ile ifade edilir. Bir yamuk bulanık sayıda  $[a_1, b_1] = [b_2, a_2]$  ise sayı, eşkenar yamuktur. Eğer  $b_1 = b_2$  eşitliği sağlanıyor ise sayı, bulanık üçgensel sayıya dönüşürek  $b_1 = b_2 = a_M$  olur.



**Şekil 2.** Bulanık yamuk sayı



$$A \triangleq \mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-a_1}{b_1-a_1} \rightarrow a_1 \leq x \leq b_1 \\ 1 \rightarrow b_1 \leq x \leq b_2 \\ \frac{a_2-x}{a_2-b_2} \rightarrow b_2 \leq x \leq a_2 \\ 0 \rightarrow \text{değilse} \end{cases} \quad (14)$$

Şekil 2.'de yer alan üyelik fonksiyonu Eş. (14) kullanılarak aşağıdaki gibi temsil edilir:

$$A \triangleq \mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-1}{2} \rightarrow 1 \leq x \leq 3 \\ 1 \rightarrow 3 \leq x \leq 5 \\ \frac{7-x}{2} \rightarrow 5 \leq x \leq 7 \\ 0 \rightarrow \text{değilse} \end{cases}$$

Bulanık yamuk sayının sol tarafı  $A^l = (a_1, b_1, b_2, b_2)$ , yaşlı, büyük, fazla, yüksek gibi betimlemeleri temsil eder ve pozitif büyük olarak algılanır. Sağ taraf ise  $A^r = (b_1, b_1, b_2, a_2)$ , genç, küçük, az, alçak gibi betimlemeleri temsil eder pozitif küçük olarak algılanır.

$A_1 = (a_1^{(1)}, b_1^{(1)}, b_2^{(1)}, a_2^{(1)})$  ve  $A_2 = (a_1^{(2)}, b_1^{(2)}, b_2^{(2)}, a_2^{(2)})$  İki yamuk sayı olmak üzere bu sayıların toplamı Eş. (15) ile hesaplanır.

$$A_1 + A_2 = (a_1^{(1)} + a_1^{(2)}, b_1^{(1)} + b_1^{(2)}, b_2^{(1)} + b_2^{(2)}, a_2^{(1)} + a_2^{(2)}) \quad (15)$$

Bir üçgensel ve bir yamuk sayının toplamında ise üçgensel sayının öncelikle yamuk sayıya dönüştürülmesi gerekmektedir. Bir üçgen, üst taban uzunluğu sıfır olan bir yamuktur. Bu tanımdan yola çıkılarak bir üçgen sayı Eş. (16) kullanılarak bulanık yamuk sayı şeklinde temsil edilir.

$$A_1 = (a_1^{(1)}, a_M^{(1)}, a_2^{(1)}) = (a_1^{(1)}, a_M^{(1)}, a_M^{(1)}, a_2^{(1)}) \quad (16)$$

742 Söz konusu dönüşümün akabinde örneğin,  $A_2$  bir yamuk sayıyı temsil etmek üzere,  $A_2 = (a_1^{(2)}, b_1^{(2)}, b_2^{(2)}, a_2^{(2)})$ ,  $A_1$  ve  $A_2$  toplamı Eş. (17)'deki gibi hesaplanır.

IJSI 13/2  
Aralık  
December  
2020

$$A_1 + A_2 = (a_1^{(1)} + a_1^{(2)}, a_M^{(1)} + b_1^{(2)}, a_M^{(1)} + b_2^{(2)}, a_2^{(1)} + a_2^{(2)}) \quad (17)$$

Bulanık sayıların aritmetik ortalaması, ortalaması alınacak bütün sayıların toplamlarının, ortalaması alınan sayıların adedine bölünmesi şeklinde hesaplanır. Dolayısı ile basit olarak birer adet toplama ve bölme işlemi ile bulanık ortalama işlemi yapılabilmektedir.

Bulanık mantıkta en sık kullanılan üçgen ve yamuk sayı türleri dışında, Gauss Fonksiyonu, Sigmoid Fonksiyonu, S-Eğrisi, Z-Eğrisi ve Pi-Eğrisi (iki parçalı gauss) fonksiyonlarının temsil etmiş olduğu yamuk sayılar da bulunmaktadır. Sayılan yamuk sayı türleri hakkında detaylı bilgi için J. Klir & Yuan (1995) ve Şen (2009) eserleri incelenebilir.

### 2.3. Bulanık Mantık Kontrol Sistemleri

Bulanık mantık ile kontrol sistemleri, kontrol mühendislerinin ilgi alanında olup daha çok sanayideki mühendislik uygulamaları amacıyla geliştirilmiştir. Fakat zaman içerisinde elde edilen başarılı uygulamalar nedenle işletme, yönetim ve finans alanlarında da kullanılmaya başlanmıştır. Bu alanlar sosyal bilimlerin kapsamındadır, odağında insan ve toplum bulunmaktadır. İnsanın bulunduğu çevrede ise belirsizlik, değişkenlik ve bulanıklık yüksek seviyededir. BMKS'ler, uzman sistemlerle benzeşen bir yapıya sahiptir. Uzman sistemlerde olduğu gibi BMKS'lerde de kurallar ağı

*Bulanık Mantık ve Kontrol Sistemlerinin Bireysel Kredilendirmelerin  
Nihai Karar Aşamasında Kullanımı*

ve bu kuralların dayandırıldığı uzman bilgileri ve deneyimleri sistemin temelini oluşturmaktadır. Nasıl ki, endüstrideki BMKS'lerin sanayi uygulamalarındaki hedefi bir makineyi veya robotu "harekete geçirmek" ise aynı amaç işletmedeki karar yapıları için de geçerlidir. Tek fark, yapılacak "hareketin" türünün öneri, fikir, yol, karar, değerlendirme veya öngörü olmasıdır.

BMKS modelleri, dilsel nitelikli girdiler ve çıktılar olmak üzere iki temel yapıdan oluşmaktadır. En basit modeller, tek veya iki girdili ve tek çıktılı modellerdir. Girdi ve çıktı sayısı arttıkça kural tabanı büyümekte ve karar almak zorlaşmaktadır.

Oluşturulan kural tabanının, yeterliliği ya da problemin doğasına uygunluğu çok önemlidir. Dolayısı ile kural tabanı oluşturulurken dikkat edilmesi gereken birkaç husus bulunmaktadır (Jantzen, 1998):

1. Kümeleri oluşturan asıl veri setleri, istatistik hesaplamalarında hiç istenmeyen, gürültüyü de kapsayacak şekilde geniş olmalıdır.
2. İki bulanık küme arasında boşluk bulunmamalıdır. Başka deyişle, kümeler arasında boşluk kalmayacak şekilde iki kümenin taban aralıkları birbirleri ile örtüşmelidir.
3. Uzaydaki her bir elemanın en az iki bulanık kümeye ait olabilmesi için kümelerin birbirleri ile örtüşmeleri en az %50 seviyesinde olmalıdır.

Kural matrisi oluşturulduktan sonra çıktı değerlerinin okunması ve kuralların birleşik etkilerinin tespiti yapılmalıdır. Değerlerin okunması işleminde, değeri tespit edilmek istenen kural uzayındaki her bir elemanın üyelik derecesi tespit edilir. Tespitler, ilgili grafiklerde işaretlenir. Bu işlemlerden sonra grafikler birleştirilerek kuralların birleşik etkileri tespit edilir ve çıkarsama yapılır.

