



**KREDİ DEĞERLENDİRMESİ İÇİN BULANIK KARAR AĞAÇLARI
TABANLI BİR KARAR DESTEK SİSTEMİ**

Hilal GÜR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR BİLİMLERİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2018

Hilal GÜR tarafından hazırlanan “KREDİ DEĞERLENDİRMESİ İÇİN BULANIK KARAR AĞAÇLARI TABANLI BİR KARAR DESTEK SİSTEMİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Bilgisayar Bilimleri Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Öğr. Gör. Dr. Oktay YILDIZ

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Başkan : Prof. Dr. Ebru AKÇAPINAR SEZER

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Hacettepe Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye : Doç. Dr. Mehmet ATAK

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Tez Savunma Tarihi: 27/06/2018

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr. Aslıhan TÜFEKÇİ

Bilişim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Hilal GÜR

27/06/2018

KREDİ DEĞERLENDİRMESİ İÇİN BULANIK KARAR AĞAÇLARI TABANLI BİR KARAR DESTEK SİSTEMİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Hilal GÜR

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

Haziran 2018

ÖZET

Hızla gelişen dünyada, üretim ve tüketimin artması ile bankalardan alınan kredilerin oranında bir artış olmuştur. Bu artış ile bankalar daha çok iş yükü ve sorumluluk altına girmişlerdir. Günümüzde kredi değerlendirme işlemleri banka personeli ya da bankalar tarafından oluşturulan klasik kredi değerlendirme yöntemleri ile yapılmaktadır. Bugüne kadar yapılan yöntemlerin eksik, yetersiz, taraflı ve çok zaman alan yöntemler olduğu tespit edilmiştir. Bu eksiklikler göz önüne alınarak etkin, hızlı ve yüksek doğrulukta çözüm sunabilecek bir karar destek sistemi tasarlanmıştır. Çözüm yöntemi olarak bulanık mantık ve karar ağaçları melez yöntemi önerilmiştir. Önerilen model belirlenen bir bankadaki gerçek veriler üzerinde test edilmiştir. Testlerin sonucunda %100 oranında bir başarı elde edilmiştir. Önerilen kredi değerlendirme karar destek sistemi bugüne kadar yapılan en yüksek doğrulukta çalışmış çalışmadır. Ayrıca her kredi türü için rahatlıkla kullanılacak oldukça esnek ve kolay uygulanabilir bir sistemdir.

Bilim Kodu : 92420
Anahtar Kelimeler : Bulanık mantık, karar destek sistemi, karar verme, karar ağaçları, kredi değerlendirme, kredi analizi
Sayfa Adedi : 71
Danışman : Dr. Oktay YILDIZ

A DECISION SUPPORT SYSTEM BASED ON FUZZY DECISION TREE FOR
CREDIT EVALUATION SYSTEM

(M. Sc. Thesis)

Hilal GÜR

GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF INFORMATICS

June 2018

ABSTRACT

Along with the increase in production and consumption in the rapidly developing world, the rate of loans from banks has also increased. With this increase, the banks have more workload and responsibility. Nowadays, classical credit evaluation procedures made by banks or bank personnel are being used for evaluation. It has been determined that the methods up to now are incomplete, inadequate, biased and very time consuming methods. Taking these shortcomings into consideration, a decision support system designed to provide effective, fast and high accuracy solutions has been designed. Fuzzy logic and decision trees hybrid method are proposed as a solution method. The proposed model has been tested on actual data provided from a selected bank. At the end of the tests 100% success was achieved. The proposed credit evaluation decision support system has been the most accurate work ever made. It is also a very flexible and easy-to-use system that can be easily used for any type of loan.

Science Code : 92420
Key Words : Fuzzy logic, decision support system, decision making, decision trees, credit evaluation, credit analysis
Page Number : 71
Supervisor : Dr. Oktay YILDIZ

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım, katkı ve yönlendirmeleriyle beni destekleyen danıőmanım Sayın Dr. Oktay YILDIZ' a sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Tez çalıőmam boyunca yardımlarını eksik etmeyen Mustafa KOCAKAYA' ya ve Dilan MERT' e teşekkür ederim.

Hayatımın her anında yanımda olan ve desteğini esirgemeyen aileme ve Ahmet Faruk ERTÜRK' e sevgi ve őükranlarımı sunarım.



İÇİNDEKİLER

| | Sayfa |
|---|--------------|
| ÖZET | iv |
| ABSTRACT..... | v |
| TEŞEKKÜR..... | vi |
| İÇİNDEKİLER | vii |
| ÇİZELGELERİN LİSTESİ..... | ix |
| ŞEKİLLERİN LİSTESİ | x |
| RESİMLERİN LİSTESİ | xii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR..... | xiii |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 2. LİTERATÜR TARAMASI | 3 |
| 3. KREDİ DEĞERLENDİRME SÜRECİ..... | 7 |
| 3.1. Kredi Değerlendirme Süreci | 7 |
| 3.2. Kredi Değerlendirme Riskleri..... | 9 |
| 3.3. Kredi Değerlendirme Modeli..... | 9 |
| 3.4. Kredi Türleri | 10 |
| 3.4.1. Ticari krediler | 11 |
| 3.4.2. Konut kredisi | 11 |
| 3.4.3. Tüketici kredisi..... | 11 |
| 3.4.4. Tarımsal krediler | 12 |
| 3.5. Türkiye’deki Durum | 12 |
| 4. KARAR DESTEK SİSTEMLERİ | 15 |
| 4.1. Karar Ağaçları..... | 16 |
| 4.2. Bulanık Mantık | 26 |
| 4.2.1 Bulanıklaştırma(Fuzzification)..... | 29 |

Sayfa

| | |
|---|-----------|
| 4.2.2. Kuralların belirlenmesi (Rule evaluation)..... | 30 |
| 4.2.3. Çıkış kurallarının toplanması | 31 |
| 4.2.4. Durulaştırma (Defuzzification) | 31 |
| 4.3. Analitik Hiyerarşi Süreci | 36 |
| 5. TARIMSAL KREDİ İÇİN KARAR DESTEK SİSTEMİ..... | 41 |
| 5.1.Tarımsal Kredi Veri Seti..... | 41 |
| 5.2. Bulanık Mantık ve Karar Ağaçları İle Kredi Değerlendirme Sistemi | 42 |
| 5.2.1.Sistem modeli | 44 |
| 5.2.2.Değerlendirme kriterleri | 46 |
| 5.2.3.Kriterler için üyelik fonksiyonu | 46 |
| 5.2.4.Önerilen model senaryoları | 50 |
| 6. DENEYSEL SONUÇLAR VE İRDELEME | 57 |
| 7. SONUÇ | 65 |
| KAYNAKLAR | 67 |
| ÖZGEÇMİŞ | 71 |

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

| Çizelge | Sayfa |
|--|--------------|
| Çizelge 4.1. AHS standart tercih tablosu | 47 |
| Çizelge 5.1. Kriterler ve üyelik fonksiyonu değerleri..... | 47 |
| Çizelge 6.1. Yöntemler için deneysel sonuçlar..... | 58 |
| Çizelge 6.2 Senaryo I için hata matrisi | 59 |
| Çizelge 6.3. Senaryo II için hata matrisi..... | 59 |
| Çizelge 6.4. Senaryo III için hata matrisi | 59 |
| Çizelge 6.5. Karar ağaçları ve bulanık mantık ile elde edilen sonuç başarımlar tablosu.... | 62 |
| Çizelge 6.6. Karar ağaçları ile elde edilen sonuç başarımlar tablosu..... | 62 |
| Çizelge 6.7. Bulanık mantık ile elde edilen sonuç başarımlar tablosu..... | 63 |

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

| Şekil | Sayfa |
|---|--------------|
| Şekil 3.1. Türkiye’deki bankalar tarafından yıllara göre verilen kredi miktarları | 7 |
| Şekil 3.2. Bankalardaki kredi değerlendirme süreci | 8 |
| Şekil 3.3. Klasik kredi değerlendirme modeli | 10 |
| Şekil 3. 4. Türkiye’deki konut kredisi miktarının yıllara göre dağılımı | 11 |
| Şekil 3.5. Türkiye’deki tüketici kredisi miktarının yıllara göre dağılımı | 12 |
| Şekil 3.6. Türkiye’deki tarımsal kredilerin miktarının yıllara göre dağılımı..... | 12 |
| Şekil 4.1. Karar destek sistemi modeli..... | 15 |
| Şekil 4.2. Üçgensel üyelik fonksiyonu | 27 |
| Şekil 4.3. Klasik ve bulanık küme fonksiyon grafikleri | 28 |
| Şekil 4.4. Bazı üyelik fonksiyon grafikleri | 29 |
| Şekil 4.5. Bulanık mantık adımları | 29 |
| Şekil 4.6. Sıcaklık değerlerinin üyelik fonksiyonu ile bulanıklaştırılması | 30 |
| Şekil 4.7. Alanların merkezi yöntemi grafiği..... | 32 |
| Şekil 4.8. En büyük üyelik ilkesi grafiği..... | 33 |
| Şekil 4.9. Ağırlıklı ortalama yöntemi grafiği..... | 33 |
| Şekil 4.10. Ortalama en büyük üyelik grafiği | 34 |
| Şekil 4.11. Toplamların merkezi yöntemi..... | 34 |
| Şekil 4.12. En büyük alanın merkezi | 35 |
| Şekil 4.13. En büyük ilk veya son üyelik derecesi grafiği..... | 36 |
| Şekil 4.14. En küçük üyelik derecesi grafiği | 36 |
| Şekil 5.1. Önerilen sistem modeli..... | 45 |
| Şekil 5.2. Aylık gelir kriteri için üyelik fonksiyonu | 48 |
| Şekil 5.3. Mal varlığı kriteri için üyelik fonksiyonu..... | 48 |
| Şekil 5.4. Borç miktarı kriteri için üyelik fonksiyonu | 49 |
| Şekil 5.5. Daha önce takibi var mı kriteri için üyelik fonksiyonu | 49 |

| Şekil | Sayfa |
|--|--------------|
| Şekil 5.6. Kredi kartı ödeme alışkanlığı kriteri için üyelik fonksiyonu..... | 50 |
| Şekil 5.7. Senaryo I için oluşturulan karar ağacı | 51 |
| Şekil 5.8. Senaryo II için oluşturulan karar ağacı | 53 |
| Şekil 5.9. Senaryo III için oluşturulan karar ağacı..... | 54 |
| Şekil 6.1.Önerilen modelin üç senaryo için çizilen ROC eğrileri..... | 60 |



RESİMLERİN LİSTESİ

| Resim | Sayfa |
|---|--------------|
| Resim 4.1. Karar ağaçları pseudocode..... | 26 |



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılan kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

| Kısaltmalar | Açıklama |
|--------------------|--------------------------------------|
| AG | Aylık Gelir |
| BM | Borç Miktarı |
| BMY | Bulanık Mantık Yöntemi |
| DOTV | Daha Önce Takibi Var mı? |
| KAY | Karar Ağaçları Yöntemi |
| KDS | Karar Destek Sistemi |
| KKOA | Kredi Kartı Ödeme Alışkanlığı |
| MV | Mal Varlığı |
| TKDS | Tarımsal Kredi Değerlendirme Sistemi |

1. GİRİŞ

Tüketimin artması ile hazır ve toplu paraya olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Kişiler veya kurumların çoğu bu ihtiyaçlarını bankalardan kredi alarak karşılamaktadırlar. Bu durum bankalar için önemli bir gelir kaynağıdır. Çünkü verilen krediler faiz ile geri alınmaktadır. Burada hem bankalar hem de kredi kullanan kişiler arasında karşılıklı bir fayda vardır. Ancak bu sistem riskli ve önemli bir karar verme bir sistemidir. Bankaların hangi müşteriye kredi verilir hangisine verilmez kararını vermesi zor ve önemli bir karardır.

Bankalarda kullanılan gelişmiş bir kredi verme sistemi bulunmamaktadır. Klasik birkaç parametreye bakılarak yapılan bir değerlendirme ile banka personelinin denetiminde kredi verme işlemi gerçekleşmektedir. Bu durum, kredinin istenilen düzeyde doğru kullanılmamasına neden olmaktadır. Günümüz teknolojisinde bu sistemin artık yeterli olmadığı tespit edilmiştir. Daha hızlı, kolay uygulanabilir, güvenilir ve tarafsız karar verebilen sistemlere ihtiyaç vardır. Bu ihtiyaç doğrultusunda araştırma yapılarak, bankalardaki kredi verme süreçleri detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Literatürde bu konu ile ilgili yapılan çalışmalar değerlendirilmiş ve çalışmalardaki eksiklikler tespit edilmiştir. Bu çalışmalar doğrultusunda, etkili ve yüksek doğrulukta çözüm sunabilecek esnek bir çözüm modeli oluşturulması hedeflenmiştir. Ortaya konulacak çalışmanın insandan bağımsız sistematik bir şekilde kullanılması ile tarafsız bir değerlendirme yapması amaçlanmıştır. Tüm bu değerlendirmeler ve araştırmalar neticesinde bulanık mantık ve karar ağaçlarını birlikte kullanan, güçlü ve kullanıcıdan bağımsız, otomatik bir karar destek sistemi önerilmiştir. Bu karar destek sistemi ile oluşabilecek riskler en aza indirilmeye çalışılmıştır.

Burada sunulan tez kapsamında ikinci bölümde, önerilen model ile ilgili bugüne kadar yapılan çalışmalar anlatılmıştır. Literatürdeki karar verme problemleri ve çözüm yöntemleri incelenmiştir. Üçüncü bölümde kredi değerlendirme sistemi ele alınmıştır. Bugüne kadar uygulanan kredi değerlendirme uygulamaları anlatılmıştır. Bu uygulamalardaki eksikliklerden bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde karar destek sistemleri incelenmiştir. Çalışma mantığı ve nasıl uygulandığı anlatılmıştır. Karar destek sistemleri

için uygulanan yöntemlerden bulanık mantık ve karar ağacı yöntemi detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

Beşinci bölümde literatürde bulunan çalışmalar ışığında, tez kapsamında ele alınan tarımsal kredi değerlendirme(TKD) için karar destek sistemi(KDS) yer almaktadır. Altıncı bölümde, ele alınan problem ile ilgili deneysel çalışma detaylı bir şekilde anlatılarak sonuçlar irdelenmiştir. Gerçek bir bankadan alınan veriler ile ilgili yapılan testlerin sonuçları bu kısımda yer almaktadır. Yedinci bölümde ise sonuçlar tartışılmıştır.

Sunulan tez kapsamında detaylı bir literatür taraması yapılarak konu ile ilgili birçok bilimsel çalışmanın olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmalar detaylı bir şekilde incelenerek hangi alanlarda hangi yöntemler ile çözümler sunulduğu ve bu çözümlerin başarı oranları irdelenmiştir. Bu incelemeler doğrultusunda birçok yöntemin, problemlerin çözümüne ışık tuttuğu ancak bazı eksiklikleri olduğu tespit edilmiştir.

Literatürde bugüne kadar sunulan çözüm yöntemleri, birçok karışık ve zor karar verme problemleri üzerinde denenmiştir. Bu yöntemler, bulanık mantık, yapay sinir ağları, karar ağaçları, Bayes teoremi, destek vektör makineleri, çok katmanlı sinir ağları, AHS(Analitik Hiyerarşi Süreci) şeklindedir. Bu yöntemler birçok karar verme yöntemi üzerinde test edilmiş ve belirli oranlarda çözümler elde edilmiştir. Her yeni çalışma ile bir önceki yıllara oranla iyileştirmeler yapılmış ve nasıl daha iyi sonuçlar alınabilir kısmı tartışılmıştır.

Hazırlanan tez kapsamında bugüne kadar yapılan çalışmaların başarılı yönleri ele alınırken eksiklikleri de tespit edilerek en iyi çözüm modeli önerilmeye çalışılmıştır. Tez çalışması boyunca birçok deneysel test ile çözüm yöntemleri test edilmiş ve iyileştirmeler ile en iyi çözüm modeli sunulmuştur. Bu model, bulanık mantık ve karar ağaçları yöntemi birlikte kullanılarak tasarlanmıştır. Belirlenen bu iki yöntemin literatürde tespit edilen ve ayrıca deneysel çalışmalarda da gözlenen eksik yönleri göz önüne alınarak birlikte kullanılması daha uygun görülmüştür. Bu sayede birbirlerinin eksik yönlerini tamamlayan bu yöntemlerle en ideal sonuca ulaşılmaya çalışılmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Literatürde karar verme problemleri için birçok yöntem ve sistem modeli önerilmiştir. Bu yöntemler, bulanık mantık, yapay zeka yöntemleri, uzman sistemler, AHS (Analitik Hiyerarşi Süreci), karar ağaçları şeklinde çoğaltılabilir.

Barbados'ta West Indies Üniversitesinde klasik doğrusal olmayan yöntemlerin artan kredi değerlendirme veri kümeleri için yetersiz olduğu ve oldukça yavaş çalıştığı tespit edilmiştir [1]. Bu tespitten ardından kümelenmiş destek vektör makinesini kullanarak kredi skorlaması sistemi geliştirilmiştir. Yakın zamanda tasarlanan bu algoritma, klasik doğrusal olmayan destek vektör makinesi (SVM) tabanlı sınıflandırma yöntemleriyle ilişkili literatürde belirtilen bazı kısıtlamaları ele almıştır. Bu kısıtların giderilmesi ve kredi değerlendirmesinin hızlı ve yüksek doğrulukta yapılabilmesi için bir model önerilmiştir. Önerilen modelde karar ağaçları lojistik regresyon, sinir ağları, destek vektör makinesi ve doğrusal regresyon gibi yöntemler kullanılmıştır. 700 örnekten oluşan Alman ve Barbados kredi skorlama veri kümesi kullanılarak önerilen model test edilmiştir. Yapılan testler sonucunda en yüksek %70 lik başarı elde edilebilmiştir.

Kredi değerlendirmesi adına yapılan çalışmalardan bir diğeri de geri yayılım algoritması ile eğitilmiş MLP sinir ağlarına dayanan bir kredi değerlendirme sistemidir. Çok Katmanlı Perceptron (MLP) sinir ağları, otomatik kredi puanlama sistemlerinde yüksek doğruluk ve verimlilik ile yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu uygulama, geri yayılım algoritması ile eğitilmiş MLP sinir ağlarına dayanan daha yüksek doğrulukta bir kredi puanlama modeli sunmaktadır. Bu model de kullanılan alman kredi veri setine göre %87 lik kayda değer bir başarı elde edilmiştir [2].

2016 yılında Azerbaycan Bakü şehrindeki Odlar Yurdu Üniversitesinde bireysel krediler için bulanık mantık tabanlı bir kredi değerlendirme sistemi önerilmiştir. Müşterilere bireysel kredi verme kararının birçok ülkedeki banka için önemli bir problem olduğu tespit edilmiştir. Özellikle kişilere verilen kredilerin işletmelere verilen kredilerden daha riskli olduğu ve bu yüzden de bu kararın doğru ve güvenilir bir şekilde alınması gerektiği çalışmanın temel amacını oluşturmuştur. Önerilen modelde, müşterilerin geliri, kredi geçmişi, istihdam, karakter ve teminat durumu değerlendirme kriterleri olarak seçilmiştir. Bu kriterleri bulanık mantık değerlendirme sistemine göre modelledikten sonra 729 adet

kural belirlenerek çıktılar elde etmişler. Belirlenen sonuçlar Azerbaycan'daki belirlenen bankaların çalışma sistemine göre elde edilmiştir. Elde edilen çıktılar düşük orta ve yüksek şeklinde dilsel sonuçlara dayandırılmıştır [3].

Yapılan bir başka çalışmada Bayes karar teorisi ve bulanık mantık kullanılarak tüketici kredileri limit değerlendirmesi problemi için bir çözüm önerilmiştir. Önerilen bu çalışmada amaç klasik yöntemlerden farklı olarak, tüketici kredileri için bir limit belirleyebilmektir. Doğru ve dinamik bir kredi limiti belirlemek oldukça önemli bir problemdir. Geleneksel olarak bu problem için puan kartlarından faydalanılmaktadır. Bu çalışmada da yanlış sınıflandırma hatasını en aza indirmek ve daha doğru bir kredi limiti stratejisi için, geleneksel puan kartları yerine Bayes karar kuramı kullanılabileceği öne sürülmüştür. Bunun için istatistiksel olarak bağımsız simülasyonlardan kaynaklanan frekans olasılığını kullanarak sınıf koşullu yoğunluk fonksiyonlarını tahmin etmek için bir modelleme çerçevesi algoritması önerilmiştir. Ayrıca, özellik vektörü içindeki sürekli değişken bileşenler için, yeni bir girişinin sınıf üyeliği, bulanık mantık kullanılarak atanmıştır. Bu modelin sağlam kullanışlı ve anlaşılır bir model olduğu öne sürülmüştür. Önerilen yöntemler tüketici kredisi için bir çözüm önerisi sunmaktadır [4].

Literatürde yapılan bir diğer çalışma da Gana'daki mikro finans kurumlarında müşterilere verilen kredilerin geri alınmasında kredi puanlama sistemi için bulanık mantık yaklaşımı ile puanlama önerilmiştir. Çünkü birçok mikro finans kurumunun bu geri ödemelerde başarısız oldukları tespit edilmiş ve klasik yöntemlerin işe yaramadığı gözlenmiştir. Buradaki amaç, mikro finans Kurumları arasındaki kredi temerrüdünü azaltmak ve bu kurumların varlıklarını sürdürebilmeleri için kredi puanlamalarında bulanık bir yaklaşımla çözüm sağlamaktır. Araştırmada üçlü birleşimsel girdi değişkenleri üçlü üyelik fonksiyonu, bir çıktı değişkeni ve bir değerlendirme modelinin geliştirilmesinde yirmi yedi adet bulanık kural kullanılmıştır [5].