BMKS'lerde çeşitli çıkarım yöntemleri bulunmaktadır. En yaygın kullanılanları Mamdani, Larsen, Tsukamoto ve Takagi-Sugeno yöntemleridir. Mamdani yöntemi, Eş. (18)'de gösterildiği gibi bir minimizasyon işlemidir (Jang, Sun, Mizutani, 1997). Larsen yöntemi, Eş. (19)'de gösterildiği gibi çarpma işleminden ibarettir. Tsukamoto yöntemi, Eş. (20)'de gösterildiği gibi her bir kural çıktısının ağırlıklı

743

IJSSI 13/2  
Aralık  
December  
2020

ortalamasının alınması şeklindedir. Elde edilen final değer gerçek bir sayıdır. Bu yüzden bu yöntem kullanıldıktan sonra bir durulaştırma işlemine gerek yoktur. Diğer bir ifade ile Mamdani ve Larsen yöntemleri kullanılarak çıkarım yapılması durumunda final çıktı bulanık bir sayıdır ve dolayısı ile durulaştırılmalıdır. Takagi-Sugeno yönteminde ise çıkarım için Tsukamoto yöntemindeki gibi ağırlıklı ortalama işlemi yapılmaktadır. Fakat ağırlık çarpanları  $Z_m$ 'ler,  $x$  birinci bulanık küme ve  $y$  ikinci bulanık küme olmak üzere  $Z_m = f_m(x, y) = p_mx + q_my + r$  şeklindeki gibi bir doğrusal fonksiyondur (Elmas, 2011). Bu yöntemle elde edilen çıktı, Tsukamoto yöntemindeki gibi gerçek bir sayıdır ve durulaştırma işlemi gerektirmemektedir.

$$R_C = \mu_A(U_1) \wedge \mu_B(U_2) \quad (18)$$

$$R_C = \mu_A(U_1) * \mu_B(U_2) \quad (19)$$

$$z = \frac{\mu_1 z_1 + \dots + \mu_n z_n}{\sum_{i=1}^n \mu_i} \quad (20)$$

## 2.4. Durulaştırma

Bulanık mantık çerçevesinde gerçekleştirilen bütün bulanık işlemler ve bu işlemlere bağlı yapılan bulanık çıkarsama, mevcut halleri ile gerçek hayatta kullanılamazlar. Elde edilen sonuçlar da gerçek hayata uyarlanmadığı sürece bir anlam ifade etmezler. Bulanık sonuçların kullanılabilmesi için gerçek sayılara dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu dönüştürme işlemine durulaştırma denilmektedir. Durulaştırma, bulanıklaştırmanın tersi olarak da bilinir (Şen, 2009).

Üçgensel bulanık sayılar kullanılarak elde edilen sonucun maksimum değeri veya başka bir deyiş ile grafik gösterimde üçgenin tepe noktası ( $m_M$ ) değerine denk gelmektedir. Dolayısı ile elde edilen grafik  $m_M$ 'ye yakın sayılar kümesini de temsil etmektedir denilebilir. Bu kabul altında durulaştırma Eş. (21) kullanılarak gerçekleştirilebilir.

$$x_{max} = m_M \quad (21)$$

Eş. (21), kullanılan üçgen sayının sol ve sağ fonksiyonlarının ne kadar simetrik bir yapıya sahip olduğu ile ilgilidir. Simetriklik veya eş kenarlığa yakınlık arttıkça, bu kabulün kullanılması daha uygun

*Bulanık Mantık ve Kontrol Sistemlerinin Bireysel Kredilendirmelerin  
Nihai Karar Aşamasında Kullanımı*

olmaktadır. Fakat bulanık sayıların diğer bileşenlerinin (sayının sağ ve sol taraflarının) etkisinin de göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Bu bağlamda, üç tane daha kabul görmüş formülasyon bulunmaktadır:

$$x_{max} = \frac{m_1 + m_M + m_2}{3} \quad (22)$$

$$x_{max} = \frac{m_1 + 2m_M + m_2}{4} \quad (23)$$

$$x_{max} = \frac{m_1 + 4m_M + m_2}{6} \quad (24)$$

Bu formülasyonların hangisinin seçileceği uzmanların bilgi ve deneyimlerine bağlıdır.

Yamuk bulanık sayıların durulaştırılması işleminde  $\alpha = 1$  kesim seviyesinde  $(m_1, m_{M1}, m_{M2}, m_2)$  bulanık sayısının orta iki değeri yer almaktadır,  $(m_{M1}, m_{M2})$ . Bu noktalar, yamuk sayının maksimuma ulaştığı tepe noktalarıdır. Dolayısı ile  $x_{max}$  Eş. (25) ile hesaplanmaktadır.

$$x_{max} = \frac{m_{M1} + m_{M2}}{2} \quad (25)$$

Yamuk sayılarda da üçgen sayılarda olduğu gibi, sayının diğer bileşenlerinin etkisinin göz ardı edilmemesi adına, genel kabul görmüş üç formülasyon bulunmaktadır (Vaníček, Vrana, Aly, 2009):

$$x_{max} = \frac{m_1 + \frac{m_{M1} + m_{M2}}{2} + m_2}{3} \quad (26)$$

$$x_{max} = \frac{m_1 + m_{M1} + m_{M2} + m_2}{4} \quad (27)$$

$$x_{max} = \frac{m_1 + 2(m_{M1} + m_{M2}) + m_2}{6} \quad (28)$$

Bulanık kümelerin durulaştırılmasında dört temel yöntem kullanılmaktadır. Bunlar; ağırlık merkezi, maksimumların ortalaması, ağırlıklı ortalama ve maksimum yükseklik yöntemleridir. Ağırlık merkezi yöntemi ile durulaştırmada, çıkarsama sonucu elde edilen grafikte uygun çözüm alanının ağırlık merkezi Eş. (29) kullanılarak

hesaplanır (Alavala, 2008; Ross, 2010). Maksimumların ortalaması ile durulaştırma yönteminde Eş. (31) kullanılarak, bulanık çözüm kümesine ait grafikte yer alan en yüksek noktaların ortalaması alınır. Bu yöntem, sadece üst tabanı bulunan, yamuk yapılara sahip olan, modeller için kullanılmaktadır. Ağırlıklı ortalama ile durulaştırmada; Eş. (31) deki gibi her bir üyelik fonksiyonunun taban aralığının orta noktası ilgili üyelik dereceleri ile çarpılır ve üyelik derecelerinin toplamına bölünür. Bu yöntem, sadece simetrik üyelik fonksiyonlarında kullanılabilir. Çünkü  $\bar{Z}$  değeri, simetrik üyelik fonksiyonunun alt taban aralığının orta noktasını temsil etmektedir. Asimetrik bir üyelik fonksiyonunda, taban aralığının orta noktası anlamlı bir değere sahip olmayacaktır. Maksimum yükseklik tespiti ile durulaştırma, maksimum üyelik yöntemi olarak da adlandırılır. Bu yaklaşımda duru, gerçek değer, bütün üyelik dereceleri içinden en büyük olana eşittir (Elmas, 2011; Ross, 2010).

$$Z = \frac{\int \mu_C(z) * z dz}{\int \mu_C(z) * dz} \quad (29)$$

$$Z = \frac{a+b}{2} \quad (30)$$

$$Z = \frac{\sum \mu_C(\bar{z}) * \bar{z}}{\sum \mu_C(\bar{z})} \quad (31)$$

### 3. UYGULAMA

Çalışmanın bu kısmında; bir hipotetik kredilendirme problemi ele alınmış ve üç aşamalı olarak, sırası ile bulanık dilsel niteleyiciler, bulanık önermeler ve BMKS kullanılarak çözülmüştür. Birinci aşamada, kredi başvurusunda bulunan bir müşterinin sadece finansal kriterler dikkate alınarak hesaplanan [0, 100] aralığındaki kredi notu, bulanık dilsel niteleyiciler ile bulanıklaştırılmıştır. İkinci aşamada, kredi notu kriterine ek olarak temsili bir öznel değerlendirme kriteri oluşturulmuştur. Ardından, her iki kriter de dikkate alınıp, bulanık önermeler kullanılarak bulanık ilişki matrisi oluşturulmuştur. Üçüncü aşamada, alan yazınında BMKS olarak tanımlanan mekanizma veya süreç kullanılmıştır. Öncelikle, kredi notu ve öznel değerlendirme kriterine ek olarak temsili bir finansal risk toleransı kriteri daha oluşturulmuş ve tüm kriterlerin bulanık ölçekleri belirlenmiştir. Akabinde, kredi notu ve öznel değerlendirme puanı girdiler ve

*Bulanık Mantık ve Kontrol Sistemlerinin Bireysel Kredilendirmelerin  
Nihai Karar Aşamasında Kullanımı*

finansal risk toleransı çıktı olmak üzere, bir kural tabanı oluşturulmuştur. Bu kural tabanı kullanılarak bir kural matrisi oluşturulmuş ve böylelikle bir karar mekanizması tasarlanmıştır.