Literatüre bakıldığında kredi değerlendirme, limitlendirme veya puanlama ile ilgili birçok bilimsel çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalardaki ortak amaç en doğru sonuca en kısa zamanda ve en az maliyet ile objektif bir şekilde ulaşabilmek olmuştur. Literatürdeki bu çalışmaların hepsi olumlu ve kayda değer başarılı sonuçlar veren çalışmalardır. Ancak yapılan çalışmalar tek bir kredi çeşidi için ya da sadece kendi bölgelerindeki problemlere çözümler sunmuşlardır. Bir başka açıdan baktığımızda hiçbir çalışmada %100 lük bir

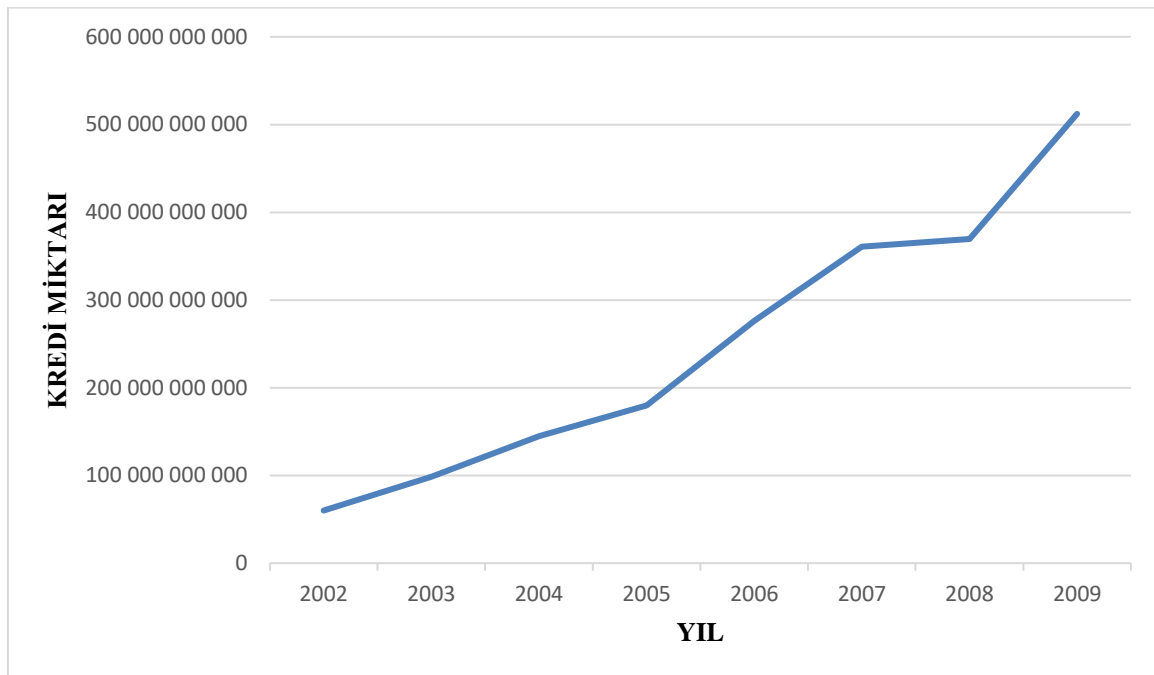
başarıdan söz edilemez. Genel olarak değerlendirildiğinde bu çalışmalar klasik yöntemlere göre kayda değer çözümler sunsalar da birçok eksikleri vardır. Hazırlanan bu tez kapsamında, literatürdeki eksikliklerin incelenmesi ile ihtiyaçlar doğrultusunda, genel geçer kurallara en uygun, en objektif ve en doğru kararları verebilen bir çözüm önerilmektedir.





3. KREDİ DEĞERLENDİRME SÜRECİ

Krediler, ihtiyaç sahiplerine, geri ödenmek şartıyla verilen para olarak tanımlanır. Kelime anlamı olarak itimat etmek inanmak anlamına gelen bu kavram sürecinde karşılıklı güven oldukça önemlidir. Günümüzde kredi verme işlemleri devlet bankaları veya özel bankalar tarafından yapılmaktadır. Şekil 3.1. de yıllara göre artış gösteren tüm kredi çeşitleri için kredi kullanım artışı mevcuttur. Buna göre artış oranının her geçen yıl bir önceki yıla oranla daha çok arttığı tespit edilmiştir.



Şekil 3.1. Türkiye'deki bankalar tarafından yıllara göre verilen kredi miktarları

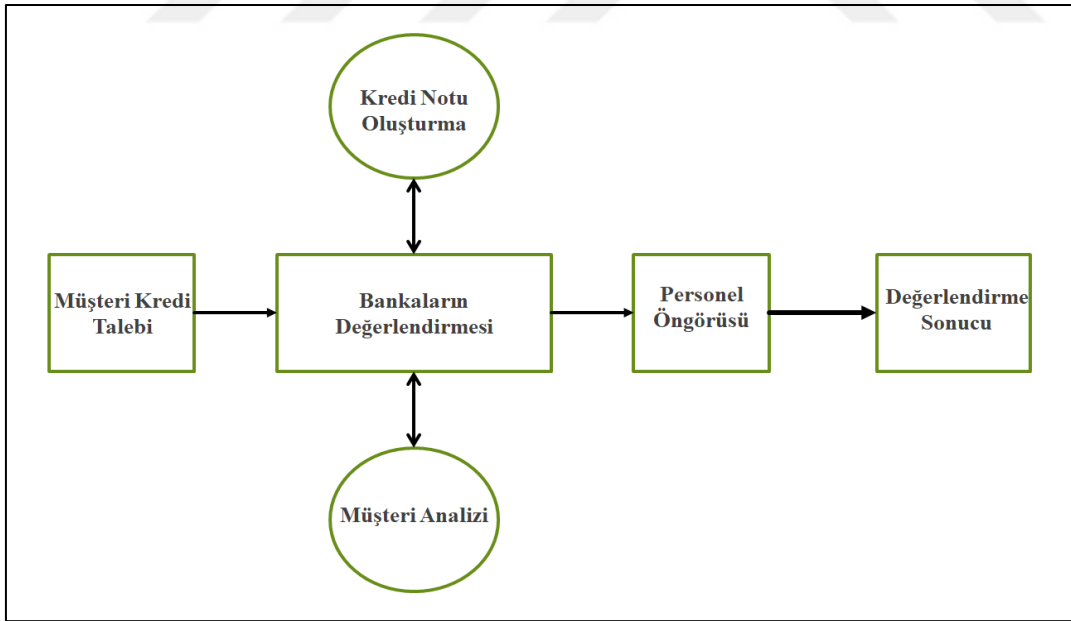
Bankalarda kullanılan birçok kredi çeşidi vardır. Bunlar tarımsal, ticari, bireysel, konut, ihracat, yatırım, mesleki, kamu, özel vs. şeklindedir. Krediler amacına göre, miktar ve ödeme şekli olarak da çeşitlilik gösterebilir.

3.1. Kredi Değerlendirme Süreci

Kredi değerlendirme süreci bankalardaki kredi birimleri tarafından yürütülen önemli bir süreçtir. Birçok kredi çeşidi olduğu için bu kredi birimleri de kendi içinde birimlere ayrılmaktadır. Kredi işlemleri bu birimlerdeki personeller tarafından, her kredi tipi için ayrı birçok uygulama ile yürütülmektedir. Çünkü her kredi için oluşacak şartlar, kredi miktarı ve ödeme şekilleri farklılık gösterebilir.

Kredi değerlendirme süreci büyük bir hassasiyetle yönetilmesi gereken kritik ve riskli bir süreçtir. Kredi miktarına ve çeşidine göre bu risklerin oranı değişebilir. Bu süreçte, karşılıklı güveni sağlamak oldukça zor ve göreceli bir durumdur. Bu yüzden bankaların belirlediği birtakım prosedürler ve uygulamalar ile müşterilerin analiz edilmesi gerekmektedir.

Kredi tipine göre kredi miktarı ve müşteri analiz etme yöntemleri değişkenlik gösterebilir. Bu süreçte şekil 3.2. de modellendiği gibi öncelikle kredi miktarı müşteri tarafından bankalara bildirilir. Ardından bankalar istenilen kredi tipine göre kredi değerlendirme sürecini başlatır. Bu süreçte bankalar tarafından belirlenen kriterlere göre müşteri analiz edilir. Bu oldukça uzun bir süreçtir. Belirlenen kriterler ışığında müşteri analiz edildikten sonra analizi yapan banka personeli tarafından son bir değerlendirme yapılarak müşteri için kredi verilip verilemeyeceği kararı verilir. Burada banka personelinin veya banka müdürünün, hatta genel müdürün inisiyatifinin söz konusu olduğu örnekler mevcuttur. Böyle durumlarda tarafsız ve gerçek bir değerlendirmeden söz edilemez. İşte bu süreçte karşımıza çıkan en sıkıntılı durumlarından biri tarafsızlığın ihlal edilmesidir.



Şekil 3.2. Bankalardaki kredi değerlendirme süreci

Müşterileri tarafsız ve doğru bir şekilde değerlendirmek oldukça zordur. Her ne kadar belirlenen kriterler ışığında bir değerlendirme yapılsa da tam anlamıyla tarafsızlıktan söz

edilemez. Bugüne kadar uygulanan sistemdeki en önemli eksikliklerden biri bu tarafsızlığın sağlanamamasıdır.

Sonuç olarak kredi değerlendirme süreci oldukça kritik ve önemli bir karar verme sürecidir. Bu süreçte bütün durumlar analiz edilmeli, hızlı ve tarafsız bir karar verme işlemi yapılmalıdır. Özel veya kamu bankalarının hepsinde bu süreç bazı klasik uygulamalarla veya banka personelinin değerlendirmesi ile yapılmaktadır. Bu yüzden bütün durumları dikkate alabilen, hızlı, tarafsız ve doğru sonuçlar verebilen bir karar destek sistemine ihtiyaç vardır.

3.2. Kredi Değerlendirme Riskleri

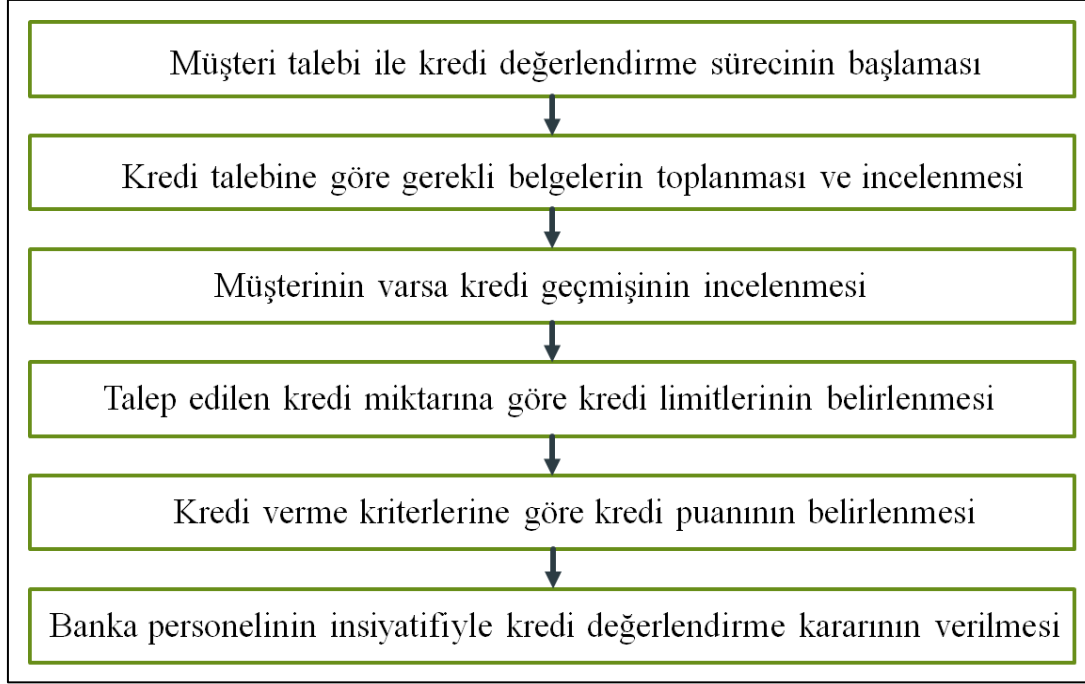
Kredi değerlendirme sürecinde birçok risk vardır. Bunların başında bankaların uygun olmayan müşterilere yüksek miktarda kredi vermesi ve bu yanlış değerlendirmeden dolayı geri ödemeyi sağlayamayarak zarar etmesi gelir. Bir diğer risk ise kredi değerlendirme sürecini yöneten banka personelinin rüşvet vb. işlerle haksız ve yanlış bir değerlendirme yapması ve bankaya zarar vermesidir. Yine bu süreçte kredi masrafı adı altında müşteriden gereksiz yere fazla para talep edilen durumlarda olabilir.

Kredi riskleri sadece bankalar için değil müşteriler içinde mevcuttur. Eğer bir müşteri doğru bir şekilde analiz edilmez ve ödeyemeyeceği oranda bir kredi ile kredilendirilirse ortaya büyük sıkıntılar çıkabilir. Böyle durumlarda müşteriler ihtiyaçlarını karşılamak yerine ellerindeki mal varlığından da olabilirler. Bu durum müşteriye kefil olan kişileri de etkiler.

3.3. Kredi Değerlendirme Modeli

Günümüz kredi değerlendirme modelleri genel olarak ele alındığında sürecin ilk sırasında müşteri talebi yer almaktadır. Yani ilk başta ihtiyacı olan kişi kredi çeşidine göre bankalara talepte bulunur. Ardından banka tarafından başvuru yapan kişi hakkında araştırma süreci başlar. Bu süreç içerisinde de müşteriden birtakım belgeler istenir. Bu belgeler kredi çeşidine göre değişiklik gösterebilir. Bu sürecin başarıyla tamamlanması ve bir engel çıkmaması durumunda müşterinin eğer varsa kredi geçmişi incelenir. Bu adımda sorunsuz bir şekilde tamamlandıktan sonra istenilen miktar üzerinden kullanılacak kredi limitleri

değerlendirilir. Bu değerlendirme yapılırken kredi çeşidine göre belirlenen kredi verme kriterleri dikkate alınır. Bu kriterlere göre kredi talep eden kişinin kredi borcunu ödeyip ödeyemeyeceği, klasik mantık kurallarına göre ve banka personellerinin de inisiyatifleri doğrultusunda belirlenir. Eğer kişi borcunu ödeyebilir sonucuna varılırsa müşteri kredilendirilir. Aksi durumda ya kredi verilmez ya da daha az miktarda kredi verilir.



Şekil 3.3. Klasik kredi değerlendirme modeli

Kredi değerlendirme modelleri kredi çeşidine ve miktarına göre değişiklik gösterebilir. Ancak genel anlamda süreç şekil 3.3. de anlatılan modele göre işlemektedir. Temel olarak belirlenen kriterlere göre bir değerlendirme yapılır. Bu değerlendirmeye göre kredi puanı oluşturulur ve kredi verilip verilemeyeceği kararı belirlenir. Bu kararın belirlenmesinde banka personelinin ve kişinin kredi geçmişinin de etkisi vardır.

3.4. Kredi Türleri

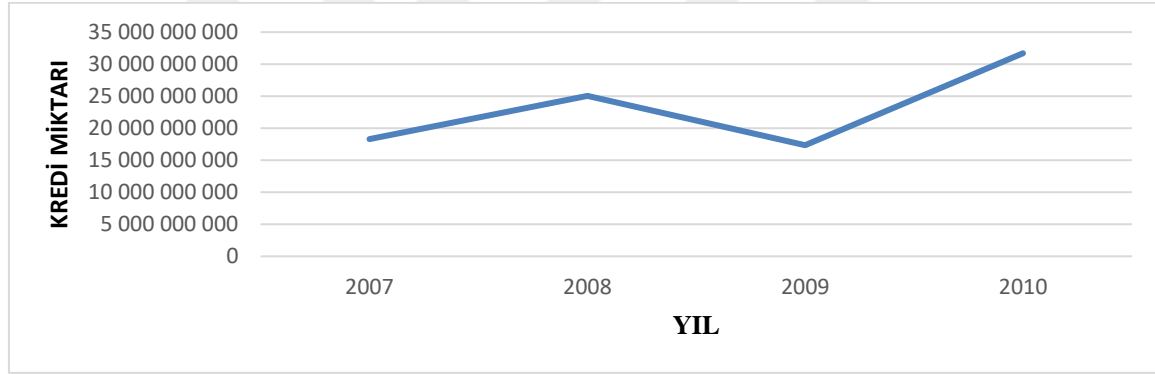
Krediler, vadelerine ve çeşitlerine göre ikiye ayrılır. Vadelerine göre krediler, kısa, orta ve uzun vadeli krediler olarak değerlendirilir. Çeşitlerine göre krediler ise, tarımsal krediler, ticari krediler, konut kredileri, tüketim kredileri, taşıt kredileri vs. şeklinde ihtiyaca ve talebe göre çoğaltılabilir.

3.4.1. Ticari krediler

Bireysel olarak alınamayan, mutlaka bir firmaya sahip olunmak şartıyla başvuru kredi türüdür. Büyük, küçük veya orta ölçekli firmaların ihtiyaçlarını veya borçlarını karşılamak için temin ettikleri bu krediler adından da anlaşılacağı üzere ticari bir fayda sağlar. Sadece borç veya ihtiyaç amaçlı değil yatırım amaçlı da kullanılabilir.

3.4.2. Konut kredisi

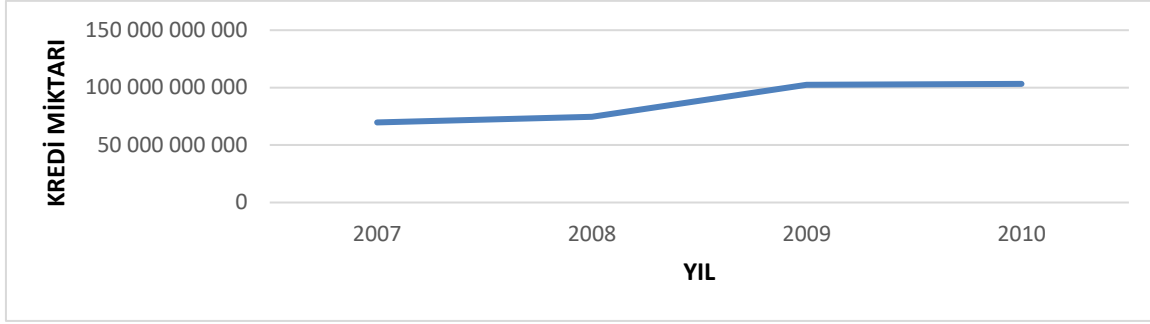
Konutun banka tarafından teminat altına alınması ile verilen kredi türüdür. Bireysel olarak da kullanılan yaygın bir kredi çeşididir. Türkiye’de yıllara göre verilen konut kredisi miktarları şekil 3.4. de gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Türkiye’deki konut kredisi miktarının yıllara göre dağılımı

3.4.3. Tüketici kredisi

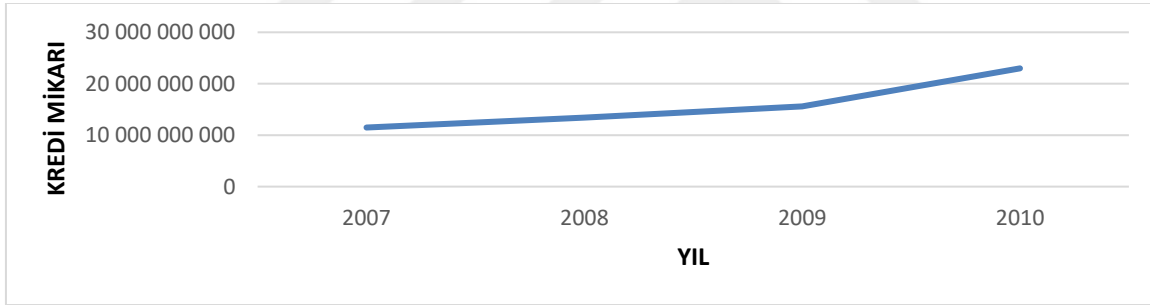
Adından da anlaşılacağı üzere belirli bir tüketim karşılığında kullanılan kredilerdir. Örneğin eğitim, evlilik gibi belirlenen ihtiyaçların karşılanması için sadece bireysel olarak alınabilen yani kurum veya kuruluşlara verilmeyen kredi türüdür. Türkiye’de yıllara göre verilen tüketici kredisi miktarları şekil 3.5. de gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Türkiye’deki tüketici kredisi miktarının yıllara göre dağılımı

3.4.4. Tarımsal krediler

Tarım sektörünün yoğun ve başlıca geçim kaynaklarından olduğu ülkelerde sıklıkla kullanılan kredi türüdür. Amaç tarıma ve çiftçiye destek olunması ve tarımsal kalkınmanın sağlanmasıdır. Çiftçinin tarımsal ihtiyaçların karşılamak üzere verilir. Türkiye’de yıllara göre verilen tarımsal kredi miktarları şekil 3.6. de gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Türkiye’deki tarımsal kredilerin miktarının yıllara göre dağılımı

3.5. Türkiye’deki Durum

Ülkemiz gelişmekte olan bir ülkedir ve ekonomisinin büyük bir bölümünü tarım oluşturmaktadır. Son yıllarda yaşanan değişimlerden tarım sektörü de kendine düşen payı almıştır. 2017 yılında yayınlanan Türkiye Tarım Raporuna göre son 40 yılda tarım dış ticareti küresel bazda 25 kat artış göstermiştir. Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı’ndan yapılan açıklamalara göre, Türkiye’nin 2017 yılı itibariyle 186 ülkeye 18 milyar dolar değerinde sattığı 730 çeşit tarımsal ürün ihraç ettiğini bildirilmiştir. Yaklaşık 11,5 milyar dolar liralık da ithalatımız vardır. Türkiye tarımsal hasıla ve ihracat bakımından net bir ihracat yapan ülke durumundadır. Tüm bu istatistikler göz önüne alındığında elimizdeki bu ekonomik kaynağın devamlılığının sağlanması adına çiftçilerin maddi olarak

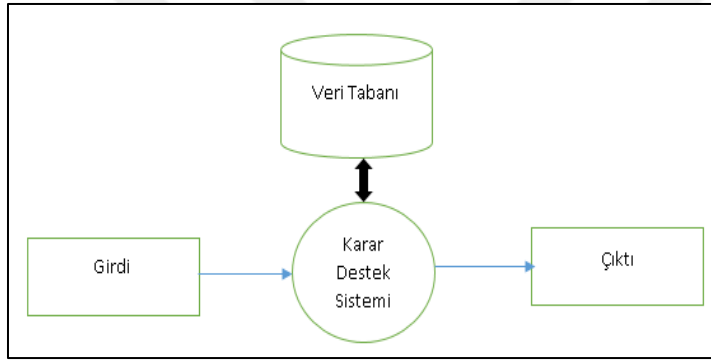
desteklenmesi gerekmektedir. Bu destekler bankalar tarafından verilen krediler ile sağlanabilir. Bu yüzden ülkemizde tarımsal krediye olan ihtiyaç oldukça fazladır.

2018 yılı itibari ile tarımsal kredi faiz oranlarının düşürülmesi ve insanların tarım arazilerini kullanmaya teşvik edilmesi ile orantılı olarak çiftçilerin kredi kullanım sıklıklarında artış olacaktır. Ülkemizde birçok il ve ilçede tarımsal kredi kullanma sıklığının oldukça yüksek olduğu gözlemlendiği için tez kapsamında sunulan bu çalışma bankalar açısından kullanışlı ve kolay bir yöntem olarak tercih edilebilir ve uygulanabilir. Artan taleplerin doğru bir şekilde karşılanması ile hem kredi geri ödeme riski önlenmiş olur hem de müşterilerin ihtiyaçları karşılanmış olur. Kredi verme kararının etkin ve doğru bir şekilde belirlenmesi, müşteri ilişkileri, banka yıllık karı ve personel motivasyonu için de oldukça önemlidir.



4. KARAR DESTEK SİSTEMLERİ

Karar verme problemi, çözülmesi gereken ve sıklıkla karşımıza çıkan önemli bir problemdir. Bu tarz problemlerin çözümünde amaç tüm durumları değerlendirirken aynı zamanda tarafsız ve güvenilir bir şekilde karar verebilmektir. Tarafsız bir karar verme sözü konusu olduğunda insan faktörünü saf dışı bırakmak gerekir. Karar vermenin tamamen bağımsız bir sistem tarafından yapılması bu konuda önemlidir. Her durumun değerlendirilmesi konusunda ise arka planda tüm durumları ele alabilen bir mantık sistemi olmalıdır. İşte bu mantık sistemi için tasarlanan ve günümüzde sıklıkla karşımıza çıkan sistemlere karar destek sistemleri(KDS) denir.



Şekil 4.1. Karar destek sistemi modeli

KDS karar verme problemlerini çözmeye dayalı tarafsız karar verebilen ve tüm durumları değerlendirebilen sistemlerdir. Buradaki mantık aslında insanlardaki karar verme mekanizmasını makinalara aktarmaktır. Yani insan gibi her durumu düşünebilen, durumlar arasında geçiş yapabilen ama tarafsız karar verebilen sistemler tasarlamak temel amaçtır. Günümüzde birçok karar verme problemi bu sayede çözüme kavuşturulmaktadır. Burada bahsi geçen karar verme problemleri oldukça karmaşık ve tek seferde klasik matematiksel yollarla çözülemeyecek tarzdeki problemlerdir.

KDS veri kaynaklı çalışan sistemlerdir. Bir sonuç elde etmek için mutlaka sisteme veri girmek gerekir. Burada veriler sistem için girdileri oluşturur. Bu girdilerin belirlenen KDS yöntemine göre işlenmesi ile çıkışlar elde edilir. KDS'nin çalışma mantığında girdilerin işlenmesi ve çıktıların elde edilmesi mantığı vardır. Bu sayede girdilere göre karar verme mekanizması çalışır ve sonuç olarak bir karar üretilir [6].

KDS'ler için kullanılacak yöntem probleme göre değişiklik gösterebilir. Amaç sisteme en doğru kararı verdirecek bir model oluşturmaktır. Bu yüzden öncelikle problem iyi analiz edilmelidir. Elimizde sağlam bir veri kaynağının olması gerekir. Eğer doğru veriler ile çalışmazsak sistem doğru kararlar veremez. Sonucu etkileyen en önemli faktörlerden biri budur.

Problemin detaylı bir şekilde analiz edilmesinden sonra problemin çözümü için en uygun yöntemin tercih edilmesi gerekir. Bunu yaparken literatürden ve uzmanlardan faydalanabiliriz. Yapılan çalışmalar incelenerek benzer problemler için geliştirilen çözüm yöntemlerini kullanabiliriz. En iyi ve doğru sonuca ulaşmak için birkaç yöntem belirleyip bu yöntemlerden en iyi sonucu veren yöntemi tespit edebiliriz. Bu sayede bir kıyaslama yaparak etkin ve yüksek doğrulukta sonuçlar elde edebiliriz. Bunun dışında birbiri ile uyumlu çalışabilecek iki veya daha fazla yöntemi birleştirerek daha esnek ve uygulanabilir KDS'ler oluşturabiliriz. Bu sayede birleştirilen yöntemler birbirlerinin eksikliklerini tamamlar ve en doğru sonuca ulaşılır.

Günümüzde birçok alan da KDS'den faydalanılmaktadır. Bu alanlar, savunma sanayi, finans sektörü, askeri teknolojiler, yapay zeka uygulamaları, sağlık sektörü, bankacılık uygulamaları, eğitim, endüstri vs. şeklinde çoğaltılabilir. Bu alanlarda uygulanmakta olan KDS'ler için birçok yöntem kullanılabilir. Bu yöntemler, bulanık mantık, yapay zeka yöntemleri, uzman sistemler, AHS (Analitik Hiyerarşi Süreci), karar ağaçları şeklinde çoğaltılabilir.

4.1. Karar Ağaçları

1960'lardan sonra ortaya çıkan bu yöntem sınıflandırma ve tahmin için karar verme problemlerinde sıklıkla kullanılan ve kolay anlaşılabilen yaygın bir yöntemdir. Ağaç yapısındaki bu algoritma tüme varım mantığı ile çalışır.

Karar ağaçları(KA) yöntemi içinde birçok algoritma vardır. Bu algoritmalarından bazıları, ID3, C4.5, C5.0, CART, Towing, Gini, CHAID, QUEST, Klasik karar ağaçları şeklindedir.

ID3 Algoritması

Açılımı Iterative Dichotomiser 3 şeklinde olan bu algoritma Türkçeye tekrarlı ikilikçi ağaç olarak çevrilmektedir. 3 sayısı ise İngilizcedeki “tree” yani ağaç kelimesine yakın olduğu için kullanılmıştır [7].

J.R. Quinlan, tarafından 1986 yılında geliştirilen bu algoritma (top-down: kökten alt dallara doğru) ve greedysearch (sonuca en yakın durum) tekniklerini kullanmaktadır [8]. Entropiye dayalı bir sınıflandırma algoritmasıdır. Entropi, rastgele değere sahip bir değişken veya bir sistem için belirsizlik ölçütüdür. Bu belirsizlik ölçütünün bilinmesi için enformasyon kavramını bilmek gerekir. Enformasyon, rastsal bir olayın gerçekleşmesi halinde ortaya çıkan bilgi ölçütüdür. Bir süreç için entropiyi tanımlamak gerekirse, tüm örnekler tarafından içerilen enformasyonun değeridir diyebiliriz. Burada eşit olasılıklı durumlara sahip sistemler yüksek belirsizliğe sahiptirler. Shannon, bir sistemdeki durum değişikliğinde, entropideki değişimin enformasyon boyutunu tanımladığını öne sürmüştür. Buna göre bir sistemdeki belirsizlik arttıkça, bir durum gerçekleştiğinde elde edilecek enformasyon boyutu da artacaktır. Shannon enformasyon formülünü aşağıdaki şekilde ifade etmiştir.

$$I(x) = \log_2 \frac{1}{P(x)} = -\log P(x) \quad (4.1)$$

Formülde gösterilen P bir olayın ya da durumun gerçekleşme olasılığını ifade eder.

Shannon ‘a göre entropi iletilen bir mesajın enformasyon değeri olduğunu belirtmiş ve entropiyi aşağıdaki formüller ile ifade etmiştir.

$$E(I(x)) = \sum_{1 < i < n}^n P(x_i) \cdot I(x_i) \quad (4.2)$$

$$E(I(x)) = \sum_{1 < i < n}^n P(x_i) \cdot \log_2 \frac{1}{P(x)} \quad (4.3)$$

$$E(I(x)) = -\sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i \quad (4.4)$$

Bu algoritmadaki temel amaç ağacı sürekli ikiye bölerek ağacın derinliğini azaltmak ve en az dağılımla karar verebilen ağaçlar oluşturmaktır. Sadece kategorik verilerle çalışabilen

bu ağaç algoritması, verileri belirlenen niteliğe göre parçalara böler. Her bir adımda verinin belirlenen özelliğine göre hangi işlemin yapılacağına karar verilir.

Normalde çok fazla kombinasyon vardır. Ancak en az düğümler ve yaprak ile ağacı oluşturabilmek gerekir. Bunun için önce sınıf niteliğinin entropisi hesaplanır. Ardından özellik vektörlerinin sınıfa bağımlı entropileri hesaplanır. Daha sonra ise sınıf niteliğinin entropisinden tüm özellik vektörlerinin entropisi çıkartılarak her özellik için kazanç ölçütü hesaplanır. Kazanç hesabından sonra en büyük kazançta sahip özellik vektörü o iterasyon için dallanma düğümü olarak seçilir.

C4.5 ve C5.0 Algoritmaları

C4.5 algoritması sayısal değerlere sahip nitelikler ile karar ağacı oluşturmak için Quinlan tarafından geliştirilmiş bir algoritmadır. ID3 Algoritmasının devamı niteliğindeki C4.5. algoritması entropi ve bilgi kazancı (Information gain) hesabına dayandırılır. ID3 algoritmasından farkı nümerik değerlerin kategorik değerler haline dönüştürülmesidir. Ayrıca budama işleminin yapılması da C4.5 algoritmasını ID3 algoritmasından ayıran temel bir özelliktir. Entropi, rastgeleliği, belirsizliği ve beklenmeyen durumun ortaya çıkma olasılığını gösterir. Eğer örneklerin tamamı düzenli / homojen ise entropisi sıfır olur [9]. Burada en büyük bilgi kazancını sağlayacak şekilde bir eşik değeri tanımlanır. Eşik değeri belirlemek için tüm değerler sıralanır ve ikiye bölünür. Böylece nitelikteki değerler eşik değere göre iki kategoriye ayrılmış olur [10].

$$t_i = \frac{V_i + V_{i+1}}{2} \quad (4.5)$$

C5.0 algoritması ise C4.5. algoritmasının geliştirilmiş halidir. Büyük veri setlerinde tercih edilen bir algoritmadır. Bu algoritmalar doğruluğu arttırmak için Boosting algoritmasını kullanır [11]. Bu iki algoritma biçim olarak aynıdır ancak C5.0. daha hızlı bir algoritmadır ve daha düzgün ağaç yapıları oluşturmaktadır.

Her iki algoritma için tanımlanan adımlar şu şekildedir:

1. Her adımda bütün özelliklerin kontrol edilmesi
2. Her kriter için normalize edilmiş bilgi kazancının hesaplanması

3. En iyi bilgi kazancını veren özelliğin karar ağacına eklenmesi
4. Bütün yollar için bu adımların tekrar edilmesi

CART algoritması

1984 yılında önerilen bu algoritma 1970'lerde önerilen ve ilk karar ağacı olma özelliğini taşıyan Morgan ve Sonquist'in AID (Automatic Interaction Detection) adlı karar ağacı algoritmasının devamı niteliğindedir. Classification and Regression Trees yani sınıflandırma ve regresyon ağaçları olan bu algoritma sınıflandırma ve regresyon problemlerinde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir.

CART algoritmasında üç temel adım vardır.

1. Maksimum ağacı oluşturmak
2. Ağacın derinliğini belirlemek
3. Test verilerini ağaca uygulamak

Birinci adımdaki amaç en saf ve en iyi bölme durumunu elde etmektir. Bunun için iki önemli algoritma kullanılmaktadır. İkili sınıflandırmalar için kullanılan bu algoritmalar Gini Algoritması ve Towing algoritmasıdır. Gini algoritmasında temel amaç her adımda en büyük veri kümesini elde etmektir. Böylece en iyi bölme durumu belirlenmiş ve gereksiz kısımlar ayıklanmış olur. Towing algoritması daha dengeli bir yapı sunarak kök ve yavru düğümlerin %50 sini içerir. Bu yüzden Gini algoritmasına göre daha yavaştır.

Sürekli tipteki veriler üzerinde de çalışan CART algoritması regresyon adı verilen yöntemle belirli aralıktaki değerlere göre sınıflandırma yapabilir. Böylece belirli aralıktaki sürekli değerler incelenmiş olur.

İkinci adımda ağacın derinliği belirlenirken bir düğümün sahip olacağı kayıt sayısına göre işlem yapılır. Bu değere ulaşıldığında algoritmadaki durdurma kuralı çalışır.

Gini indeksinden yararlanan CART ağacı, kuruluş aşamasında herhangi bir durma kuralı olmaksızın sürekli olarak bölünerek büyümektedir. Artık yeni bir bölünmenin gerçekleşmeyeceği durumda, bu sefer, uçtan köke doğru budama işlemi başlatılır. Budamanın tamamlanmasının ardından ağaç oluşur. Amaç nominal ve sayısal değerler için homojen bir ağaç yapısı oluşturulmaktır.

CART algoritmasında dallanma kriterleri için ID3 algoritması gibi entropiden faydalanılır. Burada kök düğümün oluşmasının yanı sıra belirlenen düğümün hangi noktasından ikiye ayrılması gerektiği de hesaplanır. Böylece hem dallanma için en uygun değişken hem de bu değişkenin hangi şekilde iki farklı gruba ayrılacağı belirlenmektedir.

C_j sınıfına ait bir kaydın sağda veya solda olma olasılığı:

$$P(C_j | T_L) - P(C_j | T_R) \quad (4.6)$$

Herhangi bir düğümdeki k dallara ayırma kriteri $\Psi(k/t)$ olarak gösterilirse:

$$\Psi(k/t) = 2PLPR \sum_{j=1}^M |P(C_j | tL) - P(C_j | tR)| \quad (4.7)$$

CART algoritmasında dallara ayırma kriterleri hesaplanırken kayıp veriler önemsenmez. Hesaplanan $\Psi(k/t)$ değerleri içinden en büyük değere sahip nokta düğüm olarak seçilir ve aynı işlemler diğer karar ağacı algoritmalarında olduğu gibi tüm yapraklara ulaşıncaya kadar devam ettirilir.

Toving Algoritması

Toving algoritmasında eğitim kümesi için ayrılan veriler her adımda ikiye ayrılarak bölünme yapılmaktadır. Burada bir t düğümü için sağ ve sol olmak üzere iki ayrı dal bulunur. Bu kümeler $t_{sağ}$ ve t_{sol} olarak adlandırılır. Bu bölünmeler için $P_{sağ}$ ve P_{sol} olasılıkları hesaplanmalıdır.

$$P_{sol} = x/y \quad (4.8)$$

Burada x ifadesi t_{sol} daki her bir nitelik değerinin ilgili nitelik sütunundaki tekrar sayısı, y ifadesi ise eğitim kümesindeki kayıtların sayısını ifade etmektedir.

$$P(j / t_{sol}) = z / w \quad (4.9)$$

Yukarıdaki formülde z ifadesi t_{sol} daki kayıtların j sınıf sayısını, w değeri ise t_{sol} daki her bir nitelik değerinin ilgili nitelik sütunundaki tekrar sayısını gösterir.

Bu algoritmada her bir bölünme için birde uygunluk değeri hesaplanmalıdır. Uygunluk değeri en yüksek olan tercih edilir. Bu değer ilgili olduğu bölünme satırı bize dallanmanın yapılacağı satırı bildirir. Denklem 4.10 da verilen $\Phi(s/t)$ formülü ile hesaplanır[12].

$$\Phi(s/t) = 2P_{sol}P_{sağ} \sum_{j=1}^n |P(C_j | tsol) - P(C_j | tsağ)| \quad (4.10)$$

GINI Algoritması

İkili bölünmeler şeklinde gerçekleşen bir sınıflandırma yöntemidir. Bu algoritma ikili yinelemeli bölümlenme için oldukça sık kullanılan yaygın bir algoritmadır. Algoritmanın temeli, nitelik değerlerinin sol ve sağ olarak ikili bölünmeler şeklinde ayrılmasına dayanır. Algoritmanın uygulama adımlarını incelediğimizde ilk adımda nitelik değerlerinin her biri ikili bölünmeler olacak şekilde sınıflanır. Bu sayede elde edilen sağ ve sol bölümlere karşılık gelen sınıf değerleri gruplandırılır. Her bir düğümle ilgili sağ ve sol bölünmeler için ayrı ayrı hesaplamalar yapılmalıdır.

Her bir nitelik ile ilgili sağ ve sol bölünmeler için gini değerleri aşağıdaki formül ile ifade edilmektedir.

$$\text{Gini sol} = 1 - \sum_{i=1}^k (L_i | tsol)^2 \quad (4.11)$$

$$\text{Gini sağ} = 1 - \sum_{i=1}^k (R_i | tsağ)^2 \quad (4.12)$$

Buradaki L_i soldaki i grubunun örneklerinin sayısını R_i ise sağdaki i grubunun örneklerinin sayısını ifade eder. K ifadesi sınıf sayısını gösterirken T düğümdeki örnekleri ifade eder. T_{sol} , soldaki örneklerin $T_{sağ}$, sağdaki örneklerin sayısını ifade eder.

Son olarak j niteliği için n eğitim kümesindeki kayıt sayısını ifade ettiğinde her j niteliği için bir gini değeri hesaplanmış olur.

$$\text{Gini}_j = 1/n(|T_{sol}| \text{Gini}_{sol} + |T_{sağ}| \text{Gini}_{sağ}) \quad (4.13)$$

Hesaplanan gini değerlerinden en küçük olanı tercih edilerek bölümlenme işlemi bu nitelik üzerinden yapılır.

CHAID algoritması

CHAID (Chi-squared Automatic Interaction Detector; Ki-kare Otomatik İlişki Tarayıcısı), optimal bölünmelerin teşhisi için ki-kare istatistiğini kullanan bir yöntemdir. İstatistiksel bir testin anlamlılığını kriter olarak kullanarak bir potansiyel ön kestirici değişkenin tüm değerlerini değerlendirir. Hedef değişkene veya aynı anlama gelmek üzere bağlı değişkene göre homojen olarak değerlendirilen tüm değerleri birleştirir ve diğer tüm değerleri heterojen (benzer olmayan) olarak değerlendirir. Ardından, karar ağacındaki ilk dalın formuna göre en iyi ön kestirici değişkenin seçilmesiyle, her bir düğümün seçilen değişkenin homojen değerlerinin bir grubunu oluşturmasını sağlar. Bu süreç, ağaç tamamıyla büyüene kadar sürer. Kullanılan istatistiksel test, hedef değişkenin ölçüm düzeyine bağlıdır [11].

Bu algoritma sürekli olmayan kategorik veriler için kullanılan bir algoritmadır. Algoritmanın temelinde verilerin birbirine benzer alt gruplara ayrılması yatar. Her bir veri için oluşturulan kategoriler ile gruplaşan veriler bir önceki grubun özeti şeklinde olur. Kategorilerin oluşturulması tamamlandıktan sonra birleştirme işlemi yapılır ve tablolar oluşturulur. Tabloların oluşturulması ile x^2 dediğimiz istatistikleri hesaplanarak veriler birbirleri ile karşılaştırılır ve alt kategorilere ayırma işlemi yapılır. Bu işlem için kullanılan x^2 kare analizi ile adımsal olarak uygulanan benzer kategorileri birleştirme işlemi değişkenler arasında daha fazla birleştirme sağlanamayacağına istatistiksel olarak karar verilinceye kadar devam eder. Daha sonra bu alt gruplar tekrar analiz edilerek bölünmeler oluşturulur ve x^2 testine göre tablolar oluşturulur. Bu sayede önemli veriler ve bağımlı verilerle olan ilişki tespit edilir. Burada anlatılan değişkenlerin bölünmeye uygun olup olmadığına Bonferroni düzeltilmiş p değeri kullanılarak karar verilmektedir[13]. Burada bahsi geçen Benferonni yaklaşımı her bir grubun ortalama vektörlerinin genel ortalama vektöründen farkının sıfır olup olmadığını araştırmaya dayanır. Genel ortalama vektörü X ve her grubun i . değişkene göre ortalama vektörleri X_G aşağıdaki denklemde belirtildiği gibi gösterilir.

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ x_p \end{bmatrix} \quad X_1 = \begin{bmatrix} x_{11} \\ x_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ x_{p1} \end{bmatrix} \quad X_2 = \begin{bmatrix} x_{12} \\ x_{22} \\ \cdot \\ \cdot \\ x_{p2} \end{bmatrix} \dots \dots \dots X_G = \begin{bmatrix} x_{1g} \\ x_{22} \\ \cdot \\ \cdot \\ x_{pg} \end{bmatrix} \quad (4.14)$$

Yukarıdaki her grubun ortalama vektörünün genel ortalama vektöründen farkları ise aşağıdaki denklemde gösterildiği şekildedir.

$$d_1 = X_1 - X = \begin{bmatrix} x_{11} \\ x_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ x_{p1} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ x_p \end{bmatrix} \dots\dots\dots d_g = X_g - X = \begin{bmatrix} x_{1g} \\ x_{2g} \\ \cdot \\ \cdot \\ x_{pg} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ x_p \end{bmatrix} \quad (4.15)$$

Gruplar için değişimi gösteren W matrisi ise:

$$W = \sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - X_i)(X_{ij} - X_i)' \quad (4.16)$$

denklemleri ile hesaplanmaktadır. Burada g grup sayısını n_i ise i. gruptaki birim sayısını temsil etmektedir. Her bir değişken için gruplar ikiye ayrılarak dikkate alınır ve eşitlik (1) ile i. değişken için elde edilen aralığın sıfır değerini içerip içermediği kontrol edilir. Eğer aralık içerisinde sıfır değeri yer alıyorsa, ilgili gruplar arasında istatistiksel olarak manidar bir farklılığın olmadığı, aksi durumda gruplar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak manidar olduğu şeklinde yorum yapılır (Özdamar, 2004).

QUEST algoritması

QUEST (Quick unbiased efficient statistical tree) algoritması 1997 yılında Loh ve Shih adlı iki bilim adamı tarafından geliştirilmiş olan karar ağacı algoritmasıdır. Hem kategorik verilerin hem de sayısal verilerin sınıflandırılmasında kullanılan etkili bir sınıflandırma yöntemidir.

Bu algoritma ikili karar ağacı kullanan bir sınıflandırma algoritmasıdır. Burada ağaç oluşturulurken değişken seçimi ve bölünme ayrı ayrı yapılır. CHAID VE CART algoritmalarında bu işlem eş zamanlı olarak yapılmaktadır. Bu algorithmada amaç hesaplama maliyetini azaltmaktır.

Quest algoritmasında amaç verilerin işlemini her düğümde yapmak yerine sadece bir kere ağacın büyüme aşamasında yapmaktır. Böylece derin ağaçlar değil geniş ağaçlar üretilir ve aynı anda birçok yaprak oluşturulabilir.

Quest algoritmasının uygulamasında açıklayıcı değişken eğer kayıp değere sahipse bu değişken ile en çok ilişkili olan diğer değişkenler kayıp değerlerin gireceği gruba tahmin etmek amacı ile kullanılır. Burada kullanıcı kayıp değerleri doldurmak amacı ile kullanılabilir maksimum açıklayıcı değişken sayısını tanımlayabilir. Ağacın büyütülme aşamasında hedef değişken ile ilişkisi en yüksek açıklayıcı değişken seçilme işlemi olan splitting yapılır. Bu sayede p değeri hesaplanırken açıklayıcı değişken kategorik ise ki-kare, range tipinde ise F testi kullanılır. En küçük p değeri hesaplanırken ise kullanıcı tarafından belirlenen α değeri ile karşılaştırma yapılarak hesaplanır. Ağacın birleştirilmesi aşamasında ise tahmin edici kategorik ise Quadratic discriminant, sayısal ise 2 Means Clustering algoritması kullanılır.

Quest algoritmasında büyütülen ağaç için bir takım durdurma kriterleri ya da kuralları tanımlanmalıdır. Yapraklardaki her bir nodun durma kriterlerinden en az bir tanesine uyması durumunda ağacın büyümesi durdurulur. Buradaki durdurma kuralları aşağıda tanımlanmıştır.