**Dilsel Niteleyiciler ile Uygulama**

Kredi başvurusunda bulunan müşterilerin  $[0, 100]$  aralığında alabilecekleri "kredi notları" ( $x$ ) ve kredi notlarının banka yönetimi tarafından belirlenen "yüksek olma" bulanık üyelik dereceleri ( $\mu$ ) olmak üzere, Tablo 1.'de  $x$  ve  $\mu$  değerleri yer almaktadır.

**Tablo 1.** Bireysel müşteri "yüksek not" bulanık üyelik tablosu

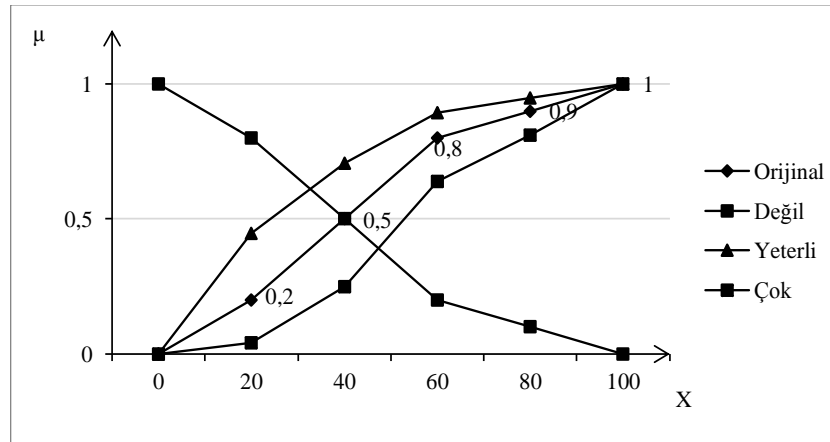
$x$	0	20	40	60	80	100
$\mu_{yüksek}(x)$	0	0,2	0,5	0,8	0,9	1

747

IJSSI 13/2  
Aralık  
December  
2020

Müşterilerin kredi notu; değil, yeterli ve çok şeklindeki dilsel niteleyiciler ile değerlendirilmek istenirse sırası ile Eş. (2-4) kullanılarak, Şekil 3.'teki grafik elde edilir.

**Şekil 3.** Dilsel niteleyiciler ile değerlendirme



Örnek olarak kredi notu 60 olan bir müşteri incelensin. Bu müşterinin notu, değil fonksiyonu ile değerlendirildiğinde karşılık gelen bulanık üyelik değeri 0.2 olup oldukça düşüktür. Başka bir ifade ile bu değer, müşterinin kredibilitésinin yüksek olduğunun bir göstergesidir. Notu

20 olan bir müşterinin ise kredi notunun “yüksek olmama” derecesinin 0.8 olduğu bunun da “yüksek olmama/yüksek değildir” nitelemesinin hayli yüksek olduğu görülmektedir. Bu şekilde gerçekleştirilecek olan basit bir uygulama ile karar verici “Hangi müşteriler kredi vermeye uygun değildir” ya da “Hangi müşterilere kredi verilmemeli” sorularına cevap bulabilmektedir. 60 notu alan müşteri, yeterlilik açısından değerlendirilmek istenir ise Şekil 3.’ten inceleneceği üzere neredeyse 0.9 derecesinde yeterlidir. Başka bir ifade ile, müşteri kredibilite açısından neredeyse tam anlamı ile yeterli olarak değerlendirilmektedir. Kredibilite açısından çok yüksek olarak (çok nitelleyicisi ile) değerlendirilebilecek müşteriler tespit edilmek istenirse, yine 60 notu alan müşteri neredeyse 0.65 derecesinde “çok yüksektir”. Bu değer ortalama üstü bir değer olup söz konusu müşteri aslında çok “çok yüksek” bir dereceye sahip değildir. Şekil 3. incelendiğinde, notu 80 ve üstü olan müşteriler çok yüksek olarak değerlendirilebilir ve buna bağlı olarak bankalar kredilendirme kararlarını şekillendirebilir.

#### *Bulanık Önergeler ile Uygulama*

Kredi başvurusunda bulunan müşterilerin  $[0,100]$  aralığında alabilecekleri “öznel değerlendirme puanları” ( $x$ ) ve bu puanların banka yönetimi tarafından belirlenen bulanık üyelik dereceleri ( $\mu$ ) olmak üzere, Tablo 2.’de  $x$  ve  $\mu$  değerleri yer almaktadır.

**Tablo 2.** Öznel değerlendirme üyelik tablosu

$x$	0	20	40	60	80	100
$\mu_{\text{öznel}}(x)$	0	0,2	0,4	0,7	1	1

Tablo 1’de verilen kredi notu,  $A$  bulanık kümesi ve Tablo 2’de verilen öznel değerlendirme puanı,  $B$  bulanık kümesi olmak üzere, bulanık önermeler kullanılarak bulanık ilişkiler/karar alma tablosu oluşturulur. Bulanık ilişkiler tablosunu oluşturmak, aslında öncül ve artçıl cümlecikler kullanarak bulanık ilişkiler matrisi  $R$ ’yi oluşturmaktan ibarettir. Amaç  $A$  ve  $B$  kümelerinin kesişimini bulmaktır.  $A^x B$ ,  $A$  ve  $B$  kümelerinin kesişimini temsil etmek üzere kesişim,  $A^x B = \{(x, y), \min(\mu_A(x), \mu_B(x)), (x, y) \in Ax B\}$  eşitliği ile



*Bulanık Mantık ve Kontrol Sistemlerinin Bireysel Kredilendirmelerin  
Nihai Karar Aşamasında Kullanımı*

hesaplanır. Örneğin, kredi notu  $x_3 = 40$  için hesaplamalar aşağıdaki gibi yapılır:

$$\mu_{yüksek}(40) = 0.5 \text{ ve } \mu_{öznel}(0) = 0 \rightarrow \mu_{A^x_B}(40, 0) = \min(0.5, 0) = 0$$

$$\mu_{yüksek}(40) = 0.5 \text{ ve } \mu_{öznel}(20) = 0.2 \rightarrow \mu_{A^x_B}(40, 20) = \min(0.5, 0.2) = 0.2$$

$$\mu_{yüksek}(40) = 0.5 \text{ ve } \mu_{öznel}(40) = 0.4 \rightarrow \mu_{A^x_B}(40, 40) = \min(0.5, 0.4) = 0.4$$

$$\mu_{yüksek}(40) = 0.5 \text{ ve } \mu_{öznel}(60) = 0.7 \rightarrow \mu_{A^x_B}(40, 60) = \min(0.5, 0.7) = 0.5$$

$$\mu_{yüksek}(40) = 0.5 \text{ ve } \mu_{öznel}(80) = 1 \rightarrow \mu_{A^x_B}(40, 80) = \min(0.5, 1) = 0.5$$

$$\mu_{yüksek}(40) = 0.5 \text{ ve } \mu_{öznel}(100) = 1 \rightarrow \mu_{A^x_B}(40, 100) = \min(0.5, 1) = 0.5$$

Kredi notu ile öznel değerlendirme puanı arasındaki bulanık ilişkiler matrisi Tablo 3'teki gibi elde edilir.

**Tablo 3.** Bulanık ilişkiler matrisi (R)

$x_i$	$y_j$	B					
		0	20	40	60	80	100
A	0	0	0	0	0	0	0
	20	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	40	0	0.2	0.4	0.5	0.5	0.5
	60	0	0.2	0.4	0.7	0.8	0.8
	80	0	0.2	0.4	0.7	0.9	0.9
	100	0	0.2	0.4	0.7	1	1

Tablo 3'te yer alan bulanık ilişkiler matrisi, hem banka genelinde alınan öznel kararların bir standarda bağlanmasını hem de kredi satışlarında ortak hedeflerin belirlenmesini kolaylıkla sağlayabilir.