- İlgili noda ait tüm kayıtların hedef değişken veya tüm açıklayıcı değişken değerlerinin aynı olması
- Ağacın derinliğinin “maksimum ağaç derinliği” değerine ulaşması
- İlgili noddaki kayıt sayısı “minimum parent node boyutu” değerinden düşük olması
- İlgili nodu bölmek amaçlı seçilen açıklayıcı değişkene ait “çocuk node” daki kayıt sayısının “minimum çocuk node sayısı” değerinden düşük olması
- Splitting işleminde kullanılan p değerinin α split değerinden küçük olması
- Split yapma amacıyla seçilen değişkenin ağacın performansına yapacağı katkının yeterli olmaması

Ağacı tamamladıktan sonra birde budama işlemi yapmak gerekir. Amaç gereksiz büyüyen ağacı en küçük hale getirebilmektir. Budama olarak isimlendirilen bu işlem en alt düğümlerden başlanarak yapılmaktadır. Her bir küçültme işlemi yapıldığında komplike bir ağaç kullanmanın maliyeti ile kazancı arasında bir karşılaştırma yapılır.

Klasik Karar Ağaçları

Klasik karar ağaçları, karar verme problemlerinde sıklıkla kullanılan, karar noktaları olan düğümlerden ve karar dalları denilen karar verme adımlarından oluşan karar verme yöntemidir. En tepede bulunan düğüm kök düğümü temsil eder. Kökten yapağa her düğümde bir kriter bulunur [1]. Burada önemli olan kök düğümü belirleyebilmektir. Kök düğümü belirlemek için belirlenen sınıflandırma kriterleri arasında kazanç değeri hesaplanır.

Karar ağaçlarında kazancı en yüksek olan kriter kök düğümü oluşturur. Bu şekilde kazanç değerlerine göre ağacın yapısı şekillenir. Giriş verilerinin test edildiği iç karar düğümleri ve dallarla şekillenen ağaç uç yapraklara ulaşınca tamamlanır. Yani iç karar düğümleri ile sorulan sorular dallarla cevaplandırılarak en son kategori tespitinde uç yapraklar oluşturulur ve ağaç tamamlanmış olur.

Bir sınıfa ait olasılık $P_i=(C_i/T)$ olarak alınırsa, sınıflara ait entropi:

$$\text{Entropi}(T) = - \sum_{i=1}^n (P_i \cdot \log_2(P_i)) \quad (4.17)$$

şeklindedir.

Herhangi bir niteliğe ait entropi değeri hesabı:

$$\sum_{i=1}^n (T_i/T) \cdot \text{Entropi}(T_i) \quad (4.18)$$

şeklindedir.

Nitelikler için elde edilecek kazanç:

$$\text{Kazanç}(B,T) = \text{Entropi}(T) - \sum_{i=1}^n (T_i/T) \cdot \text{Entropi}(T_i) \quad (4.19)$$

şeklindedir.

```

Fonksiyon( $D, Attributes, Target$ )
(1)  $t = createNode()$ 
(2)  $label(t) = mostCommonClass(D, Target)$ 
(3) IF  $\forall(x, c(x)) \in D : c(x) = c$  THEN  $return(t)$  ENDIF
(4) IF  $Attributes = \emptyset$  THEN  $return(t)$  ENDIF
(5)  $A^* = \operatorname{argmax}_{A \in Attributes} (informationGain(D, A))$ 
(6) FOREACH  $a \in A^*$  DO
     $D_a = \{(x, c(x)) \in D : x|A^* = a\}$ 
    IF  $D_a = \emptyset$  THEN
         $t' = createNode()$ 
         $label(t') = mostCommonClass(D, Target)$ 
         $createEdge(t, a, t')$ 
    ELSE

```

Resim 4. 1. Karar ağaçları pseudocode

Resim 4.1 de t değeri oluşturulacak ağacı temsil eder. Eğer ağaç için kullanılacak herhangi bir attribute (kriter) yoksa program sonlanır. Aksi durumda oluşacak ağaç için attributes (kriterler) değerleri için bilgi kazancı (information gain) hesaplanır. Daha sonra elde edilen tüm kazançlar döngüye sokularak bilgi kazancı değerine göre tek tek ağacın yaprakları oluşturulur. Döngü sonunda ağaç oluşturulmuş olur.

Karar ağaçları çoğu zaman başarılı sonuçlar verse de kullanım alanı sınırlıdır. Bu yüzden seçilen problem iyi analiz edilmeli ve ona göre bu yöntem tercih edilmelidir. Burada önerilen çalışmada klasik karar ağaçları kullanılarak kurallar oluşturulmuş ve buna göre sonuçlar bulanık mantık yöntemi ile değerlendirilmiştir.

4.2. Bulanık Mantık

Klasik Aristo mantığında çözümler 0 ya da 1, var ya da yok, evet ya da hayır gibi kesin sınırlar içindedir. Bu mantık ile birçok problem çözülebilir ancak bu mantığın yetmediği, eksik kaldığı, çok daha karmaşık ve geniş aralıkta değerlendirilmesi gereken problemler vardır. İşte bu tarz problemler için geliştirilen yeni mantık sistemi bulanık mantıktır. Bulanık mantık klasik mantığın genişletilmiş halidir.

Bulanık mantık kavramı 1965'te bilim adamı Lütü Aliasker Zadeh tarafından ortaya atılmıştır. Bulanık mantık (Fuzzy Logic), insanların tam belirgin olmayan düşünme yeteneğine benzeyen bir mantık sistemidir. İnsan gibi düşünme olgusu esas alınarak, bu düşünce matematiksel fonksiyonlara dönüştürülmüştür. Amaç klasik mantıktan farklı olarak daha geniş ve doğru aralıklardaki çözümleri bulabilmektir. Klasik mantıkta çözüm 0 ya da 1 iken bulanık mantıkta 0-1 aralığı çözüm olarak değerlendirilir. Bazı ifadeleri kesin sonuçlar ile ayıramadığımız ve kesin yargılar arasında kalan durumlarda değerlendirme yapabilmek için bulanık mantık yöntemi kullanılmalıdır.

Bulanık Küme Kuramı

Bulanık mantığın matematiksel olarak ifade edildiği, temel kurallarının ve fonksiyonlarının açıklandığı kuramdır. Örneğin, bir X evrensel kümesinde, \tilde{A} bulanık kümesi için üyelik fonksiyonu:

$\mu_{\tilde{A}}(x): X \rightarrow [0,1]$ şeklinde tanımlanır [14].

Üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{A}}(x): R \rightarrow [0,1]$ olan " \tilde{A} " için;

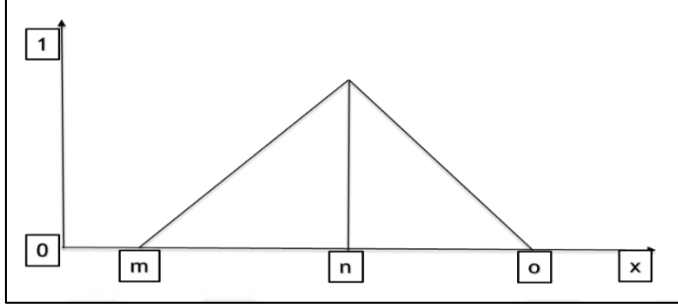
- $\mu_{\tilde{A}}(x)$, Reel sayılar kümesinden 0,1 kapalı aralığına bir sürekli fonksiyondur
- $\mu_{\tilde{A}}(x)$ bir konveks bulanık altkümedir
- $\mu_{\tilde{A}}(x_0) = 1$ yapan bir x_0 sayısı vardır [14].

Üçgensel bulanık sayılar için \tilde{A} kümesi $\tilde{A}=[m,n]$ aralığında tanımlanırsa eğer $\mu_{\tilde{A}}(x)$ denklem 4.20'deki denklem formülüyle gösterilebilir. Bu sayıları $m < n < o$ şeklinde tanımladığımız zaman: m olası en küçük, n olabilesi en fazla, o ise olası en büyük sayı olarak değerlendirilir.

$$\mu_{\tilde{A}}(x) \begin{cases} 0 & x < m \\ (x - m)/(n - m) & m \leq x \leq n \\ (o - x)/(o - n) & n \leq x \leq o \\ 1 & x < m \end{cases} \quad (4.20)$$

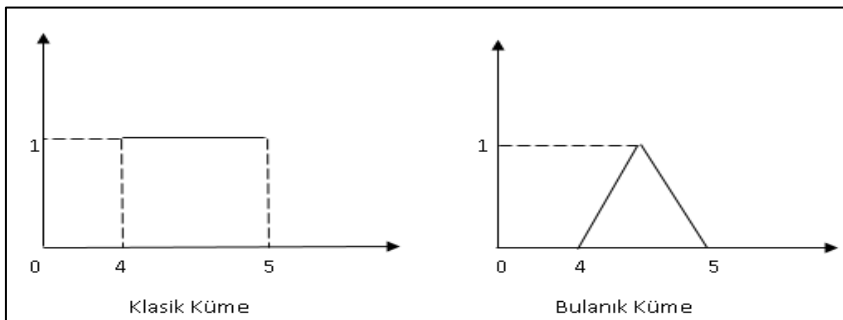
Denklem 4.20'de üçgensel üyelik fonksiyonu yer almaktadır.

4.20’de tanımlanan küme $\tilde{A} = (m,n,o)$ şeklindedir. $\mu_{\tilde{A}}(x)$ ise üçgensel üyelik fonksiyonunu temsil eder. Burada n normal değer olarak tanımlanır. Bulanık mantıkta bir z katsayısına bağlı, 0-1 aralığında uygun olan değerler fonksiyona atanmalıdır. Burada anlatılan komşuluk Şekil 4.2.’de gösterilmiştir.



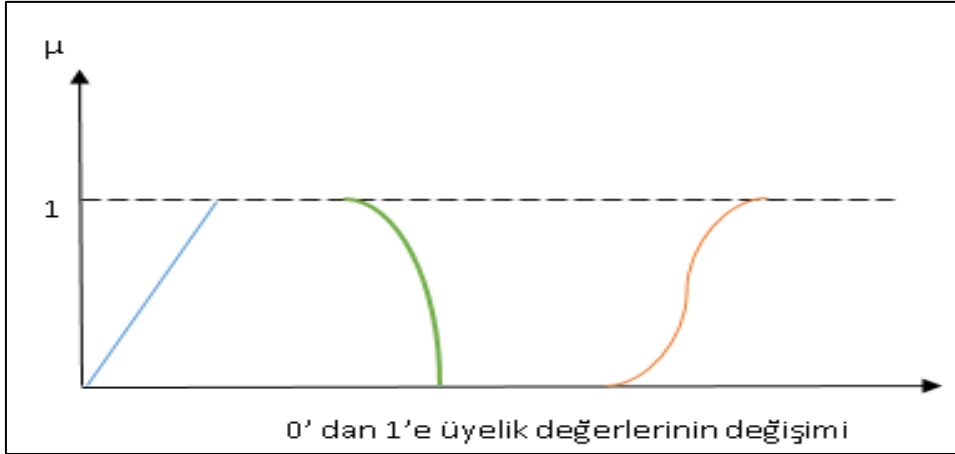
Şekil 4.2. Üçgensel üyelik fonksiyonu

Üyelik fonksiyonu bulanık mantığın temelini oluşturan çözüm yoludur. Klasik kümelerde bir elemanın kümeye ait olma durumu yani üyeliği 1 veya 0 dır. Eleman kümeye aittir ya da değildir. Her iki durum arasında herhangi bir üyelik derecesi gibi bir durumdan söz edilemez. Bulanık mantıkta ise durum biraz daha farklıdır. 0-1 aralığında sonsuz tane üyelik bulunabilir. İşte bu sebepten çok daha geniş sonsuz üyelikten oluşan bir aralıkta değerlendirme yapılabilmektedir. Bulanık küme kuramını klasik kuramdan ayıran en önemli nokta burasıdır.



Şekil 4.3. Klasik ve bulanık küme fonksiyon grafikleri

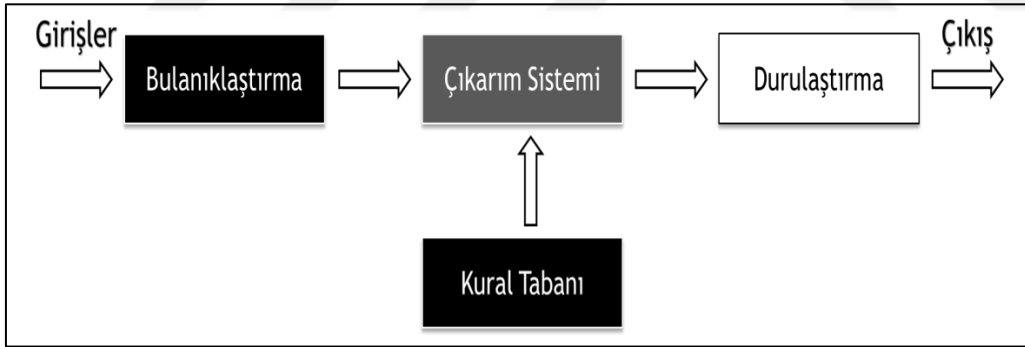
Üyelik fonksiyonları problemin durumuna göre çeşitlilik gösterebilir. Üçgensel, yamuk, Gauss, Cauchy, S ve Z Sigmoid üyelik fonksiyonları şeklinde birçok üyelik fonksiyonu çeşidi vardır. Bu fonksiyonların grafiksel gösterimi şekil 4.4. de gösterildiği gibidir. Hangi fonksiyonun tercih edileceği probleme göre değişiklik gösterebilir.



Şekil 4.4. Bazı üyelik fonksiyon grafikleri

Bulanık mantık temelde 4 adımdan oluşmaktadır. Bu adımlar şu şekildedir.

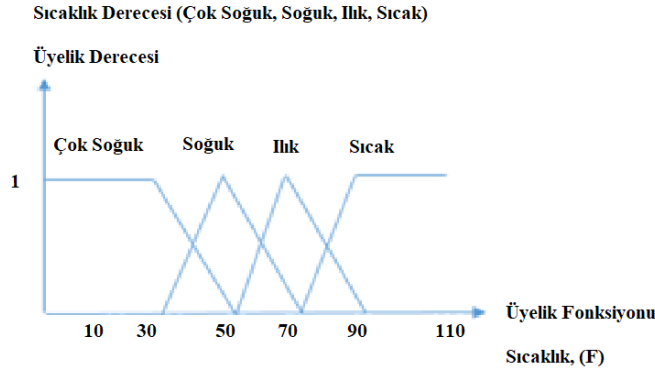
1. Bulanıklaştırma (Fuzzification)
2. Kuralların değerlendirilmesi (Rule Evaluation)
3. Çıkış kurallarının Toplanması (Aggregation of RuleOutput)
4. Durulaştırma ya da berraklaştırma (Defuzzification)



Şekil 4.5. Bulanık mantık adımları [15]

4.2.1 Bulanıklaştırma(Fuzzification)

Bulanık mantık için belirlenen sayısal giriş ve çıkışların sembolik ifadelerle dönüştürülme işlemidir. Burada belirsizlik içeren kavramlara değer ataması yapılır. Bu değer aralıkları için 0 ile 1 arasında üyelik derecesine sahip olacak şekilde üyelik fonksiyonları tespit edilir. Üyelik fonksiyonları kullanılarak bulanıklaştırma işlemi yapılmaktadır.



Şekil 4. 6. Sıcaklık değerlerinin üyelik fonksiyonu ile bulanıklaştırılması

Üyelik fonksiyonları belirlenirken bulanık mantığın temeli olan linguistik (sözel) değişkenlerden faydalanılmaktadır. Örneğin şekil 4.6. da gösterilen sıcaklık değerlerinin bulanıklaştırılmasında dilsel ifadelerden faydalanılmıştır. Buradaki temel amaç dışarıdan gelen girdilerin belirlenen bulanık kümelere göre bir üyeliğe sahip olup olmadıklarının belirlenmesidir.

Bulanıklaştırma aşamasında üyelikleri yani üyelik fonksiyonları belirlenen girdi değerler kural işleme aşamasına iletilir. Bulanıklaştırıcıda elde edilen üyelik değerleri, aslında girdilerin ait oldukları bulanık kümedeki bulanıklık dereceleri.

Örneğin X ve Y girişleri olan bir bulanık kümede öncelikle bu girişlerin üyelik fonksiyonları oluşturulur. Ardından oluşturulan üyelik fonksiyonları ikinci aşama olan kural değerlendirme aşamasına iletilir.

4.2.2. Kuralların belirlenmesi (Rule evaluation)

Bulanık mantık teoreminin ikinci aşaması olan kural değerlendirme aşamasında, bulanıklaştırıcıdan gelen üyelik fonksiyonları burada depolanmış olarak bulunan bilgi kümeleri ile birlikte kullanılarak yine bulanık bir sonuç elde edilmeye çalışılır. Bilgi kümelerinin bulunduğu veri tablosu olan bilgi tabanında sistemle ilgili bilgilerin sistem giriş ve çıkışını, if...then.... elsebiçimine sahip koşul cümleleri birbirine bağlar. Bu koşul cümlelerinin her biri bir kural olarak isimlendirilir.

Kural tabanının kurulması için kullanılacak başlıca yaklaşımlar;

- Bir uzmanın deneyimlerine dayanır,

- Sürecin bir bulanık modelinin kullanılmasına dayanır,
- Operatörün süreç üzerinde yaptığı işlemlere dayanır,
- Öğrenen algoritmalar kullanır [16].

4.2.3. Çıkış kurallarının toplanması

Kural tabanında elde edilen kurallar ile bilgi tabanı dediğimiz veri tabanından gelen bilgi kaynağının kural değerlendirme aşamasında bulanık çıkışa dönüştürüldüğü geçiş aşamasıdır. Burada oluşan çıkışlar son aşama olan durulaştırma aşamasına iletilmektedir.

4.2.4. Durulaştırma (Defuzzification)

Bulanık mantık adımlarının son aşamasıdır. Bu aşamada, kural tabanı yardımı ile elde edilen bulanık sonuçlar durulaştırılarak sayısal sonuca dönüştürülür. Durulaştırmada öncelikle kullanılan her kural için üyelik değerlerinden oluşan her bir bulanık çıkış kümesi, çıkış evrensel kümesinde tespit edilir. Daha sonra bu kümeler tarafından oluşturulan mantıksal birleşim kümesi üzerinde durulaştırma yöntemlerinden birisi kullanılır ve çıkış değeri bulunarak durulaştırma işlemi yapılmış olur [17].

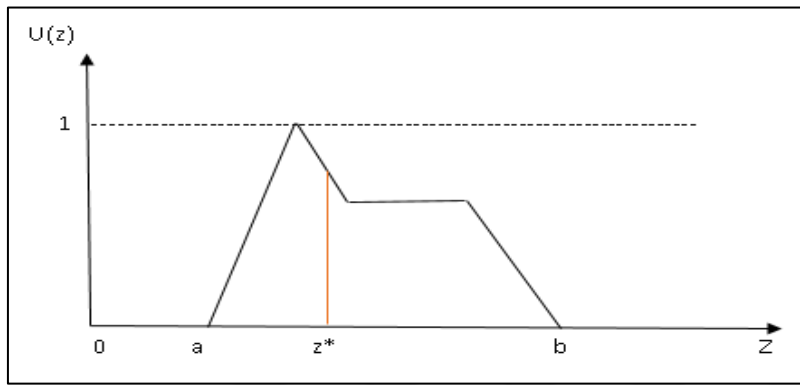
Literatürde birçok durulaştırma yöntemi mevcuttur. Bu yöntemlerin seçimi probleme göre değişiklik gösterebilir. Yöntemlerin seçiminde uzman görüşü gerekebilir. Bazı durulaştırma yöntemleri şu şekildedir:

- Alanların merkezi yöntemi
- En büyük (maksimum) üyelik ilkesi
- Ağırlık ortalama yöntemi
- Ortalama en büyük üyelik
- Toplamların merkezi
- En büyük alanın merkezi
- En büyük ilk veya son üyelik derecesi
- En küçük üyelik derecesi

Alanların merkezi yöntemi

Çıkış bulanık alt kümesi en iki dışbükey alt küme içeriyorsa, dış bükey bulanık kümelerin en büyük alanlısının ağırlık merkezi kullanılarak durulaştırma yapılır. En yaygın kullanılan durulaştırma yöntemidir. Burada Z bulanık küme, z durulaştırılmış değeri ve z^* durulaştırılmış kümeyi göstermektedir.

$$z^* = \frac{\int U_{\zeta}(z).z.dz}{\int U_{\zeta}(z).dz} \quad (4.21)$$

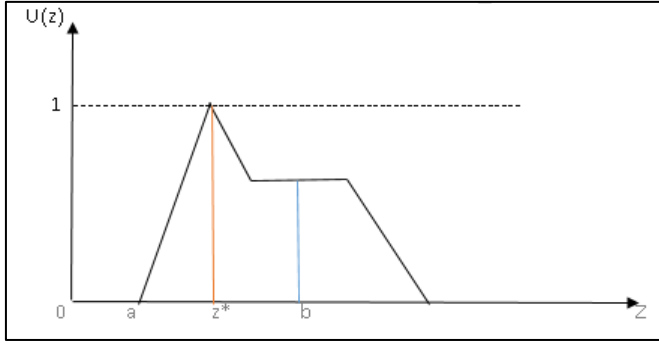


Şekil 4.7. Alanların merkezi yöntemi grafiği

En büyük (maksimum) üyelik ilkesi

Kullanılması için tepeleri olan çıkarım bulanık kümelerine gerek vardır. Bütün üyelik dereceleri içinde şekil 4.8.'da görüldüğü üzere en büyük olan üyeliğe eşittir ve denklem 4.22 de gösterildiği gibi ifade edilmektedir (Şen 2004, Elmas 2003). Adından da anlaşılacağı gibi en büyük değer üyelik olarak seçilmektedir.

$$u_c(z^*) \geq u_c(z) \text{ tüm } z \in Z \quad (4.22)$$



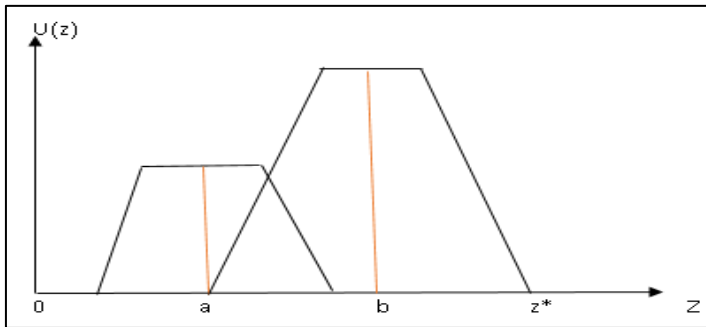
Şekil 4.8. En büyük üyelik ilkesi grafiği

Ağırlıklı ortalama yöntemi

Bu yöntemin kullanılabilmesi için simetrik üyelik fonksiyonunun bulunması gerekir. Ağırlıklı ortalama yönteminde girişlerden elde edilen bütün bulanık değerle üyelik değerleri kullanılarak denklem 4.23 deki matematiksel ifade ile durulaştırma yapılmaktadır (Şen 2004, Çervatoğlu 2004).

$$z^* = \frac{\sum U_{\zeta}(z)(z)}{\sum U_{\zeta}(z)} \quad (4.23)$$

Çıkışı oluşturan bulanık kümelerin üyelik fonksiyonlarının her biri sahip oldukları en büyük üyelik derecesi değeri ile çarpılarak ağırlıklı ortalamaları alınır.