Örneğin, bir karar vericinin öncelikli hedefi  $[0.8, 1]$  aralığı, ikincil hedefi  $[0.7, 0.8)$  aralığı olmalıdır. Kredi notu 60 olan bir müşteri, banka personelinin öznel değerlendirmesinden de en az 60 puan alırsa kredilendirilmelidir ya da kredi notu 80 puan ve üzeri olan bir müşteri öznel değerlendirmede 40 puan alsa bile kredilendirilmemelidir. Burada öznel değerlendirme puanının bulanık üyelik derecelerinin tespiti için öznel değerlendirmede kullanılacak olan kriterlerin belirlenmesi önemlidir. Tüm öznel değerlendirme kriterleri için aynı dereceler veya farklı kriterler için farklı dereceler de kullanılabilir. Ticari krediler için öznel değerlendirme kriterleri bireysel kredilendirmelere nazaran daha çeşitli olabilirken örneğin, işletmenin faaliyet gösterdiği sanayi kolu, kredinin ne tür bir yatırım için kullanılacağı, sektörün durumu, işletmenin yönetim tarzı, mevcut insan kaynaklarının dinamizmi ya da nitelikli işgücü kullanım oranı, yönetimin tutumu, yenilikçiliğe bakış açısı, patentler, ödüller, rakipler, pazar ve sürdürülebilirlik faaliyetleri gibi (Angilella, Mazz'u, 2014; Cornée, 2015; Polat, Yeşilyaprak, 2014), bireysel kredilerde kullanılacak olan kriterler genellikle kredinin kullanım amacı, müşterinin çalıştığı sektörün genel durumu, aile yapısı ve görüşme esnasında banka personeli üzerinde bıraktığı etki şeklinde daha sınırlı olabilmektedir.

#### ***Bulanık Mantık Kontrol Sistemleri ile Uygulama***

Ele alınan problemdeki kredilendirme kararı, oluşturulan bir kural tabanına dayalı değerlendirme mekanizması ile daha ayrıntılı sonuçlandırılabilir. Bu mekanizma, müşterinin kredi notu ( $A$ ) ve öznel değerlendirme puanı ( $B$ ) olmak üzere iki girdi ve müşterilerin finansal risk toleransı ( $C$ ) olmak üzere bir çıktı/karar için tasarlansın.

Öncelikle girdiler ve çıktıya ait bulanık değerler tespit edilmelidir. Bu işlem, ölçeklendirme olarak adlandırılır. Bulanıklaştırmada kullanılacak olan ölçek oluşturulurken, ele alınan problemin kendine has yapısı dikkate alınmalıdır. Bu nedenle alan yazınında 4'lü, 5'li, 7'li, 9'lu ölçekler ve hatta negatif birimler de içeren bulanık ölçekler bulunmaktadır. Problemimizde, banka yönetiminin girdiler için sırası ile düşük, orta ve yüksek  $\{D, O, Y\}$  ve çıktı için düşük, uygun ve yüksek  $\{D, U, Y\}$  olmak üzere 3'lü bulanık ölçeğin aşağıda yer aldığı gibi kullanılmasına karar verdiği varsayılın.

*Bulanık Mantık ve Kontrol Sistemlerinin Bireysel Kredilendirmelerin  
Nihai Karar Aşamasında Kullanımı*

$$A = \{A_1, A_2, A_3\} = \{D, O, Y\} = \{(0,0,20,50), (20,50,80), (50,80,100,100)\} \\ = \{x | 0 \leq x \leq 100\}$$

$$B = \{B_1, B_2, B_3\} = \{D, O, Y\} = \{(0,0,20,40), (30,50,70), (60,80,100,100)\} \\ = \{y | 0 \leq y \leq 100\}$$

$$C = \{C_1, C_2, C_3\} = \{D, U, Y\} = \{(0,0,20,50), (20,50,80), (50,80,100,100)\} \\ = \{z | 0 \leq z \leq 100\}$$

Daha sonra müşterilerin kredi toleransının değerlendirilmesi için belirlenebilecek kurallar dizisi konu uzmanlarına danışılarak aşağıdaki gibi listelensin:

1. Müşterinin kredi notu düşük ve öznel değerlendirme puanı düşük ise müşterinin finansal risk toleransı düşüktür.
2. Müşterinin kredi notu düşük ve öznel değerlendirme puanı orta ise müşterinin finansal risk toleransı düşüktür.
3. Müşterinin kredi notu düşük ve öznel değerlendirme puanı yüksek ise müşterinin finansal risk toleransı uygundur.
4. Müşterinin kredi notu orta ve öznel değerlendirme puanı düşük ise müşterinin finansal risk toleransı düşüktür.
5. Müşterinin kredi notu orta ve öznel değerlendirme puanı orta ise müşterinin finansal risk toleransı uygundur.
6. Müşterinin kredi notu orta ve öznel değerlendirme puanı yüksek ise müşterinin finansal risk toleransı yüksektir.
7. Müşterinin kredi notu yüksek ve öznel değerlendirme puanı düşük ise müşterinin finansal risk toleransı uygundur.
8. Müşterinin kredi notu yüksek ve öznel değerlendirme puanı orta ise müşterinin finansal risk toleransı yüksektir.

751

IJSI 13/2  
Aralık  
December  
2020

9. Müşterinin kredi notu yüksek ve öznel değerlendirme puanı yüksek ise müşterinin finansal risk toleransı yüksektir.

Ardından Tablo 4.'te yer alan kural matrisi oluşturulsun:

**Tablo 4.** Kural matrisi

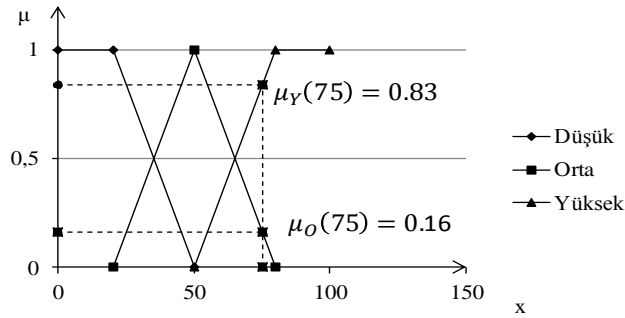
		<b>B</b>		
		<b>D</b>	<b>O</b>	<b>Y</b>
<b>A</b>	<b>D</b>	<b>D</b>	<b>D</b>	<b>U</b>
	<b>O</b>	<b>D</b>	<b>U</b>	<b>Y</b>
	<b>Y</b>	<b>U</b>	<b>Y</b>	<b>Y</b>

752

IJSI 13/2  
Aralık  
December  
2020

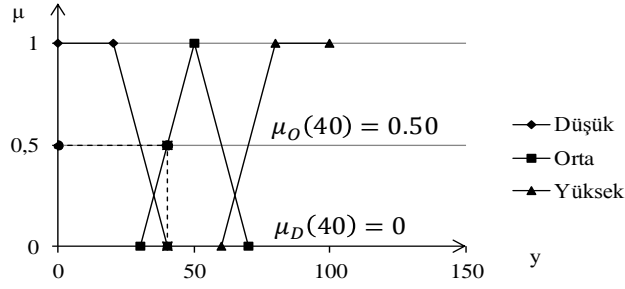
Kural matrisi oluşturulduktan sonra çıktı değerlerinin okunması ve kuralların birleşik etkilerinin tespiti yapılmalıdır. Örneğin,  $x_0=75$  (kredi notu) ve  $y_0=40$  (öznel değerlendirme puanı) için Mamdani yöntemi kullanarak bulanık çıkarım yapılmak istensin. Bunun için öncelikle Şekil 4.-5.'teki gibi üyelik fonksiyonları çizilir. Sonra  $x_0=75$  ve  $y_0=40$  girdilerinin üyelik fonksiyonları esas alınarak bulanıklaştırılmış değerleri hesaplanır ve fonksiyon grafiklerinde işaretlenir.