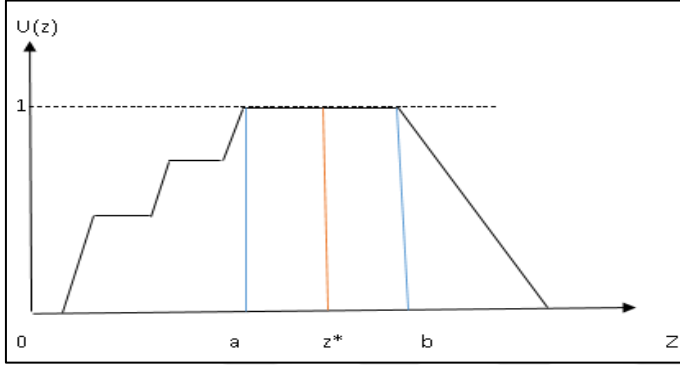


Şekil 4.9. Ağırlıklı ortalama yöntemi grafiği

Ortalama en büyük üyelik

Maksimumların ortası diye bilinen bu yöntemde maksimum üyelik derecesi tek bir nokta değildir. Bu yüzden ancak maksimum noktası düz olabilen sistemlerde kullanılabilir.

$$z^* = \frac{a+b}{2} \quad (4.24)$$

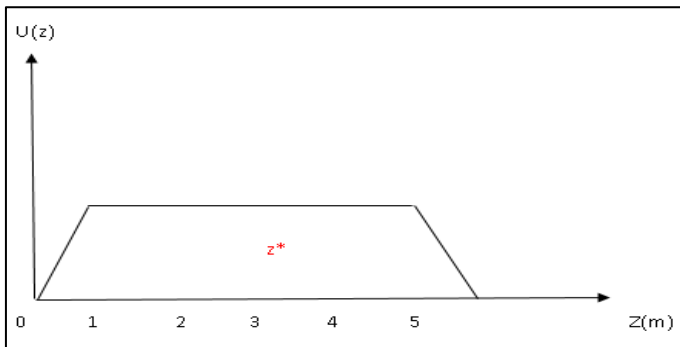


Şekil 4.2. Ortalama en büyük üyelik grafiği

Toplamların merkezi

İki bulanık kümenin cebirsel olarak toplamı kullanılarak bulunur. Oldukça performanslı ve hızlı bir durulaştırma yöntemidir.

$$z^* = \frac{\int_z \sum_{n=1}^n U_{\zeta}(z).dz}{\int_z \sum_{n=1}^n U_{\zeta}(z).dz} \quad (4.25)$$



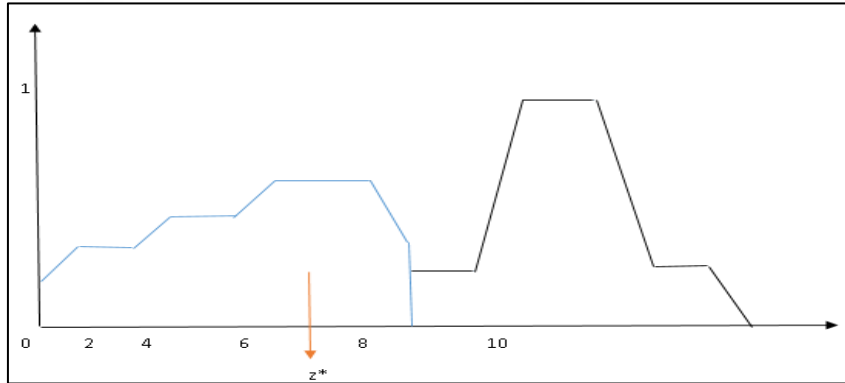
Şekil 4.3. Toplamların merkezi yöntemi

En büyük alanın merkezi

Bu yöntemi uygulayabilmek için çıkış bulanık kümesinin en azından iki tane dış bükey alt bulanık küme içermesi gerekir. Sonuçta elde edilen dış bükey bulanık kümelerin en büyük alanlısının ağırlık merkezi alınarak durulaştırma yapılmaktadır.

$$z^* = \frac{\int Ueb\check{c}(z).zdz}{\int Ueb\check{c}(z).dz} \quad (4.26)$$

Denklem 4.26 de ifade edilen $Ueb\check{C}(z)$ ifadesi, en büyük alanlı dış bükey bulanık kümenin hakim olduğu alt bölgeyi gösterir.



Şekil 4.4. En büyük alanın merkezi

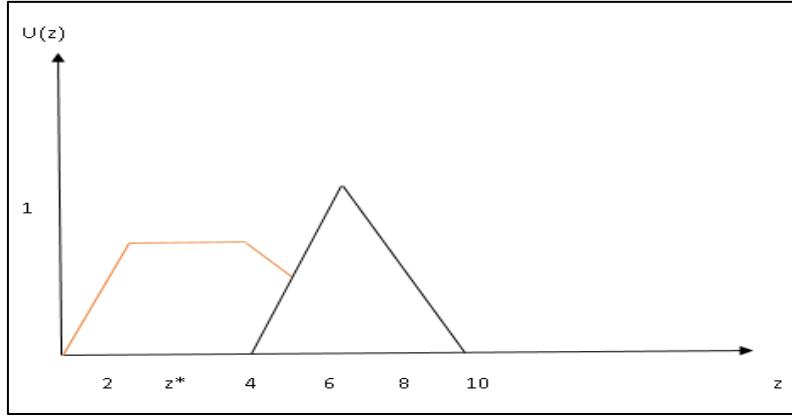
En büyük ilk veya son üyelik derecesi

Tüm çıktıların birleşimi olarak ortaya çıkan bulanık kümede en büyük üyelik derecesine sahip olan en küçük veya en büyük bulanık küme değeri seçilerek durulaştırma yapılır.

$$Yeb(B) = EB[uB(z)] \quad (4.27)$$

Yukarıda verilen denklem ile bulanık küme birleşiminden en büyük yükseklik tespit edilir. Sonrasında birinci en büyük değer z^* bulunur.

İkinci bir seçenek olarak ilk yerine son en büyük bulanık küme değeri bulunarak durulaştırma yapılabilir.



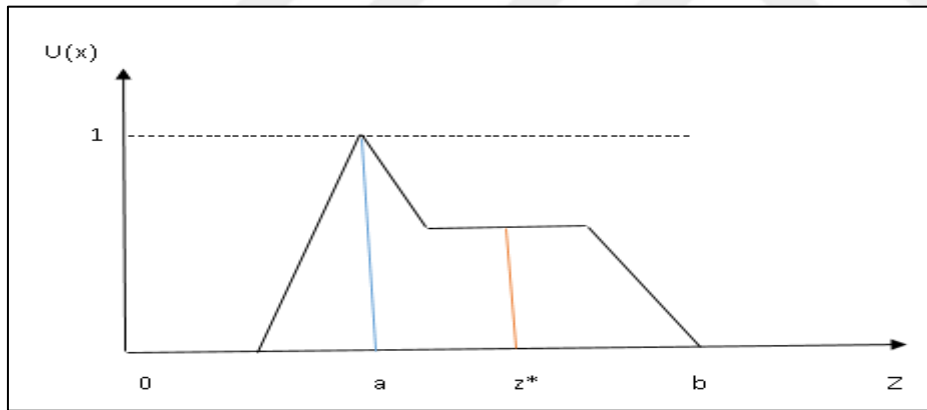
Şekil 4.5. En büyük ilk veya son üyelik derecesi grafiği

En küçük üyelik derecesi

Üyelik dereceleri içinde en küçük olan üyeliğe eşittir.

$$U_c(z^*) \leq U_c(z) \text{ tüm } z \in Z$$

(4.28)



Şekil 4.6. En küçük üyelik derecesi grafiği

4.3. Analitik Hiyerarşi Süreci

İlk olarak 1968 yılında Myers ve Alpert ikilisi tarafından geliştirilen bir tahmin etme ve analiz yöntemidir. AHS(Analitik Hiyerarşi Süreci), Russell ve Taylor tarafından yazılan Operations Management kitabındaki tanıma göre, karar alternatiflerinin çoklu kriterlere göre sıralanmasına ve seçim yapılmasına yarayan nicel bir yöntemdir. Amaç yapılacak seçimleri doğru ve matematiksel bir temele dayandırmaktır. Mantıksal analiz yolu ile bir dizi işlem sonucunda en doğru kararı bularak çözüme gidilir.

AHS yöntemi, yapılacak olan karar destek sisteminde seçilen kriterleri derecelendirmek için kullanılan bir dizi matematiksel işlemlerin olduğu kullanışlı bir yöntemdir. Burada her kriterin karar verici için ne kadar önem taşıdığını belirtmeye yarayan standart tercih tablosu vardır. Kriterler bu tabloya göre derecelendirilerek yüzde cinsinden önem seviyeleri belirlenir. AHS'nin gerçek hayatta birçok uygulama alanı mevcuttur. Bu alanlar finans sektörü, ERP yazılım seçimi, proje ve portföy seçimi, satıcı ve kaynak seçimi, planlama ve bütçeleme, pazar araştırma, performans ve risk değerlendirme, eğitim vb. alanlardır.

AHS yöntemi ile analiz yapmadan önce karar verme noktaları tanımlanır. Yani elde edilecek kararlar nelerdir, bunların tespiti yapılır. Ardından karar verilecek problemin kriterlerinin belirlenmiş olması gerekir. Bu yöntemin uygulanmasının ilk adımında belirlenen kriterler arasında bir derecelendirme yapmak gerekir. Bu derecelendirme AHS yöntemi için çizelge 4.1. de gösterilen standart tercih tablosu kullanılarak yapılmaktadır. Bu tablo her kriter için kullanılabilen sabit bir ölçek tablosudur.

Çizelge 4. 1. AHS standart tercih tablosu

| Önem Değerleri | Değer Tanımları |
|----------------|-------------------|
| 1 | Eşit Önemde |
| 3 | Biraz daha önemli |
| 5 | Oldukça Önemli |
| 7 | Çok Önemli |
| 9 | Son derece Önemli |
| 2,4,6,8 | Ara Değerler |

Standart tercih tablosu aracılığı ile kriterler arasında bir karşılaştırma matrisi oluşturulur. Kriter sayısı n ise nxn boyutunda bir A karşılaştırma matrisi oluşturulur.

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{nn} \end{pmatrix} \quad (4.29)$$

Matrisin köşegenlerindeki indis değerleri her zaman 1 dir. Çünkü kriterin kendi ile kıyasında bir üstünlük olamaz. Bu matris, kriterlerin birbirlerine kıyaslanmasıyla, standart tercih tablosundan yararlanılarak önem derecelerine göre doldurulur.

Karşılaştırma matrisinin belirlenmesinin ardından matristeki indislerin yüzde önem dağılımları hesaplanır.

$$C = \begin{pmatrix} a_{11}/(a_{11} + a_{21...} + a_{n1}) & a_{12}/(a_{21} + a_{21...} + a_{n2}) & a_{1n}/(a_{1n} + a_{2n...} + a_{nn}) \\ a_{21}/(a_{11} + a_{21...} + a_{n1}) & a_{22}/(a_{21} + a_{21...} + a_{n2}) & a_{2n}/(a_{1n} + a_{2n...} + a_{nn}) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1}/(a_{11} + a_{21...} + a_{n1}) & a_{n2}/(a_{21} + a_{21...} + a_{n2}) & a_{nn}/(a_{1n} + a_{2n...} + a_{nn}) \end{pmatrix} \quad (4.30)$$

Yüzde olarak elde edilen bu değerler matrisi, daha sonra satır ağırlıklarının ortalaması alınarak tek bir önem derecesine indirgenir.

$$W = \begin{pmatrix} \frac{a_{11}/(a_{11} + a_{21...} + a_{n1}) + a_{12}/(a_{21} + a_{21...} + a_{n2}) + a_{1n}/(a_{1n} + a_{2n...} + a_{nn})}{n} \\ \frac{a_{21}/(a_{11} + a_{21...} + a_{n1})}{n} & \frac{a_{22}/(a_{21} + a_{21...} + a_{n2})}{n} & \frac{a_{2n}/(a_{1n} + a_{2n...} + a_{nn})}{n} \\ \frac{a_{n1}/(a_{11} + a_{21...} + a_{n1})}{n} & \frac{a_{n2}/(a_{21} + a_{21...} + a_{n2})}{n} & \frac{a_{nn}/(a_{1n} + a_{2n...} + a_{nn})}{n} \end{pmatrix} \quad (4.31)$$

Böylece satır ağırlıklarının ortalama vektörü olan w vektörü elde edilir. Bu matris ile elde edilen değerler, belirlenen kriterlerin ağırlık ölçüsüdür.

Bu aşamaya kadar yapılan işlemler kriterlerin tutarlılık ölçüsünü azaltacağından bir sonraki aşamada tutarlılık ölçümü yapılmaktadır.

D matrisindeki her bir elemanın W matrisindeki her bir değere bölünmesi bize E matrisini verir.

$$E_i = \frac{D_i}{W_i} \quad (4.32)$$

E matrisinin aritmetik ortalaması ise lamda katsayısını verir.

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (4.33)$$

Tutarlılık hesabı ise şu şekildedir:

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (4.34)$$

Daha sonra CR değeri hesaplanır. Bu değer 0.10 dan küçük olması gerekir. Yoksa yapılan işlemlerde hata olma olasılığı vardır.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4.35)$$

Sonuç olarak seçeneklerin aldığı puan olan S matrisi (mxn) ve kriterlerin önem derecesi olan W matrisinin (nx1) çarpımı mx1 lik bir değerlendirme matrisi oluşur ve nihai kararı bu matrise göre verilir.

$$L = \begin{array}{ccc|c} S_{11} & S_{12} & S_{1n} & W_1 \\ S_{21} & S_{22} & S_{2n} & W_2 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ S_{m1} & S_{m2} & S_{mn} & W_n \end{array} = \begin{array}{c} l_{11} \\ l_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ l_{m1} \end{array} \quad (4.36)$$

AHS yöntemi bugüne kadar birçok karar verme problemi için çözüm olmuştur. Ancak çok fazla matematiksel işlem içermektedir. Bu hem zaman kaybı hem de çok fazla emek gerektiren bir uğraştır. Ayrıca ilk başta kriterlerin puanlaması için uzman görüşü gereken problemler olabilir. Bazı problemlerde tek başımıza karar veremeyeceğimiz durumlar söz konusudur. Sonuç olarak AHS her probleme uygulanabilen ancak uğraştırıcı ve zahmetli bir yöntemdir.



5. TARIMSAL KREDİ İÇİN KARAR DESTEK SİSTEMİ

Günümüz ekonomisinde nakit paraya olan ihtiyacın artması ile bankalardaki kredi kullanım sıklığının her geçen gün arttığı gözlenmiştir. Bu artış bankalarda çok fazla iş yükü ve risk oluşturmaktadır. Çünkü kredi değerlendirme işlemi, vakit alan ve objektif olarak değerlendirilmesi geren karmaşık ve önemli bir problemdir. Bu yüzden hızlı karar verebilen, kişilerden bağımsız çalışan, tarafsız ve esnek değerlendirme yapabilen sistemlere ihtiyaç vardır.

Kredi değerlendirilmesinde karşılaşılan problemlerin hepsi tüm kredi çeşitleri için hemen hemen ortaktır. Bu yüzden herhangi bir kredi çeşidi için önerilen ve uygulanabilen değerlendirme sistemi diğer kredi çeşitleri içinde uygulanabilir. Bunun için esnek bir model tasarlanmalıdır. Burada değişen şey kredi verme kriterleridir aslında. Kredi çeşitlerine göre kredi verme kriterlerinde farklılıklar olabilir. Bu yüzden tasarlanan sistem modeli çalışma prensibi aynı kalmak şartıyla kriterler değiştirilerek her kredi tipinde uygulanabilir olmalıdır.

Bu tez kapsamında önerilen sistem, tarımsal kredi tipindeki kredilerle ilgili kriterler içeren bir kredi değerlendirme modeli sunmaktadır. Çünkü tarımsal krediler ülkemizde ve dünya da en yaygın kullanılan kredi çeşitlerinden biridir. Burada ele alınan kredi değerlendirme kriterleri tarımsal krediler için belirlenmiştir. Ancak kriterlerin değiştirilmesi ile diğer kredi tipleri içinde uygulanabilir esnek bir sistem tasarlanmıştır.

5.1. Tarımsal Kredi Veri Seti

Tarımsal krediler, tarımın yoğun olduğu bölgelerde çiftçilerin tarım ile ilgili ihtiyaçlarını karşılamak için bankalardan aldıkları faiz usulü ile geri ödemeli önemli bir destek sistemidir. Ülkemizde ekonominin büyük bir bölümünü tarım oluşturmaktadır. Bu yüzden tarımsal krediler oldukça sık kullanılan ve ihtiyaç duyulan bir kredi çeşitlidir.

Bu çalışmada, gerçekleştirilen karar destek sistemi için bir bankanın tarımsal kredi müşterilerinin kişisel verileri dışında, krediler ile ilgili olan kısımlarına ait veriler kullanılmıştır. Bu veri seti 260 kredi verilmesi uygun, 40 kredi verilmesi uygun olmayan 300 başvuru içermektedir. Bu bilgiler önceden belirlenen kriterlere göre düzenlenmiştir.

Bu kriterler; aylık gelir (AG), mal varlığı (MV), borç miktarı (BM), daha önce takibi var mı (DOTV), kredi kartı ödeme alışkanlığı (KKOA) gibi seçeneklerden oluşmaktadır. Veri seti, banka personelinin bilgisi dahilinde, kredi kullandırılan veya kredi kullanımına uygun görülmeyen müşterilerin analizi sonucunda oluşturulmuştur.

Elimizde bulunan veri seti problemin çözümü için başlangıç adımıdır. Veri seti ile problemin çözümü için uygulanacak yöntemlerin ve sistem modelinin temel hatları belirlenmiş olur. Oluşturulan veri seti her türden veriyi içerebilecek geniş bir kapsamda, uzman görüşü ile hazırlanmıştır. Test için hazırlanan bu veriler gerçek müşteriler üzerinden belirlenmiştir. Buda çalışmanın önemini ve doğruluk payını arttıran önemli bir nedendir.

5.2. Bulanık Mantık ve Karar Ağaçları İle Kredi Değerlendirme Sistemi

Tez kapsamında ele alınan problem esasında bir karar verme problemidir. Bu problemin çözümü için sunulan sistem ise karar destek sistemidir. Bu tez kapsamında gerçek bir karar verme problemi olan tarımsal kredi değerlendirme problemi ele alınarak etkin ve yüksek doğrulukta bir model tasarlanmıştır.

Literatürde son 5 yıl içerisinde karar ağaçları, AHS, uzman sistemler, yapay sinir ağları ve bulanık mantık gibi yöntemler, karar verme problemlerinin çözümünde oldukça sık kullanılmıştır. Araştırmalar sonucunda bu yöntemlerin, finasta en önemli payda da yer alan bankacılık sektöründe de birçok problemi belirli başarı oranlarına kadar çözdüğü tespit edilmiştir. Bu tez kapsamında ise bugüne kadar önerilen çözümlerin başarısından daha yüksek bir başarı sunan hibrit bir yöntem önerilmiştir. Esasında bir karar verme problemi olan ve bankacılık sektöründeki en önemli ve riskli problemlerden biri olarak karşımıza çıkan kredi değerlendirme problemi ele alınarak incelenmiştir. Gerçekleştirilen bu çalışmada, tarımsal kredi değerlendirmesi için etkin ve yüksek doğrulukta çözüm sunan, karar ağaçları ve bulanık mantık tabanlı hibrit bir karar destek sistemi önerilmiştir.

Karar verme probleminin çözümü için seçilen yöntemlerin belirlenmesinden önce, bugüne kadar yapılan çalışmalarda karar verme yöntemleri incelendiğinde bu yöntemlerin başarılı yönleri ve eksiklikleri dikkate alınarak yöntemler arasında bir ön eleme yapılmıştır. Daha sonra belirlenen birkaç yöntem ile testler yapılarak deneme yoluyla başarı oranları değerlendirilmiştir. Ön eleme yapılarak ve uzman bilgisine başvurularak

seçilen yöntemlerden bulanık mantık, AHS ve karar ağacı yöntemleri tek tek denenmiş ve elde edilen başarılar kıyaslanmıştır.

Sistem modeli tasarlanmadan önce, literatürde başarı oranları yüksek olan AHS, bulanık mantık ve karar ağaçları yöntemleri belirlenen veri setine göre test edilmiştir. Örneğin bulanık mantık yöntemi kullanıldığında, belirli bir başarı yüzdesi elde edilmiştir. Ancak bu yöntem tek başına kullanıldığında kural belirleme aşamasında sıkıntılar yaşanmıştır. Bulanık mantıktaki, kural belirleme aşaması zahmetli ve uzun süren bir aşamadır. Sonuç üzerinde doğrudan etkisi olan bu aşamanın iyi belirlenmesi gerekir. Bazen yanlış veya gereksiz kurallar sisteme tanımlanabilir. Sonuçta tek başına bulanık mantık yöntemi uygulandığında az sayıda ve maksimum doğrulukta kurallar belirlemek uzun zaman almaktadır. Ayrıca başarı oranı daha düşük çıkmaktadır.

Yapılan testlerde ikinci senaryoda ise bulanık mantık ve AHS yöntemi birlikte kullanılarak test edilmiştir. Bu iki hibrit yöntem ile yeterli bir başarı yüzdesi elde edilmiş ancak AHS yöntemindeki kriter derecelendirme aşaması oldukça uzun sürmüştür. Birçok matematiksel formül ile bulunan bu dereceler hem vakit almıştır hem de problemi daha karmaşık hale getirmiştir. Yine bulanık mantık yöntemindeki kural belirleme aşamasında benzer sıkıntılar yaşanmıştır.

Belirlenen üçüncü senaryoda klasik karar ağaçları yöntemi ile veriler test edilmiştir. Bu testler sonucunda oldukça yüksek bir başarı elde edilmiştir. Ancak bu yöntemin tek başına kullanılması her zaman avantajlı bir durum olmayabilir. Karmaşık veri setlerinde veya çok fazla aykırı verinin bulunduğu durumlarda karar ağacını oluşturmak çok zordur. Özellikle çok fazla kriterin olduğu durumlarda ağacı çizip bir sonuç elde edemeyebiliriz. Tüm bunlara ek olarak karar ağaçları tek başına kullanıldığı zaman, farklı veri setlerinde, her zaman bu kadar yüksek başarılar elde edilemeyebilir.