**Şekil 4.** Kredi notu için  $x_0=75$  girdisinin bulanıklaştırılmış değeri



*Bulanık Mantık ve Kontrol Sistemlerinin Bireysel Kredilendirmelerin  
Nihai Karar Aşamasında Kullanımı*

**Şekil 5.** Öznel değerlendirme puanı için  $y_0=40$  girdisinin bulanıklaştırılmış değeri



753

IJSI 13/2  
Aralık  
December  
2020

Akabinde Eş. (18) kullanılarak Tablo 5.'te yer alan bulanık ilişki matrisi oluşturulur.

$$\alpha_{11} = \mu_O(75) \wedge \mu_D(40) = \min(\mu_O(75), \mu_D(40)) = \min(0.16, 0.00) = 0.00$$

$$\alpha_{12} = \mu_O(75) \wedge \mu_O(40) = \min(\mu_O(75), \mu_O(40)) = \min(0.16, 0.50) = 0.16$$

$$\alpha_{21} = \mu_Y(75) \wedge \mu_D(40) = \min(\mu_Y(75), \mu_D(40)) = \min(0.83, 0.00) = 0.00$$

$$\alpha_{22} = \mu_Y(75) \wedge \mu_O(40) = \min(\mu_Y(75), \mu_O(40)) = \min(0.83, 0.50) = 0.50$$

**Tablo 5.**  $x_0=75$  ve  $y_0=40$  girdileri için bulanık ilişki matrisi

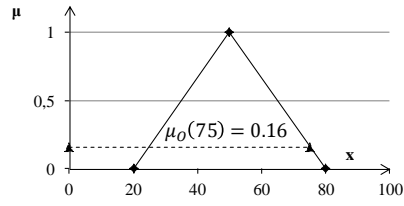
		B	
		$\mu_D(40)=0.00$	$\mu_O(40)=0.50$
A	$\mu_O(75)=0.16$	0.00	0.16
	$\mu_Y(75)=0.83$	0.00	0.50

Yukarıda yer alan hesaplamalardan ve Tablo 5.'te yer alan bulanık ilişki matrisinden inceleneceği üzere,  $x_0=75$  ve  $y_0=40$  girdileri sadece 4, 5, 7 ve 8 numaralı kuralların kullanılmasını gerekli kılmıştır. Fakat,  $y_0=40$  girdisinin düşük nitelikli bulanık değeri sıfır olduğu için bulanık ilişki matrisindeki  $\mu_D$  sütunu işlem dışı bırakılıp, sadece 5 ve 8 numaralı kurallar kullanılabilir. Bu tespitlerden sonra ilişki matrisi ve

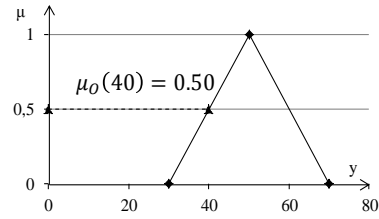
kurallar dikkate alınarak önce her bir kural için bulanık çıktılar Şekil 6.-7.'deki gibi görselleştirilir.

Şekil 6. Beşinci kural için grafiksel okuma

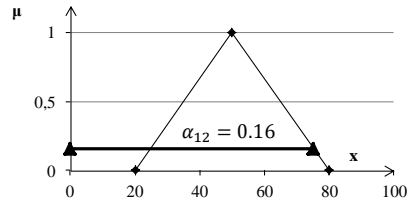
(a) Orta kredi notu



(b) Orta öznel değ puanı

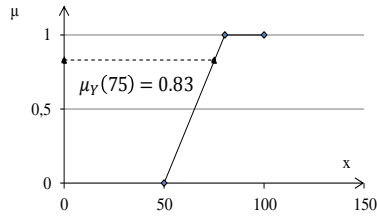


(c) Uygun finansal risk toleransı

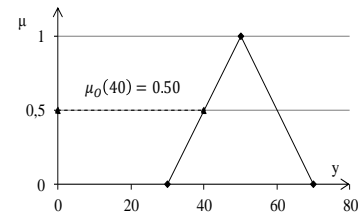


Şekil 7. Sekizinci kural için grafiksel okuma

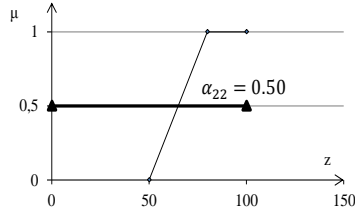
(a) Yüksek kredi notu



(b) Orta öznel değ puanı



(c) Yüksek finansal risk toleransı



*Bulanık Mantık ve Kontrol Sistemlerinin Bireysel Kredilendirmelerin  
Nihai Karar Aşamasında Kullanımı*

Her bir kuralın çıktıları belirlendikten sonra, çıktılar birleştirilerek, tek bir çıktı dolayısı ile tek bir karar elde edilir. Çıktıların (Finansal Risk Toleransı) grafikleri, oluşturulan kuralların “ise” kısmından sonra yer alan önermelerin niteliğini göstermektedir.

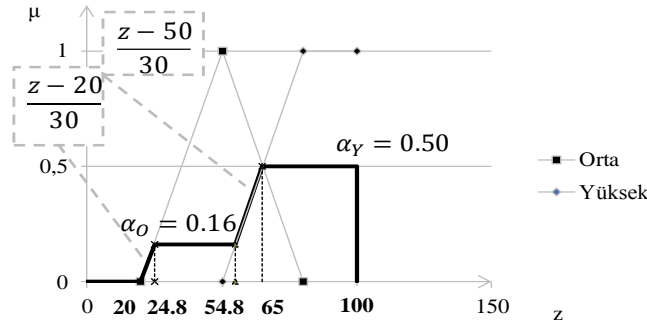
Kuralların birleştirilmesi için öncelikle kaç tür çıktı olduğuna bakılmalıdır. Ele alınan problemde, “finansal risk toleransı” çıktısı iki bulanık değere sahiptir. Bunlar, “uygun” ve “yüksek” toleranstır. Söz konusu çıktılar, Eş. (18) kullanılarak minimizasyon fonksiyonu ile elde edilmişti. Kural çıktılarının birleştirilmesinde ise maksimizasyon fonksiyonu kullanılarak, her bir kuralın maksimum değeri seçilmelidir. Örneğin, uygun niteliğinde birbirinden farklı üç kural 0.26, 0.54 ve 0.68 şeklinde üç farklı çıktı değerine ve yüksek niteliğinde ise birbirinden farklı iki kural 0.75 ve 0.84 şeklinde iki farklı çıktı değerine sahip olsun. Bu durumda  $\mu_U = \max(\alpha_{U1}, \alpha_{U2}, \alpha_{U3}) = (0.26, 0.54, 0.68) = 0.68$  ve  $\mu_Y = \max(\alpha_{Y1}, \alpha_{Y2}) = (0.75, 0.84) = 0.84$  şeklinde bir kural birleştirme işlemi yapılır. Fakat mevcut problemde her bir çıktı türü sadece tek bir değere sahip olduğu için  $\mu_U$  ve  $\mu_Y$  değerleri için maksimizasyon tipi kural birleştirme işlemine gerek yoktur. Bu değerler sırası ile doğrudan  $\alpha_{12}$  ve  $\alpha_{22}$  değerlerine eşittir.  $\mu_U = \max(\alpha_{12}) = 0.16$ ,  $\mu_Y = \max(\alpha_{22}) = 0.50$  olmak üzere bu iki değerlerin bileşke çözüm alanının grafiksel gösterimi Şekil 8.’de verilmiştir. Kalın-siyah doğrular ile çevrili alan, problemin çözüm uzayının bulanık kümesini temsil etmektedir.

Eş. (18) kullanılarak, Mamdani yöntemi ile bulanık çıkarım işlemi yapılmıştır. Çözüm artık durulaştırılmalıdır. Bunun için öncelikle Eş. (32-33) göre, Şekil 6. (c) ve Şekil 7. (c) birleştirilmeli, Şekil 8 ve bileşke çözüm alanını temsil eden bulanık küme fonksiyonları tespit edilmelidir. Daha sonra finansal risk toleransına ait bulanık  $C = \{C_1, C_2, C_3\} = \{D, U, Y\} = \{(0,0,20,50), (20,50,80), (50, 80, 100,100)\}$  ölçeği,  $\mu_U$  ve  $\mu_Y$  değerleri ve Şekil 8 kullanılarak  $\mu_{bileşke}$  tanımlanmalıdır, Eş. (34). Parçalı doğrusal nitelikteki bileşke fonksiyonun büküm noktaları Şekil 8’de yer alan grafiğin z ekseninde kalın puntolar ile verilmiştir.

755

IJSSI 13/2  
Aralık  
December  
2020

Şekil 8. Finansal risk toleransı bileşke çözüm alanı ve üyelik fonksiyonları



756

IJSI 13/2  
Aralık  
December  
2020

$$\mu_U = \begin{cases} \frac{z-20}{30} \rightarrow 20 \leq z \leq 50 \\ \frac{80-z}{30} \rightarrow 50 \leq z \leq 80 \\ 0 \rightarrow \text{değilse} \end{cases} \quad (32)$$

$$\mu_Y = \begin{cases} \frac{z-50}{30} \rightarrow 50 \leq z \leq 80 \\ 1 \rightarrow 80 \leq z \leq 100 \\ 0 \rightarrow \text{değilse} \end{cases} \quad (33)$$

$$\mu_{\text{bileşke}}(z) = \begin{cases} \frac{z-20}{30} \rightarrow 20 < z \leq 24.8 \\ \frac{1}{6} \rightarrow 24.8 < z \leq 54.8 \\ \frac{z-50}{30} \rightarrow 54.8 < z \leq 65 \\ \frac{1}{2} \rightarrow 65 < z \leq 100 \\ 0 \rightarrow \text{değilse} \end{cases} \quad (34)$$

Son olarak, kısım 2.4.'te açıklanan durulaştırma yöntemlerinden hangisinin kullanılacağına karar verilmeli ve ilgili eşitlik yardımı ile bulanık kümenin gerçek değeri hesaplanmalıdır. Bulanık küme örneğin, ağırlık merkezi yöntemi kullanılarak Eş. (29) ile durulaştırılır ise Eş. (34), Eş. (29)'da yerine yazılarak finansal risk toleransı aşağıdaki gibi hesaplanır:



**Bulanık Mantık ve Kontrol Sistemlerinin Bireysel Kredilendirmelerin  
Nihai Karar Aşamasında Kullanımı**

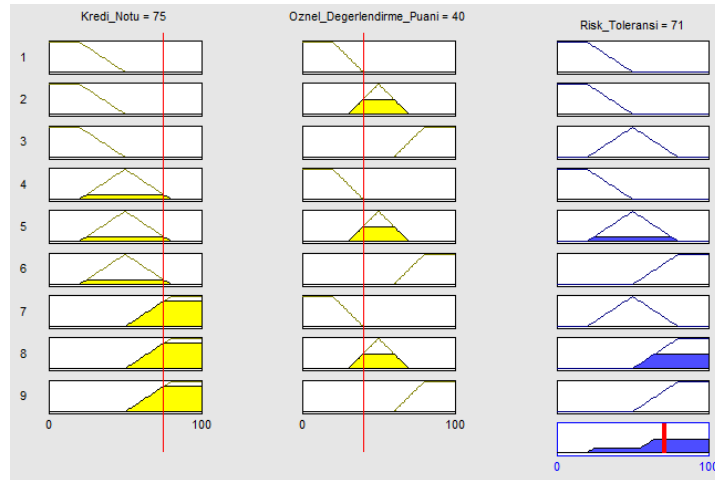
$$Z = \frac{\int_{20}^{24.8} \left(\frac{z-20}{30}\right)zdz + \int_{24.8}^{54.8} \left(\frac{1}{6}\right)zdz + \int_{54.8}^{65} \left(\frac{z-50}{30}\right)zdz + \int_{65}^{100} \left(\frac{1}{2}\right)zdz}{\int_{20}^{24.8} \left(\frac{z-20}{30}\right)dz + \int_{24.8}^{54.8} \left(\frac{1}{6}\right)dz + \int_{54.8}^{65} \left(\frac{z-50}{30}\right)dz + \int_{65}^{100} \left(\frac{1}{2}\right)dz} = 71 \quad (35)$$

Aynı bulanık bileşke çözüm, Eş. (30) kullanılarak maksimumların ortalaması yöntemi ile durulaştırılmış olsaydı en büyük değerlere sahip yamuk yapı [50,100] taban aralığına sahip olan bulanık küme parçası olacaktı. Yamuk sayının üst taban aralığı  $[a, b] = [65, 100]$  olduğu için durulaştırılmış değer Eş. (36)'daki gibi hesaplanacaktı. Bileşke çözüm, Eş. (31) kullanılarak ağırlıklı ortalamalar yöntemi ile durulaştırılmamaktadır. Çünkü bileşke çözümde yer alan dik yamuk üyelik fonksiyonu asimetriktir. Son olarak, aynı bileşke çözüm maksimum yükseklik yöntemiyle durulaştırılmış olsaydı bileşke çözüm alanının en yüksek yapısı bir yamuk olduğu için, yamuğun üst tabanının orta noktasına denk gelen alt taban değeri  $Z = 80$  olacaktı.

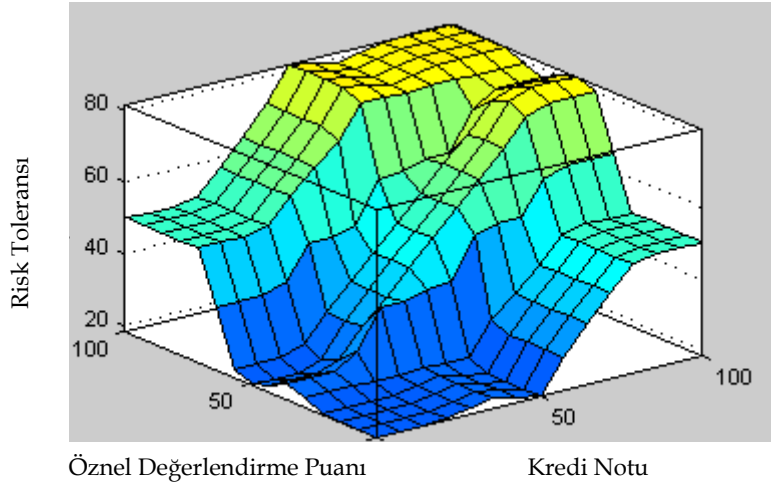
$$Z = \frac{a+b}{2} = \frac{65+100}{2} = 82.5 \quad (36)$$

Yukarıda ayrıntılı olarak çözülen BMKS, bulanık çıkarım yaklaşımı Mamdani ve durulaştırma yöntemi ağırlık merkezi olmak üzere MATLAB programı kullanılarak tasarlanmıştır. Problemin MATLAB çıktıları Şekil 9.-11.'de verildiği gibidir.