Yapılan testler sonucunda yöntemlerin tek başına kullanıldığında bazı durumlarda yeterli olmadığı tespit edilmiştir. Bu yüzden makalede, birbiri ile en uyumlu çalışabilecek yöntemler olan, bulanık mantık ve karar ağaçları hibrit yöntemi önerilmiştir. Önerilen yöntem diğer yöntemlerle kıyaslandığında, yapılan çalışmanın bugüne kadar yapılmış en yüksek doğrulukta çalışma olduğu bu tez kapsamında açıkça ispatlanmıştır. Bunun en önemli nedeni en uygun kriterlerin ve kuralların uzman görüşü alınarak ve karar ağacı

yöntemi kullanılarak seçilmesidir. Karar ağaçları sayesinde bulanık mantık yöntemindeki kural belirleme aşaması kolay ve güvenilir bir şekilde çözülmektedir. Kurallar, karar ağaçları ile hızlı, gerekli sayıda ve yüzde yüz doğrulukta tanımlanabilmektedir. Başarının maksimum olmasındaki diğer bir önemli neden ise yine karar ağaçları yardımı ve bizzat banka personeli ile yapılan gözlem ve personelin deneyimleri ile en uygun ve en genel kriterlerin belirlenebilmesidir. Böylece sonucun doğruluğu maksimum hale gelmektedir. Bunların dışında müşteriler ile ilgili bilgilerin doğruluğu yani doğru bilgi kaynağı da sistem sonucundaki tutarlılığı etkiler. Sonuç olarak doğru sonuçlar için en uygun kriterler ve kurallar belirlenmelidir. Çünkü kriterler ve kurallar sonucu direk etkileyen en önemli faktörlerdir.

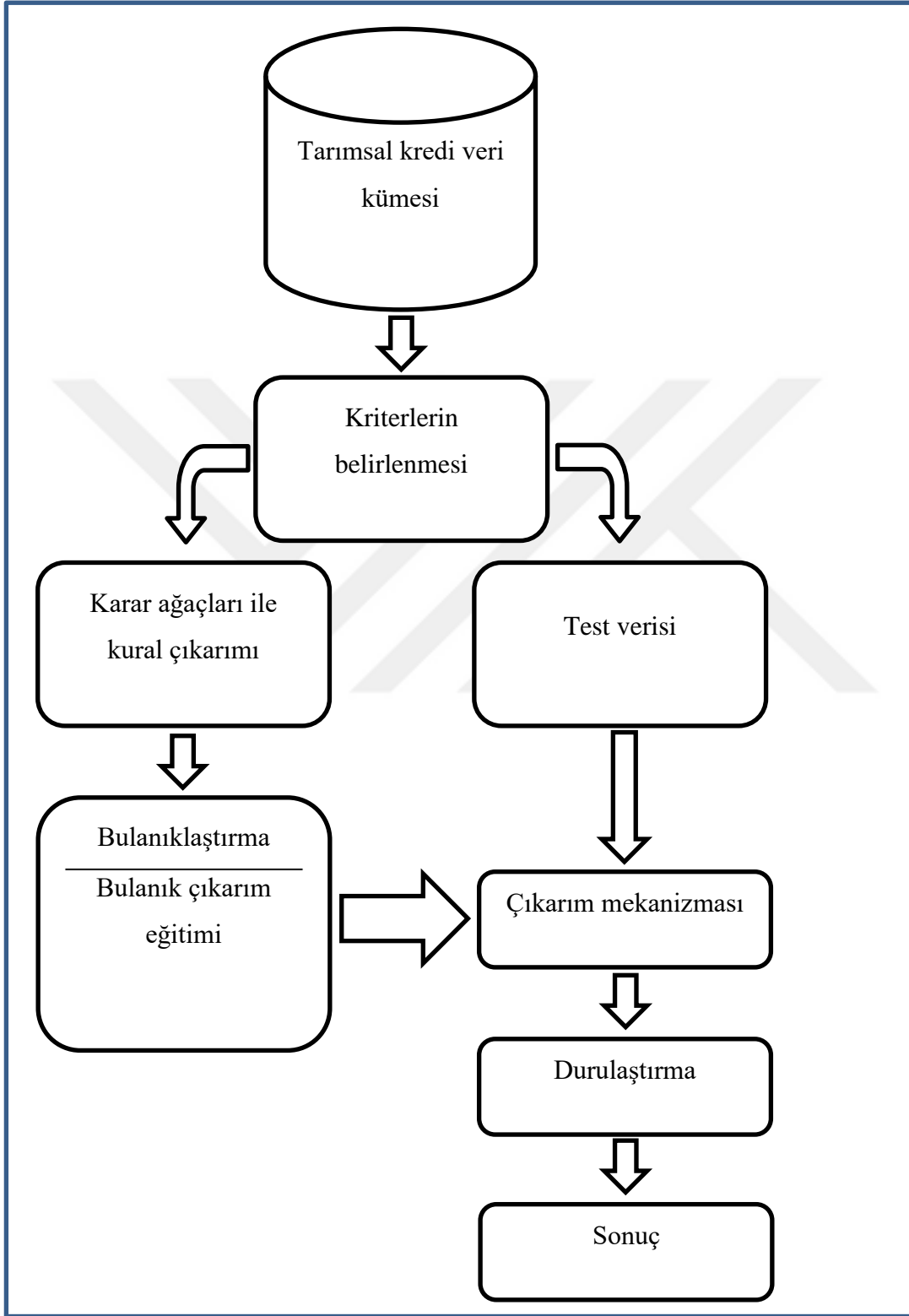
5.2.1.Sistem modeli

Önerilen sistem esasında bir karar verme problemi olduğu için çözüm yöntemi olarak klasik karar ağaçları yöntemi ve bulanık mantık melez yöntemi birlikte kullanılmıştır. Önerilen sistemin çalışma mantığı Şekil 5.1 de gösterildiği gibidir.

Önerilen modelde ilk basamağı veri tabanı oluşturmaktadır. Bu kısımda bankadan alınan müşterilerin krediler ile ilgili verileri bulunmaktadır. Bir sonraki adımda özellik çıkarımı dediğimiz aşama bulunmaktadır. Bu aşamada verilerle ilgili özellik çıkarımı yapılır. Yani hangi kriterler ile değerlendirme yapılacaksa o kriterler belirlenir ve veri tabanı buna göre yeniden düzenlenir. Veri tabanındaki düzenlemeler bittikten sonra karar ağaçları ile yapılacak eğitim ve testler için veriler bölünür. Eğitim için ayrılan kısım eğitim veri setini, test için ayrılan kısım test veri setini oluşturmaktadır. Eğitim ve test verileri oluşturulduktan sonra eğitim veri setinin eğitimi tamamlanır. Eğitimin ardından ikinci yöntem olan bulanık mantık devreye girer ve bulanıklaştırma işlemi yapılır. Daha sonra test için hazırlanan veriler bulanıklaştırmanın devamında oluşturulan çıkarım mekanizması ile test edilir. Test sonucunda oluşan bulanık sonuç durulaştırma yapılarak çıkışa iletilir. Bu sayede tarımsal krediler için değerlendirme işlemi yapılarak karar vermek için gerekli sonuca ulaşılır.

Önerilen sistem modeli temelde iki hibrit yöntem ve veri tabanından oluşmaktadır. Sistemde, bir kısım verilerin eğitilmesi ve kalan verilerin test edilmesi ile değerlendirme işlemi yapılır. Amaç kısa sürede etkin ve yüksek doğrulukta sonuçlar sunmaktır.

Tasarlanan sistem modeli sadece tarımsal krediler için değil tüm kredi değerlendirmelerinde kullanılabilir olacak oldukça esnek bir modeldir.



Şekil 5.1. Önerilen sistem modeli

5.2.2.Değerlendirme kriterleri

Değerlendirme kriterleri problemin çözümündeki en temel kısımdır. Bu yüzden değerlendirme kriterlerini belirleme adımı en önemli adımlardan biridir. Eğer doğru ve yeterli sayıda kriter belirlenebilirse karar verme işleminin başarı yüzdesi artar.

Tarımsal kredi değerlendirmesi için literatürün incelenmesinin ve uzman görüşlerinin alınmasının neticesinde birçok kriter belirlenmiştir. Bu kriterler, tecrübe, eğitim seviyesi, aylık gelir, mal varlığı, kefil, karakter, teminat, daha önce takibi var mı, kredi kartı ödeme alışkanlığı, borç ödeme alışkanlığı, kredi kullanım sıklığı ve kredi notu şeklindedir. Daha sonra belirlenen bu kriterlere göre birçok deneysel çalışma yapılmıştır. Bu testlerin ardından bazı kriterlerin sonuç üzerinde etkisi olmadığı tespit edilmiştir. Bunun sonucunda kriterler üzerinde eleme yapılarak en anlamlı kriterler seçilmiştir.

Yapılan testlerin ve alınan uzman görüşünün ardından sistem modelinde kullanılmak üzere yeterli sayıda ve en anlamlı kriterler belirlenmiştir. Bu kriterler, aylık gelir(AG), mal varlığı(MV), borç miktarı(BM), daha önce takibi var mı(DOTV) ve kredi kartı ödeme alışkanlığı (KKOA) şeklinde olmuştur. Bu sayede her kredi tipi içinde rahatlıkla uygulanabilecek anlamlı kriterler belirlenmiştir. Belirlenen kredi çeşidine göre sisteme başka kriterler de eklenebilir veya mevcut kriterlerden etkisi olmayanlar sistemden çıkarılabilir.

5.2.3.Kriterler için üyelik fonksiyonu

Tarımsal kredi değerlendirmesi için belirlenen kriterlerin bulanıklaştırma aşamasında kullanılabilmesi için üyelik fonksiyonlarından faydalanılır. Amaç, belirsizlik içeren kavramlara değer ataması yaparak her durumu değerlendirebilmektir. Bu değer aralıkları için 0 ile 1 arasında üyelik derecesine sahip olacak şekilde üyelik fonksiyonları tespit edilir.

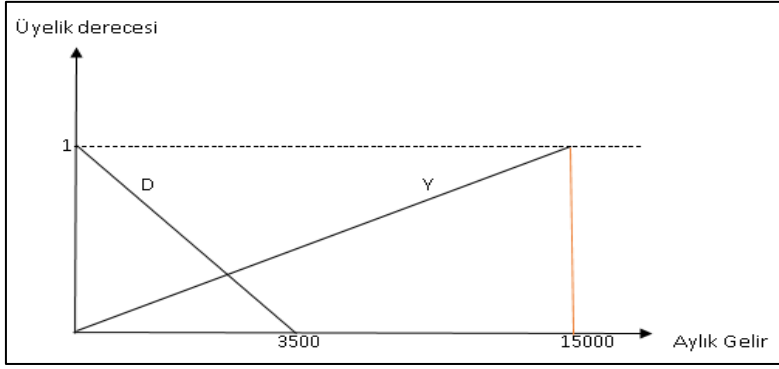
Belirlenen kriterler üçgensel üyelik fonksiyonu kullanılarak bulanıklaştırılmıştır. Çünkü burada ifade edilen problemde belirlenen kriterlere göre en fazla üç tane üyelik derecesi vardır. Burada dikkat edilmesi gereken nokta oldukça basit fonksiyonlar oluşturabilmektir. Karmaşık fonksiyonlar, karmaşık olan problemler için bazen çözüm oluşturamayabilir.

Burada belirlenen kriterlere göre tanımlanan üyelik fonksiyonları denklem formülleri çizelge 5.1. de gösterildiği gibidir. Tanımlanan değer aralıkları veri tabanındaki maksimum ve minimum değerli örneklerle göre belirlenmiştir. Belirlenen aralıklardaki ifadeler karşılık gelen dilsel ifadeler de “düşük” ve “yüksek” olarak tanımlanmıştır.

Çizelge 5. 2. Kriterler ve üyelik fonksiyonu değerleri

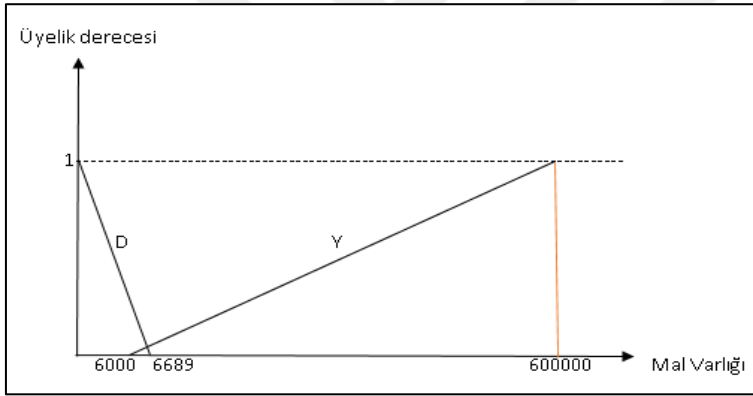
| | Kredi Değerlendirme Özelliği | Dilsel Değişkenler |
|--|-------------------------------------|---------------------------|
| Aylık Gelir Sayısı | $X_i < 3500$ | (Düşük) |
| | $0 < X_i < 15000$ | (Yüksek) |
| Mal Varlığı | $X_i < 6689$ | (Düşük) |
| | $6000 < X_i < 600.000$ | (Yüksek) |
| Borç Miktarı | $0 < X_i < 803.606$ | (Düşük) |
| | $803.606 < X_i$ | (Yüksek) |
| Daha Önce Takibi Var mı? | $X_i < 1$ | (Düşük) |
| | $0 < X_i < 2$ | (Yüksek) |
| Kredi Kartı Borcu Ödeme Alışkanlığı | $X_i < 4$ | (Düşük) |
| | $3 < X_i < 5$ | (Yüksek) |

Aylık gelir(AG) için üyelik fonksiyonu grafiği Şekil 5.2. de gösterildiği gibidir. Aylık geliri(AG) 3500 den az olanlar düşük olarak tanımlanmıştır. Aylık geliri(AG) 0-15000 olanlar ise yüksek olarak tanımlanmıştır.



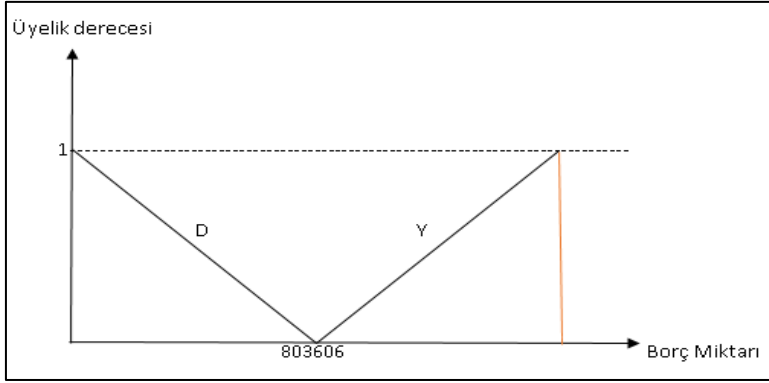
Şekil 5.2. Aylık gelir kriteri için üyelik fonksiyonu

Mal varlığı(MV) için üyelik fonksiyonu grafiği Şekil 5.3. de gösterildiği gibidir. Mal varlığı(MV) 6689 den az olanlar düşük olarak tanımlanmıştır. Mal varlığı(MV)6000-600000 olanlar ise yüksek olarak tanımlanmıştır.



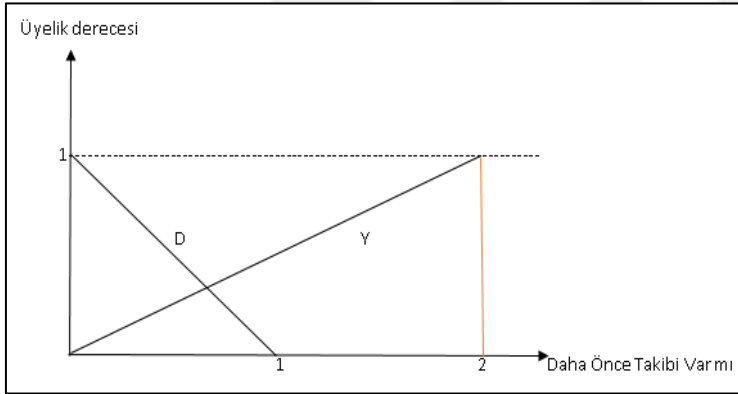
Şekil 5.3. Mal varlığı kriteri için üyelik fonksiyonu

Borç miktarı(BM) kriteri için üyelik fonksiyonu grafiği Şekil 5.4. de gösterildiği gibidir. Borç miktarı(BM) kriteri 803606 dan az olanlar düşük olarak tanımlanmıştır. Borç miktarı(BM) kriteri 803606 dan büyük olanlar ise yüksek olarak tanımlanmıştır.



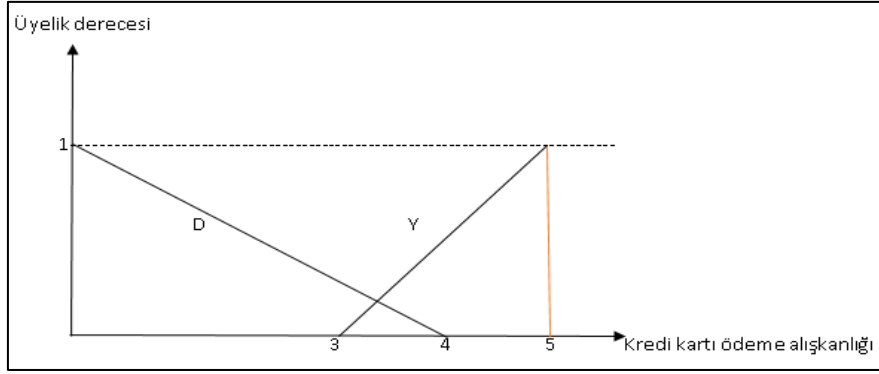
Şekil 5.4. Borç miktarı kriteri için üyelik fonksiyonu

Daha önce takibi var mı(DOTV) kriteri için üyelik fonksiyonu grafiği Şekil 5.5. de gösterildiği gibidir. Daha önce takibi var mı(DOTV) kriteri 1 den az olanlar düşük olarak tanımlanmıştır. Daha önce takibi var mı(DOTV) kriteri 0-2 arasında olanlar ise yüksek olarak tanımlanmıştır.



Şekil 5.5. Daha önce takibi var mı kriteri için üyelik fonksiyonu

Kredi kartı ödeme alışkanlığı(KKOA) kriteri için üyelik fonksiyonu grafiği Şekil 5.6. da gösterildiği gibidir. Kredi kartı ödeme alışkanlığı(KKOA) kriteri 4 den az olanlar düşük olarak tanımlanmıştır. Kredi kartı ödeme alışkanlığı(KKOA) kriteri 3-5 arasında olanlar ise yüksek olarak tanımlanmıştır.



Şekil 5.6. Kredi kartı ödeme alışkanlığı kriteri için üyelik fonksiyonu

5.2.4.Önerilen model senaryoları

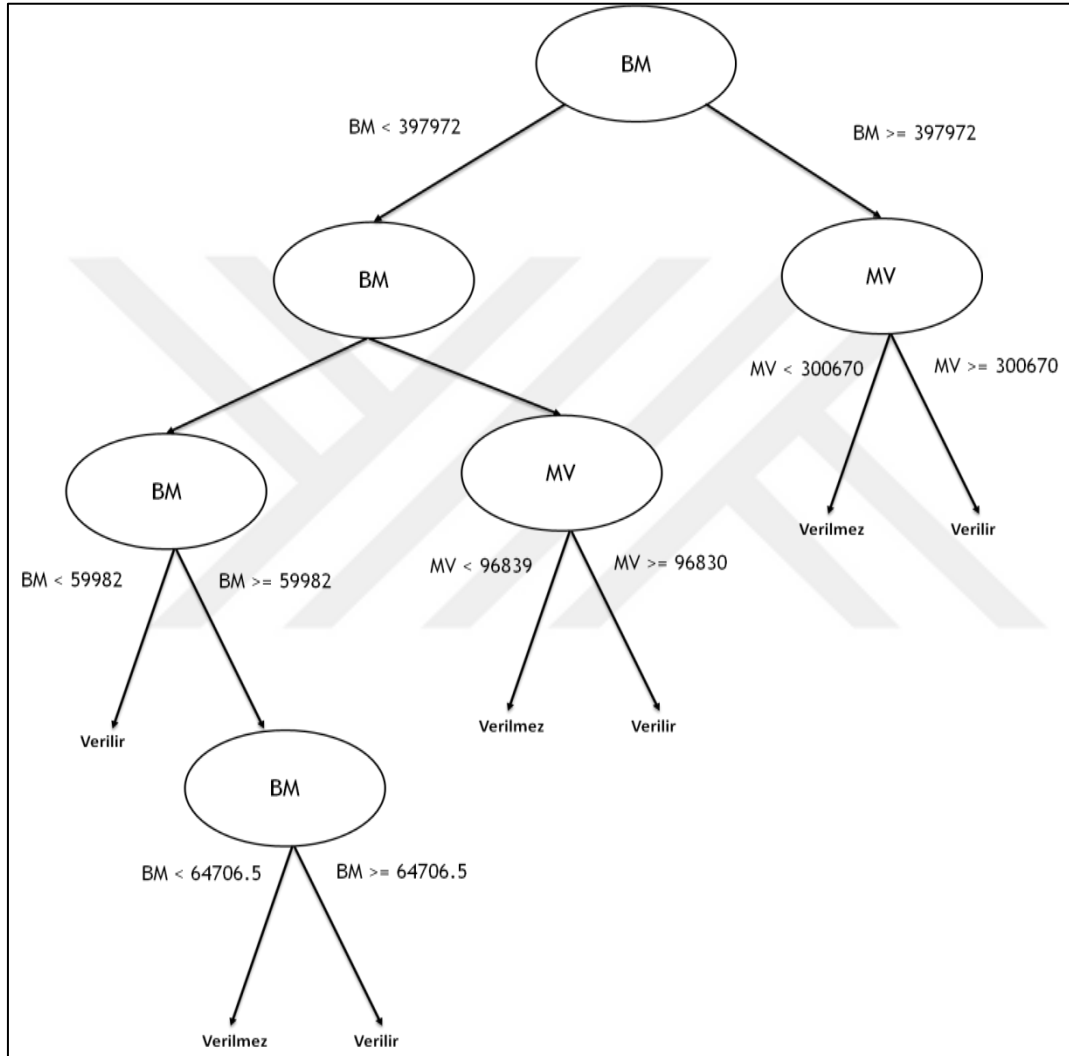
Tarımsal kredi değerlendirme problemi için çözüm önerisi sunan bu tez kapsamında çözüm için sunulan iki yöntem, önce tek başına daha sonra da birlikte kullanılarak bir takım deneysel çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca aylık gelir(AG), mal varlığı(MV), borç miktarı(BM), daha önce takibi var mı(DOTV), kredi kartı ödeme alışkanlığı(KKOA) olarak belirlenen 5 adet kriterden bazı kombinasyonlar oluşturularak hangi kriterlerin daha etkili sonuçlar verdiği tespit edilmeye çalışılmıştır. Burada ki amaç en yüksek ve en doğru başarı oranını sağlamak ve bunu sağlayan çözümü ve kriterleri tespit edebilmektir. Bu yüzden bazı senaryolar belirlenmiş ve bu senaryolar doğrultusunda belirlenen yöntemler ile deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Belirlenen senaryolar kapsamında, bir bankadan elde edilen ve 300 örnekten oluşan tarımsal kredi başvuru verisi kullanılmıştır. Önerilen modelde ilk aşama, bulanık karar verici için kural çıkarımıdır. Bu aşama sistem başarısı için de çok büyük önem arz etmektedir. Kural çıkarımı karar ağaçları ile yapılmaktadır. En doğru karar kurallarını elde edebilmek için 10 kat çapraz geçerleme(cross validation) yapılmıştır.