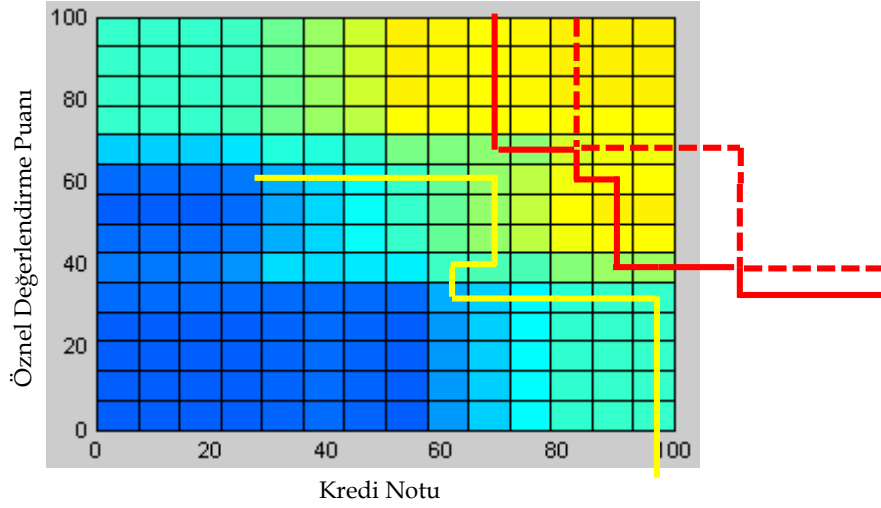
**Şekil 9.**  $x_0=75$  ve  $y_0=40$  girdilerine ait kuralların çıktıları ve bileşke karar



Şekil 10. BMKS'nin üç boyutlu uzayda gösterimi



Şekil 11. BMKS'nin pseudo-color yüzey görüntüsü



Şekil 9.'un ilk dokuz satırı kural tabanını oluşturan dokuz ifadeyi ve onuncu satırı ise elde edilen bileşke çözüm alanı ve çözüm değerini temsil etmektedir. Şekil 11. incelendiğinde, öznel değerlendirme puanı neredeyse 75 ve üstü olduğu zaman 75 kredi notu için risk toleransı 80 üzeri bir değere sahip olmaktadır.

Diğer taraftan, Şekil 11. bir karar alma aracı olarak ele alınırsa farklı seviyelerdeki öznel değerlendirme puanının risk toleransı üzerindeki etkisi kolaylıkla gözlemlenebilmektedir. Örneğin kırmızı zikzak çizginin üstünde kalan alan risk toleransı 60 ve üstü olan çıktıları temsil etmektedir. Kredilendirme kararı ister bireysel ister ticari başvurular için olsun, bu alan bir banka kredi yetkilisinin kredi vermek isteyebileceği müşteri kitlesini temsil edebilir. Hatta, kırmızı renkteki kesikli zikzak çizginin üstünde kalan alan, kesinlikle kredilendirilmek istenen hedef müşteri grubunu temsil edebilir ve banka personeli kredi dışında farklı riskli finansal araçları da bu müşteri grubuna pazarlayabilir. Diğer taraftan sarı zikzak çizginin altında kalan alan risk toleransı 30'un altında kalan çıktıları temsil etmektedir. Dolayısı ile bu alanda kalan müşteriler kesinlikle çalışılmaması gerekli (riski yüksek veya toleransı düşük) müşteri grubunu temsil etmektedir. Son olarak, sarı ve kırmızı çizgiler arasında kalan alan bir geçiş alanı olarak değerlendirilip, bu alanda kalan müşterilere ihtiyaçları ile paralel olacak şekilde farklı finansal çözümler önerilebilir ya da bu müşteriler için örneğin kısa dönemli finansal danışmanlık hizmeti sağlanıp, gelişme görüldüğü takdirde danışmanlık süresi bitiminde kredilendirme işlemi yapılabilir.

## **SONUÇ**

Gelişmekte olan ülkelerde ya da yoğun rekabetin olduğu ortamlarda faaliyet gösteren finansal kurumların başarısı için çok güçlü bir risk yönetimi gerekmektedir. Özellikle bankaların operasyonlarına sağlıklı bir biçimde devam edebilmeleri için maruz kaldıkları riskleri en iyi nasıl yönetmeleri gerekir sorusu önem kazanmaktadır. Bankalar, çok çeşitli faaliyetlere sahip olsalar da asıl faaliyetleri kredi vermektir. Bu neden ile sıklıkla maruz kaldıkları risk, kredi riski (Çil Koçyiğit, Demir, 2014) ve en riskli faaliyet de kredilendirme faaliyeti olarak tanımlanmaktadır (İnce, Aktan, 2010). Kredilendirme riski kapsamındaki batık krediler ise bankaların hem verimli bir şekilde faaliyetlerine devam etmesine hem de zaten kıt olan sermaye fonlarının ihtiyaç duyulan yatırım alanlarında değerlendirilmesine engel olmaktadır. Bu durum, ülke ekonomisini de olumsuz etkilemektedir (Akkaya, Demireli, 2010). Tüketici kredisi pazarında son yıllarda yaşanan hızlı büyüme ve batık kredilerde gözlemlenen artış, bankaların kredilendirme kararlarını çeşitli kredi değerlendirme modelleri kullanarak oluşturmaya yöneltmiştir (İnce, Aktan, 2010). Fakat bankalar her ne kadar sayısal türde finansal kriterler içeren

karar modelleri kullanıyor olsalar da ilgili personel veya birim yöneticisi nihai karar aşamasında nitel kriterler kullanarak öznel/sezgisel kararlar alabilmektedir. Bu çalışmanın amacı da, öznel kriterler dikkate alınarak sezgisel olarak gerçekleştirilen nihai karar aşamasını, söz konusu kriterleri sayısallaştırmaya imkân sağlayan bulanık mantık yaklaşımları ile standartlaştırmak ve otomatikleştirmektir.

Çalışmada, hipotetik bir kredilendirme problemi basitten karmaşığa olmak üzere üç aşamalı bir şekilde modellenmiştir. İlk aşamada bir müşterinin kredi notu bulanık dilsel niteleyiciler ile değerlendirilmiş, ikinci aşamada kredi notuna ek olarak öznel değerlendirme puanı da kullanılmış ve bulanık önermeler ile bulanık ilişki matrisi oluşturulmuştur. Üçüncü aşamada ise dilsel niteleyiciler ile değerlendirilmiş kredi notu ve öznel değerlendirme kriterleri girdi ve kredi toleransı çıktı/nihai karar olarak kullanılmıştır. Söz konusu girdiler ve çıktı ile BMKS'nin esasını teşkil eden kural tabanı oluşturulmuştur. Oluşturulan kural tabanı ile iki girdili ve bir çıktılı problem hem bulanık işlemler hem de MATLAB programı kullanılarak çözülmüştür. Çalışmada oluşturulan BMKS'nin iki ve üç boyutlu MATLAB grafikleri, bir banka personeli için görsel bir karar verme aracı olup, karar alanının anlamlandırmasını ve müşterinin hangi risk grubuna ait olduğunu kolaylıkla tespit etmesini sağlamaktadır.

Bu çalışmada, BMKS hipotetik bir problem için tasarlanmıştır. Bir bankanın şubelerinden toplanacak bilgiler ve üst yönetimin kredilendirme politikaları da dikkate alınarak tasarlanacak olan bir BMKS, bankanın nihai karar sürecini destekler nitelikte olacaktır. Bu şekilde kurulacak olan bir karar destek sistemi karar sürecini sadece standardize etmekle kalmayıp, aynı zamanda batık kredi riskini de azaltacaktır.

## KAYNAKÇA

Abdou, Hussein A.; Pointon, John (2011). "Credit Scoring, Statistical Techniques and Evaluation Criteria: A Review of the Literature". *Intelligent Systems in Accounting, Finance & Management*, 18(2-3), 59-88.

Akkaya, Göktuğ Cenk; Demireli, E. (2010). "Analitik Hiyerarşi Süreci ile Kredi Derecelendirme Analizi Üzerine Bir Model Önerisi". *C.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 19(1), 319-335.

Alavala, Chennakesava R. (2008). *Fuzzy Logic and Neural Networks*. Hyderabad: New Age International Publishers.

Angilella, Silvia; Mazz`u, Sebastiano (2014). "The Financing of Innovative SMEs: A Multicriteria Credit Rating Model". *Journal of Operational Research*, 244(2), 540-554.

Antonov, Ivo (2000). "Quantitative vs. Judgemental Credit Risk-Rating Systems". *The Journal of Lending & Credit Risk Management*, 34-40.

Asa Berger, Arthur (2015). *Ads, Fads, and Consumer Culture*. (Fifth edit). Maryland: Rowman & Littlefield.

BDDK (2020). Türk Bankacılık Sektörü Temel Göstergeleri. [https://www.bddk.org.tr/ContentBddk/dokuman/duyuru\\_0816\\_01.pdf](https://www.bddk.org.tr/ContentBddk/dokuman/duyuru_0816_01.pdf)

Bouchon, Bernadette (1988). "Stability of Linguistic Modifiers Compatible with a Fuzzy Logic". Lecture Notes in Computer Science Bouchon, B.; Saitta, L., Yager, R. R. (Eds.). *Uncertainty and Intelligent Systems*. IPMU 1988. Lecture Notes in Computer Science, vol 313. Springer, Berlin, Heidelberg, 63-70. [https://doi.org/10.1007/3-540-19402-9\\_57](https://doi.org/10.1007/3-540-19402-9_57)

Chandler, Gary G.; Coffman, John Y. (1979). "A Comparative Analysis of Empirical vs. Judgemental Credit Evaluation". *The Financial Review*, 14(4), 23-23.

Chen, Guanrong; Pham, Trung Tat (2001). *Introduction to Fuzzy Sets, Fuzzy Logic and Fuzzy Control Systems*. CRC Press.

Çil Koçyiğit, Seyhan; Demir, Aysel (2014). "Türk Bankacılık Sektöründe Kredi Riski ve Yönetimine İlişkin Bir Uygulama : Türkiye Garanti Bankası Örneği". *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 6(3), 222-246.

Cornée, Simon (2015). *The Relevance Of Soft Information For Predicting Small Business Credit Default: Evidence From A Social Bank*. Brussel.

Cücük, Cengiz Öner (2019). "Kredi Taleplerinde İstihbarat ve Kredi Skorlamasının Karar Verme Süreçlerine Etkisi". *Göller Bölgesi Aylık Hakemli Ekonomi ve Kültür Dergisi*, 7(77), 63-71.

Elmas, Çetin (2011). *Yapay Zeka Uygulamaları*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.

Ertaş, Fatih Coşkun; Kaban, İsmail; Sobacı, Fatih (2016). "Bireysel Kredi Kullanan Finansal Tüketicilerce Üstlenilecek Masraflar; BDDK Düzenlemesi Çerçevesinde Karşılaştırmalı Bir Değerlendirme". *Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 8(14), 125-146. <https://doi.org/10.14784/jfrs.21124>

Felsefe e-Dersliği. (2009). " Sembolik Mantık", <http://www.felsefedersligi.com/FileUpload/op30412/File/cokdegerliman.pdf> (Erişim Tarihi: 03 Kasım 2019)

İnce, Hüseyin; Aktan, Bora (2010). "Kredi Kartı Taleplerinin Değerlendirilmesinde Grup ve Bireysel Kredi Puanlama Modellerinin Karşılaştırmalı Bir Analizi". *BDDK Bankacılık ve Finansal Piyasalar*, 4(1), 75-90.

Iorgulescu, Afrodita. (1998). "Connections between MVn Algebras and N-Valued Lukasiewicz-Moisil Algebras". *Discrete Mathematics*, 181(1-3), 155-177. [https://doi.org/10.1016/S0012-365X\(97\)00052-6](https://doi.org/10.1016/S0012-365X(97)00052-6)

Jang, Jyh-Shing Roger; Sun, Chuen-Tsai; Mizutani, Eiji (1997). *Neuro-Fuzzy and Soft Computing*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, Inc.

Jantzen, Jan (1998). *Design of Fuzzy Controllers*. Lyngby. <https://doi.org/10.1109/3477.764873>

Kalapodas, Evangelos; Thomson, Mary E. (2006). "Credit Risk Assessment: A Challenge for Financial Institutions". *IMA Journal of Management Mathematics*, 17(1), 25-46. <https://doi.org/10.1093/imaman/dpi026>

Kılınç, Neslihan; Karaoğlu, Nazlı (2014). "Tüketim Toplumu ve Bireysel Krediler; Türkiye Üzerine Bir Değerlendirme". *International Conference in Economics*, Prague, Czech Republic, 1-16.

Klir, George J.; Yuan, Bo (1995). *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications*. Neurocomputing (C. 14). New Jersey: Prentice-Hall, Inc.

Peters, Werner (2008). "An Overview of Fuzzy Control Theory". R. Lowen, A. Verschoren (Eds.). *Foundations of Generic Optimization*, Belgium: Springer, 1-138. <https://doi.org/10.1007/1-4020-3665-5>

Polat, Ali; Yeşilyaprak, Mehmet. (2014). "The Importance of Subjective Criteria in Credit Ratings under Informality: Sectors and Regions with High Informality. An Analysis of Participation Banking in Turkey". *İktisat İşletme ve Finans*, 29(335), 9-28. <https://doi.org/10.3848/iif.2014.335.3793>

Ross, Timothy J. (2010). *Fuzzy Logic with Engineering Applications*. John Wiley & Sons Ltd, Wiley.

Şen, Zekai (2009). *Bulanık Mantık İlkeleri ve Modelleme*. İstanbul: Su Vakfı Yayınları.

Thomas, Lyn C. (2000). "A Survey of Credit and Behavioural Scoring: Forecasting Financial Risk of Lending to Consumers". *International Journal of Forecasting*, 16(2000), 149-172.

*Bulanık Mantık ve Kontrol Sistemlerinin Bireysel Kredilendirmelerin  
Nihai Karar Aşamasında Kullanımı*

Trönberg, Carl-Christian; Hemlin, Sven (2014). "Lending Decision Making in Banks: A Critical Incident Study of Loan Officers". *European Management Journal*, 32(2), 362-372. <https://doi.org/10.1016/j.emj.2013.03.003>

Vaníček, Jiri; Vrana, Ivan; Aly, Shady (2009). "Fuzzy Aggregation and Averaging for Group Decision Making: A Generalization and Survey". *Knowledge-Based Systems*, 22(1), 79-84. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2008.07.002>

Yarız, Ahmet (2011). "Bankacılıkta Risk Yönetimi: Risk Matrisi Uygulaması". *Marmara Üniversitesi Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü E-Dergisi*, 1(1), 1-33.

Zadeh, Lotfi Aliasker (1965). "Fuzzy Sets". *Information and Control*, 8(1965), 338-353.

Zadeh, Lotfi Aliasker (1999). "Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility". *Fuzzy Sets and Systems*, 100, 9-34. [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(99\)80004-9](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(99)80004-9)

**763**

IJSI 13/2  
Aralık  
December  
2020

## **SUMMARY**

Bad loans have increased dramatically in recent years. On the consumer side, change in consumption patterns and spending in excess of the income, and on the banking side, selling more personal loans and using intuition in the last step of the borrowing decision are the main drivers for the increase. In this vein, this paper aims to standardize and automate the final decision phase of the individual lending process. Fuzzy logic control systems were used for this purpose. The intuition was quantified with this approach by designing the decision-making system based on the qualitative criteria determined heuristically by the bank management.

**764**  
IJSI 13/2  
Aralık  
December  
2020

For this purpose, a hypothetical crediting problem was modeled in three stages, from simple to complex. In the first stage, a client's "credit rating" was evaluated with fuzzy linguistic qualifiers. In the second stage, a fuzzy relationship matrix was created based on the "subjective evaluation" score and "credit rating" with fuzzy propositions. In the third stage, a fuzzy inference system was designed. Credit rating and subjective evaluation criteria were used as the system inputs, and the "credit tolerance" was used as the system output. Then the problem was solved with graphs manually and also MATLAB automatically.

The effect of the subjective evaluation on the risk tolerance could be easily observed with this approach. It became practical for the bank staff to determine risky customers as the final decision-making step was standardized and automated.

In real-life applications, this type of system can be designed based on the crediting policies of the senior management and the information collected from the branches of a bank. It supports the bank's final decision process. It will not only ensure the same result for similar loan applications between the branches by standardizing the decision process but also reduce human errors and risk of bad loans.