Deneysel çalışma üç farklı senaryo için gerçekleştirilmiştir. Her bir senaryo için farklı kriter kombinasyonu belirlenmiş ve her kombinasyon için en doğru kural listesi elde edilmiştir.

Senaryo I

İlk senaryoda borç miktarı(BM), mal varlığı(MV) ve daha önce takibi var mı(DOTV) gibi üç kriter dikkate alınmıştır. Belirlenen bu üç kritere göre karar ağaçları yöntemi ile kurallar belirlenmiştir. Elde edilen karar ağacı Şekil 5.7. de gösterildiği gibidir.



Şekil 5.7. Senaryo I için oluşturulan karar ağacı

Şekil 5.7. de ki ağaca göre en kazançlı kriter olan BM, kök düğümü oluşturmaktadır. Daha sonra bu kritere göre dallanmalar ile karar verme işlemleri yapılır. Bir sonraki basamakta bir diğer kriter olan BM ve MV kriterleri vardır. Bu kriterlere göre dallanmalar yapılarak karar verme işine devam edilir. Bu şekilde karar verme adımları ağaç bitene kadar devam eder. En son adımda ise BM kriterine göre son karar verme işlemi tamamlanır ve nihai karar oluşturulur.

Şekil 5.7. de elde edilen karar ağacına göre 6 adet kural belirlenmiştir.

Kural 1 -EĞER BM Yüksek ve MV Yüksek ise Verilir

Kural 2- EĞER BM Yüksek ve MV Düşük ise Verilemez

Kural 3- EĞER BM Düşük ise Verilir

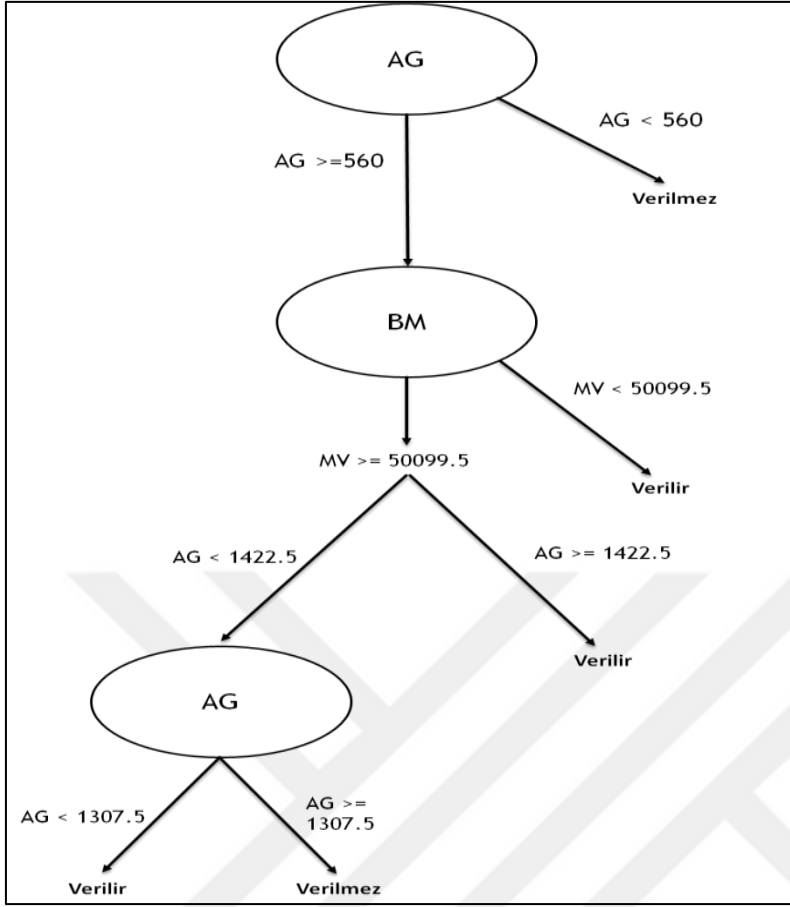
Kural 4- EĞER MV Yüksek ise Verilir

Kural 5- EĞER MV Düşük ise Verilmez

Kural 6- EĞER BM Yüksek ise Verilmez

Senaryo II

İkinci senaryoda, aylık gelir(AG), borç miktarı(BM) ve daha önce takibi var mı(DOTV) gibi üç kriter dikkate alındığında elde edilen karar ağacı Şekil 5.8. de gösterildiği gibi olmuştur.



Şekil 5.8. Senaryo II için oluşturulan karar ağacı

Şekil 5.8. de ki ağaca göre en kazançlı kriter olan AG, kök düğümü oluşturmaktadır. Daha sonra bu kritere göre dallanmalar ile karar verme işlemleri yapılır. Bir sonraki basamakta bir diğer kriter olan BM kriteri vardır. Bu kritere göre dallanmalar yapılarak karar verme işine devam edilir. En son adımda ise AG kriterine göre son karar verme işlemi tamamlanır ve nihai karar oluşturulur.

Şekil 5.8. de elde edilen karar ağacına göre 4 adet kural belirlenmiştir.

Kural 1- EĞER BM Yüksek ve AG Yüksek ise Verilir

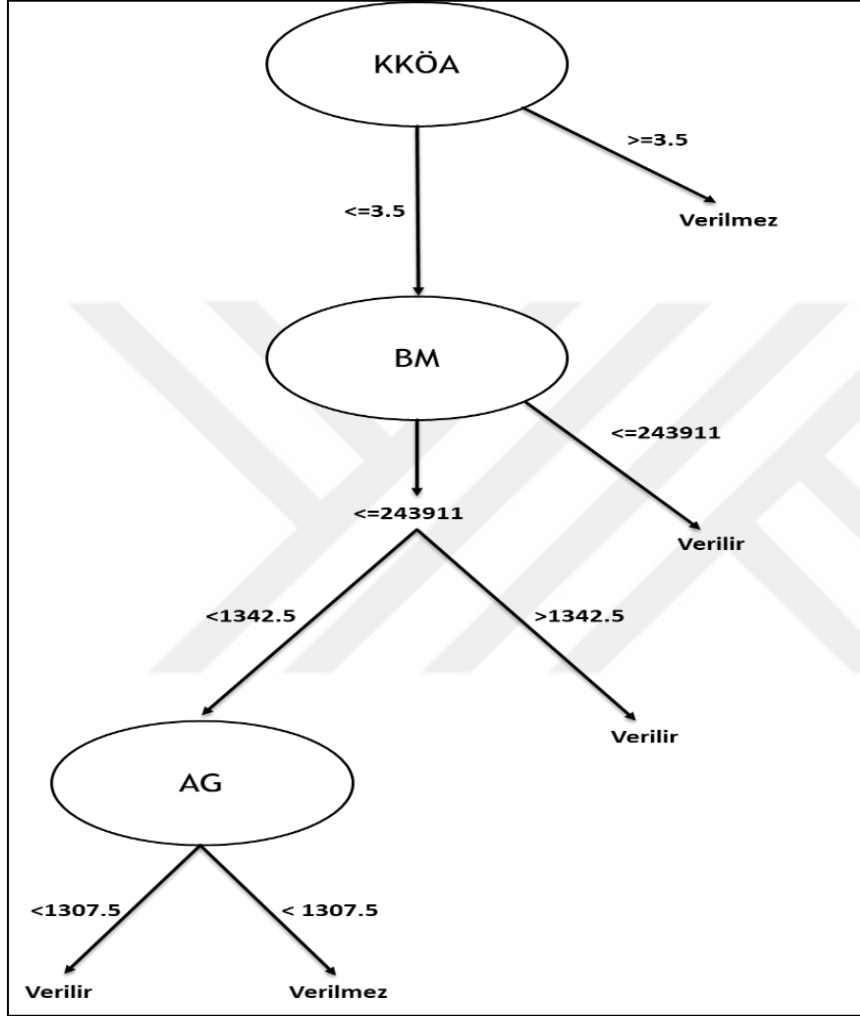
Kural 2- EĞER BM Yüksek ve AG Düşük ise Verilemez

Kural 3- EĞER BM Düşük ve AG Yüksek ise Verilir

Kural 4- EĞER BM Düşük ve AG Düşük ise Verilir

Senaryo III

Son senaryoda, aylık gelir(AG), mal varlığı(MV), borç miktarı(BM), daha önce takibi var mı(DOTV) ve kredi kartı ödeme alışkanlığı(KKOA) olmak üzere beş kriter dikkate alınmıştır. Tüm kriterler dahil edildiğinde elde edilen karar ağacı Şekil 5.9. da gösterildiği gibi olmuştur.



Şekil 5.9. Senaryo III için oluşturulan karar ağacı

Şekil 5.9. da ki ağaca göre en kazançlı kriter olan KKOA, kök düğümü oluşturmaktadır. Daha sonra bu kritere göre dallanmalar ile karar verme işlemleri yapılır. Bir sonraki basamakta bir diğer kriter olan BM kriteri vardır. Bu kritere göre dallanmalar yapılarak karar verme işine devam edilir. En son adımda ise AG kriterine göre son karar verme işlemi tamamlanır ve nihai karar oluşturulur.

Şekil 5.9. da elde edilen karar ağacına göre 3 adet kural belirlenmiştir.

Kural 1- EĞER KKOYA Yüksek ise Verilemez

Kural 2- EĞER BM Yüksek ve KKOYA Düşük ise Verilir

Kural 3- EĞER AG Yüksek ve BM Düşük ve KKOYA Düşük ise Verilir

Karar ağaçları ile elde edilen bu kuralların doğruluğu sistem başarısını da doğrudan etkilemektedir. Elbette farklı kriter ve örneklem için bu kural yapısı değişebilir.





6. DENEYSEL SONUÇLAR VE İRDELEME

Tez kapsamında önerilen karar destek sistemi ile, iki farklı melez yöntemin ve yöntemlerin ayrı ayrı tek başına test edilmesinin ardından, etkin ve yüksek doğrulukta bir çözüm önerisi sunulmuştur. Bu yöntemlerin temelini bulanık mantık yöntemi oluşturmaktadır. Bulanık mantık ile birlikte, önce AHS yöntemi daha sonra da karar ağaçları yöntemi kullanılarak sonuçlar irdelenmiştir.

Öncelikle AHS ve bulanık mantık yöntemleri birlikte kullanılarak bazı deneysel çalışmalar yapılmıştır. AHS yöntemi ile kriterler arasında bir derecelendirme yapılarak kural belirleme aşamasında kuralları belirleme işlemi daha kolay bir hale getirilmiştir. Ardından derecelendirilen kriterler ile bulanık mantık aşaması tamamlanarak sonuçlar elde edilmiştir. Bu deneylerde kayda değer bir başarı elde edilmiş olsada yöntemleri ve senaryoları değiştirdiğimizde daha yüksek başarıların elde edilebileceği gözlenmiş ve bu kıyaslamalı sonuçlar tez kapsamında sunulmuştur.

Tez kapsamında değerlendirilen problem daha sonra karar ağaçları ve bulanık mantık melez yöntemi ile test edilmiştir. Buradaki testler kriterlerin senaryolara göre gruplanması ile yapılmıştır. Toplamda 3 senaryo ile veriler test edilmiştir. Bu modelde, karar ağaçları ile belirlenen kurallar, bulanık mantık aşamasındaki kural tanımlama kısmına eklenir. Bu aşamada bulanık karar verme için test aşamasına geçilir. Öncelikle kriterlerin bulanıklaştırılması işlemi tamamlanır. Çizelge 5.1. de gösterildiği gibi belirlenen üyelik fonksiyonları ile bulanıklaştırma işlemi yapılır. Ardından karar ağacı yöntemi ile belirlenen kurallar, bulanık mantık aşamasında kural tanımlama kısmına eklenir. Daha sonra da bulanık mantık ile karar verme işlemi tamamlanarak sonuçlar elde edilir.

Çizelge 6.1. de “AHS +bulanık mantık” ve senaryo I, II ve III için “DT”, “bulanık mantık” ve “DT + bulanık mantık” deneysel sonuçları görülmektedir. Verilen bu tabloda her bir senaryodaki yöntem için zaman ve doğruluk açısından da kıyaslama yapılmıştır. Aynı zamanda bazı yöntemler için süreye ve başarı oranına bağlı olarak tahmini hız hesabı belirlenmiştir.

Çizelge 6.1. Yöntemler için deneysel sonuçlar

| | Sınıflandırıcılar | Test Doğruluğu | Eğitim süresi | Tahmini Hız |
|-------------|---------------------------------|----------------|---------------|-------------|
| | AHS + Bulanık Mantık | %79 | - | - |
| Senaryo I | Karar Ağaçları | %87 | 20233sec | -670obs/sec |
| | Bulanık Mantık | %90 | - | - |
| | Karar Ağaçları + Bulanık Mantık | %99 | 20233sec | -670obs/sec |
| Senaryo II | Karar Ağaçları | %97 | 10712sec | 2100obs/sec |
| | Bulanık Mantık | %95 | - | - |
| | Karar Ağaçları + Bulanık Mantık | %100 | 10712sec | 2100obs/sec |
| Senaryo III | Karar Ağaçları | %100 | 30755sec | -640obs/sec |
| | Bulanık Mantık | %96 | - | - |
| | Karar Ağaçları + Bulanık Mantık | %100 | 30755sec | -640obs/sec |

Çizelge 6.1. de görüldüğü gibi AHS ve bulanık mantık melez yöntemiyle elde edilen deneysel çalışmada %79 luk bir başarı elde edilmiştir. Senaryo I için yapılan deneysel çalışmada, tek başına DT %87 ve tek başına bulanık %90 başarı göstermiştir. DT+bulanık mantık ise %99 başarı oranı ile en iyi sonucu elde etmiştir. Senaryo I için çıkan sonuçlar 100 örneklem için çizelge 6.2. deki gibi hata matrisi ile değerlendirilmiştir. Aynı şekilde senaryo II için baktığımızda tek başına DT %97 ve tek başına fuzzy %95 başarı göstermiştir. DT + bulanık mantık ise %100 başarı oranı ile en iyi sonucu elde etmiştir. Senaryo II için çıkan sonuçlar 100 örneklem için çizelge 6.3. deki gibi hata matrisi ile değerlendirilmiştir. Senaryo III de bulanık tek başına %96 başarı elde ederken, DT ve DT + bulanık mantık %100 başarı oranı ile en yüksek doğruluk değerine sahiptir. Senaryo III için çıkan sonuçlar 100 örneklem için çizelge 6.4. deki gibi hata matrisi ile değerlendirilmiştir.

Çizelge 6.2. Senaryo I için hata matrisi

| N=100 | Verilmez(Tahmini Değer) | Verilir(Tahmini Değer) |
|------------------------|-------------------------|------------------------|
| Verilmez(Gerçek Değer) | 19 | 1 |
| Verilir(Gerçek Değer) | 0 | 80 |

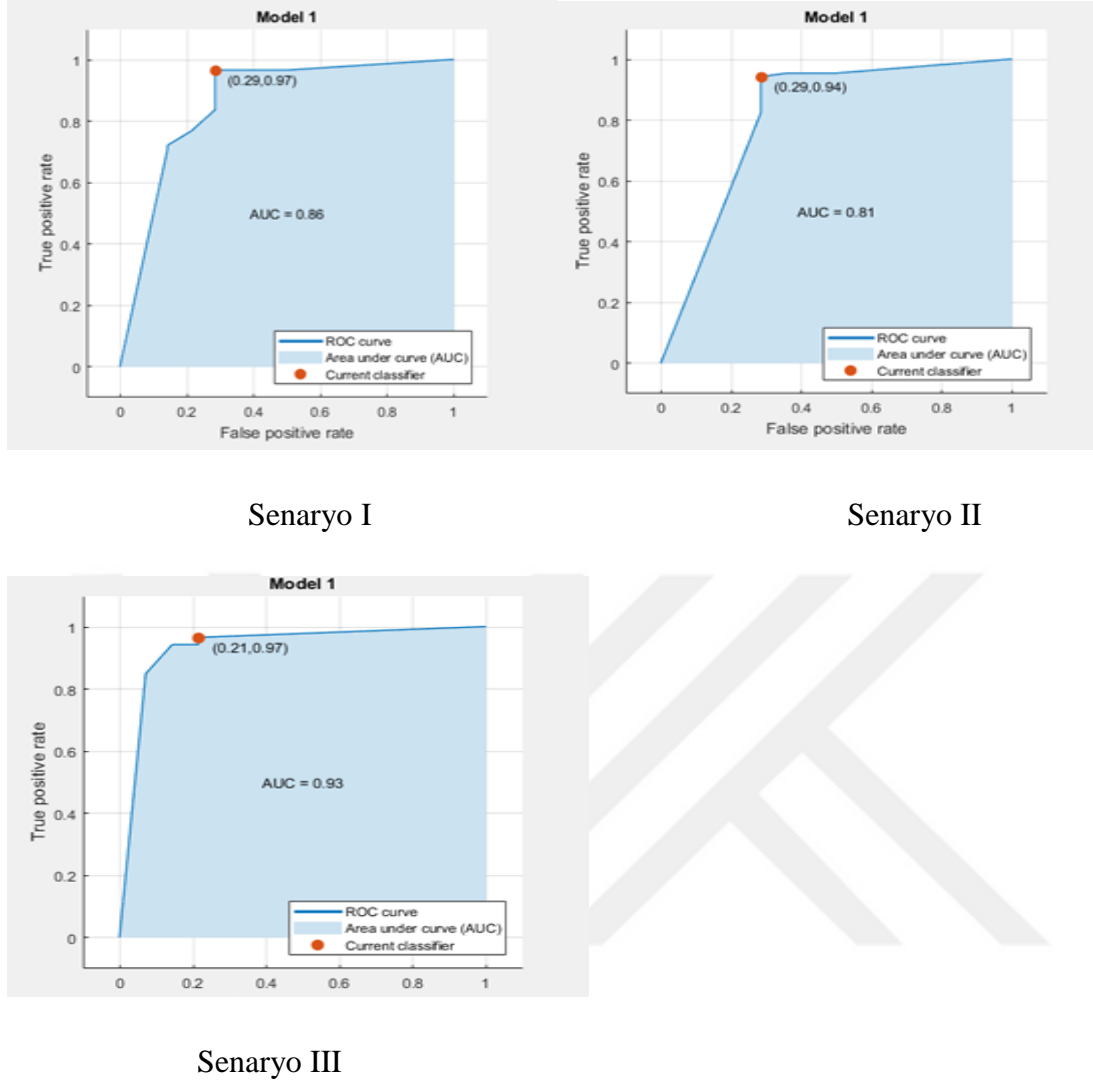
Çizelge 6.3. Senaryo II için hata matrisi

| N=100 | Verilmez(Tahmini Değer) | Verilir(Tahmini Değer) |
|------------------------|-------------------------|------------------------|
| Verilmez(Gerçek Değer) | 20 | 0 |
| Verilir(Gerçek Değer) | 0 | 80 |

Çizelge 6.4. Senaryo III için hata matrisi

| N=100 | Verilmez(Tahmini Değer) | Verilir(Tahmini Değer) |
|------------------------|-------------------------|------------------------|
| Verilmez(Gerçek Değer) | 20 | 0 |
| Verilir(Gerçek Değer) | 0 | 80 |

Gerçekleştirilen deneysel çalışmada sırasıyla test edilen üç senaryonun ROC eğrileri şekil 6.1. de gösterildiği gibidir.



Şekil 6.1.Önerilen modelin üç senaryo için çizilen ROC eğrileri

Bir bankadan alınan 300 müşterilik tarımsal kredi müşterisi veri seti, belirlenen kriterlere göre karar ağacı ve bulanık mantık tabanlı hibrit karar destek sistemi üzerinde test edilmiştir. Bulanık çıkarım için kural tablosu karar ağaçları ile elde edilmiş ve kolaylıkla sisteme tanımlanmıştır. Ardından test verileri bulanıklaştırılarak çıkışlar belirlenmiştir.

Yapılan deneysel çalışmada her türden tarımsal kredi müşterisinin kredi ile ilgili verileri değerlendirilmiş olup sonuçların bir kısmı çizelge 6.1. de gösterilmiştir. Burada çıkan sonuçlar uzman görüşü ve bankadan gelen sonuçlarla kıyaslanmıştır.

Önerilen model test edilmeden önce, bulanık mantık ve karar ağaçları yöntemleri tek tek test edilmiştir. Testlerin sonuçları değerlendirildiğinde ilk başta yüksek başarılar elde edilse de kriterlerin değişmesi durumunda başarı oranının düştüğü tespit edilmiştir.

Önerilen DT + Bulanık mantık melez modelinin, değişen kriterlere ve problemlere göre daha iyi sonuçlar verebileceği gösterilmiştir.

Önerilen sistem modelinin deneysel çalışmasında, belirlenen aylık gelir(AG), mal varlığı(MV), borç miktarı(BM), kredi kartı ödeme alışkanlığı(KKOA), daha önce takibi var mı(DOTV) kriterleri ile, 300 müşteri için %100 oranında bir başarı ile bugüne kadar yapılan çalışmalara kıyasla en ideal sonuca ulaşılmıştır. Kriterlerin değişmesi veya azaltılması durumunda da sistemin etkin ve yüksek doğrulukta sonuçlar verdiği gösterilmiştir.

Test verilerinin doğru sonuçları “Doğru” yanlış sonuçları “Yanlış” olarak tanımlanmıştır. Önerilen hibrit yöntemin test sonuçlarının bir kısmı çizelge 6.5. de gösterilmiştir. Önerilen yöntem için test edilen yöntemlerin tek başına verdikleri sonuçlar ise çizelge 6.6. da ve çizelge 6.7. de gösterildiği gibidir.

Çizelge 6.5. çizelge 6.6. ve çizelge 6.7. 300 müşterilik veri tabanındaki müşterilerden bir kısmının belirtilen yöntemlere göre test sonuçları gösterilmiştir. Bu bilgiler belirlenen kriterler ile sonuç şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Her bir sayısal sonuç uzman görüşü ile kıyaslanarak doğruluğu test edilmiştir. Bu çizelgeler sayesinde önerilen yöntemin ve yöntemlerin tek başına kullandıkları zamanki doğruluk başarı yüzdeleri test edilebilir. Elde edilen sonuçlar ve yöntemler birbirleri ile kıyaslanabilir. Bu kıyas sonucunda önerilen hibrit yöntemin başarı yüzdesinin çok daha yüksek olduğu çizelgeler ile açık bir şekilde ispatlanmış ve ifade edilmiştir.

Çizelge 6.5. Karar ağaçları ve bulanık mantık ile elde edilen sonuç başarımlar tablosu

| | Aylık Gelir | Mal varlığı | Borç miktarı | Daha önce takibi var mı? | Kredi kartı ödeme alışkanlığı | Sayısal Sonuç | Uzman Görüşü | Doğruluk |
|------------|-------------|-------------|--------------|--------------------------|-------------------------------|---------------|--------------|----------|
| Müşteri 1 | 2541 | 146500 | 125620 | Hayır (0) | 3 | Verilmiş | Verilmiş | Doğru |
| Müşteri 2 | 3256 | 165422 | 180520 | Hayır (0) | 2 | Verilmiş | Verilmiş | Doğru |
| Müşteri 3 | 5200 | 195630 | 176541 | Hayır (0) | 2 | Verilmiş | Verilmiş | Doğru |
| Müşteri 4 | 5478 | 154200 | 109500 | Hayır (0) | 3 | Verilmiş | Verilmiş | Doğru |
| Müşteri 5 | 10900 | 256370 | 248950 | Hayır (0) | 2 | Verilmiş | Verilmiş | Doğru |
| Müşteri 6 | 11550 | 215300 | 210500 | Hayır (0) | 3 | Verilmiş | Verilmiş | Doğru |
| Müşteri 7 | 2750 | 145200 | 135620 | Hayır (0) | 2 | Verilmiş | Verilmiş | Doğru |
| Müşteri 8 | 3000 | 136500 | 126540 | Hayır (0) | 3 | Verilmiş | Verilmiş | Doğru |
| Müşteri 9 | 5680 | 195600 | 185256 | Hayır (0) | 3 | Verilmiş | Verilmiş | Doğru |
| Müşteri 10 | 4122 | 260122 | 265320 | Hayır (0) | 3 | Verilmiş | Verilmiş | Doğru |
| Müşteri 11 | 650 | 65230 | 55896 | Hayır (0) | 3 | Verilmiş | Verilmiş | Doğru |
| Müşteri 12 | 6533 | 162500 | 25650 | Hayır (0) | 2 | Verilmiş | Verilmiş | Doğru |
| Müşteri 13 | 300 | 3500 | 865240 | Hayır (0) | 4 | Verilmemiş | Verilmemiş | Doğru |
| Müşteri 14 | 490 | 4500 | 815265 | Hayır (0) | 4 | Verilmemiş | Verilmemiş | Doğru |
| Müşteri 15 | 380 | 5900 | 975460 | Hayır (0) | 4 | Verilmemiş | Verilmemiş | Doğru |

Çizelge 6.6. Karar ağaçları ile elde edilen sonuç başarımlar tablosu

| | Aylık Gelir | Mal varlığı | Borç miktarı | Daha önce takibi var mı? | Kredi kartı ödeme alışkanlığı | Sayısal Sonuç | Uzman Görüşü | Doğruluk |
|------------|-------------|-------------|--------------|--------------------------|-------------------------------|---------------|--------------|----------|
| Müşteri 1 | 2541 | 146500 | 125620 | Hayır (0) | 3 | Verilmiş | Verilmiş | Doğru |
| Müşteri 2 | 3256 | 165422 | 180520 | Hayır (0) | 2 | Verilmiş | Verilmiş | Doğru |
| Müşteri 3 | 5200 | 195630 | 176541 | Hayır (0) | 2 | Verilmiş | Verilmiş | Doğru |
| Müşteri 4 | 5478 | 154200 | 109500 | Hayır (0) | 3 | Verilmiş | Verilmiş | Doğru |
| Müşteri 5 | 10900 | 256370 | 248950 | Hayır (0) | 2 | Verilmiş | Verilmiş | Doğru |
| Müşteri 6 | 11550 | 215300 | 210500 | Hayır (0) | 3 | Verilmiş | Verilmiş | Doğru |
| Müşteri 7 | 2750 | 145200 | 135620 | Hayır (0) | 2 | Verilmiş | Verilmiş | Doğru |
| Müşteri 8 | 3000 | 136500 | 126540 | Hayır (0) | 3 | Verilmiş | Verilmiş | Doğru |
| Müşteri 9 | 5680 | 195600 | 185256 | Hayır (0) | 3 | Verilmiş | Verilmiş | Doğru |
| Müşteri 10 | 4122 | 260122 | 265320 | Hayır (0) | 3 | Verilmiş | Verilmiş | Doğru |
| Müşteri 11 | 650 | 65230 | 55896 | Hayır (0) | 3 | Verilmiş | Verilmiş | Doğru |
| Müşteri 12 | 6533 | 162500 | 25650 | Hayır (0) | 2 | Verilmiş | Verilmiş | Doğru |
| Müşteri 13 | 300 | 3500 | 865240 | Hayır (0) | 4 | Verilmemiş | Verilmemiş | Doğru |
| Müşteri 14 | 490 | 4500 | 815265 | Hayır (0) | 4 | Verilmemiş | Verilmemiş | Doğru |
| Müşteri 15 | 380 | 5900 | 975460 | Hayır (0) | 4 | Verilmemiş | Verilmemiş | Doğru |

Çizelge 6.7. Bulanık mantık ile elde edilen sonuç başarımlar tablosu

| Müşteri | Aylık gelir | Mal varlığı | Borç miktarı | Daha önce takibi var mı? | Kredi kartı ödeme alışkanlığı | Sayısal sonuç | Uzman görüşü | Doğruluk |
|------------|-------------|-------------|--------------|--------------------------|-------------------------------|---------------|--------------|----------|
| Müşteri 1 | 3650 | 182300 | 155450 | Hayır(0) | 2 | 1 | Verilmiş | Doğru |
| Müşteri 2 | 14950 | 650230 | 495800 | Hayır(0) | 2 | 1 | Verilmiş | Doğru |
| Müşteri 3 | 2566 | 87400 | 28540 | Hayır(0) | 1 | 1 | Verilmiş | Doğru |
| Müşteri 4 | 6585 | 324120 | 185450 | Hayır(0) | 2 | 1 | Verilmiş | Doğru |
| Müşteri 5 | 4850 | 250180 | 145654 | Hayır(0) | 1 | 1 | Verilmiş | Doğru |
| Müşteri 6 | 3560 | 156350 | 95800 | Hayır(0) | 2 | 1 | Verilmiş | Doğru |
| Müşteri 7 | 3450 | 148520 | 165420 | Hayır(0) | 3 | 1 | Verilmiş | Doğru |
| Müşteri 8 | 7800 | 230455 | 215420 | Hayır(0) | 1 | 1 | Verilmiş | Doğru |
| Müşteri 9 | 7410 | 280650 | 152654 | Hayır(0) | 2 | 1 | Verilmiş | Doğru |
| Müşteri 10 | 1320 | 144660 | 64564 | Hayır(0) | 0 | 1,48 | Verilmemiş | Yanlış |
| Müşteri 11 | 0 | 0 | 890452 | Hayır(0) | 4 | 2 | Verilmemiş | Doğru |
| Müşteri 12 | 0 | 2000 | 950450 | Hayır(0) | 4 | 2 | Verilmemiş | Doğru |
| Müşteri 13 | 300 | 3500 | 865240 | Hayır(0) | 4 | 1,57 | Verilmemiş | Doğru |
| Müşteri 14 | 490 | 4500 | 815265 | Hayır(0) | 4 | 1,51 | Verilmemiş | Doğru |
| Müşteri 15 | 380 | 5900 | 975460 | Hayır(0) | 4 | 1,53 | Verilmemiş | Doğru |



7. SONUÇ

Günümüzde alım satım, üretim, tüketim ve iş gücünün hızla arttığı, teknolojinin hızla geliştiği ve nakit paraya olan ihtiyacın da bunlarla doğru orantılı olarak arttığı bilinmektedir. Bu artış doğrultusunda yapılan incelemelerle, mevcut sistemlerin ihtiyacı karşılayamadığı ve yavaş kaldığı tespit edilmiştir. Dünya genelinde her alanda hızlı, esnek, kolay uygulanabilir ve insandan bağımsız sistemlere ihtiyaç olduğu yadsınmaz bir gerçektir.

Nakit paraya olan ihtiyacın artması ile bu talebi kredi çözümü ile karşılayan bankalarında iş yükü ve riski de orantılı olarak artmıştır. Mevcut sistemlerin yetersizliği, yavaş olması, doğru sonuçlar veremediği durumlar olması ve esnek olmaması en büyük problemdir. Kredi verme kararı oldukça riskli ve önemli bir karar problemidir. Bu yüzden yapılan araştırmalar ile doğru, esnek, hızlı ve her koşulu atlamadan karar verebilen, güçlü sistematik bir yapıya ihtiyaç olduğu gözlenmiştir. Bu ihtiyaç doğrultusunda çözümler aranmış ve değerlendirilmiştir.

Tez kapsamında klasik banka kredi değerlendirme sistemlerindeki eksiklikler incelenmiştir. Her kredi tipinde farklı uygulamalar içeren bu sistemlerin eksik yanları tespit edilerek bu eksiklikler için birtakım çözümler önerilmiştir. Sistemlerin esnek ve hızlı çalışan sistemler olması amaçlanmıştır. Çünkü kredi verme kararı oldukça karışık ve risk içeren önemli bir problemdir.

Problemin tespitiyle literatürdeki bazı çözüm yöntemlerinin incelenmesinin ardından en esnek ve en yüksek doğrulukta çözümler sunabilecek bir sistem modeli tasarlanması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda birçok deneysel çalışmalar yapılmış ve uzman görüşü alınarak en iyi sonuca ulaşılmıştır.

Ülkemizin geçim kaynaklarının başında tarım geldiği için ve burada nakit paraya duyulan ihtiyacın önemli bir kısmı da tarımsal krediler ile karşılandığı için kredi çeşidi olarak tarımsal krediler tercih edilmiştir. Problemin çözümü için gerçek veriler kullanılarak en doğru sonuca ulaşmak amaçlanmıştır.

Önerilen sistem, tarımsal kredi başvuruları için müşteri değerlendirmesinde hızlı ve yüksek doğrulukta sonuçlar elde edebilmektedir. Ayrıca farklı banka ve kredi değerlendirmelerinde istenebilecek farklı kriterler için de güçlü bir model sunmaktadır. Böylece değişkenlik gösterebilecek müşteri kriterlerinde bile yüksek doğrulukta, hızlı bir değerlendirme yapılabilmektedir.

Literatürde bulanık mantık ve karar ağaçları karar verme sürecinde sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak kredi değerlendirme kriterlerinin uzman görüşü veya banka tarafından değiştirilmesi durumunda bulanık kural kümesi çıkarımında ciddi sorunlar yaşanmaktadır. Bununla birlikte, karar ağaçlarının tek başına kullanılması durumunda başarı oranının düştüğü de tespit edilmiştir.

Önerilen DT + Bulanık mantık tarımsal kredi değerlendirmesi sistemi ile hızlı, güvenilir ve kolay uygulanabilir bir kredi değerlendirme modeli oluşturulmuştur. Önerilen modelde karar ağaçları yöntemi ile kurallar oluşturulmuş, sonrasında bulanık mantık aşamasına geçilmiştir. 300 müşteri örneği içeren gerçek verilerde yapılan deneysel çalışmalarda DT + Bulanık mantık ile %100 başarı elde edilmiştir. Her iki yöntemin tek başına kullanıldığında ortaya çıkabilecek zorluklar ve hatalar bu hibrit kullanım sayesinde giderilmiştir.

Bu yöntem ve tasarım gelecek çalışmalarda, farklı kredi çeşitleri, farklı finans sektörleri ve özel şirketler için uygulanabilir ve geliştirilebilir. Böylece farklı kredi değerlendirmesi için de başarı oranları değerlendirilebilir. Tasarlanan sistemin birçok alanda kullanılabilir kadar esnek bir yapıda olması, değişen kriterlere kolayca uyum sağlaması, hibrit iki yöntemden oluşması ve maksimum doğrulukta sonuçlar vermesi en önemli özelliğidir. Ayrıca birçok testten geçirilerek ortaya çıkabilecek birçok negatif durum gözlenmiş ve model tasarımı ona göre yapılmıştır. Bu sayede olası hatalar en aza indirgenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Harris, T. (2015). Credit scoring using the clustered support vector machine. *Expert Systems with Applications*, 42(2), 741-750.
2. Zhao, Z., Xu, S., Kang, B. H., Kabir, M. M. J., Liu, Y., and Wasinger, R. (2015). Investigation and improvement of multi-layer perceptron neural networks for credit scoring. *Expert Systems with Applications*, 42(7), 3508-3516.
3. Mammadli, S. (2016). Fuzzy logic based loan evaluation system. *Procedia Computer Science*, 102(1), 495-499.
4. Paul, U., Biswas, A.(2017). Comsumer credit limit assignment using bayesian decision theory and fuzzy logic – a practical approach. *Journal of Management(JOM)*, 4(2), 11–18.
5. Sohn, S. Y., Kim, D., H., Yoon, J. H.(2016). Technology credit scoring model with fuzzy logistic regression. *AppliedSoft Computing*, 1(43), 50-158.
6. Karmarkar, A. U., Gilke, N. R. (2018). Fuzzy Logic based decision support systems in variant production. *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 3842-3850.
7. Internet: ID3 Tekrarlı İkilikçi Ağaç,
URL:<http://bilgisayarkavramlari.sadievrenseker.com/2012/11/09/id3-tekrarli-ikilikci-agac-iterative-dichotomiser-3/>, Son Erişim Tarihi:12.05.2018.
8. Internet: Karar Ağaçları (Decission Tree), URL:
<https://www.slideshare.net/reyhanko/karar-aalari-63285758>, Son Erişim Tarihi:15.05.2017.
9. Internet: Karar Destek Sistemleri, URL:
<https://www.slideshare.net/oguzghanoguzz/karar-aalar-ve-entropi-kds>, Son Erişim Tarihi: 02.05.2018.
10. Internet: Web Madenciliği, URL:
http://w3.gazi.edu.tr/~akcayol/files/WM_L4SupervisedLearning.pdf, Son Erişim Tarihi:12.08.2017.
11. Çalış, A., Kayapınar, S., ve Çetinyokuş, T. (2014). Veri madenciliğinde karar ağacı algoritmaları ile bilgisayar ve internet güvenliği üzerine bir uygulama. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 3(25), 2-19.
12. Muslu, D.(2009). *Sigortacılık sektöründe risk analizi: veri madenciliği uygulaması*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 78-92.
13. Zırhlioğlu, G. (2011). İnternet Bağımlılığının CHAID Analizi ile İncelenmesi: Van ili örneği. *Eğitimde ve Psikolojide Ölçme ve Değerlendirme Dergisi*, 2(2), 182-190.
14. Kaptanoğlu, D., Özok A. F. (2006), Akademik performans değerlendirme için bir bulanık model. *İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi*, 5(1), 193-204.

15. Dahal, K., Hussain, Z., and Hossain, M. A. (2005). Loan risk analyzer based on fuzzylogic. Paper presented at the Member School of Informatics, Hong Kong, China.
16. Darwish, N. R., Abdelghany, A.S. (2016). Fuzzy logic model for credit risk rating of Egyptian commercial banks. *International Journal of Computer Science and Information Security*, 14(2), 1-18.
17. Hacımurtazaoğlu, M. (t.y.). Bulanık Mantık ile Manyetik Kilit Uygulaması. URL: <http://ab.org.tr/ab13/bildiri/208.pdf>, Son Erişim Tarihi:12.01.2018.
18. Internet: Decission Tree (Karar Ağacı) ID3 Algoritması- Classification(Sınıflama),URL:https://www.e-adys.com/makine_ogrenmesi/decision-tree-karar-agaci-id3-algoritmasi-classification-siniflama/, Son Erişim Tarihi:12.01.2018.
19. Kavzaoğlu, T., Çölkesen, İ. (2010). Karar ağaçları ile uydu görüntülerinin sınıflandırılması: Kocaeli örneği. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2(1), 36-45.
20. Internet: Bulanık Mantık, URL: https://tr.wikipedia.org/wiki/Bulan%C4%B1k_mant%C4%B1k, Son Erişim Tarihi:12.08.2017.
21. Yalpır, Ş. (2007). *Bulanık mantık metodolojisi ile taşınmaz değerlendirme modelinin geliştirilmesi ve uygulaması: Konya örneği*. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 15-56.
22. Yıldız, O., Dağdeviren, M., ve Çetinyokuş, T. (2008). İş gören performansının değerlendirilmesi için bir karar destek sistemi ve uygulaması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(1), 239-248.
23. Xinhui, C.,Zhong, Q.(2009). *On consumer credit scoring based on multi-criteria fuzzy logic*. Paper presented at the International Conference on Business Intelligence and Financial Engineering, Beijing, China.
24. Ibn, U.F., Panford, J.K., Hyfron-Acquah, J.B. (2014). Fuzzy Logic Approach to Credit Scoring for Micro Finances in Ghana. *International Journal of Computer Applications*, 94(8), 11-18.
25. Birgili, E., Sekmen, F., and Esen, S. (2013). Bulanık mantık yaklaşımıyla finansal yönetim uygulamaları: bir literatür taraması. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 9(19), 121-136.
26. Asset, D. (2015). Credit risk assesment by means of fuzzy logic prediction. *Journal of Multidiciplinary Engiineering Science and Technology (JMEST)*, 2(5), 902-904.
27. Internet: Dzanic, E.,Brkic, S., Hodzic, M. Fuzzy Logic Model of Soft Data Analysis for Corporate Client Credit Risk Assessment in Commercial Banking. URL: file:///C:/Users/%C3%9CM%C4%B0T/Downloads/PAPER_Fuzzylogicmodelofsoftdataanalysisforcorporateclientcreditriskassesmentincommercialbanking.pdf, Son Erişim Tarihi:12.08.2017.

28. Grace, A. M., Williams, S. O. (2016). Comparative analysis of neural network and fuzzy logic techniques in credit risk evaluation. *International Journal Intelligent Information Technologies (IJIT)*, 12(1), 47-62.
29. Pai, P. F., Tan, Y.S., and Hsu, M. F.(2015). Credit rating analysis by the decision-tree support vector machine with ensemble strategies. *Taiwan Fuzzy Systems Association and Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, 17(1), 521–530.
30. Novotna, M.(2012). *The use of different approaches for credit rating prediction and their comparison*. Paper presented at the First Proceedings of the 6th International Conference on Managing and Modelling of Financial Risks, Technical University of Ostrava, Çekya.
31. Satchidananda. S. S., Simha J. B. (2006). *Comparing decision trees with logistic regression for credit risk analysis*. Paper presented at the First International Institute of Information Technology, Bangalore, India.
32. Sadatrasoul, S.,Gholamian, M., Shahanaghi K. (2015). Combination of Feature Selection and Optimized Fuzzy Apriori Rules: The Case of Credit Scoring. *The International Arab Journal of Information Technology*, 12(2), 138-145.
33. Paul, U., Biswas, A. (2017). Consumer credit limit assignment using bayesian decision theory and fuzzy logic – a practical approach. *Journal of Management*, 4(2), 11-18.
34. Liu, X., Feng, X., Pedrycz, W. (2013). Extraction of fuzzy rules from fuzzy decision trees: An axiomatic fuzzy sets (AFS) approach. *Data & Knowledge Engineering*, 84(1), 1-25.
35. Mitra, S., Konwar, K. M., & Pal, S. K. (2002). Fuzzy decision tree, linguistic rules and fuzzy knowledge-based network: generation and evaluation. *The Institute of Electrical and Electronics Engineers Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 32(4), 328-339.
36. Wang, X., Liu, X., Pedrycz, W., & Zhang, L. (2015). Fuzzy rule based decision trees. *Pattern Recognition*, 48(1), 50-59.
37. Bölgen, M. (2010). *Fuzzy logic and data mining techniques in evaluating of credit risks of companies*. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 18-36.
38. Erpolat, S., (2011). Ticari firma kredi taleplerinin değerlendirilmesinde AHS ile farklı bulanık sıralama yöntemlerinin denendiği Bahy'nin incelenmesi. *Öneri Dergisi*, 9(36), 213-235.
39. Organ, A. (2012). Bulanık analitik hiyerarşi süreci ve mortgage banka kredisi seçim problemine uygulanması. *Niğde Üniversitesi İİBF Dergisi*, 2(1), 119-135.
40. Onan, A. (2015). Şirket iflaslarının tahmin edilmesinde karar ağacı algoritmalarının karşılaştırmalı başarımların analizi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 8(1), 9-19.

41. Birgili, E., Sekmen, F., Esen, S. (2013). Bulanık mantık yaklaşımıyla finansal yönetim uygulamaları: bir literatür taraması. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 9(19), 121-136.
42. Sun, J., Lang, J., Fujita, H., and Li, H. (2018). Imbalanced enterprise credit evaluation with DTE-SBD: Decision tree ensemble based on SMOTE and bagging with differentiated sampling rates. *Information Sciences*, 425(1), 76-91.
43. Yufei, X., Chuanzhe, L., Yuying, L., and Nana, L. (2017). A boosted decision tree approach using Bayesian hyper-parameter optimization for credit scoring. *Expert Systems with Applications*, 78(1), 225-241.
44. Yeo, B., Grant, D. (2018). Predicting service industry performance using decision tree analysis. *International Journal of Information Management*, 38(1), 288-300.
45. Jayasree, V., Balan, R. V. (2017). Money laundering regulatory risk evaluation using Bitmap Index-based Decision Tree. *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences*, 23(1), 96-102.
46. Zhang, D., Zhou, X., Leung, S. C., & Zheng, J. (2010). Vertical bagging decision trees model for credit scoring. *Expert Systems with Applications*, 37(12), 7838-7843.
47. Shen, F., Ma, X., Li, Z., Xu, Z., and Cai, D. (2018). An extended intuitionistic fuzzy TOPSIS method based on a new distance measure with an application to credit risk evaluation. *Information Sciences*, 428(1), 105-119.
48. Bennouna, G., Tkiouat, M. (2018). Fuzzy logic approach applied to credit scoring for microfinance in Morocco. *Procedia Computer Science*, 127(1), 274-283.
49. Zhang, Q., Wang, J., Lu, A., Wang, S., and Ma, J. (2018). An improved SMO algorithm for financial credit risk assessment – Evidence from China's banking. *Neurocomputing*, 272(1), 314-325.
50. Bai, C., Shi, B., Liu F., and Sarkis, F. (2018). Banking credit worthiness: Evaluating the complex relationships. *Omega*, 1(1), 1-36.
51. Moor, D., L., Luitel, P., Sercu, P., and Vanpee, R. (2018). Subjectivity in sovereign credit ratings. *Journal of Banking & Finance*, 88(1), 366-392.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : GÜR, Hilal
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 1989, Yusufeli
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0(554)462 49 31
 e-mail : hilalgur.4931@gmail.com



| Eğitim Derecesi | Eğitim Birimi | Mezuniyet Yılı |
|------------------|---|----------------------|
| Yüksek lisans | Gazi Üniversitesi / Bilgisayar Bilimleri | Devam ediyor |
| Lisans | Gazi Üniversitesi / Bilgisayar Mühendisliği | 2014 |
| Lise | Bayburt Lisesi | 2006 |
| İş Deneyimi, Yıl | Çalıştığı Yer | Görev |
| 2015-Halen | İhale Teknolojileri A.Ş. | Yazılım Mühendisi |
| 2015 | Limeks Dijital Arşiv Teknolojileri | Bilgisayar Mühendisi |

Yabancı Dili

İngilizce

Yayınlar

- Gür H., Yıldız O., (Ekim 2017). Bulanık Mantık ve AHP Tabanlı Karar Destek Sistemi, *2nd International Mediterranean Science and Engineering Congress (IMSEC 2017)*, Adana Çukurova Üniversitesi, Adana.

Hobiler

Halk dansları, Çok sesli müzik



GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR