

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**EFQM MÜKEMMELLİK MODELİ ÖLÇÜM
PERFORMANSININ BULANIK MANTIK YAKLAŞIMI
İLE İYİLEŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nilay AÇIKGÖZ

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Alper KİRAZ

Haziran 2019

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EFQM MÜKEMMELLİK MODELİ ÖLÇÜM
PERFORMANSININ BULANIK MANTIK YAKLAŞIMI
İLE İYİLEŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nilay AÇIKGÖZ

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 10.06.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Alper
KIRAZ
Jüri Başkanı



Dr. Öğr. Üyesi Merve
CENGİZ TOKLU
Üye



Dr. Öğr. Üyesi Çağatay
TEKE
Üye



BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Nilay AÇIKGÖZ

10.06.2019

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Alper KİRAZ'a ve yine bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım Arş. Gör. Merve ŐIŐCI hocama teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ	viii
ÖZET	x
SUMMARY	xi
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
EFQM MÜKEMMELLİK MODELİ	5
2.1. EFQM Mükemmellik Modeli	6
2.1.1. Mükemmelliğin temel kavramları	7
2.1.2. EFQM kriterleri	8
2.1.2.1. Liderlik	10
2.1.2.2. Strateji	11
2.1.2.3. Çalışanlar	11
2.1.2.4. İşbirlikleri ve kaynaklar	12
2.1.2.5. Süreçler, ürünler ve hizmetler.....	12
2.1.2.6. Müşterilerle ilgili sonuçlar	13
2.1.2.7. Çalışanlarla ilgili sonuçlar	13
2.1.2.8. Toplumla ilgili sonuçlar.....	14
2.1.2.9. İş sonuçları	15
2.1.3. RADAR yönetimi	15

2.1.3.1. Girdi kriterleri için RADAR	17
2.1.3.2. Sonuç kriterleri için RADAR.....	19
2.1.4. EFQM mükemmellik modelinde puanlama	21
BÖLÜM 3.	
BULANIK MANTIK	25
3.1. Bulanık Mantık Kavramı	25
3.2. Bulanık Sistemler	27
3.2.1. Bulanıklaştırma	28
3.2.1.1. Üçgen üyelik fonksiyonu	28
3.2.1.2. Yamuk üyelik fonksiyonu.....	29
3.2.1.3. Gauss üyelik fonksiyonu	30
3.2.2. Kural işleme	30
3.2.3. Durulaştırma.....	31
3.3. Mamdani Yöntemi	31
BÖLÜM 4.	
KABA KÜMELEME.....	32
4.1. Bilgi Sistemi ve Karar Tablosu	33
4.1.1. Bilgi sistemleri	33
4.1.2. Karar sistemleri	33
4.2. Ayırt Edilemezlik İlişkisi	34
4.3. Kural İndirgeme	35
BÖLÜM 5.	
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	36
BÖLÜM 6.	
UYGULANAN METODOLOJİ VE YÖNTEMLER.....	42
6.1. Problemin Tanımı	42
6.2. Kullanılan Yöntemler ve Metodoloji	42
6.3. CN2 Algoritması	43

BÖLÜM 7.	
UYGULAMA	49
7.1. Bulanık EFQM Mükemmellik Modelinin Geliştirilmesi	49
7.2. CN2 Algoritması ile Kural Çıkarımı	62
BÖLÜM 8.	
SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	72
KAYNAKLAR	75
ÖZGEÇMİŞ	80

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ABCN2	: Argumentation Based CN2
ABML	: Argumentation Based Machine Learning
AHP	: Analitik Hiyerarşi Süreci
ANP	: Analitik Ağ Süreci
AQ	: The algorithm quasi-optimal
AQR	: Automatic Query Refinement algoritması
AQT_15	: Areabased quad-tree algoritması
CLILP2	: Cover Learning Using Integer Linear Programming
CN2	: Clark&Niblett Algorithm
CN2-MD	: CN2 Missing Data
DEMATEL	: Karar verme ve değerlendirme laboratuvar metodu
DIMLP	: Discretized Interpretable Multi Layer Perceptro
DVM	: Destek Vektör Makineleri
EFQM	: Avrupa Kalite Yönetimi Vakfı
FIS	: Fuzzy Inference System
FLT	: Fuzzy Logic Toolbox
GA-SVM	: Genetic algorithm support vector machine
HCV	: Heuristic Covering Algorithm
ID3	: Iterative Dichotomiser 3 Algoritması
ILA	: Inductive Learning Algorithm
KALDER	: Kalite Derneği
k-EYK	: k-En Yakın Komşu
KK	: Kaba Kümeleme
MAPE	: Ortalama Mutlak Yüzde Hata
MLP	: Multi Layer Perceptron
MOGGP	: Multi-Objective grammar-based genetic programming

NB	: NavieBayes
OC1	: Oblique Classifier 1
PART	: Projective adaptive resonance theory
RADAR	: Results, Approach, Deployment, Assesment&Review
REX	: Rule Extraction Algoritması
RO	: Rastgele Orman algoritması
SIM	: Similarity based classifier
TKY	: Toplam Kalite Yönetimi
YSA	: Yapay Sinir Ağları

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. EFQM Mükemmellik Modelinin Yapısı	9
Şekil 2.2. RADAR yaklaşımı	16
Şekil 3.1. Sıcak-Soğuk Bulanık Mantık Modeli	26
Şekil 3.2. Soğuk-Sıcak Klasik Mantık Modeli.....	26
Şekil 3.3. Bulanık Sistem Gösterimi	27
Şekil 3.4. Üçgen Üyelik fonksiyonu.....	29
Şekil 3.5. Yamuk üyelik fonksiyonu	29
Şekil 3.6. Gauss üyelik fonksiyonu	30
Şekil 7.1. Matlab komut penceresi	50
Şekil 7.2. FIS editörü.....	51
Şekil 7.3. Girdi ve çıktı üyelik fonksiyonlarının sisteme girilmesi.....	51
Şekil 7.4. EFQM girdi kriterleri için bulanık sistem.....	52
Şekil 7.5. Girdiler kriteri için üyelik fonksiyonu editörü	53
Şekil 7.6. Girdiler kural editörü.....	54
Şekil 7.7. EFQM sonuçlar kriteri için bulanık sistem	55
Şekil 7.8. Kurumlara ait Klasik EFQM puanı ve Bulanık EFQM puanı fark grafiği	61
Şekil 7.9. R programı ile oluşturulan karar tablosu.....	64
Şekil 7.10. R programı ile girdi kriteri için indirgenmiş kurallar.....	64
Şekil 7.11. Klasik EFQM puanı, bulanık EFQM puanı ve CN2 ile Bulanık EFQM (max/centroid) toplam puan grafiği	67
Şekil 7.12. Kurumların Klasik EFQM puanı ve CN2 algoritma temelli Bulanık EFQM(max/centroid) puanı arasındaki farkı gösteren grafik.....	68
Şekil 7.13. Kurumların Klasik EFQM puanı ve CN2 ile Bulanık EFQM (sum/centroid) puanı arasındaki farkı gösteren grafik71	71
Şekil 8.1. Kurumların modellere ait toplam puan grafiği	73

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. EFQM Mükemmellik Modelinin Girdi ve Sonuç Kriterleri	9
Tablo 2.2. Girdiler Değerlendirme Tablosu.....	18
Tablo 2.3. Sonuçlar Değerlendirme Tablosu	20
Tablo 2.4. Kriter Ağırlıkları.....	22
Tablo 2.5. EFQM Mükemmellik Başarı Ödülü Alan Kuruluşlar	23
Tablo 2.6. EFQM Mükemmellik Büyük Ödülü Alan Kuruluşlar.....	24
Tablo 4.1. Grip hastaların bilgi sistemi	33
Tablo 4.2. Grip hastaların numaralandırılmış hali.....	34
Tablo 4.3. Ayırt edilemeyen kayıtlardan arındırılmış karar tablosu.....	35
Tablo 7.1. Kurumun EFQM kriter puanı hesaplaması	56
Tablo 7.2. Kurum 2'nin toplam EFQM puanı hesaplama tablosu	57
Tablo 7.3. Kurumların toplam EFQM Mükemmellik Modeli puanları.....	57
Tablo 7.4. Kurumların kriter bazında aldıkları Klasik EFQM puanı ile Bulanık EFQM puanı.....	60
Tablo 7.5. Kurumların Bulanık EFQM Mükemmellik Modeli puanları	61
Tablo 7.6. Kurumların Klasik EFQM puanı ile Bulanık EFQM puanı	61
Tablo 7.7. Kurumların CN2 algoritması temelli (max/centroid) Bulanık EFQM ile Klasik EFQM kriter puanı	66
Tablo 7.8. Kurumların Klasik EFQM, Bulanık EFQM ve CN2 algoritma temelli Bulanık EFQM(max/centroid) toplam puanları	67
Tablo 7.9. K1, K2, K3, K4 ve K5 kurumları için kriterlerin Klasik EFQM, CN2 ile Bulanık EFQM (max/centroid) ve CN2 ile Bulanık EFQM (sum/centroid) puanlarını gösteren tablo.....	69
Tablo 7.10. K6, K7, K8, K9 ve K10 kurumları için kriterlerin Klasik EFQM, CN2 ile Bulanık EFQM (max/centroid) ve CN2 ile Bulanık EFQM (sum/centroid) puanlarını gösteren tablo.....	70

Tablo 7.11. Kurumlara ait toplam Klasik EFQM, Bulanık EFQM, CN2 ile Bulanık EFQM (max/centroid) ve CN2 ile Bulanık EFQM (sum/centroid) puanları	71
Tablo 8.1. Modellere ait toplam MAPE değerleri	74

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Kurumsal değerlendirme modelleri, EFQM Mükemmellik Modeli, Bulanık Mantık, CN2 Algoritması

Giderek artan rekabet yarışı ile kuruluşların rakipleri ile mücadele etmesi ve zorlukların üstesinden gelmesi güçleşmektedir. Birbirinden farklı olmak isteyen kuruluşlar hem kaliteli ürün, hizmet sunmalı hem de müşteri memnuniyeti sağlamalıdır. Kurumların bu kadar çok yönlü kısıtlar altında başarılı olması ve günümüzün değişen şartlarında başarıyı devam ettirmesi zordur. Kuruluşlar ancak doğru stratejiyi belirlediklerinde uzun yıllar hizmet vermeye devam edebilirler. Kurumlar, stratejik hedeflerine ulaşmadaki seviyelerini belirlemenin önemli yollarından biri öz değerlendirme faaliyetleridir. Öz değerlendirme yapmak kurumlara güçlü yönlerini ve geliştirilmesi gereken zayıf yönlerini belirlemede avantaj sağlar. Kurumlar öz değerlendirme ve performans değerlendirmesi yapmak için kurumsal değerlendirme modellerini kullanmaktadır. EFQM (European Foundation for Quality Management- Avrupa Kalite Yönetim Vakfı) Mükemmellik Modeli de öz değerlendirme yapmak için yaygın kullanılan kurumsal değerlendirme modellerindedir. Klasik EFQM modelinin uzman görüşlerindeki puanlama ve hesaplama sapmalarını en küçüklemek ve kurumsallaşma ölçüm seviyelerinin daha tutarlı bir şekilde ölçülmesini sağlamak amacı ile bu tez çalışmasında EFQM Mükemmellik Modeli bulanık mantık ile ele alınarak Bulanık EFQM modeli geliştirilmiştir. Matlab yazılımı Bulanık Mantık Araç Kutusunda “aggregation=max” ve “defuzzification=centroid” kullanılarak geliştirilen modelde, “if..then” kural sayısının fazla olması sebebiyle çalışması hem zaman almakta hem de ürettiği sonuçlar güvenilir olmamaktadır. Bulanık EFQM kural tabanı için CN2 kural çıkarım algoritması kullanılarak mevcut kural tabanını temsil edecek şekilde kural indirgenmesi yapılmıştır. CN2 algoritması temelli geliştirilen Bulanık EFQM modelinde “aggregation=max” ve “defuzzification=centroid” ile “aggregation=sum” ve “defuzzification=centroid” olmak üzere iki farklı yöntem ile 10 kuruluş için elde edilen sonuçlar Klasik ve Bulanık EFQM modelleri ile test edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre geliştirilen CN2 algoritma temelli Bulanık EFQM (sum/centroid) modeli puanı ile Klasik EFQM Mükemmellik Modeli puanı istatistiksel hata türlerinden olan Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE) ile ölçülmüş ve hata oranı %2,33 olarak hesaplanmıştır. Geliştirilen modelin EFQM değerlendiricileri için yol gösterici olması öngörülmektedir.

IMPROVEMENT OF EFQM EXCELLENCE MODEL MEASUREMENT PERFORMANCE WITH FUZZY LOGIC APPROACH

SUMMARY

Keywords: Institutional evaluation models, EFQM Excellence model, Fuzzy logic, CN2 Algorithm

With the competition of increasing competition, it is difficult for the organizations to struggle with their rivals and to overcome the difficulties. Organizations that want to be different from each other should provide quality products, services and customer satisfaction. It is difficult for institutions to be successful under such multifaceted constraints and to continue success in today's changing conditions. Organizations can continue to serve for many years only when they determine the right strategy. One of the important ways in which organizations can determine their level of achieving their strategic objectives is self-assessment activities. Self-assessment is an advantage in determining the strengths and weaknesses that need to be developed. Institutions use institutional evaluation models to conduct self-assessment and performance evaluation. EFQM (European Foundation for Quality Management) Excellence Model is also one of the widely used institutional assessment models for self-assessment. In order to minimize the scoring and calculation deviations in the expert opinions of the classic EFQM model and to provide a more consistent measurement of the institutionalization measurement levels, the fuzzy EFQM model was developed by using the EFQM Excellence Model with fuzzy logic. MATLAB software, Fuzzy Logic Toolbox developed by using “aggregation=max” and “defuzzification=centroid” in the model, due to the large number of “if...then” rules, both time consuming and the results are not reliable. Using the CN2 rule inference algorithm for the fuzzy EFQM rule base, the rule was reduced to represent the current rule base. The results obtained for 10 organizations with two different methods, “aggregation=max” and “defuzzification=centroid” with “aggregation=sum” and “defuzzification=centroid” in the Fuzzy EFQM model developed based on the CN2 algorithm, were tested with Classic and Fuzzy EFQM models. According to the results obtained; with the developed Fuzzy EFQM based on CN2 algorithm (sum/centroid) model point, the Classic EFQM Excellence Model point was measured with the Mean Absolute Percent Error (MAPE) which is one of the statistical error types and the error rate was calculated as 2.33%. The developed model is expected to be a guide for EFQM assessors.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Rekabetin giderek arttığı günümüzde şirketlerin başarılı olmaları ve bu başarıyı devam ettirmesi güçtür. Bu zorluklara müşterinin de seçici davrandığını eklersek planlı faaliyet göstermek şirketler için olmazsa olmazdır. Doğru strateji belirleyen ve bu stratejiyi etkin bir biçimde uygulayan şirketler başarılı olur ve uzun süreli hizmet verirler. Stratejiyi şirketlerin gelecekte neler yapacağını belirleme olarak tanımlarsak eksik olur. Aslında stratejik yönetim bilinmeyen ve ön görülemeyen gelecekte hedefe ulaşmak için şirketlerin bugün neler yapabileceği ve yapması gerekenlerin planlanmasıdır (Efil ve Saraç, 2009). Günümüzde stratejinin bu denli önemli olduğu zamanda; şirketler belirledikleri stratejik hedeflere ulaşmada hangi aşamada ve ne derece başarılı olduklarını öğrenmek isterler. Bu nedenle şirketler performans ölçüm sistemlerini kullanır. Performans sonuçlarına göre şirketler etkin stratejiler belirleyebilir. Literatürde birçok performans değerlendirme sistemi vardır. Ancak şirketler tarafından ihtiyaca yönelik en çok tercih edilen EFQM Mükemmellik Modeli olmaktadır.

EFQM Avrupa'nın önde gelen 14 şirketi tarafından 1988 yılında kurulmuştur. "Avrupa'da Sürdürülebilir İş Mükemmelliğinin İtici Gücü Olma" misyonu ve "Avrupalı Kuruluşların İş Mükemmelliğine Eriştikleri Bir Dünya" vizyonu ile yola çıkan EFQM, üyelik isteyen ve kar gütmeyen kuruluştur. EFQM tarafından 1991 yılında kuruluşların performansını iyileştirmesi için EFQM Mükemmellik Modeli oluşturulmuştur. Avrupa ve diğer birçok ülkeden kuruluşlardan elde edilen geri bildirimlerle sürekli geliştirilme ve güncelleme yapan EFQM, bugünlerde Avrupa çapında ve başka ülkelerde birçok kuruluş tarafından kullanılmaktadır (İnan ve ark., 2013).

EFQM Mükemmellik Modeli şirketlerin öz değerlendirme yapmak için kullandıkları kalite modelidir. Kalite sürekli iyileştirme isteyen bir döngüdür. Bu nedenle EFQM Mükemmellik Modeli bu döngüyü girdi, süreçler ve çıktı olarak bir bütün olarak ele almaktadır (Basım ve Şeşen, 2007). EFQM Mükemmellik Modeli ile yapılan öz değerlendirmede şirketler güçlü yönlerini ve eksik yönlerini görebilir. Ayrıca kendilerini rakipleri ile kıyaslayarak hangi durumda olduklarını değerlendirir. EFQM iyileştirmeye açık alanlara yoğunlaşp çalışma yapabileceği, girdiler ve sonuçlar arasında geri beslemeli çalışan modeldir (Barlı ve ark., 2012).

EFQM Mükemmellik Modeli Avrupa Kalite Vakfı tarafından geliştirilen model Türkiye’de de Kalite Derneği tarafından çalışmaları yürütmektedir. EFQM Mükemmellik Modelinin amacı, müşteri memnuniyeti ve çalışanların memnuniyeti ile mükemmel iş sonuçlarına ulaşmaktır. Öz değerlendirme için Amerika’da Malcolm Baldrige National kalite ödülü, Japonya’da ise Deming Prize kalite ödülleri kullanılmaktadır. Fakat Malcolm Baldrige ve Deming Prize kalite ödülleri ile EFQM Mükemmellik Modelini karşılaştırsak, EFQM öz değerlendirme yaparken anket, çalıştay ve başarı matrislerini içeren farklı araçlar kullanıldığı için diğerlerinden ayrılır (Barlı ve ark., 2012).

EFQM Mükemmellik Modelinin şirketler için uygulanması kolaydır. Modelde ölçülebilen tüm kayıtlar bulunur. Kayıtlar sadece finansal değerler ile ilgili değil müşteri tatmini, çalışan memnuniyeti, toplum tatmini gibi konuları da ele alır. Toplam kalite yönetimi ile uygulanan EFQM Mükemmellik Modeli şirketlerin hayatta kalmaları için birbirini tamamlamaktadır. Model girdilerden ve sonuçlardan oluşmaktadır. Sonuçlar girdilerden kaynaklanır ve girdilerde sonuçlara göre iyileştirilir. Bu nedenle EFQM uygulayan işletmeye sürekli gelişim sağlamaktadır (Sümerli Sarıgül ve Oralhan, 2016). EFQM Mükemmellik Modeli dokuz ana kriter ve ana kriterlerin alt kriterlerinden oluşmaktadır. Bu kriterlerden beşi girdi kriteri, dördü ise sonuç kriteridir. Girdi ve sonuç kriterleri arasında geri besleme olup birbirlerini etkilerler.

EFQM Mükemmellik modeli öz değerlendirilmede kullanılan faydalı bir modeldir fakat model uzmanların kararlarından etkilenir ve öznedir. Bu da modele dezavantaj sağlar. Modelde ki puanlama deneysel araştırma ve uzman görüşünü belirten belirsiz ve kesin olmayan verileri net ifadelerle dönüştürülemez (Dodangeh ve ark., 2011). EFQM Mükemmellik Modelinde ki dilsel parametrelerde ifade edilen ölçüler dilsel belirsiz formda olup modelde şüpheye sebep olmaktadır. Bu belirsizlikler ve karmaşıklıklar bulanık mantık kullanılarak çözümlenebilmektedir. Bu nedenle model üzerinde bulanık mantık uygulama çalışmaları yapılmıştır. Bulanık mantık 0 ile 1 arasında tanımlanan üyelik fonksiyonlarından oluştuğundan ve model için aynı dilsel ifade ile farklı anlamların oluşmasını sağlamıştır (Paghaleh, 2011). EFQM Mükemmellik Modeline uygulanan bulanık yaklaşım ile kuruluşlar uzmanların kişisel görüşlerinden bağımsız değerlendirme sürecinden geçer böylece daha güvenilir ve kapsamlı değerlendirme yapılır. Ayrıca EFQM puanları standart formatta belirlenir ve değerlendirmenin hem doğruluğu hem de hızı artmış olur (Saryazdi ve ark., 2016).

Bu tez çalışmasında EFQM Mükemmellik Modeli ile bulanık mantığı birleştirerek öz değerlendirilmenin belirsiz koşullar altında çalışabilmesi amaçlandı. Amaca yönelik EFQM Mükemmellik Modeli bulanık mantık ile ele alındı. İlk olarak Klasik EFQM Mükemmellik Modelinin RADAR puanlama sistemi Matlab uygulamasında bulanık çıkarım editörü “aggregation=max” ve “defuzzification=centroid” kullanılarak Bulanık EFQM modeli geliştirildi. Bulanık mantık sistemine ait “Eğer...ise” kural tabanları oluşturuldu. Kural tabanları oluşturulurken kurumların sahip olabileceği tüm durumlar düşünüldü ve bu yüzden çok fazla kural tabanı elde edildi. Geliştirilen Bulanık EFQM puanı ile Klasik EFQM puanı 10 kurum için karşılaştırıldı. Elde edilen sonuçlara göre Bulanık EFQM puanı ile Klasik EFQM puanı arasındaki farkın fazla olduğu görülmüştür. Aradaki puan farkının geliştirilen Bulanık EFQM ‘eğer..ise’ kural tabanı sayısının gereğinden çok olduğu için düzgün çalışmadığından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

Uygulamanın ikinci aşamasında kaba kümeleme yönteminde kullanılan CN2 algoritması ile Bulanık EFQM kural tabanı için R programı ile kural çıkarımı yapıldı.

CN2 algoritması ile elde edilen kurallar Matlab uygulamasıyla 10 kurum için test edildi. İlk olarak CN2 algoritma temelli Bulanık EFQM bulanık çıkarım editörü “aggregation=max” ve “defuzzification=centroid” için sonuç puanı ile Klasik EFQM puanı karşılaştırıldı. Daha sonra CN2 algoritma temelli Bulanık EFQM bulanık çıkarım editörü “aggregation=sum” ve “defuzzification=centroid” için sonuç puanı ile Klasik EFQM puanı karşılaştırıldı. Elde edilen sonuç puanlarına ve istatistiksel hesaplama göre CN2 algoritma temelli Bulanık EFQM(sum/centroid) model puanı ile Klasik EFQM puanı hata oranı ihmal edilebilecek derecede yakın puana sahip olduğu sonucuna varıldı.

Çalışmanın ikinci bölümünde EFQM Mükemmellik Modelinin yapısı anlatılarak, modele ait kriter ve alt kriterler hakkında bilgi verilmiş, girdi ve sonuç kriterlerine ait RADAR puanlama sistemi anlatılmış, Türkiye’de EFQM Mükemmellik başarı ve büyük ödülü kazanan kurumlara yer verilmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünde bulanık mantık kavramı açıklanmış ve bulanık sistemi oluşturan kavramlara yer verilmiştir. Çalışmanın dördüncü bölümünde kaba kümeleme kavramı hakkında bilgi verilerek kural indirgeme yapısı açıklanmıştır. Çalışmanın beşinci bölümünde literatürde yapılan araştırmalar ele alınmıştır. Literatür incelendiğinde, Bulanık Mantık ile yapılan EFQM Mükemmellik Modeli çalışmaların sınırlı sayıda olup Bulanık EFQM Modelinde CN2 algoritması kullanarak kural çıkarım çalışmasının ele alınmadığı görülmüştür. Çalışmanın altıncı bölümünde problemin tanımı, uygulamada kullanılan CN2 algoritmasının öğrenme aşamaları anlatılmıştır. Çalışmanın yedinci bölümünde ise bu çalışma için yapılan uygulama anlatılarak on kuruluş için Klasik EFQM puanı, Bulanık EFQM puanı, CN2 ile yapılan Bulanık EFQM puanları karşılaştırılmış ve modellerin istatistiksel analizi yapılmıştır.

BÖLÜM 2. EFQM MÜKEMMELLİK MODELİ

Günümüzün gelişen teknolojisi ve değişen şartları ile zorlu rekabet ortamında kurumların hayatta kalabilmeleri ve varlıklarını sürdürebilmeleri için verimlilik ve karlılığı artırmak için kuruluşlar Toplam Kalite Yönetimi'ne önem vermek zorundadırlar. TKY; çalışan memnuniyeti sağlama, müşterileri tatmin etme, toplumsal saygı görme ve zorunlu yönetmeliklere uymasıyla organizasyonel başarıyı yakalaması ve bu başarıyı sürdürmesi için kurumlar açısından sürekli gelişen ve sonu olmayan bir yönetimsel yaklaşımdır (Charantimath, 2009).

TKY benimseyen kurumlar belirli dönemlerde kalitelerini gözden geçirmeli ve kendilerine öz değerlendirme uygulamalıdır (Finn ve Porter, 1994). Öz değerlendirme ile kurumlar güçlü ve zayıf yanlarını değerlendirir. Böylece öz değerlendirme kurumların hedeflerinde ne kadar başarılı ya da başarısız oldukları konusunda yardımcı olur (Ritchie ve Dale, 2000). Ayrıca öz değerlendirme ile kurumlar rakipleri ile arasındaki farkları görebilir ve bu doğrultuda kendini geliştirebilir.

Öz değerlendirmenin amacı (Ritchie ve Dale, 2000);

- Kurumların TKY uygulamadan önce kalite çalışmalarını tanımlamak,
- Kurumun gelecek faaliyetlerini belirlemek,
- Sonradan yapılacak olan değerlendirmeler için başlangıç oluşturmak,
- Kuruma ve yöneticilere öğrenme süreci başlatmak,
- Kurumda değerlendirecek alanları belirlemek,
- Kaliteye dayalı üretimi sağlama,
- Örgütsel kültür gelişimine katkı sağlamaktır.

Mükemmellik Modelleri kurumlar için öz değerlendirme yapar ve kurumların iş mükemmelliğini sağlar. Uygulama da en sık kullanılan modeller; Deming Modeli, Malcolm Baldrige Kalite Modeli ve EFQM Mükemmellik Modelidir. Mükemmellik modelleri ile kendini ispatlayan kurumlar kalite ödülleri ile rakipleri arasında ön plana çıkmaktadır. Bu mükemmellik modellerinin ortak özellikleri (Emanet, 2007);

- Sürekli iyileştirme,
- Liderlik,
- İnsan Kaynakları yönetimi,
- Stratejik plan,
- Ölçme, analiz ve bilgi yönetimi,
- Süreç ve çıktı performansına odaklılık olarak sıralayabiliriz.

2.1. EFQM Mükemmellik Modeli

Her kuruluş sektöründen ve büyüklüğünden bağımsız başarılı olmak için uygun yönetim sistemi kurmalıdır. Avrupa Kalite Yönetim Vakfı tarafından geliştirilen EFQM kuruluşlar için öz değerlendirmede yaygın olarak kullanılan mükemmellik modelidir. EFQM kurumların mevcut performanslarını ölçerek kurumun gelişme alanlarını belirler. Ayrıca model kurumlara en iyi değeri yaratmasına yardımcı olması ile diğer modellerden ayrılır (George ve ark., 2003). Avrupa da TKY de çok sık kullanılan bu modelin teması, müşteri memnuniyeti, çalışan memnuniyeti ve toplum etkileriyle mükemmel iş sonuçları ortaya çıkarmasıdır (Westlund, 2001). EFQM mükemmellik modeli ile kurumun mevcut performans değerleri ile en iyi performans değerleri arasındaki fark rahatlıkla belirlenebilir, bu da kuruma performans değerlendirme olarak belirlenen amaca ulaşmada açık bir bakış açısı kazandırır (Oackland, 2001). Ayrıca EFQM yönetimin her alanına etki eden en iyi yönetim sisteminin kurulmasını sağlar (Seghezzi, 2001).

EFQM Mükemmellik Modeli üç unsur ile karşımıza çıkmaktadır (KalDer, 2013);

- Mükemmelliğin Temel Kavramları: Sürdürülebilir mükemmelliğe ulaşmada temel ilkeler.
- EFQM Mükemmellik Modeli: Kuruluşların temel kavramlarını içeren ve RADAR uygulamasına yardımcı olacak ilkeler.
- RADAR: Kurumun sürdürülebilir başarısında karşısına çıkan güçlükleri aşması için kurumu destekleyen dinamik değerlendirmedir.

2.1.1. Mükemmelliğin temel kavramları

Kurumların mükemmelliği oluşturması için gerekli unsurları içerir ve başarının devam ettirilmesin temellini oluşturur. Kendi içinde sekiz başlığa ayrılarak değerlendirilir (KalDer, 2013).

- Müşteriler İçin Değer Katma: Mükemmel kuruluşlar müşterilerin ihtiyaç ve taleplerini anlayarak müşteriler için değer katarlar. Örneğin mükemmel kuruluşlar; hangi müşteri kitlesine hitap ettiğini bilir ve müşterilerin talep ve ihtiyaçları karşılar. Müşterilere karşı şeffaftır. Mükemmel kuruluşların çalışanlar müşterilere iyi hizmet verebilecek yetki ve donanıma sahiptir.
- Sürdürülebilir Bir Gelecek Yaratma: Mükemmel kuruluşlar mükemmelliğe ulaşırken ekonomik, çevre ve toplum sorunlarını iyileştirirler. Örneğin mükemmel kuruluşlarda “ insan, çevre ve kazanç” önemlidir. Ürünlerin ve hizmetlerin çevreye ve topluma oluşturduğu etkiyi önemser ve sektöründe de buna dikkat ederek aktif rol alırlar.
- Kurumsal Yetenekleri Geliştirme: Mükemmel kuruluşlar değişimlerini en iyi şekilde yöneterek geliştirir. Örneğin mükemmel kuruluşlar; stratejik amaca ulaşmak için gerekli olan ihtiyaçları belirler ve bunun için finansal destek sağlarlar. Ayrıca paydaşlara uzmanlık ve bilgi birikimi konusunda yardımcı olurlar.
- Yaratıcılık ve Yenileşimden Yararlanma: Mükemmel kuruluşlar yaratıcılık ve yenileşme ile performanslarını artırmayı amaçlar. Örneğin mükemmel

kuruluşlar; yeni fikirlerin ortaya çıkmasını destekler ve en uygun olan fikirleri dener. Eğer kurum için uygunsa hayata geçirmek için gerekli finansmanı sağlar. Ayrıca pazar araştırmasına önem verir ve bu doğrultuda hedeflerini gerçekleştirir.

- Vizyoner, Esin Veren ve Bütünsel Liderlik: Her mükemmel kuruluş kendisine ilham veren ve örnek olan lidere sahiptir. Örneğin mükemmel kuruluşlarda liderler; hem çalışanlarına hem de kurumun dışında temsil edilmesi amacıyla davranışları ile örnek olur. Vizyon ve misyon belirler ve bu hedeflere ulaşmak için çalışanlarını teşvik eder. Liderler şeffaftır ve çalışanlarını yenilenme ve kurumsal gelişme konusunda destek olurlar.
- Çeviklikle Yönetme: Mükemmel kuruluşlar dış çevreden gelecek tehditleri bilirler ve bu tehditleri etkili şekilde çözerler.
- Çalışanların Yetenekleriyle Başarma: Mükemmel kuruluşlarda çalışanlar değerlidir. Örneğin mükemmel kuruluşlar; çalışanlar ile etkili iletişim sürdürür, çalışanların yeteneklerini keşfetmeye çalışırlar. Çalışan performanslarını değerlendirir, iyileştirirler ve çalışanlarını takdir eder. Çalışanlarının iş ve özel hayatlarında denge kurmasını sağlarlar.
- Mükemmel Sonuçları Sürdürme: Mükemmel sonuçlara ulaşırlar ve bunu sürdürmek için çalışırlar. Örneğin mükemmel kuruluşlar; stratejilerini belirler, her kademedede uygular ve bu konuda oluşacak tüm değişikliklere karşı hazırlıklı olurlar. En iyi performansa ulaşmak için mevcut sonuçları değerlendirir ve bu doğrultuda ilerler.

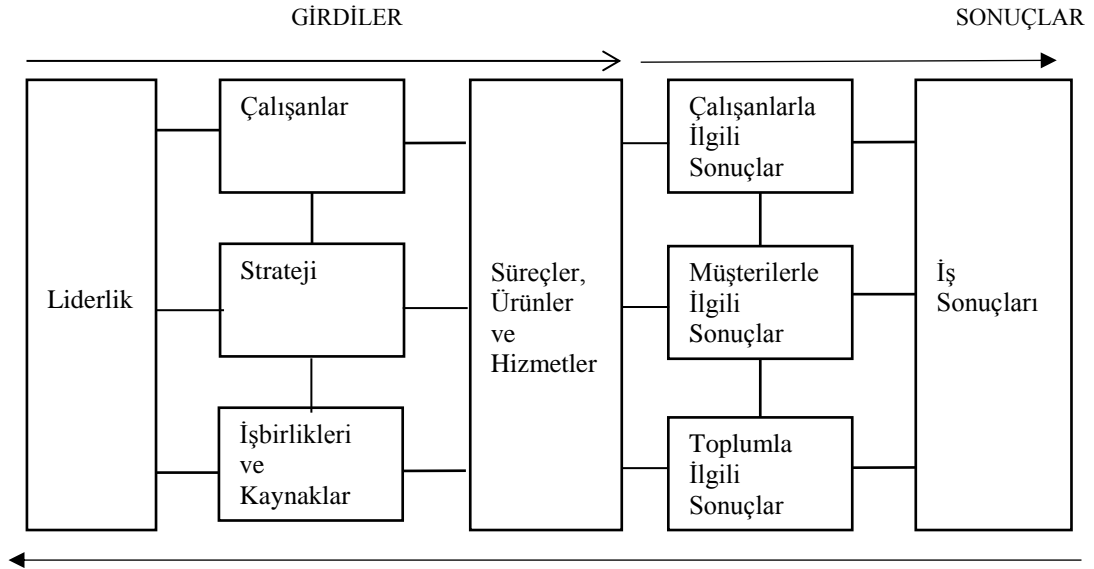
2.1.2. EFQM kriterleri

EFQM Mükemmellik Modeli dokuz ana kriter ve her bir ana kriterlerin alt kriterlerinden oluşan zorunluluk içermeyen yüksek performans sağlayan bir modeldir. Ana kriterler, kurumun yaptığı faaliyeti içeren girdi kriteri ve kurumun neler gerçekleştirdiğini içeren sonuç kriterlerinden oluşmaktadır. Ana kriterlerden beşi “Girdi” kriteri, dördü ise “Sonuç” kriterinden oluşur. Her ana kriter alt kriterlere ayrılmıştır ve toplamda otuz iki tane alt kriter tanımlanmıştır. Bu alt kriterler ana kriterlerin daha iyi anlaşılmasını ve değerlendirilmesini sağlar.

Tablo 2.1. EFQM Mükemmellik Modelinin Girdi ve Sonuç Kriterleri (KalDer, 2013)

Kriterler	Alt Kriterler
(1) Liderlik	(1a) Liderler kuruluşun misyon, vizyon, değerler ve etik kurallarını oluşturur ve davranışlarıyla örnek olur. (1b) Liderler kuruluşun yönetim sistemi ve performansına ilişkin iyileştirmeleri tanımlar, izler, gözden geçirir ve yönlendirir. (1c) Liderler dış paydaşlarla ilişkileri yürütür. (1d) Liderler, mükemmellik kültürünü kuruluşun çalışanlarıyla sağlamlaştırır. (1e) Liderler kuruluşun esnek olmasını ve değişimi etkili biçimde yönetmesini sağlar.
(2) Strateji	(2a) Strateji, paydaşların ve dış çevrenin gereksinim ve beklentilerinin anlaşılmasını temel alır. (2b) Strateji, iç performans ve yeteneklerin anlaşılmasını temel alır. (2c) Strateji ve stratejiyi destekleyen politikalar oluşturulur, gözden geçirilir ve güncellenir. (2d) Strateji ve stratejiyi destekleyen politikalar duyurulur, uygulanır ve izlenir.
(3) Çalışanlar	(3a) Çalışanlara ilişkin planlar kuruluşun stratejisini destekler. (3b) Çalışanların bilgi birikimleri ve yetenekleri geliştirilir. (3c) Çalışanların yön birliği ve katılımı sağlanır, çalışanlar yetkilendirilir. (3d) Çalışanlar kuruluşun tümünde etkili iletişim kurar. (3e) Çalışanlar takdir edilir, tanınır ve gözetilir.
(4) İşbirlikleri ve Kaynaklar	(4a) İşbirliği yapılan kuruluşlar ve tedarikçiler sürdürülebilir yarar sağlama doğrultusunda yönetilir. (4b) Finansal kaynaklar sürdürülebilir başarıyı güvence altına alacak biçimde yönetilir. (4c) Binalar, donanım, malzemeler ve doğal kaynaklar sürdürülebilir bir biçimde yönetilir. (4d) Teknoloji, stratejinin yaşama geçirilmesini destekleyecek biçimde yönetilir. (4e) Bilgi ve bilgi birikimi; etkili kararlar verilebilmesine destek olacak ve kurumsal yetenekleri geliştirecek biçimde yönetilir.
(5) Süreçler, Ürünler ve Hizmetler	(5a) Süreçler paydaşlara en uygun değeri sağlamak amacıyla tasarlanır ve yönetilir. (5b) Ürün ve hizmetler müşterilere en uygun değeri yaratmak amacıyla geliştirilir. (5c) Ürün ve hizmetler etkin bir biçimde tanıtılır ve pazarlanır. (5d) Ürün ve hizmetler üretilir, sunulur ve yönetilir. (5e) Müşteri ilişkileri yönetilir ve geliştirilir.
(6) Müşterilerle İlgili Sonuçlar	(6a) Algılamalar (6b) Performans Göstergeleri
(7) Çalışanlarla İlgili Sonuçlar	(7a) Algılamalar (7b) Performans Göstergeleri
(8) Toplumla İlgili Sonuçlar	(8a) Algılamalar (8b) Performans Göstergeleri
(9) İş Sonuçları	(9a) Algılamalar (9b) Performans Göstergeleri

EFQM Mükemmellik Modelinin ana yapısı girdi, sonuç ve yenileşimden oluşmaktadır. Şekil 2.1.'de oklar sonuçların girdilerden kaynaklandığını gösterir, girdiler ise sonuçlardan elde edilen geri bildirim ile desteklenir. Model böylece girdi ve sonuçların birbirini etkilediği dinamik bir yapıya sahiptir.



ÖĞRENME, YARATICILIK ve YENİLEŞİM

Şekil 2.1. EFQM Mükemmellik Modelinin Yapısı (KalDer, 2013)

2.1.2.1. Liderlik

EFQM Mükemmellik Modelini ilk ana kriteri liderliktir. Mükemmel kuruluşlar; vizyonları ve misyonları doğrultusunda kurumu geliştiren, ileriye taşıyan ve güven veren liderlere sahiptir. Liderler başarının kalıcı olmasını sağlamak için kurumsal değerleri ve sistemleri geliştirir (Civcisa, 2007). Mükemmel kuruluşlardaki liderler esnektir ve değişen çevre şartlarına daha iyi adapte olabilirler (İnce ve ark., 2004). Liderlik, rekabeti sağlama ve iş mükemmelliğine ulaşmada önemli bir unsurdur. Mükemmel kuruluşlardaki liderler, çalışan memnuniyetini, kaliteyi ve kurumun performansını artırmaktadır (İnan ve ark., 2010). Liderlik kriteri daha iyi anlaşılması ve uygulanması için alt kriterlere ayrılmıştır. Liderlik kriterinin alt kriterleri (KalDer, 2013);

- 1a. Liderler kuruluşun misyon, vizyon, değerler ve etik kurallarını oluşturur ve davranışlarıyla örnek olur.
- 1b. Liderler kuruluşun yönetim sistemi ve performansına ilişkin iyileştirmeleri tanımlar, izler, gözden geçirir ve yönlendirir.
- 1c. Liderler dış paydaşlarla ilişki yürütür.
- 1d. Liderler mükemmellik kültürünü kuruluşun çalışanlarıyla sağlamlaştırır.
- 1e. Liderler kuruluşun esnek olmasını ve değişimi etkili biçimde yönetir.

2.1.2.2. Strateji

EFQM Mükemmellik Modelinin ikinci ana kriteri stratejidir. Strateji, kuruluşların gelecekteki beklentileri ve gereksinimlerini oluşturur. Bu beklentiler ve gereksinimler ile pazar değerlendirilmesi, paydaşlar arasındaki rekabet üstünlüğü değerlendirilir (Conti, 1998). Stratejileri hayata geçirmek için planlar, süreçler ve uygulamalar hayata geçirilir. Strateji kriteri de kurumlara yol gösterme ve daha iyi anlaşılmasını sağlamak için alt kriterlerden oluşur. Strateji kriterinin alt kriterleri (Cook, 2004).

- 2a. Strateji, paydaşların ve dış çevrenin mevcut durumu ve gelecekteki ihtiyaçların anlaşılmasına dayanır.
- 2b. Strateji, iç performansa, yaratıcılık ve öğrenmenin anlaşılmasına dayalıdır.
- 2c. Stratejileri destekleyen politikalar uygulanır, geliştirilir, gözden geçirilir ve gerekirse güncellenir.
- 2d. Strateji destekleyen politikalar duyurulur, uygulanır ve izlenir.

2.1.2.3. Çalışanlar

Mükemmel kuruluşlar çalışanlarına değer vermelidir. Bireysel ve kurumsal gelişim çalışanlarla birlikte gerçekleştirilmelidir. Mükemmeller kuruluşlar da çalışanlar yeteneklerini geliştirilir ve kuruma katkı sağlayacak şekilde yeteneklerini ve bilgilerini kullanmalarına olanak verir. Çalışanlarda adaleti ve eşitlik sağlanır. Bu da çalışanlara şeffaflık, katılımcı ve güvene dayalı çalışma ortamı sağlar (Bou-Llusar ve ark., 2009). Çalışanlar kriterinin alt kriterleri (Şimşek, 2010);

- 3a. İnsan kaynakları ile ilgili planlar kuruluşun stratejisini belirler.
- 3b. Çalışanların bilgi birikimleri ve yetkinlikleri belirlenir, geliştirilir.
- 3c. Çalışanların katılımı sağlanır ve çalışanlar yetkilendirilir.
- 3d. Çalışanlar ile kuruluş arasında etkili iletişim sağlanır.
- 3e. Çalışanlar takdir edilir, tanınır ve gözetilir.

2.1.2.4. İşbirlikleri ve kaynaklar

Mükemmel kuruluşlar; strateji ve politikalarını kurum dışı işbirlikleri, tedarikçileri ve iç kaynakları en etkili şekilde çalışmasını sağlayacak şekilde planlar. Kurum planlama sırasında işbirlikleri ve kaynakları yönetirken, çevresel ve toplumsal etkilerin etkili bir biçimde yönetilmesini sağlar. Kurumun performansı; işbirliği yaptığı kuruluşlarla güvene, bilgi birikiminin paylaşılması ile karşılıklı fayda sağlayan ilişkiye dayanır. İşbirlikleri ve kaynaklar kriterinin alt kriterleri (KalDer, 2013);

- 4a. İşbirliği yapılan kuruluşlar ve tedarikçiler sürdürülebilir yarar sağlama doğrultusunda yönetilir.
- 4b. Finansal kaynaklar sürdürülebilir başarıyı güvence altına alacak biçimde yönetilir.
- 4c. Binalar, kaynaklar ve malzemeler sürdürülebilir şekilde yönetilir.
- 4d. Teknoloji, kurumun stratejisini gerçekleştirilecek şekilde yönetilir.
- 4e. Bilgi ve bilgi birikimi; etkili kararlar verebilmesine destek olacak ve kurumun yetkinliğini geliştirebilecek biçimde yönetilir.

2.1.2.5. Süreçler, ürünler ve hizmetler

Mükemmel kuruluşlar, belirledikleri stratejileri doğrultusunda müşterilerine ve paydaşlarına süreçler, ürünler ve hizmetler üretir, yönetir ve geliştirir. Süreçlerin etkin şekilde yönetilmesi; tekrarlanan işlemlerin, zaman kayıplarının ve iletişim güçlüğüne ortadan kaldırır. Kuruluşlar için süreçleri belirlemek, izlemek ve gerekli görüldüğünde iyileştirmek müşterinin etkinliğini artırır (Kılıç ve ark., 2005). Süreç, ürünler ve hizmetler kriterinin alt kriterleri (Dahlgaard-Park, 2008);

- 5a. Süreçler, müşterilere ve paydaşlara uygun olacak biçimde tasarlanır ve yönetilir.
- 5b. Ürün ve hizmetler, müşterilere en uygun değeri yaratmak için geliştirilir.
- 5c. Ürünler ve hizmetler tanıtılır ve pazarlanır.

- 5d. Ürün ve hizmetler müşterilerin beklentileri doğrultusunda üretilir, sunulur ve geliştirilir.
- 5e. Müşteri ilişkileri en iyi şekilde yönetilir ve geliştirilir.

2.1.2.6. Müşterilerle ilgili sonuçlar

Mükemmel kuruluşlar müşterilerin beklentilerini ve gereksinimlerini karşılayan sonuçlar üretirler. Stratejilerini gereksinimlere göre belirler, stratejinin uygunluğu ile ilgili algılamalar ve performans göstergeleri kullanırlar. Mükemmel kuruluşlar için farklı türden müşteri gruplarının ihtiyaçlarını belirlemek önemlidir. Bu nedenle müşteriler için en az üç yılı içeren performans sonuçları elde ederler. Performans sonuçlarına göre aksiyon alırlar. Müşterilerle ilgili sonuçlar daha iyi analiz edilebilmesi için iki alt kritere ayrılır (KalDer, 2013).

- 6a. Algılamalar: Ürün ve hizmetlerin kalitesi, kuruluşun itibarı, müşteri hizmeti gibi ölçümleri içeren veriler müşterilere yönelik stratejiyi belirleyen kriterdir. Kurumlar algılama için anket, şikâyet ve övgüler gibi çeşitli kanallardan ulaşabilirler.
- 6b. Performans Göstergeleri: Ürünlerin ve hizmetlerin sunumu, şikâyetlerin değerlendirilmesi gibi ölçümleri içeren veriler kuruluşun performansını gösteren alt kriterdir. Performans göstergeleri müşterilerin algılamasına etkisinin görülmesi için kullanılır.

2.1.2.7. Çalışanlarla ilgili sonuçlar

Mükemmel kuruluşlar çalışanlar ilgili belirlenen politika ve stratejilerin başarılı olup olmadığını belirlemede kullandığı kriterdir. Müşterilerle ilgili sonuçlarda da değerlendirildiği gibi çalışanlarla ilgilide stratejik hedefler belirlenir, çalışanlarla ilgili en az üç yılı içeren sonuçlar elde eder. Sonuçlara göre gelecekteki performans ve sonuçlara yönelik faaliyet gerçekleştirir. Çalışanlarla ilgili sonuçlar daha iyi değerlendirilmek için alt kriterlere ayrılmıştır (KalDer, 2013).

- 7a. Algılamalar: Çalışanlara yönelik motivasyon, yetkinlik, çalışma koşulları, kariyer ilerlemesi, performans değerlendirmesi gibi ölçümler içeren veriler çalışanların kurum hakkındaki algılamalarıdır. Bu ölçümlere anket, görüşme ve yapılandırılmış performans değerlendirilmesi yoluyla ulaşılabilir.
- 7b. Performans Göstergeleri: Çalışanlara ait yetkinlik faaliyetleri, liderlik performansı, eğitim ve kariyer geliştirme faaliyetleri gibi ölçümleri içeren veriler, kurumun çalışanların performansını anlamak, izlemek, değerlendirmek ve çalışanların performansının algılamalara etkisini göstermek için kullanılan alt kriterdir.

2.1.2.8. Toplumla ilgili sonuçlar

Mükemmel kuruluşlar; toplumsal paydaşların ihtiyaçları ve beklentilerini karşılayan stratejiler ve politikalar belirler. Bu politikaların başarılı olup olmadığını ölçmek için de algılamalar ve performans göstergeleri kullanır. Toplumla ilgili en az üç yılı içeren olumlu performans elde eder ve bu sonuçların diğer performans göstergelerini nasıl etkileyeceğini bilir. Mükemmel kuruluşlar sonuçlarını diğer kuruluşlarla karşılaştırarak ne aşamada olduklarını anlar ve hedeflerini belirlerler. Toplumla ilgili sonuçlar iki alt kriterden oluşmaktadır (KalDer, 2013).

- 8a. Algılamalar: Toplumla ilgili; çevresel etki, çalışma ortamı etkisi, kurumun itibarı ve ödülleri ölçülmesini içeren veriler toplumun kuruluş hakkındaki algılamalarıdır. Bu algılamalara basın, anket, rapor gibi kanallardan ulaşılabilir.
- 8b. Performans Göstergeleri: Kaynak temini, sağlık ve güvenlik, çevresel, ekonomik ve toplumsal faaliyetler gibi ölçümler içeren veriler kuruluşun performansını değerlendirmek, iyileştirmek ve toplum ile ilgili algılamaların etkisini gösteren kriterdir.

2.1.2.9. İş sonuçları

Mükemmel kuruluşlar; iş paydaşlarının ihtiyaçlarını karşılayan ve beklentilerine göre strateji ve politika belirler. Bu politikaların başarılı olup olmadığı ile ilgili finansal ve finansal olmayan sonuçlar oluşturur. İş paydaşları ile ilgili en az üç yılı içeren olumlu performans göstergeleri uygular. İş sonuçları daha iyi değerlendirilmek için alt kriterlere ayrılır (KalDer, 2013).

- 9a. İş Çıktıları: finansal ve bütçe çıktıları, ürünleri ve hizmetleri içeren çıktılar, süreç çıktıları gibi konularda veriler içeren çıktılarıdır.
- 9b. İş Performansı Göstergeleri: Proje maliyeti, süreç performans göstergeleri, tedarikçilerin performansı gibi ölçümler içeren veriler kurumun performansını ölçmek için kullandığı kriterdir.

2.1.3. RADAR yönetimi

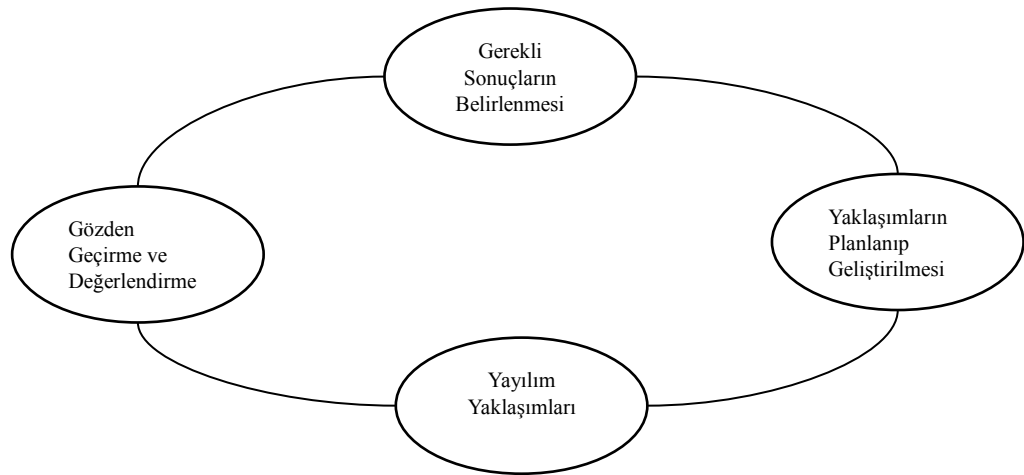
EFQM mükemmellik Modeli bir önceki bölümde de anlatıldığı gibi çeşitli kriterler içermektedir. Bu kriterler ile öz değerlendirmenin gerçekleşmesi için RADAR yöntemi kullanılır ve kuruluşun performansı sorgulanır. Birçok kalite değerlendirilmesi ve ödül süreçlerinde RADAR değerlendirilmesi kullanılır. RADAR yöntemi EFQM Mükemmellik Modelinden çıkan sonuçlar için çalışmalarda bulunup tamamlar. RADAR (Results, Approach, Deployment, Assesment&Review) yöntemi; sonuçlar, yaklaşım, yayılım, değerlendirme ve iyileştirme olarak dört boyuttan oluşur. Uygulamada yaklaşım, yayılım, değerlendirme ve gözden geçirme boyutlarını “Girdi” değerlendirilmesinde kullanılırken, sonuçlar boyutu ise “Sonuç” değerlendirilmesi için kullanılır. Boyutların açıklamaları aşağıdaki gibidir (Uygur ve Sümerli, 2013);

Sonuçlar: Kurumun elde ettiği sonuçları gösterir. Kurum mükemmelliğe ulaştığında sonuçlar pozitif eğilim göstermektedir. Hedefler ulaşılabilir ve uygun olmalıdır. Diğer kurumların performansı ile karşılaştırıldığında yüksek performansa sahip olmalıdır ve sonuçlar yaklaşımdan kaynaklanmaktadır.

Yaklaşımlar: Yaklaşımlar kuruluşun planlamasını içerir. Kuruluşlar mükemmelliğe ulaştığında yaklaşımlar sağlam temelli olmalıdır. Yaklaşımlar iyi tanımlanmış olmalı ve paydaşlarının ihtiyacına açıkça odaklanmalı ve bütünleşik olmalı. Politika ve stratejileri yerine getirmeli.

Yayımlar: Yayımlar kuruluşun yaklaşımlarını hayata geçirmek için yaptıklarını içerir. Kuruluşlar mükemmelliğe ulaştığında ilgili alanlarda yaklaşımları yerine getirmesi beklenir.

Değerlendirme ve İyileştirme: Kuruluşun yaklaşımını ve yaklaşımını değerlendirmek amacıyla ne yaptığını içerir. Kuruluşlar mükemmelliğe ulaştığında yaklaşımlar ve yayımlar düzenli olarak ölçülür ve öğrenme etkinlikleri gerçekleştirilir (Uygur ve Sümerli, 2013).



Şekil 2.2. RADAR yaklaşımı (Hides ve ark., 2004)

Şekil 2.2.'de de görüldüğü gibi RADAR boyutları birbirini takip eder ve birbirinden etkilenir (Sepetçioğlu, 2013). RADAR uygulaması sadece EFQM için değil, diğer değerlendirme yöntemlerinin puanlanması içinde kullanılır.

2.1.3.1. Girdi kriterleri için RADAR

Girdilerin değerlendirilmesi için yaklaşım, yayılım, değerlendirme ve iyileştirme boyutları kullanılmaktadır. Değerlendirilmenin etkili olabilmesi için;

- Yaklaşım; sağlam temelli ve bütünlük
- Yayılım; uygulama ve yapısalılık
- Değerlendirme ve iyileştirme; ölçme, öğrenme ve yaratıcılık, iyileştirme ve yenileşim özelliklerine ayrılmaktadır (KalDer, 2013).

Girdi kriterleri aşağıdaki gibidir;

- Liderlik,
- Strateji,
- Çalışanlar,
- İşbirlikleri ve kaynaklar,
- Süreçler, ürünler ve hizmetleri içerir.

Tüm ana kriter ve alt kriterler için girdiler değerlendirme tablosu kullanılır. Kriterler Tablo 2.2’de kriterler değerlendirme tablosunda da gösterildiği gibi bağlı olduğu unsurlarla ele alınır. Sadece tabloya bağlı olmadan da girdilerimiz bazı hedeflerle ve eğilimlerle bağlantılı olduğu bilinir. RADAR bu ilişkileri yüzdelerle ölçmekle değerlendirilmesini ve puanın elde edilmesini sağlar (Sepetçioğlu, 2013).

Tablo 2.2. Girdiler Değerlendirme Tablosu

Yaklaşım	Tanım	Görülmemekte	Kısmen Görülmemekte	Görülmemekte	Tamamen Görülmemekte	Küresel örnek Model olarak Tanınmış
Sağlam Temelli	Yaklaşımlar sağlam temele dayanır, ilgili paydaşların gereksinimlerine odaklanmıştır.					
Bütünleşik	Yaklaşımlar strateji ile desteklenir ve diğer yaklaşımlar ile desteklenir.					
Yayımlı	Tanım	Görülmemekte	Kısmen Görülmemekte	Görülmemekte	Tamamen Görülmemekte	Küresel örnek Model olarak Tanınmış
Uygulama	Yaklaşımlar zamanında ve ilgili alanlarda uygulanır.					
Yapısal	Uygulama yapısal olarak gerçekleştirilir, esnekliği ve kurumsal çevikliği destekler					
Değerlendirme ve iyileştirme	Tanım	Görülmemekte	Kısmen Görülmemekte	Görülmemekte	Tamamen Görülmemekte	Küresel örnek Model olarak Tanınmış
Ölçme	Yaklaşım ve yayımların etkileri ve verimliliği düzenli ölçülür					
Öğrenme ve Yaratıcılık	Öğrenme ve yaratıcılık faaliyetleri iyileştirmeler veya yenileşim fırsatlarının yaratılması için kullanılır					
İyileştirme ve Yenileşim	Ölçme, öğrenme ve yaratıcılık faaliyetlerinin çıktıları, iyileştirmelerin ve yenileşim uygulamalarının değerlendirilmesi, önceliklendirilmesi ve uygulanması için kullanılır.					
	Ölçek	0%	25%	50%	75%	100%
Genel Toplam						

2.1.3.2. Sonuç kriterleri için RADAR

Sonuçların değerlendirilmesi için ilgi ve uygunluk, performans boyutları kullanılır. Değerlendirilmenin etkili olabilmesi için;

- İlgi ve uygunluk; Kapsam ve ilgi, bütünsellik, kırılım
- Performans; eğilimler, hedefler, karşılaştırmalar, güven unsurlarına ayrılmaktadır (KalDer, 2013).

Sonuç kriterleri aşağıdaki gibidir;

- Müşterilerle ilgili sonuçlar,
- Çalışanlarla ilgili sonuçlar,
- Toplumla ilgili sonuçlar,
- İşle ilgili sonuçları içermektedir.

Tüm sonuçlar ana kriteri ve alt kriterleri için Tablo 2.3.'de ki sonuçlar değerlendirme tablosu kullanılır. Kriterler tabloda da gösterildiği gibi bağlı olduğu unsurlarla ele alınır. Sadece tabloya bağlı olmadan da sonuçlar bazı hedeflerle ve eğilimlerle bağlantılı olduğu bilinir. RADAR bu ilişkileri yüzdelik ölçeklerle değerlendirilmesini ve puanın elde edilmesini sağlar (Sepetçioğlu, 2013).

Tablo 2.3. Sonuçlar Değerlendirme Tablosu

		Görülmemekte	Kısmen Görülmemekte	Görülmemekte	Tamamen Görülmemekte	Küresel örnek Model olarak Tanınmış
İlgi ve Uygunluk	Tamam					
Kapsam ve İlgili	Temel sonuçları içeren kapsamlı ve tutarlı sonuçlar dizisi tanımlanmıştır. Bu sonuçlar kuruluşun, stratejileri, amaçları ve ilgili paydaşların beklenti ve gereksinimlerine yönelik performansını gösterir.					
Bütünlük	Sonuçlar zamanında gerçekleşmiştir ve güvenilirlerdir.					
Kırlım	Sonuçlar uygun biçimde kırılmaları olarak anlamlı değerlendirmeler için kullanılır.					
Performans	Tamam	Görülmemekte	Kısmen Görülmemekte	Görülmemekte	Tamamen Görülmemekte	Küresel örnek Model olarak Tanınmış
Eğilim	En az üç yıllık eğilimler vardır ve iyi performans sürdürülür.					
Hedef	Stratejik amaçlar doğrultusunda temel sonuçlar için uygun hedefler belirlenir.					
Karşılaştırmalar	Temel sonuçlar için stratejik hedefler ile uyumlu dış sonuçlarla karşılaştırmalar bulunmaktadır					
Güven	Belirlenmiş sebep-sonuç ilişkisine dayalı olarak performansın sürdürüleceğine dair güven oluşturur.					
Ölçek		0%	25%	50%	75%	100%
Genel Toplam						

2.1.4. EFQM mükemmellik modelinde puanlama

EFQM Mükemmellik Modelinin puanlanmasında RADAR “girdi değerlendirme” ve “sonuç değerlendirme” tabloları kullanılır. Model 1000 puan üzerinden değerlendirilir. Puanların %50’si girdi için, %50’si sonuçlar için kullanılır. Kuruluşun performansı arttıkça puanını yükseltir. Böylece kuruluşun performans artışının gelecekte de sürdürülmesi amaçlanır.

RADAR değerlendirme tablosu kullanılarak bir kuruluş değerlendirilmesi yapılırken kriter ağırlıkları kullanılır. Her bir kriterin ağırlıkları vardır. Kriter ağırlıkları düzenli olarak revize edilmektedir ve şuan da kullanılan kriter ağırlıkları Tablo 2.4.’de gösterildiği gibidir. Bu ağırlıklar dokuz ana kriterin ağırlığını göstermektedir (KalDer, 2013).

Alt kriterlerin ağırlıklarını hesaplamak için; ana kritere dağıtılan 100 puan üzerinden alt kriter sayısına eşit olacak şekilde hesaplanır. Örneğin Strateji kriteri 100 puan üzerinde %10 ağırlıklı, alt kriterlerin her biri ise %25 ağırlıklıdır. Bu ağırlık yüzdesinde sadece iki tane istisnai kriter vardır (KalDer, 2013). Bunlar;

- Kriter 6 olarak bilinen müşterilerle ilgili sonuçlar kriterinin alt kriterlerinden 6a kriterin %75’ini, 6b ise %25’ini oluşturmaktadır.
- Kriter 7 olarak bilinen çalışanlarla ilgili sonuçlar kriterinin alt kriterlerinden 7a kriterin %75’ini, 7b ise %25’ini oluşturmaktadır.

Tablo 2.4. Kriter Ağırlıkları (Yalçın, 2017)

	Kriter Ağırlığı	Kriterler	Alt Kriter	Alt Kriter Ağırlığı
Girdiler Kriteri %50	10%	1. Liderlik	1a	20
			1b	20
			1c	20
			1d	20
			1e	20
	10%	2. Strateji	2a	25
			2b	25
			2c	25
			2d	25
			2e	25
	10%	3. Çalışanlar	3a	20
			3b	20
			3c	20
			3d	20
			3e	20
	10%	4. İşbirlikleri ve Kaynaklar	4a	20
			4b	20
			4c	20
			4d	20
			4e	20
10%	5. Süreçler, ürünler ve hizmetler	5a	20	
		5b	20	
		5c	20	
		5d	20	
		5e	20	
Sonuçlar Kriteri %50	15%	6. Müşterilerle ilgili sonuçlar	6a	112,5
			6b	37,5
	10%	7. Çalışanlarla İlgili Sonuçlar	7a	75
			7b	25
	10%	8. Toplumla İlgili Sonuçlar	8a	50
			8b	50
	15%	9. İşle İlgili Sonuçlar	9a	75
			9b	75
	Toplam	100%		

EFQM Mükemmellik Modelinde her bir ana kriter ve alt kriterler RADAR değerlendirme tablosu ile kabul edilen puanda değerlendirilir. Kuruluşun mükemmellik seviyesini hesaplarken, her kritere ve alt kriterlere 100 puan üzerinden puan verilir. Verilen puanlar kriter ağırlıkları ile çarpılarak hesaplanır (Yalçın, 2017).

Kuruluşlar aldıkları puanlara göre;

- 301 – 400 arasında ise 3 Yıldız Mükemmellikte Yetkinlik Belgesi,
- 401 – 500 arasında ise 4 Yıldız Yetkinlik Belgesi,
- 501 ve üstü ise 5 Yıldız Yetkinlik Belgesi ile tanımlanır.

Türkiye’de de Kalite Derneği KALDER tarafından uygulanan EFQM Mükemmellik Modeli ile kuruluşlara ödüller verilmektedir. EFQM değerlendirilmesine göre Türkiye’de EFQM Mükemmellik Başarı alan kuruluşlar Tablo 2.5.’de gösterilmektedir.

Tablo 2.5. EFQM Mükemmellik Başarı Ödülü Alan Kuruluşlar

Yıl	Kuruluşun Adı	Sektör
1996	NETAŞ	Bilgi Teknolojileri ve İletişim
1997	NETAŞ	Bilgi Teknolojileri ve İletişim
1998	NETAL	Bilgi Teknolojileri ve İletişim
2000	ARÇELİK	Dayanıklı Ev Aletleri
2000	Bosch RBTR-Bursa Dizel Enjektör Fab.	Otomotiv Sanayi
2003	Kocaeli Sanayi Odası	KAMU-STK
2004	EMAR	Dayanıklı Tüketim
2004	SKF Türkiye	Makine Sanayi
2008	T.C. Sağlık Bakanlığı Eskişehir Doğum ve Çocuk Hastalıkları Hastanesi	Sağlık ve Tıbbi Malzemeler
2010	T.C. Sağlık Bakanlığı Eskişehir Doğum ve Çocuk Hastalıkları Hastanesi	Sağlık ve Tıbbi Malzemeler
2012	Coca Cola İçecek A.Ş.-Ankara Fab.	Gıda-İçecek
2013	T.C. Bursa Nilüfer Belediyesi	KAMU-STK
2015	T.C. Sakarya Üniversitesi	Eğitim-Öğretim
2015	Coca Cola İçecek A.Ş.-Bursa Fab.	Gıda-İçecek
2016	İETT İşletme Genel Müdürlüğü	KAMU-STK

Tablo 2.6.'da ise Türkiye'de KALDER tarafından yapılan değerlendirilmeler sonucunda EFQM Mükemmellik Büyük Ödülü alan kuruluşlar gösterilmektedir.

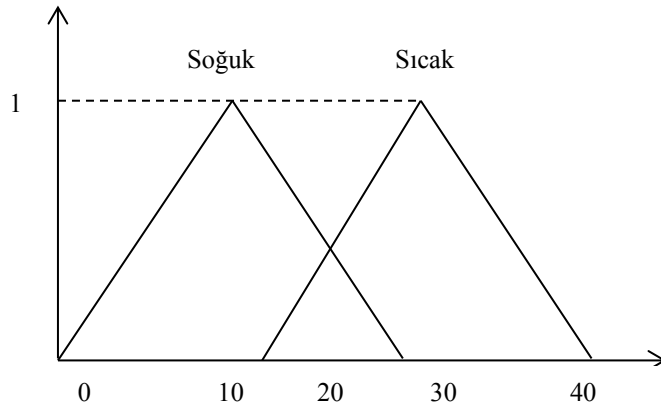
Tablo 2.6. EFQM Mükemmellik Büyük Ödülü Alan Kuruluşlar

Yıl	Kuruluşun Adı	Sektör
1996	BRİSA	Otomotiv Sanayi
1997	BEKSA	Ağaç ve Orman Ürünleri
1998	BEKO Ticaret	Dayanıklı Ev Aletleri
2003	Bosch RBTR-Bursa Dizel Enjektör Fabrikası	Otomotiv Sanayi
2004	Kocaeli Sanayi Odası	KAMU-STK
2008	Bursagaz	Enerji Endüstrisi
2008	Bosch RBTR-Bursa Dizel Enjektör Fabrikası	Otomotiv Sanayi
2011	Bilim İlaç A.Ş.	Sağlık ve Tıbbi Malzemeler

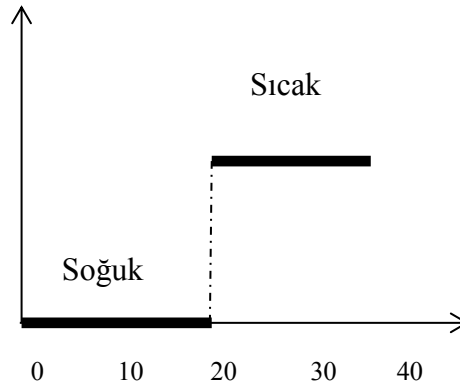
BÖLÜM 3. BULANIK MANTIK

3.1. Bulanık Mantık Kavramı

Bulanık mantık, belirsizliği temsil etmektedir. Bu nedenle insan düşüncesine benzemektedir. İnsan, günlük yaşantısında karşılaştığı olayları ifade ederken sadece doğru ya da yanlış yargılarını kullanmaz. Belirsizliklerde vardır. Örneğin; günlük yaşamda hava sıcaklığı 40 C° olduğunda “çok sıcak”, 30 C° olduğunda “sıcak”, 20 C° olduğunda “ılık”, 0 C° olduğunda “soğuk”, -10 C° olduğunda “çok soğuk” gibi ara kavramları kullanırız (Sıramkaya, 2005). Bulanık mantık da bu kavramlar gibi esneklik sağlar. Klasik mantık sadece doğru ve yanlış {0,1} olduğunu kabul eder. Ancak bulanık mantık 0 ile 1 arasındaki değerlerden [0,1] bahseder. Klasik mantık 20 C° “sıcak” olarak değerlendirirken; 19,9 C° sıcak olarak değerlendirmez. Aradaki değer fark edilemeyecek dahi olsa klasik mantığın kural yapısına uymamaktadır. Çünkü üyelik fonksiyonun dışına çıkmıştır. İşte bulanık mantık burada değer kazanır. Bulanık mantıkta tanımladığı üyelik fonksiyonları aralığında 19,9 C° sıcak kabul eder (Sıramkaya, 2005). Bulanık mantık ile gösterilen sıcak-soğuk ilişkisi Şekil 3.1.’de gösterilmiştir. Şekil3.2.’de ise klasik mantık ile sıcak-soğuk ilişkisi gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Sıcak-Soğuk Bulanık Mantık Modeli (Sıramkaya, 2005)



Şekil 3.2. Soğuk-Sıcak Klasik Mantık Modeli (Sıramkaya, 2005)

Bulanık mantık, Lotfi A. Zadeh tarafından 1965 yılında yayınlanan makale ile önem kazanmıştır. Zadeh bu makalede bulanık küme teorisinden bahsetmektedir. Bulanık küme teorisi, kesin olmayan sınırlara sahip nesnelere oluşmaktadır. Bu mantık ile Zadeh, Aristo mantığına karşı gelmektedir. Bulanık mantık, klasik sistemin insanların olduğu karmaşık sistemler karşısında eksik kaldığı için oluşturulmuştur. Zadeh 0-1 klasik mantığın yerine, dereceli üyelik fonksiyonları tanımlamıştır (Kıyak ve Kahvecioğlu, 2003).

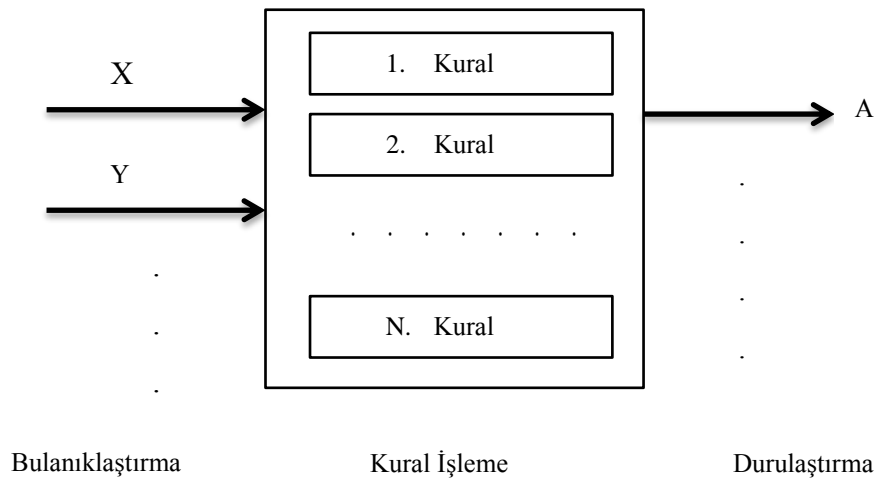
Zadeh'in bulanık mantık ilkeleri aşağıdaki gibidir (Keskenler ve ark., 2017);

- Klasik mantığın aksine bulanık mantıkta yaklaşık değerler vardır.

- Bulanık mantıkta dilsel ifadeler vardır; bu ifadeler çok fazla, fazla, az gibi tanımlanır.
- $[0,1]$ aralığında üyelik dereceleri ile gösterilir.
- Bulanık mantık, her mantıksal ifade için kullanılabilir.
- Karmaşık matematik modelleri için bulanık mantık kullanımı uygundur.

3.2. Bulanık Sistemler

Bulanık sistemler, çoklu sayıdaki girdileri kural tabanı yardımıyla işleyerek tek bir çıktıya dönüştürür. Bulanık bir süreç; bulanıklaştırma, kural işleme, durulaştırma ve çıkıştan oluşmaktadır. Bulanık sistemin genel yapısı Şekil 3.3.'de gösterilmektedir.



Şekil 3.3. Bulanık Sistem Gösterimi (Kıyak ve Kahvecioğlu, 2003).

- Bulanıklaştırıcı Birim: Girdi değişkenlerine ait bilgileri içerir. Bulanık sistemin ilk birimidir. Bulanıklaştırıcı birime gelen bilgilere üyelik değeri atanır, dilsel değişkenlere dönüştürülüp kural işleme tabanına gönderilir.
- Kural İşleme Birimi: Eğer-İse kurallarını içeren birimdir. Gelen bilgiler eğer-ise kuralı ile yazılan tüm kuralları kapsayan kural tabanına göre işlenip birleştirilir. Kurallar tüm aralık değerleri düşünülerek oluşturulur. Bu nedenle her bir girdi çıktı ile mantıksal olarak bağlanır.

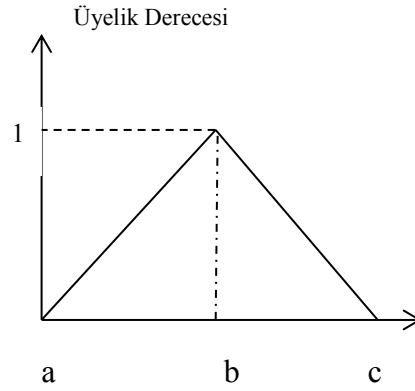
- Durulaştırma: Kural işleme tabanında ki bulanık giriş ve çıkışları kümeleri toplayıp tek bir çıkış mekanizması sağlayan birimdir. Durulaştırma işlemidir. Bu birim, tüm girdiler altında nasıl çıktı verileceğini belirlemede kullanılır.
- Çıktı Birim: Durulaştırma birimine gönderilen bulanık kümeler için bir ölçek değişikliği daha yapılır ve gerçel sayılara dönüştürülerek çıktı değeri elde edilir.

3.2.1. Bulanıklaştırma

Bulanık küme, klasik kümede kullanılan iki değerli üyeliğin aksine çok değerli üyeliğe sahiptir. Bulanık kümeye çok değerli küme kavramı diyebiliriz. Çok değerli üyeliğe sahip olan bulanık kümeler, klasik kümeye göre daha esnek ve hassastır. Klasik mantık sonuçları 0 ve 1 değerleri vardır. Ancak bulanık kümede değerler $[0,1]$ arasında tanımlanır. 0 ile 1 arasında değişken değer alan öğeler belirsiz olur. Bu değerlerde “üyelik derecesi” olarak adlandırılır. Belirsizliklerin dilsel yapılar içeren, sayısal verileri içermemesi durumunda bulanıklıktan bahsedilir. Bulanıklaştırma yapmak için kullanılan üyelik fonksiyonları uygulanacak probleme uygun olmalıdır (Kıyak ve Kahvecioğlu, 2003). Uygulamalarda en çok üçgen üyelik fonksiyonu, yamuk üyelik fonksiyonu, gauss üyelik fonksiyonları kullanılmaktadır.

3.2.1.1. Üçgen üyelik fonksiyonu

Üçgen üyelik fonksiyonu a, b ve c olmak üzere üç parametreden oluşmaktadır. Üçgen üyelik fonksiyonunun gösterimi Şekil 3.4.'de görülmektedir.



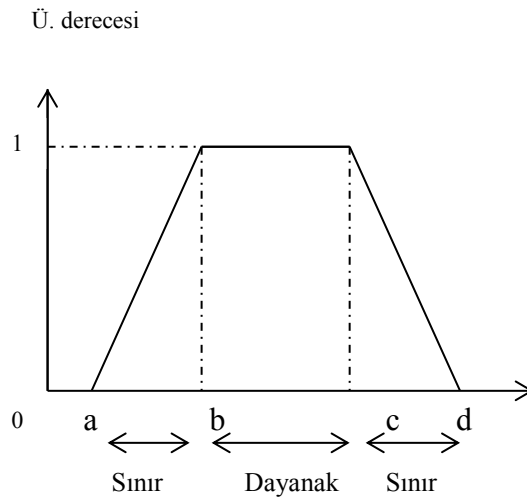
Şekil 3.4. Üçgen Üyelik fonksiyonu

Üçgen üyelik fonksiyonuna ait aşağıdaki eşitlik (Denklem 3.1) kullanılarak yapılır. a=alt sınır, c=üst sınır ve b=tepe değeri göstermektedir.

$$\mu_A = \mu_A(x; a, b, c) = \begin{cases} (x - a)/(x - b) & \text{eğer } a \leq x < b \\ (c - x)/(c - b) & \text{eğer } b \leq x \leq c \\ 0 & \text{eğer } x > c \text{ veya } x < a \end{cases} \quad (3.1)$$

3.2.1.2. Yamuk üyelik fonksiyonu

Yamuk üyelik fonksiyonu a, b, c ve d olmak üzere dört parametreden oluşur. Yamuk üyelik fonksiyonu Şekil 3.5.'de ki gibi gösterilmektedir.



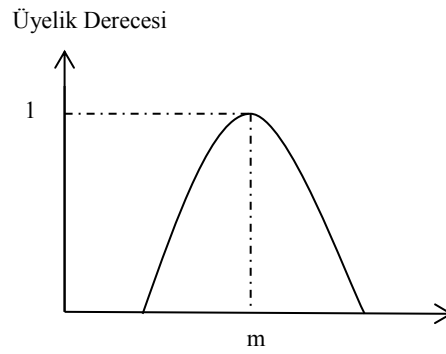
Şekil 3.5. Yamuk üyelik fonksiyonu

Yamuk üyelik fonksiyonuna ait aşağıdaki eşitlik (Denklem 3.2) kullanılarak yapılır. a=alt sınır, d=üst sınır ve b,c=tepe değer sınırını göstermektedir.

$$\mu_A(x) = \mu_A(x; a, b, c, d) = \begin{cases} (x - a)/(b - a) & \text{eğer } a \leq x < b \\ 1 & \text{eğer } b \leq x < c \\ (d - x)/(d - c) & \text{eğer } c < x \leq d \\ 0 & \text{eğer } x > d \text{ veya } x < a \end{cases} \quad (3.2)$$

3.2.1.3. Gauss üyelik fonksiyonu

Gauss üyelik fonksiyonu m ve s parametrelerinden oluşmaktadır. Gauss üyelik fonksiyonu Şekil 3.6.'de ki gibi gösterilmektedir.



Şekil 3.6. Gauss üyelik fonksiyonu

Gauss üyelik fonksiyonuna ait aşağıdaki eşitlik (Denklem 3.3) kullanılarak yapılır. m=Gauss eğrisinin merkezi, s=Gauss eğrisinin genişliğini ayarlayan parametrelerdir.

$$\mu_A(x; m, s) = \exp\left\{-\frac{(x-m)^2}{2s^2}\right\} \quad a > 0, m \in R \quad (3.3)$$

3.2.2. Kural işleme

Bulanık mantık, kural tabanına göre çalışmaktadır. Kurallar “If then” (eğer...ise) olarak koşullu tanımlanır. Her girdi ve çıktı değişkenleri, sözel değişkenler ile ifade edilir. Girdi değişkenleri tanımlanan “if...then” kurallarına göre çıktı değerleri elde eder. Örneğin, restorana bırakacağımız bahşiş miktarı servisin kalitesi ve yemeğin

güzel olmasına bağlıdır. Servis ve yemek güzel olduğunda yüksek miktarda bahşiş bırakırız. Öyleyse bizim kuralımız “eğer servis kalitesi yüksek ve yemek güzel ise bahşiş yüksek” den oluşur. Kuralları tanımlarken problemin yapısına uygun sözel üyelik kümelerini kullanılır. Böylece tüm girdilerden sonuç çıkaran kural tabanları oluşturulur.

3.2.3. Durulaştırma

Bulanık mantıkta belirsizliğin daha iyi ifade edilmesi için bulanık ifadeler kullanılmaktaydı. Ancak uygulama yapabilmek için kesin sayısal değerlere ihtiyacımız vardır. Durulaştırma, bulanık ifadelerden kesin sonuçlar elde etmek için kullanılan yöntemdir. Durulaştırma da en büyük üyelik ilkesi, ağırlık merkezi yöntemi, ağırlıklı ortalama yöntemi, ortalama en büyük üyelik yöntemleri kullanılmaktadır.

3.3. Mamdani Yöntemi

İnsan davranışlarına uygun olan ve en yaygın kullanılan bulanık mantık modelidir. Mamdani yönteminde tüm girdi ve çıktı değişkenleri kapalı formda üyelik fonksiyonları ile ifade edilir. Tezin uygulama kısmında Matlab programında Mamdani yöntemi kullanılmıştır.

Mamdani yönteminin adımları (Abduljabar, 2011);

- Bulanık ifadeler kullanılarak girdilerin bulanıklaştırılması,
- Değişkenlere $[0,1]$ aralığında üyelik dereceleri tanımlanır,
- “ve”, “veya” mantıksal işlemcilerden oluşan kural oluşturulur,
- Kural çıktılarını temsil eden bulanık kümelerin birleştirilerek sonuçların toplanması,
- Bulanık sonuçların durulaştırılmasında oluşur.

BÖLÜM 4. KABA KÜMELEME

Kaba Kümeleme (KK) teorisi, klasik küme kuramında bulunan kümelerin tek elemanlı olarak tanımlandığı ve kümenin elemanlarına ait başka hiçbir ek bilgi içermeyen kümelerin aksine, kümelerin tanımlanabilmesi için elemanları ile ilgili bazı bilgilere gereksinim olması varsayımına dayanır (Aybar, 2011). Kaba Kümelerin belirsizlik içeren bulanık kümeler gibi kesin sınırları yoktur. Eksik ve yetersiz bilgileri veri analizine uygun hale getirmek için veri madenciliği, eksik bilgi muhakemesi, bilgi tabanı indirgeme gibi yöntemlerden yararlanmaktadır. KK verinin boyutu ile ilgilenmeden kural çıkarsamayı gerçekleştirir. Kural çıkarımı yaklaşımlar yoluyla gerçekleşir (Turgay ve Torkul, 2017).

Kaba Küme teorisinde; hatasız bilgiler, yüksek doğruluk derecesi ile tercih edilir ve bu yüzden bulanık kümelerin tamamlayıcısı olarak ortaya çıkmıştır. Yapılan çalışmalarda çıkan sonuçlarda bunu göstermektedir (Turgay ve Torkul, 2017). KK'nın amacı indirgeme yapılan sisteme ait karar kurallarının oluşturulması ve yaklaşık değerlerinin analiz edilmesidir. KK veri indirgeme, nitelik indirgeme, kural indirgeme ve sınıflandırma kavramlarında uygulanmaktadır.

Kaba Kümelemeyi oluşturan işlem basamakları;

- Bilgi sistemi gösterimi,
- Ayırt edilemezlik ilişkisinin belirlenmesi,
- Kural indirgeme gerçekleşmesi,
- Karar kurallarının oluşturulması,
- Yeni nesnelerin sınıflandırılmasında oluşmaktadır.

4.1. Bilgi Sistemi ve Karar Tablosu

Kaba kümelerde bilgi sisteminde verilerin temsil edilmesi ve gösterilmesi önemlidir. Bilgi sisteminde satırlarda birimlerin (örnekler), sütunlarda ise birimlere ait nitelikler yer almaktadır (Turgay ve Torkul, 2017).

4.1.1. Bilgi sistemleri

Bilgi sistemi S ile temsil edilir ve $S = \langle U, A, V \rangle$ şeklinde gösterilir. Bu gösterimde $U = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ nesnelere boş olmayan sonlu birimler kümesini ifade etmektedir. A boş olmayan değerler kümesini göstermektedir. Diğer bir ifade ile A koşullu nitelikler kümesidir. Son olarak V her niteliğin alabileceği değerler kümesini olarak tanımlanmaktadır (Turgay ve Torkul, 2017).

$a: U \rightarrow V_a \quad a \in A ; V_a, a$ 'nın değer kümesi olarak adlandırılır.

4.1.2. Karar sistemleri

$DS: T = (U, A \cup \{d\}) \quad d \notin A$ ile karar değeri dikkate alınır (Turgay ve Torkul, 2017). A koşul özellikleri olarak nitelendirilir. Karar sistemine ait tabloda değerler birbiri ile benzer olabilir. Ayrıca uyumsuz ve ya anlamsız nesnelere de rastlanabilir.

Örneğin grip olan bir hastanın bilgi sistemini gösteren Tablo 4.1.'i ele alalım.

Tablo 4.1. Grip hastaların bilgi sistemi

Hasta	Baş Ağrısı	Kas Ağrısı	Ateş	Grip
h1	hayır	evet	normal	hayır
h2	evet	hayır	yüksek	evet
h3	hayır	evet	yüksek	evet
h4	hayır	evet	normal	hayır
h5	evet	hayır	yüksek	evet

U evreni beş tane hastayı temsil etmektedir; $U = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}$

A özellikleri sırasıyla baş ağrısı, kas ağrısı, ateşi temsil etmektedir; $A = \{F1, F2, F3\}$

$d = \text{Karar}$

Özelliklere ait değer kümesi;

$F1 = \{1;2\};$ 1=Evet, 2=Hayır
 $F2 = \{1;2\};$ 1=Evet, 2=Hayır
 $F3 = \{1;2\};$ 1=Normal, 2=Yüksek
 $d = \{0,1\};$ 0=Hayır, 1=Evet

Tablo 4.1.'in özelliklere ait değer kümesi ile numaralandırılması Tablo 4.2.'de gösterilmektedir.

Tablo 4.2. Grip hastalarının numaralandırılmış hali

Hasta	F1	F2	F3	d
h1	2	1	1	0
h2	1	2	2	1
h3	2	1	2	1
h4	2	1	1	0
h5	1	2	2	1

4.2. Ayırt Edilemezlik İlişkisi

Karar tablosu bilgi sisteminin bilgilerini içerir. Bu nedenle büyük boyutlara ulaşabilir. Bir karar tablosu aynı ya da ayırt edilemeyen verilerden oluşabilir. Ayrıca bazı özelliklerde gereksiz yere gösterilebilir (Aybar, 2011).

$S=(U,A)$ bilgi sisteminde, herhangi $B \subseteq A$ için, B özelliğinin alt kümesi ayırt edilemezlik ilişkisi adı verilen U evreninin denklik bağlantısını tanımlar. (x,y) , U 'dan nesne çifti olarak aşağıdaki eşitlik (Denklem 4.1) ile gösterilmekte ve bu denkleme B -ayırt edilemezlik bağlantısı denir (Aybar, 2011).

$$IND_S(B) = \{(x, y) \in U^2 \mid \forall a \in B a(x) = a(y)\} \quad (4.1)$$

Denklemdeki S alt indis değeri, hangi bilgi sisteminin olduğu biliniyorsa genellikle ihmal edilir. $(x, y) \in IND_A(B)$ olursa, x ve y B 'ye göre ayırt edilemezdir. Yani x ve y değerleri aynı özelliğe ve aynı karar değerlerine sahiptir bu nedenle ayırt

edilemezler. Kural indirgeme işlemlerinden önce ilk olarak ayırt edilemezlik ilişkisinin olup olmadığı kontrol edilmelidir (Aybar, 2011). Örnek olarak incelediğimiz grip hastalığını tekrardan ele alalım. Tablo 4.2.'de ki karar tablosundan ayırt edilemezlik ilişkisine bakılır. Tablo 4.2.'yi incelersek h1 ve h4 kendi arasında, h2 ve h5 kendi arasında ayırt edilemezdir. Çünkü tüm değerleri aynıdır ve tekrar farklı olarak göstermeye gerek yoktur. Bu nedenle birbiri ile aynı olan nesnelere tek olarak değerlendirilir ve tekrardan karar tablosu oluşturulur. Ayırt edilemeyen kayıtlardan arındırılmış karar tablosu Tablo 4.3.'te gösterilmektedir.

Tablo 4.3. Ayırt edilemeyen kayıtlardan arındırılmış karar tablosu

Hasta	F1	F2	F3	d
h1,h4	2	1	1	0
h3	2	1	2	1
h2,h5	1	2	2	1

4.3. Kural İndirgeme

Kural indirgeme, kaba kümeleme konusunun en önemli özelliğidir. Gerçek hayatta veriler çok fazladır ve bu verilerden karara varmak karmaşıklığa sebep olmaktadır. Bu nedenle kural indirgeme uygulanmaktadır. Kural indirgeme ile veri seti azaltılarak gereksiz zaman kayıplarından ve bilgi yığılmasından kurtulmuş oluruz.

BÖLÜM 5. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatür araştırması iki bölümden oluşmaktadır. Birinci kısımda EFQM Mükemmellik Modeli ile yapılan bulanık mantık çalışmalarına yer verilmiştir. İkinci kısımda ise CN2 algoritması ile yapılan çalışmalara yer verilmiştir.

Öz değerlendirme modelleri eleştirel olarak incelendiğinde çoğu model belirsiz ve kesin olmayan verilerle sınırlıdır. Bu yüzden EFQM modelinde belirsizlik ve karmaşıklığın üstesinden gelmek için belirsiz verileri barındıran bulanık çıkarım sistemine dayanan yeni bir bulanık çok katmanlı değerlendirme yöntemi sunmaktadır. Model Matlab yazılımı kullanılarak uygulandı. Uygulama elektrik şirketinde gerçek koşullar altında uygulanmış ve test edilip doğrulanmıştır. Klasik EFQM ile yeni bulanık EFQM karşılaştırıldığında uzmanlar yeni önerilen modeldeki çıktılarını tercih etmişlerdir (Daniel ve ark., 2018).

Birçok alanda öz değerlendirme sağlayan EFQM Mükemmellik Modeli sağlık hizmetlerinde servis kalitesini ve küresel alanda rekabeti yakalamak için kullanılır. Öz değerlendirme yaparken dilsel ifadelerden yararlanılmıştır. Bulanık dilsel ifadeler değerlendirme ekibi tarafından görüşlerinin temsil edilmesi için kullanıldı. Sayısal ifadeler yerine dilsel ifadelerin kullanılmasının olumlu katkı sağladığı görüşüne varılmıştır (Moreno-Rodriguez ve ark., 2013).

Kooperatif şirketlerin performans değerlendirilmesi için Sogno-Mamdani çıkarım sistemine dayalı bulanık model önerilmiştir. Bulanık çıkarım sisteminde ki kuralları bulmak için ağırlıklandırma yöntemi kullanılmıştır. Daha sonra şirketin performansını artıran en iyi göstergeleri bulmak için EFQM yöntemine dayalı gösterge sıralama yöntemi kullanılmıştır (Jamshidnezhad ve Bagherzadeh, 2018).

EFQM Mükemmellik Modelini bulanık mantık ile geliştirerek, modeli hassas ölçmeye yönelik çalışma yapılmıştır. Net değerler gerçek ölçümleri iyi bir şekilde ifade edemediği görüşüne sahip olan çalışmada EFQM modeli çok fazla belirsizlik içeren dilsel değişkenlerle ifade edilmiştir. EFQM modeline 0 ile 1 arasında değişen üyelik derecesi sahip üyelik fonksiyonu karakterize edilir. Böylece bulanık mantık aynı dilsel ifadeye verebileceğimiz farklı anlamların dikkate alınmasına izin verir. Bulanık mantık ile değerlendirilen EFQM modeli ile şirketler daha gerçek ölçüm sonuçları ölçülebildiğini savunmuştur (Paghaleh, 2011).

Organizasyonların performans değerlendirilmesi için bulanık uzman sistem sağlanmıştır. Uzman değerlendirmesi EFQM modeline dayanmaktadır. Bulanık uzman sistem kuruluşların performans değerlendirmesinde, kurumların performanslarının değerlendirilmesi ve iyileştirilmesi güçlü kontrol sisteme neden olur. Çalışmada EFQM modelinin beş değerlendirilme ölçütü bulanık uzman sistemine “çok az, az, normal, yüksek, çok yüksek” olarak tanımlanmıştır. Sistemin üçgen üyelik numaraları sırasıyla; (0,0,15), (25,15,15), (50,15,15), (75,15,15), (100,15,0) olarak tanımlanmıştır. Bulanık uzman sistem değerlendirmeyi kolaylaştırmıştır ve puanlar standart formatta tanımlandığı için değerlendirmenin doğruluğu ve hızı artar (Saryazdi ve ark., 2016).

Öz değerlendirme şirketler ve çalışanlar için sürekli kalite iyileştirmesi sağlayan düzenli stratejik veya operasyonel planlama sürecinin başlangıcı kabul edilir. EFQM kalite sistemine dilsel yaklaşım sunan çalışma bulanık kontrol sistemlerinin metodolojisine dayanan öz değerlendirme sistemi sunmaktadır. Kalite sistemleri dilsel değişkenlerle yorumlanmıştır. Yöntemin daha kullanışlı olması için bilgisayar yazılım sistemi geliştirilmiştir. Bulanık bilgi kullanılarak değerlendirmenin öznel niteliği açıklanır (Mimi, 2000).

EFQM modeli uzmanların kararlarından etkilenen öznel yaklaşımdır ve bu nedenle dezavantaja sahiptir. Ayrıca model belirsiz ve kesin olmayan bilgileri net verilere dönüştüremez. EFQM değerlendirilmesi için bir bulanık mantık kullanarak yeni bir değerlendirme sistemi tasarlanarak EFQM modelinin belirsizlik ve karmaşıklığı

çözmesi amaçlanmıştır. Önerilen değerlendirme sistemi ile uzman tecrübesi ve bilgisi dikkate alınarak etkili ve kesin puanlama sağlayabilir. Çalışmada elde edilen sonuçlar ile geliştirilen modelin daha geçerli ve kabul edilebilir olduğu ve uzmanların uygulamada EFQM değerlendirme modelini doğruladığını göstermiştir. Geliştirilen model bir vaka çalışmasında kullanılmıştır (Dodangeh ve ark., 2011).

Bulanık mantık, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve Yöneylem Araştırması modelini kullanarak EFQM Mükemmellik Modeline dayalı yeni bir yaklaşım amaçlanmaktadır. Önerilen yaklaşımın uygulanabilirliğini göstermek için İran'da Yazd Regional Electricity şirketinde vaka çalışması sunulmuştur. İlk olarak performans değerlendirilmesi için bulanık yöntem kullanılmıştır. Daha sonra geliştirilecek alanlar için alt kriterlere puanlar tanımlanmıştır. Alt kriterlerin önceliklendirilmesi için de AHP tekniği ile Yöneylem Araştırması kullanılmıştır. Sonucunda da önceliği yüksek iyileştirme projeleri belirlenmiştir (Ezzabadi ve ark., 2015). EFQM Mükemmellik Modeli Arvand Serbest Ticaret Bölgesinin performansının ölçülmesi için anket çalışması olarak bulanık AHP yöntemi ile kullanılmıştır (Rashnoodi ve Parsafar, 2014).

EFQM Mükemmellik Modeli kriterleri bulanık çok kriterleri karar verme yöntemi ile değerlendirilmiştir. İlk olarak ana kriter ilişkileri bulanık DEMATEL yöntemi ile bulunmuş ve bu ilişki diyagramına göre de bulanık Analitik Ağ Süreci (ANP) yöntemi ile alt kriter ağırlıkları bulunmuştur. Uygulamada altı kamu kurumu EFQM puanına göre değerlendirilmiş ve kriter ağırlıkları VİKOR yöntemi için girdi sağlayarak kamu kurumlarının kurumsallaşma düzeylerine göre sıralanmıştır (Selin, 2017). İnsan kaynakları alanında uygulanan model ile EFQM model kriterlerinin sonuçlandırılmasındaki zayıflık (çalışan kriteri ve sonuçlar) bulanık analitik hiyerarşi süreci kullanarak tartışılmıştır (Panahi ve ark., 2013). Farklı sektörlerde uygulanan EFQM Mükemmellik Modeli özellikle otel sektöründe yeni puanlar ile geliştirilmiş EFQM modeli geliştirmek için bulanık analitik hiyerarşik süreci kullanılmıştır (Liu ve Ko, 2018).

EFQM ve esneklik mühendisliğinin puanlarının değerlendirilmesi için bulanık AHP kullanılan çalışmada EFQM Mükemmellik Modeli ile esneklik mühendisliği arasındaki bakış açılarında ayırım yapmayı amaçlamaktadır ve büyük bir hastanede anket verilerine dayalı yaklaşım kullanmaktadır (Asadzadeh ve ark., 2018).

EFQM Modeli, yöneticilere projeleri yönetmek ve geliştirme faaliyetlerini organize etmede yardımcı olmaktadır. Herhangi bir kuruluşta, EFQM süreç, ürün veya hizmetlerde düzeltici amaç içeren proje sağlayabilir. Fakat kuruluşların birçok kısıtlamaları vardır, bu yüzden projeler en iyi şekilde seçilmelidir. EFQM modeline dayanan şirket projesini çeşitli düzeylerde yönetmek ve geliştirmek için bulanık çok kriterli karar verme yöntemi kullanılmıştır (Najafi ve Naji, 2016).

CN2 algoritması ile yapılan çalışmalar incelendiğinde;

CN2 algoritmasından yararlanarak, FuzzyCN2 algoritması olarak yeni bir bulanık CN2 algoritma geliştirilmiştir (Martín-Muñoz ve Moreno-Velo, 2010). Makine öğrenmesinde çıkarım adı verilen ABML (argumentation based machine learning) yeni bir yaklaşım sunmaktadır. Çalışmada, ABML kural öğrenme olarak görülür. CN2 öğrenme algoritması çıkarım tabanlı uzantısı olan ABCN2'ye uygulanır. Uygulanan ABCN2 ile orijinal CN2 algoritmasının karşılaştırılması yapılır. Karşılaştırma sonucunda ABCN2 öğrenmeyi sınırlamak için uzman tarafından verilen çıkarımları kullanır ve böylece algoritmanın daha anlaşılır kurallar ürettiği görülür (Mozina ve ark., 2007).

CN2 algoritmasının eksik, gürültülü veriler ve çoklu karar sonuçları dahil olmak üzere genişletilerek CN2-MD (CN2-Missing Data) algoritması önerilmiştir. Elde edilen deneysel sonuçlar; CN2-MD genel öğrenme performansı, istenen gürültü toleransı, eksik verilere bağışıklık ve sınırlı eğitim verisine sahip sağlamlık sergilemesi açısından tatmin edici olduğunu gösterir (Wei ve ark., 2000).

Dokuz biyomedikal veri seti üzerinde test edilen NB, k-EYK, CN2, DVM, RO, YSA makine öğrenim algoritmaları kullanarak performansları karşılaştırılmıştır. Yapılan

deneyler ve istatistik sonuçlarına göre makine öğrenim algoritması için kullanılan algoritmalarından sınıflandırma başarısı bakımından Yapay Sinir Ağları (YSA) ve çalışma zamanı bakımından K-En Yakın Komşu algoritması daha başarılı sonuçlar vermiştir (Karakoyun ve Hacıbeyoğlu, 2014). CN2'nin kullanılabilirliği artırmak için geliştirilen çalışmada; ilk olarak Laplacian hata tahminlerinin alternatifi bir değerlendirme işlevi olarak kullanılması sunulmakta ve ikinci olarak da sıralı kuralların aynı sıra sıralı kuralların nasıl oluşturulabileceğine dair bilgiler vermektedir. Bu değişiklikten kaynaklanan önemli ölçüde geliştirilmiş performanslar deneysel olarak gösterilmiştir (Clark ve Boswell, 1991).

Tıp alanında hastalara ait röntgen, laboratuvar, rapor sonuçları gibi veriler veri tabanlarında tutulmaktadır. Ancak veri fazlalığından istenilen bilgilere ulaşmak zor olmaktadır. Bu zorluk da veri madenciliği kullanımını zorunlu kılmaktadır. Veri madenciliği REX-1 algoritması kullanarak gerçek veri setleri üzerinde kural tabanı oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar C4.5, NavieBayes, PART, CN2, CORE, GA-SVM algoritmalarıyla test edilmiştir (Akgöbek ve Kaya, 2011). Öğrencilerin çevrimiçi öğrenme ortamındaki etkileşimlerine dayanarak akademik performansları modellenmiştir. Model performansı Naive Bayes sınıfı, sınıflandırma ağacı ve CN2 kuralları ile test edilmiştir (Akçapınar ve ark., 2015).

Endüktif öğrenme algoritmaları ve bu algoritmaların performanslarının karşılaştırıldığı çalışmada gerçek hayattan alınmış 11 adet veri seçilmiştir. Karşılaştırmada C4.5 Rules, C4.5 Prune, ID3, ILA, ILA-2, OC1, CN2, REX-1, REX-2, REX-3 algoritmaları kullanılmıştır. Algoritmalar tarafından elde edilen ortalama doğruluk oranları en yüksek doğruluk oranı %86.92 ile REX-1, ikinci %85.42 ile REX-3, üçüncü olarak %84.07 ile CN2 ve dördüncü %84.03 ile REX-2 algoritması şeklinde sıralanmıştır (Akgöbek ve Öztemel, 2006). CN2 algoritması fuzzy bean bazlı sınıflandırıcının doğruluğunu karşılaştırmak için MLP, DIMLP ve SIM ile kullanılmıştır. Karşılaştırmada önerilen fuzzy bean modeli daha iyi sonuç verdiği için tercih edilmiştir (Luukka, 2011).

Hem doğru hem de kompakt kural modeli üreten eksiksiz kural çıkarım algoritması olan çok amaçlı dilbilgisi tabanlı genetik programlama (MOGGP) geliştiren çalışmada CN2 algoritması ve diğer kural çıkarım algoritmaları karşılaştırılarak kullanılmıştır. Deneyler sonucu MOGGP algoritmasının daha rekabetçi doğru kural çıkarımı yaptığı görülmüştür (Pappa, 2009). Bir diğer çalışmada CN2 algoritması ile Ant-Miner (ant-colony-based data miner) olarak adlandırılan veri madenciliği için önerilen algoritma altı kamuya açık veri setinde karşılaştırılmıştır. Ant-Miner tahmin doğruluğu bakımından CN2 ile rekabet edebildiği ve Ant-Miner ile keşfedilen kural listeleri CN2 kural listesinden daha küçük ve basit olduğu sonucuna varılmıştır (Parpinelli ve ark., 2002).

Bulanık uzman sistemlerinin doğruluğu CN2, AQR, AQT-15, CLILP2, Bayes ve Assistant-86 gibi diğer algoritma yöntemleri ile karşılaştırılmıştır ve bulanık uzman sistemlerin algoritmalar ile uyumlu doğruluk performansı yakaladığı gözlenmiştir (Meesad ve Gary, 2002). Yeni geliştirilen HCV kural indirgeme algoritmasının performansı ID3, ASSISTANT, AQR ve CN2 gibi algoritmalarla MONK problemi üzerinden karşılaştırılmasında kullanılmıştır (Wu, 1993).

BÖLÜM 6. UYGULANAN METODOLOJİ VE YÖNTEMLER

6.1. Problemin Tanımı

EFQM mükemmellik modeli kurumların değerlendirilmesinde Avrupa’da yaygın olarak kullanılan kalite modelidir. EFQM uzmanları kurumları değerlendirirken girdi kriterlerini ve sonuç kriterlerini kullanmaktadır. Değerlendirme yapılırken girdi kriterleri için Tablo 2.2.’de ki girdiler değerlendirme tablosu, sonuç kriterleri için Tablo 2.3.’te ki sonuçlar değerlendirme tablosu kullanılır. Her bir ana kriter ve alt kriter bu tabloya göre değerlendirilerek 0 ile 100 puan arasında; 5 ve 5’in katı olacak şekilde puanlanır. Bu tez çalışmasında EFQM Mükemmellik Modelinin RADAR değerlendirme sistemi bulanık mantık ile ele alınmıştır. Tablo 2.2.’de girdi kriterleri için değerlendirme tablosu ve Tablo 2.3.’de ki sonuçlar değerlendirme tablosu Matlab programında bulanık mantık ile çalıştırılmıştır. Uygulamada kurumun alabileceği her bir kriter değeri kural olarak Matlab programına aktarılmıştır. Tanımlanan tüm “If..Then” kural tabanı 78125 adet kuralı içermektedir. Bulanık EFQM kurallarını bilgisayar ortamında yönetmek ve istediğimiz sonuçları almak uzun vakit almaktadır. Bu nedenle kural sayısını azaltmak için literatür araştırması yapıldığında, kural indirgeme ya da kural çıkarma olarak kaba kümeleme yönteminin yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Bu tez çalışmasında, Matlab uygulaması ile geliştirdiğimiz Bulanık EFQM kurallarına kaba kümeleme kural çıkarımında kullanılan CN2 algoritması ile kural indirgemesi yapılmıştır.

6.2. Kullanılan Yöntemler ve Metodoloji

Kaba kümeleme, büyük veri yığınlarından kural çıkarmak ve kural indirgemek için kullanılmaktadır. Bulanık EFQM’i için oluşturulan Matlab kurallarını daha aza indirgemek için kaba kümeleme yöntemi kullanıldı. Kaba kümeleme yapmak için R

programlama dilinden yararlanılmıştır. R programlama istatistiksel hesaplamalar ve grafikler için geliştirilmiş programlama dilidir. Bu tez kapsamında kural indirgemesinde R programlama dilinin “RoughtSets” paket yazılımından yararlanılmıştır. “RoughSets” paket programında CN2 öğrenme algoritmasıyla kural indirgeme yapılmıştır. Önerilen her bir algoritmanın Klasik EFQM puanı ile karşılaştırması yapılarak 10 kurum için performans değerlendirilmesi yapıldı. Tez çalışmasında izlenen yöntem basamakları sırasıyla;

- Klasik EFQM Mükemmellik Modelinin Matlab uygulaması ile bulanık çıkarım editörü “aggregation=max” ve “defuzzification=centroid” kullanılarak Bulanık EFQM modelinin geliştirilmesi.
- Klasik EFQM Mükemmellik Modeli puanı ile Bulanık EFQM puanlarının karşılaştırılması.
- R programında CN2 öğrenme algoritması ile kural indirgemesinin yapılması.
- Matlab FIS editörü “aggregation=max” ve “defuzzification=centroid” kullanarak CN2 algoritma temelli Bulanık EFQM puanlarının karşılaştırılması.
- Matlab FIS editörü “aggregation=sum” ve “defuzzification=centroid” kullanarak CN2 algoritma temelli Bulanık EFQM puanlarının karşılaştırılması
- MAPE istatistiksel hesaplama ile sonuçların test edilmesi aşamasından oluşmaktadır.

6.3. CN2 Algoritması

Kural çıkarımı için kullanılan CN2 algoritması 1989’da Peter Clark ve Tim Niblett tarafından geliştirilmiştir. CN2 algoritması, ID3 ve AQ algoritmalarının birleştirilmesiyle oluşan yeni bir yaklaşım sunan algoritmadır. Algoritma ID3’ün “if..then” kural formu ile gürültülü verilerle başa çıkma yeteneği ve etkinliği ile AQ algoritmasının esnek arama stratejisinin birleşiminden oluşur (Clark ve Niblett, 1989).

CN2 algoritması bir karar mekanizmasında gürültü olarak tabir edilen gereksiz veriyi kırma işlemini gerçekleştirir. CN2 tarafından çıkarılan kurallar karar listesi olarak da bilinen ‘if..then’ kurallarının sıralı kümesini yansıtır (Rivest, 1987). CN2 verilerde mevcut gürültünün tahminine dayanarak kural yapımı sırasında aramayı sonlandırmak için sezgisel işlev kullanır. Algoritma ile bulunan sonuçlar doğru bir şekilde tüm eğitim setini sınıflandırmayabilir, fakat yeni bir veri üzerinde iyi performans gösteren kurallar oluşturur (Clark ve Niblett, 1989).

CN2 algoritması tarafından çıkarılan “if..then.., where..” formundan oluşan her kural AQR ile aynı tanımlamaya sahiptir. CN2 algoritmasının son kuralı tüm yeni örnekler için eğitim verisinde en sık görülen sınıfı tahmin eden ‘default rule’dur.

Algoritma bir grup sınıflandırma örneği verildiğinde, bu örnekler için en iyi kuralın bulunduğu ve ardından bu kural tarafından kapsanan örneklerin setten çıkarıldığı dış döngü üzerine kuruludur. Döngü örnekler boş olduğunda veya gereken anlamlılık düzeyinde bir kural bulunmadığında sona erer. Kurallar birkaç örneğin ortadan kaldırıldığı bir örnek kümeden üretildiği için, sonuç kuralları bir kurallar listesi olarak yorumlanmalıdır. Bir örnek setiyle ilgili en iyi kuralı bulmak için paralel ışın arama dizisi yapılır. Her yinelemede, kural adayları yeni bir ‘SELECTOR’ ekleyerek uzmanlaşmıştır (Martín-Muñoz ve Moreno-Velo, 2010).

CN2 algoritması her kuralı ön sınıf koymadan öğrenir, yani her bir iterasyon adımlarında herhangi bir sınıf için kural öğrenebilir. Her kural “if <cover> then <class>, where <cover>” çoklu testlere dayanan mantıksal birleşim formundan oluşur. Ana örnek ‘selector’ olarak adlandırılır. Örneğin; <bulutluluk=evet>, <hava=yağmurlu ve rüzgarlı> ve <sıcaklık≥25> gibi ifadeler içerir. Selector birleşimi ‘complex’ olarak adlandırılır. Örneğin; <bulutluluk=evet> ve <hava=yağmurlu ve rüzgarlı> gibi. Birden fazla complex’in ayrıklığı ‘cover’ olarak adlandırılır (Aggarwall, 2014).

CN2 algoritması; her tekrarlama da tek bir C sınıfı ve diğer birkaç sınıfın çok sayıda örneğini kapsayan ‘complex’ arayan yinelemeli şekilde çalışır. CN2’nin

değerlendirme fonksiyonu olarak tanımlanan ‘complex’ hem tahmin edilebilir hem de güvenilir olmalıdır (Clark ve Niblett, 1989). En iyi ‘complex’i bulan algoritma, eğitim setinin kapsadığı örnekleri kaldırır ve “if <complex> then tahmin C” olarak kural ekler. Algoritmada daha tatmin edici ‘complex’ler bulunmayana kadar süreç devam eder.

Algoritma ‘complex’ler için genelden özele azaltan arama yapar. Her arama adımında CN2 boyut sınırlı veriyi ya da şimdiye kadar bulduğu en iyi STAR ‘S’i tutar. ‘Complex’ yeni bir terim ekleyerek ya da ‘selectors’ içerisinden ayıran bir unsuru kaldırarak uzmanlaşmıştır. Her ‘complex’ birçok yoldan uzmanlaşabilir, ayrıca CN2 tamamı buna benzer uzmanlıklar üretir ve değerlendirilir. ‘Star’ uzmanlaşma adımından sonra kısaca tanımlayabileceğimiz değerlendirme fonksiyonu ile ölçülen en düşük sıralama öğelerini kaldırılarak kesilir (Clark ve Niblett, 1989). Uzmanlık adımının uygulanması olası tüm ‘selector’ setini geçerli yıldızla tekrar tekrar kesip, sonucunda ortaya çıkan ‘complex’ kümesindeki tüm boş ve değişmeyen öğeleri elemektedir.

Sıralı kuralları içeren CN2 algoritmasının adımları (Clark ve Niblett, 1989);

Input;

Let E

Let SELECTORS

Let RULE_LIST ;

Repeat until Best_CPX is nil or E is empty;

Let Best_CPX be Find_Best_Complex(E).

If Best_CPX is not nil,

Then let E' be the examples covered by Best_CPX.

Remove from E the examples E' covered by Best_CPX

Let C be the most common class of examples in E'

Add the rule “If Best_CPX then the class is C” to the end of RULE_LIST.

Output RULE_LIST.

Find_Best_Complex algoritması adımları (Clark ve Niblett, 1989);

Let STAR be the set containing the empty complex.

Let BEST_CPX be nil.

While STAR is not empty,

 Specialize all complexes in STAR as follows:

 Let NEWSTAR be the set $\{x \wedge y \in STAR, y \in SELECTORS\}$.

 Remove all complexex in NEWSTAR that are either in STAR or null.

 For every complex C_i in NEWSTAR:

 If C_i is statistically significant and better than BEST_CPX by user-defined criteria when tested on E,

 Then replace the current value of BEST_CPX by C_i .

Repeat until size of NEWSTAR \leq user-defined maximum:

 Remove the worst complex from NEWSTAR.

 Let STAR be NEWSTAR.

Return BEST_CPX.

CN2 algoritması için iki adet girdi değerimizin olması gerekmektedir. Bu girdiler; örneklem sınıfını oluşturan 'E' ve olası tüm seçiciler sınıfını oluşturan 'SELECTORS'dür. RULE_LIST 1.adımında boş olan, son adımda kuralları depolayan karar tablosudur. Find_Best_Complex(E), Best_CPX'i öğrenir. Find_Best_Complex(E) öğrenme adımları başka algoritma adımları ile yapılır. 2'den 8'e kadar olan döngüler en iyi kuralı öğrenen ve eğitim setini saflaştırarak tekrarlı döngülerdir. 3. ve 4.adımda özellikle her tekrarlı döngüde veriden boş olmayan bir kural öğrenilir. 5. ve 6.adımda kuralları kapsayan tüm eğitim örnekleri veriden atılır. Kural şartından oluşan ve kurallar ile en yaygın sınıf etiketi olarak kapsanan keşfedilmiş kurallar 7. ve 8.adımda RULE_LIST'e eklenir (Aggarwall, 2014).

CN2 algoritmasında 2. ve 8.adımlardaki döngü için durdurma kriteri ya $E=0$ (öğrenmek için eğitim seti kalmadığında) ya da Rule_Best_CPX boş yani eğitim verisinden öğrenecek yeni kural öğrenimi olmadığında durur. İki durdurma kriterinden herhangi biri tatmin edici olup kural öğrenimi tamamlandıktan sonra

default-class c Rule_List'e eklenir. Bu adım iki sebepten dolayı uygulanır (Aggarwall, 2014).

- Herhangi bir kural ile kapsanmayan iyi kural çıkaramayan eğitim örnekleri hala olabilir.
- Bazı test örnekleri Rule_List'te herhangi bir kural tarafından kapsanamayabilir ve eğer default-class olmazsa bunları sınıflandıramayabiliriz.

Default-class ile beraber kuralların listesi;

$\langle r_1, r_2, \dots, r_k, \text{default-class} \rangle$, r_i eğitim setinden çıkarılan kurallar olarak oluşturulur.

CN2 algoritmasının iç döngüsü Find_Best_Complex() algoritması tarafından uygulanır. Find_Best_Complex, ilk olarak kural boş 'complex' ile başlar. İlk iterasyonda sadece bir koşul eklenebilir. Eklenecek en iyi şartı bulmak için bir dizi aday kurallarını oluşturan olası tüm koşullar araştırılır. Fonksiyon daha sonra en iyisini bulmak için olası tüm adayları değerlendirir. Birinci en iyi koşul eklendikten sonra fonksiyon daha ileri ikinci koşulun eklenmesini araştırır ve durdurma koşulu sağlanıncaya kadar buna benzer şekilde devam eder (Aggarwall, 2014).

Find_Best_Complex fonksiyonu 'BEST_CPX' öğrenir ve 'BEST_CPX' dönüştürecek kuralın koşulunu saklar. Sınıf 'BEST_CPX' tarafından en iyi kapsanan eğitim verilerinin çoğunluk sınıfını ifade ettiği için bu fonksiyondan çıkarılır. 'STAR' mevcut en iyi koşul kümesini saklar. 'NEWSTAR' 'STAR'da ki adaya her özellik değer çifti ekledikten sonra tüm yeni Star'ı saklar (Adım 3-5). 6.adımda oluşan yeni 'NEWSTAR' da ki STAR (uzmanlaşmamış) ya da sıfır olan tüm 'complex' kaldırılır. 'BEST_CPX' adım 7-9 ile güncellenir. Adım 8 her yeni aday koşul setinin mevcut en iyi durum kümesi 'BEST_CPX'den daha iyi olup olmadığını değerlendirmek için bir değerlendirme fonksiyonu kullanılır. C, E üzerinde test edildiğinde kullanıcı tarafından tanımlanan kriterlere göre istatistiksel olarak anlamlıysa ve 'BEST_CPX'den daha iyiyse adım 9'da mevcut 'BEST_CPX' değeri C ile değiştirilir. 'NEWSTAR \leq user-defined maximum' (kullanıcı tarafından tanımlanan)

koşulu sağlanana kadar tekrar eder ve 'NEWSTAR'dan en kötü 'complex'ler kaldırılır (Adım10-11). 'STAR', 'NEWSTAR' olur ve 'BEST_CPX' oluşur (Aggarwall, 2014).

CN2 algoritması öğrenme süreci boyunca iki tane önemli sezgisel karar verir ve bu kararlara yardımcı olabilmek için iki tane değerlendirme fonksiyonu uygulanır. İlk olarak yeni bir 'complex' şimdiye kadar bulunan en iyi 'complex'in yerini alması gerekip gerekmediğini ve ayrıca maksimum boyutun aşılması durumunda atılacak olan 'Star' S hangi 'complex'lerin yerini alması gerektiğini belirleyen 'complex'lerin kalitesi değerlendirilmelidir. Bunu hesaplamak için önce bir 'complex'in kapsadığı örneklerin E' kümesini ve sınıflar arasında E' örneklerin olasılık dağılımını bulmayı içerir. CN2 daha sonra karmaşık kaliteyi değerlendirmek için gösterilen bilgi teorik entropi ölçüsü eşitliğini (Denklem 6.1) kullanır.

$$Entropy = - \sum_i p_i \log_2(p_i) \quad (6.1)$$

P değeri olasılık dağılımını gösteren p_1, p_2, \dots, p_n gibi değerdir.

CN2 için ikinci değerlendirme işlevi 'complex'in anlamlı olup olmadığını kontrol etmesidir. Anlamlılığını test etmek için sistem olasılık oran istatistik eşitliğini (Denklem 6.2) kullanır.

$$2 \sum_{i=1}^n f_i \log (f_i / e_i) \quad (6.2)$$

$F = (f_1, f_2, \dots, f_n)$ verilen bir 'complex' sağlayan sınıflar arasında örneklerin gözlenen frekans dağılımını ve $E=(e_1, e_2, \dots, e_n)$ 'complex'in rastgele örnekleri seçtiği varsayımıyla aynı sayıda örneğin beklenen frekans dağılımını gösterir.

Entropi ve anlamlılık içeren iki fonksiyon arama sırasında bulunan 'complex'lerin hem iyi hem de güvenilir olup olmadığını belirlemeye yardımcı olur. CN2 daha fazla güvenilir 'complex' bulunamayana kadar minimum güvenilirlik eşiğinden geçen en iyi 'complex'i aramak için bu iki fonksiyonu kullanır.

BÖLÜM 7. UYGULAMA

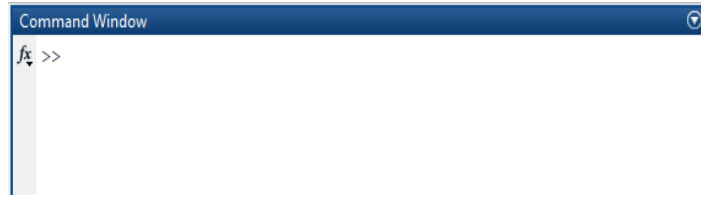
Çalışmanın bu bölümünde EFQM Mükemmellik Modelinin Bulanık Mantık yaklaşımı ile ele alınması ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Geliştirilen bu modelde kural sayısının çok fazla olması, gerçekten uzak sonuçların elde edilmesi ve sistemin yavaş sonuç üretmesi sebebiyle, CN2 algoritması kullanılarak kural tabanında kural sayısında indirgeme yapılmıştır. Matlab yazılımı bulanık mantık araç kutusu FIS editörü ‘aggregation=max’ ve ‘defuzzification=centroid’ kullanılarak geliştirilen bulanık EFQM Mükemmellik Modeli ile R programı kullanılarak CN2 algoritmasından elde edilen kurallar FIS editöründe ‘aggregation=max’, ‘defuzzification=centroid’ ve ‘aggregation=sum’, ‘defuzzification=centroid’ olmak üzere iki farklı model uygulayarak geliştirilen Bulanık EFQM modelinin sonuçları 10 kuruluşa uygulanmış ve elde edilen sonuçlar klasik EFQM modeli ile karşılaştırılmıştır.

7.1. Bulanık EFQM Mükemmellik Modelinin Geliştirilmesi

Bu tez çalışmasında EFQM Mükemmellik Modelinin RADAR puanlama sistemi bulanık mantık ile ele alınmıştır. Modelin temelinde girdi ve sonuç kriterleri için ayrı ayrı RADAR değerlendirilmesi mevcuttur. Girdi kriterleri için RADAR Tablo 2.2.’de ki girdiler değerlendirme tablosu her bir girdi alt kriteri için uygulanır. Sonuçlar kriteri için RADAR Tablo 2.3.’de ki sonuçlar değerlendirme tablosu her bir sonuç alt kriteri için uygulanır. EFQM Mükemmellik Modelinin değerlendirmesinde önemli olan ise puanların 0 ile 100 arasında değişkenlik gösteren 5 ve 5’in katı olacak şekilde puanlar almasıdır.

Bulanık mantık, makine öğrenimi için kullanılan yapay zekâ tekniklerindedir. EFQM Mükemmellik Modelinin bulanık mantık ile uygulanmasında Matlab programından yararlanılmıştır.

Matlab’da bulanık mantık için ‘Fuzzy Logic Toolbox (FLT)’ araç kutusu kullanılır. FLT bulanık çıkarsama sisteminin oluşmasını ve düzenlenmesini sağlar. Matlab’da komutların yazıldığı komut penceresi Şekil 7.1.’de gösterilen “Command Window”dur.

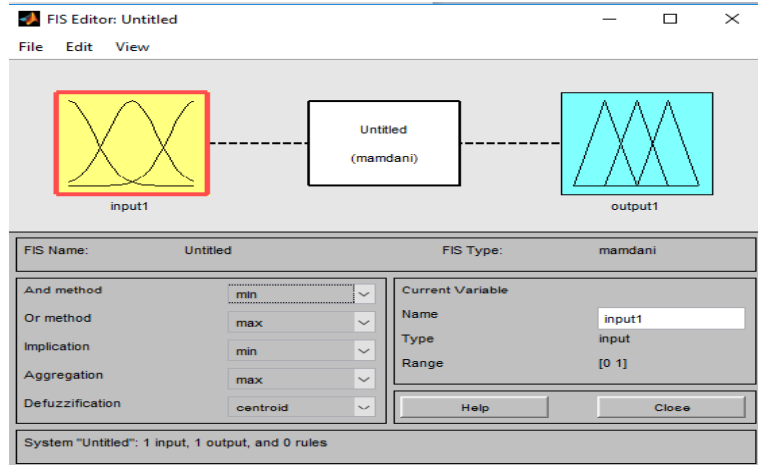


Şekil 7.1. Matlab komut penceresi

Bulanık mantık araç kutusu kullanarak bir bulanık sistem oluşturmak için gerekli olan temel Matlab araçları şunlardır (Kubat, 2012);

- Bulanık çıkarım sistemi ya da Fuzzy Inference System (FIS) editörü: Sistemin girdi ve çıktı değişkenleri, üyelik fonksiyonlarını, bulanık işlemcileri yönetir. Bulanık mantıkta işlem yaparken ilk olarak FIS editörü ile bilgiler sisteme kaydedilir.
- Üyelik fonksiyon editörü: Girdi ve çıktı değerleri için oluşturulan üyelik fonksiyonlarını içerir.
- Kural editörü: FIS sisteminde oluşturulan girdi ve çıktı değişkenlerinin arasında oluşturulan If...then kurallarını içerir.
- Kural görüntüleyici: Matlab’da oluşturulan kuralların hangisinin daha aktif ya da kurallar üyelik fonksiyonunu nasıl etkilediği hakkında bilgiler içeren editördür.

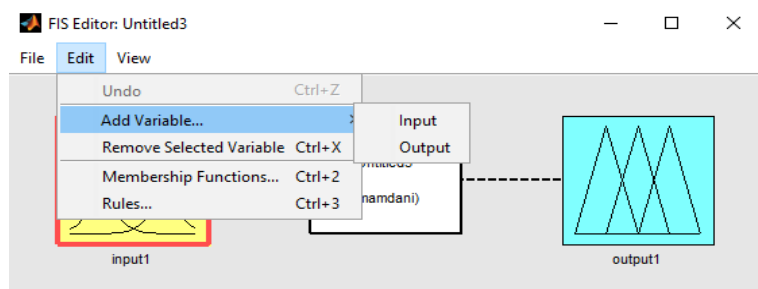
Bulanık mantık araç kutusu ile doğrudan bulanık çıkarım sağlamak için; Şekil 7.1.’de ki komut penceresine ‘fuzzy’ komutu yazılarak bulanık mantık uygulaması kullanılır. Açılan bulanık mantık editörü Şekil 7.2.’de gösterilmiştir.



Şekil 7.2. FIS editörü

Matlab'da girdi kriterleri ve sonuç kriterleri için ayrı ayrı bulanık sistem geliştirilmiştir. Çünkü girdi kriterleri ve sonuç kriterleri için RADAR değerlendirmesi farklıdır.

İlk olarak girdi kriterleri için bulanık mantık sistemi tanımlanır. Tablo 2.2.'ye göre girdilerin puanını etkileyen değerler; sağlam temelli, bütünleşik, uygulama, yapısalık, ölçme, öğrenme ve yaratıcılık, iyileştirme ve yenileşimden oluşmaktadır. Bu değerler EFQM uzmanı tarafından değerlendirilir ve puanlanır. Matlab'da geliştirilen Bulanık EFQM modelinde bu değerler girdi kriterinin üyelik kümelerini oluşturur. Matlab'a üyelik fonksiyonları Şekil 7.3.'de ki gibi eklenir. FIS editörü, Edit → Add Variable → Input/Output sekmesinden 7 tane giriş üyelik fonksiyonu ve 1 tane de çıktı üyelik fonksiyonu sisteme eklenir.



Şekil 7.3. Girdi ve çıktı üyelik fonksiyonlarının sisteme girilmesi

Bulanık mantıkta kullanılan FIS editörünü yöntemi Mamdani olarak seçilir. Girdi kriterleri için kullanılan giriş üyelik fonksiyonları;

7 tane giriş değeri aşağıdaki gibi sisteme tanımlanır,

ST=Sağlam Temelli,

B=Bütünleşik,

U=Uygulama,

Y=Yapısallık,

O=Ölçme,

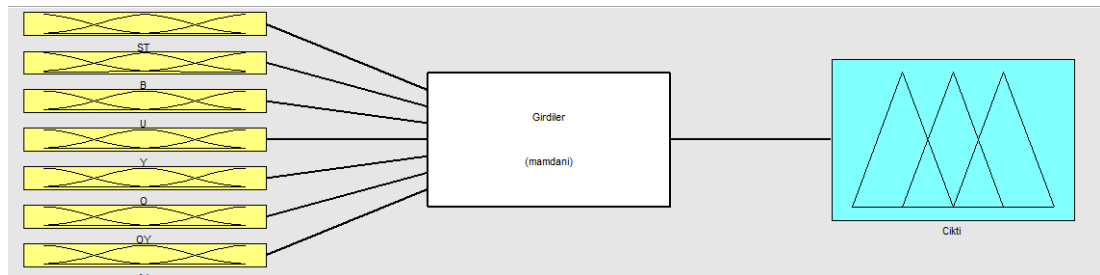
OY=Öğrenme ve Yaratıcılık,

IY=İyileştirme ve Yenileşim,

1 tane çıktı değeri sisteme tanımlanır,

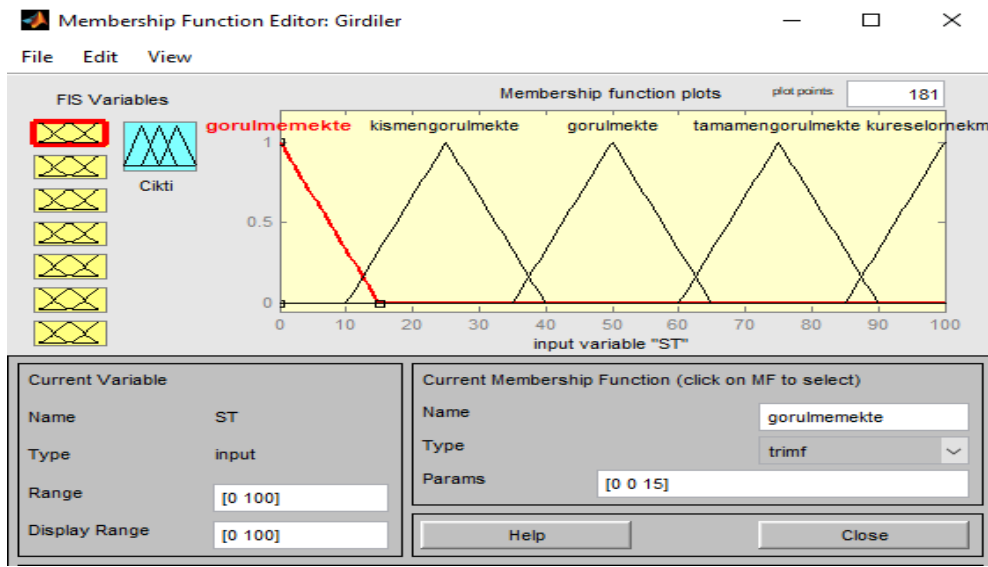
Cikti= EFQM Mükemmellik Modelinin puanını gösterir.

Girdi üyelik fonksiyonları için bulanık sistem Şekil 7.4.'de gösterilmektedir.



Şekil 7.4. EFQM girdi kriterleri için bulanık sistem

Her giriş ve çıkış üyelik fonksiyonlarının parametreleri belirlenmelidir. Bu parametreler EFQM modelini oluşturan puan değerlerine göre sisteme girilir. Üyelik fonksiyonun üzerine çift tıklayarak Şekil 7.5.'de görülen üyelik fonksiyonu editörü penceresine ulaşırız. Bu pencere ile sistemin üyelik fonksiyonu çizgisi Edit → Add MFs ile eklenir. EFQM Mükemmellik Modelinde RADAR değerlendirme tablosu 5 tane değerlendirme içermektedir. Bu değerler Matlab'ın üyelik fonksiyonun çizgilerini oluşturur.



Şekil 7.5. Girdiler kriteri için üyelik fonksiyonu editörü

Üyelik fonksiyonların çizgileri ve parametreleri EFQM modeline göre belirlenir. Üyelik fonksiyonu tipi için ‘üçgen üyelik fonksiyon’ tanımlanır. Her değer için girilen değerlerin parametreleri;

Görülmemekte= [0 0 15]

Kısmen görülmekte=[10 25 40]

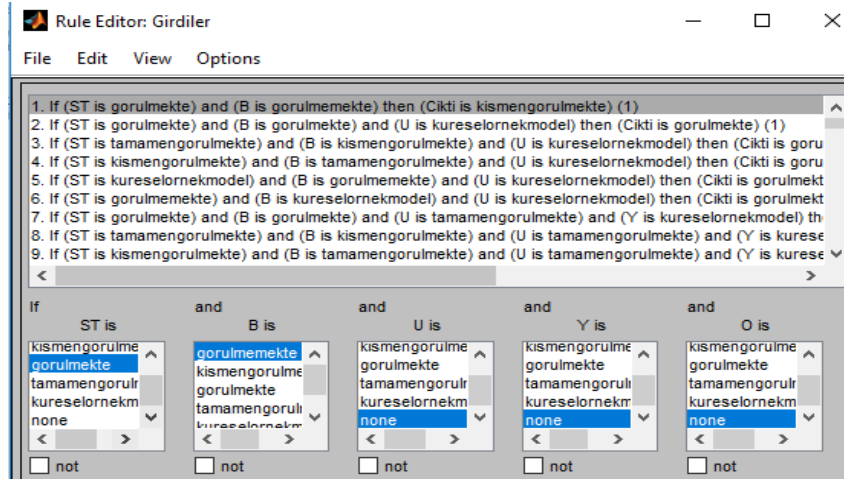
Görülmekte=[35 50 65]

Tamamen görülmekte=[60 75 90]

Küresel model olarak tanımlanmış=[85 100 100] olarak bulanık sisteme tanımlanır.

Sistemin aralık (range) değeri EFQM modelini oluşturan 0 ile 100 arasında değişiklik gösteren değerlerdir.

Üyelik fonksiyonları tanımlandıktan sonra kurallar tanımlanır. Matlab’a kurallar FIS editörü → Edit → Rules ile eklenir. Girdi kriterleri için oluşturulan kural yapıları Şekil 7.6.’da gösterilmektedir.



Şekil 7.6. Girdiler kural editörü

Girdiler kriteri için oluşturulan bulanık EFQM sistemi sonuçlar kriteri için de aynı aşamalar izlenerek yapılır. Yalnız sonuçlar kriterini değerlendirirken kullandığımız üyelik fonksiyonları farklıdır. Sonuçlar kriteri için de 7 tane giriş ve EFQM puanını gösteren 1 tane çıkış üyelik fonksiyonu tanımlanır. Sonuçlar kriteri için kullanılan üyelik fonksiyonları;

7 tane giriş değeri sisteme tanımlanır,

KI= Kapsam ve İlgi,

B=Bütünsellik,

K=Kırılım,

E=Eğilim,

H=Hedef,

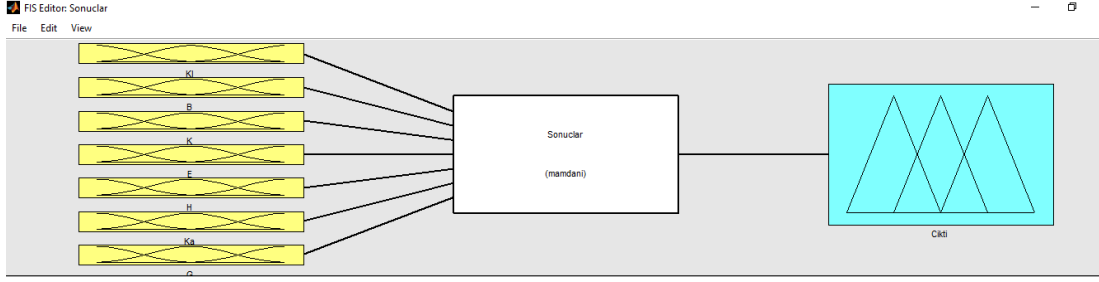
Ka=Karşılaştırmalar,

G=Güven

1 tane çıktı değeri sisteme tanımlanır,

Cikti= EFQM Mükemmellik Modelinin puanını gösterir.

Sonuçlar kriteri için oluşturulan bulanık sistem Şekil 7.7’de gösterilmektedir.



Şekil 7.7. EFQM sonuçlar kriteri için bulanık sistem

Sonuç kriterinin bulanık sisteme girilmesi, girdiler kriteri ile aynı aşamalara sahiptir. Sonuçlar için ve girdiler içinde kural oluşturulduğunda EFQM modelinin tüm olasılıkları düşünülerek kurallar sisteme girilir. Bu yüzden kural tabanımız hem girdiler kriteri için hem de sonuçlar kriteri için ayrı ayrı 78125 adet kuraldan oluşur.

EFQM uzmanları kurumları girdi kriterleri ve sonuç kriterleri ile ayrı ayrı değerlendirir. Değerlendirmeler girdiler için Tablo 2.2.'de ki girdiler değerlendirme tablosu, sonuçlar kriteri için Tablo 2.3.'de ki sonuçlar değerlendirme tablosu kullanılarak RADAR yöntemine göre puanlanır. Puanlama da kurumlar 0 ile 100 arasında 5'in katı sayılar almalıdır. Bu tez çalışmasında 10 tane kuruluş değerlendirilmiştir. İlk olarak kurumların uzmanlar tarafından belirlenen EFQM Mükemmellik Modeli puanları hesaplanmıştır. Tablo 7.1.'de EFQM Mükemmellik Modeli özet puan tablosuna göre 2.Kurum'un EFQM Mükemmellik Modeli puan hesaplanması gösterilmektedir.

Tablo 7.1. Kurumun EFQM kriter puanı hesaplaması (Selvi, 2013)

1.Girdi Kriterleri															
Kriter No	1	%	2	%	3	%	4	%	5	%					
Alt Kriter	1a	65	2a	70	3a	70	4a	70	5a	70					
Alt Kriter	1b	60	2b	65	3b	75	4b	65	5b	75					
Alt Kriter	1c	70	2c	70	3c	65	4c	65	5c	70					
Alt Kriter	1d	70	2d	70	3d	70	4d	65	5d	70					
Alt Kriter	1e	65			3e	70	4e	70	5e	70					
Alt Kriter Toplamı		330		275		350		335		355					
		÷5		÷4		÷5		÷5		÷5					
Toplam Kriter Puanı		66		68,8		70		67		71					
2.Sonuç Kriterleri															
Krt. No	Kriter 6		Kriter 7		Kriter 8		Kriter 9								
	Puan	%	Puan	%	Puan	%	Puan	%							
Alt Krt.	6a	75	×0.75	56,25	7a	70	×0.75	52,5	65	×0.5	32,5	9a	70	×0.5	35
Alt Krt.	6b	70	×0.25	17,5	7b	70	×0.25	17,5	70	×0.5	35	9b	70	×0.5	35
Krt. Puan			73,75				70				67,5				70

Tablo 7.1’de gösterilen özet puanlama tablosuna göre kurumların kriter puanları bulunur. Her bir alt kriterin puanı ana kriterin toplam puanını oluşturmaktadır. Puan hesaplanmasında alt kriterlerin ortalaması alınarak ana kriterin puanı bulunur, fakat 6. kriter ve 7.kriterde farklı hesaplama vardır.

- 6.kriterde 6a alt kriteri 0,75; 6b kriteri 0,25 ile çarpılarak ana kriter puanı hesaplanır.
- 7.kriterde 7a alt kriteri 0,75; 7b kriteri 0,25 ile çarpılarak ana kriter puanı hesaplanır.

Kriterlerin puanları hesaplandıktan sonra Tablo 7.1.'de gösterilen toplam EFQM hesaplama tablosundaki gibi her ana kriter ağırlık katsayı ile çarpılır. Böylece EFQM Mükemmellik Modelinin toplam puanı bulunmuş olur. Tablo 7.2.'de ki kriter ağırlıklarından yararlanarak 2.Kurum için toplam EFQM puanı Tablo 7.2.'de gösterilmektedir.

Tablo 7.2. Kurum 2'nin toplam EFQM puanı hesaplama tablosu

Kriter	Kriter Puanı	Ağırlık Katsayısı	Ağırlık Puanı
1. Liderlik	66	1	66
2. Strateji	68,75	1	68,75
3. Çalışanlar	70	1	70
4. İşbirlikleri ve Kaynaklar	67	1	67
5. Süreçler, Ürünler ve Hizmetler	71	1	71
6. Müşterilerle İlgili Sonuçlar	73,75	1,5	110,625
7. Çalışanlarla İlgili Sonuçlar	70	1	70
8. Toplumla İlgili Sonuçlar	67,5	1	67,5
9. İş Sonuçları	70	1,5	105
Toplam EFQM Puanı			695,875

Örnek hesaplama olarak kullandığımız 2.Kurum için yapılan hesaplama puanları tez uygulamasında kullanılan EFQM uzmanları tarafından değerlendirilen 10 kurum için de yapılmıştır. Hesaplamalar sonucunda kurumların toplam EFQM puanları Tablo 7.3.'de gösterilmektedir.

Tablo 7.3. Kurumların toplam EFQM Mükemmellik Modeli puanları

K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
536	695,875	599,25	471,625	661,375	709,5	549,625	713,375	506,75	648,5

Uzmanların kurumları değerlendirdiği girdi kriteri ve sonuç kriteri puanları geliştirdiğimiz bulanık EFQM sistemine girilerek, kurumların kriterler puanları bulanık mantık çerçevesinde hesaplandı.

Uygulamada Matlab programı ile tanımladığımız kurallardan bulanık EFQM Mükemmellik Modeli puanını hesaplamak için girdiler kriteri; her bir alt kriter Sağlam Temelli, Bütünleşik, Uygulama, Yapısallık, Ölçme, Öğrenme ve Yaratıcılık, İyileştirme ve Yenileşim değerleri bulanık EFQM sisteminde çalıştırıldı. Matlab komut penceresine aşağıdaki komutlar yazılarak kriterler için çıktı puanları elde edildi.

1a Kriteri için;

```
>>fuzzy
>> ST=[45;65;65;50;65;65;45;65;50;60];
>>B=[50;60;70;45;75;65;65;70;55;70];
>>U=[50;70;70;45;65;70;65;75;55;55];
>>Y=[55;75;65;50;75;70;65;65;45;65];
>>O=[45;70;60;45;75;75;65;65;40;65];
>>OY=[50;65;65;50;60;65;65;75;45;65];
>>IY=[55;65;65;55;65;70;45;75;60;65];
>> giris=[ST B U Y O OY IY];
>> Cikti=evalfis(giris,Girdiler)
```

İlk olarak Matlab’da fuzzy komutu ile bulanık mantık editörü çalıştırılır. Daha önceden kaydettiğimiz bulanık sistemi FIS editörü → File → Import → From File ile dosya Matlab uygulamasına aktarılır. Matlab’da dosya ile daha rahat çalışabilmek için FIS editörü → File → Export → To Workspace adımlarını izleyerek dosyayı çalışma alanına kaydederiz. Komut satırında giriş ve Çıktı değerleri için evalfis komutu kullanarak her bir kurumu teker teker yazmak yerine, 10 kurumun bir kriteri için çıktı değerleri tek seferde hesaplanmış olur.

Sonuçlar kriteri için Matlab’a değerler her bir sonuç kriteri için komut penceresine yazılır. Sonuçlar kriteri RADAR yönteminde değerlendirilirken; Kapsam ve İlgi, Bütünleşik, Kırılım, Eğilim, Hedef, Karşılaştırmalar, Güven değerleri bulanık EFQM sisteminde çalıştırılır. Her bir sonuç kriteri için Matlab’da hazırlanan bulanık sistem çalıştırılarak sonuç kriterlerinin puanı hesaplanmış olur.

Örnek sonuçlar kriteri için girdi değerleri;

6a Kriteri için;

```
>>fuzzy
>>KI=[55;75;65;55;70;65;45;70;45;55];
>>B=[60;80;65;35;60;70;55;75;45;60];
>>K=[50;65;70;50;65;75;65;75;60;65];
>>E=[55;75;70;45;75;85;45;80;65;65];
>>H=[65;75;65;45;75;70;50;65;40;60];
>>Ka=[45;65;60;45;65;65;45;65;45;65];
>>G=[50;80;65;40;60;75;60;70;55;70];
>> giris=[KI B K E H Ka G];
>> Cikti=evalfis(giris,Sonuclar)
```

Matlab’da geliştirilen bulanık EFQM sonuçlarına göre kriterlerin puanları hesaplanmıştır. Buna göre kurumların geliştirilen bulanık EFQM ile klasik EFQM puanlarının kriterler bazında aldıkları puanlar Tablo 7.4.’de gösterilmektedir.

Tablo 7.4. Kurumların kriter bazında aldıkları Klasik EFQM puanı ile Bulanık EFQM puanı

Kriter	1. Kurum		2. Kurum		3. Kurum		4. Kurum		5. Kurum		6. Kurum		7. Kurum		8. Kurum		9. Kurum		10. Kurum	
	Klasik EFQM	Bulanık EFQM	Klasik EFQM	Bulanık EFQM	Klasik EFQM	Bulanık EFQM	Klasik EFQM	Bulanık EFQM	Klasik EFQM	Bulanık EFQM	Klasik EFQM	Bulanık EFQM	Klasik EFQM	Bulanık EFQM	Klasik EFQM	Bulanık EFQM	Klasik EFQM	Bulanık EFQM	Klasik EFQM	Bulanık EFQM
1a	50	50	65	75	65	75	50	50	70	75	70	75	60	75	70	75	50	50	65	75
1b	50	50	60	50	60	50	50	50	65	50	70	75	55	50	70	75	50	50	60	50
1c	55	50	70	75	65	75	50	50	70	75	70	75	55	50	70	75	55	50	70	75
1d	55	50	70	75	50	50	50	50	70	75	75	75	60	50	70	75	55	50	65	75
1e	55	50	65	75	60	50	45	50	65	75	70	75	55	50	70	75	50	50	65	50
2a	50	50	70	75	65	50	45	50	65	75	70	75	55	50	75	75	50	50	65	75
2b	55	50	65	75	50	50	45	50	65	75	70	75	50	50	75	75	50	50	65	75
2c	55	50	70	75	65	75	45	50	65	50	70	75	55	50	75	75	55	50	60	50
2d	60	50	70	75	65	75	50	50	65	75	75	75	55	50	75	75	50	50	65	75
3a	50	50	70	75	55	50	50	50	65	75	70	75	55	50	70	75	50	50	65	75
3b	55	50	75	75	55	50	45	50	70	75	75	75	55	50	70	75	45	50	60	50
3c	50	50	65	75	65	75	45	50	65	75	70	75	55	50	75	75	55	50	70	75
3d	55	50	70	75	60	50	45	50	70	75	75	75	60	50	70	75	50	50	70	75
3e	55	50	70	75	65	75	50	50	65	50	75	75	60	50	75	75	50	50	65	75
4a	60	50	70	75	60	50	50	50	70	75	70	75	55	50	70	75	50	50	65	75
4b	50	50	65	75	60	50	50	50	65	75	75	75	55	50	75	75	45	50	65	50
4c	55	50	65	75	65	75	45	50	50	50	70	75	55	50	70	75	45	50	70	75
4d	55	50	65	75	60	50	50	50	65	75	75	75	55	50	70	75	55	50	65	50
4e	60	50	70	75	70	75	45	50	70	75	70	75	55	50	70	75	50	50	65	75
5a	60	50	70	75	65	75	45	50	70	75	70	75	55	50	70	75	50	50	65	75
5b	55	50	75	75	65	75	50	50	65	75	70	75	55	50	70	75	55	50	70	75
5c	50	50	70	75	50	50	50	50	70	75	75	75	55	50	75	75	55	50	60	75
5d	55	50	70	75	55	50	45	50	70	75	70	75	55	50	70	75	50	50	60	50
5e	50	50	70	75	65	75	45	50	65	75	70	75	55	50	70	75	50	50	65	75
6a	55	50	75	75	65	75	45	50	65	75	70	75	50	50	70	75	50	50	65	50
6b	55	50	70	75	65	50	50	50	70	75	70	75	55	50	75	75	50	50	65	75
7a	50	50	70	75	55	50	45	50	65	75	70	75	55	50	70	75	50	50	65	75
7b	55	50	70	75	65	75	50	50	65	75	70	75	60	50	70	75	50	50	60	50
8a	50	50	65	75	60	50	50	50	65	50	75	75	55	50	70	75	50	50	65	75
8b	55	50	70	50	55	50	45	50	70	75	75	75	50	50	75	75	55	75	65	75
9a	50	50	70	75	55	50	50	50	70	75	70	75	55	50	65	75	50	50	65	75
9b	55	50	70	75	55	50	45	50	60	50	65	75	60	50	75	75	50	50	65	75

Kurumların bulanık EFQM kriter puanlarından her kurumun Bulanık EFQM Mükemmellik Modeli puanı hesaplanır. Tablo 7.5.'de kurumların toplam bulanık EFQM Mükemmellik Modeli puanları gösterilmektedir.

Tablo 7.5. Kurumların Bulanık EFQM Mükemmellik Modeli puanları

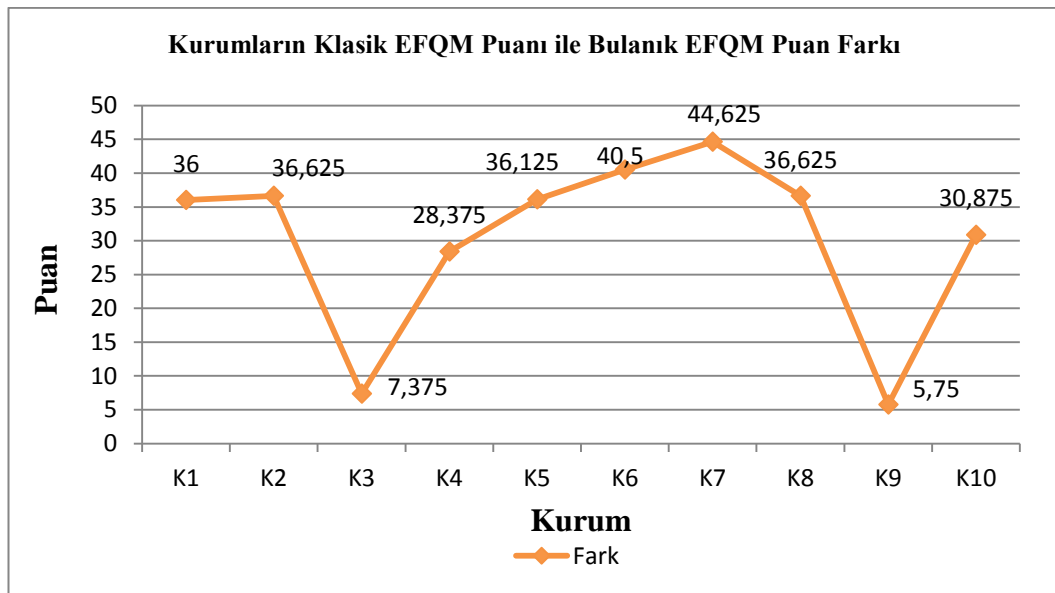
K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
500	732,5	591,875	500	697,5	750	505	750	512,5	679,375

Her iki model için kurumların aldıkları toplam EFQM puanları Tablo 7.6.'da gösterilmektedir.

Tablo 7.6. Kurumların Klasik EFQM puanı ile Bulanık EFQM puanı

Model	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
Klasik EFQM	536	695,875	599,25	471,625	661,375	709,5	549,625	713,375	506,75	648,5
Bulanık EFQM	500	732,5	591,875	500	697,5	750	505	750	512,5	679,375

Kurumların Klasik EFQM puanı ve Bulanık EFQM puanı arasındaki fark Şekil 7.8.'de ki fark grafiği ile gösterilmiştir.



Şekil 7.8. Kurumlara ait Klasik EFQM puanı ve Bulanık EFQM puanı fark grafiği

Tablo 7.4.'de kriterlerin karşılaştırma tablosunda da görüldüğü gibi bazı kriterlerin Klasik EFQM puanları ile Bulanık EFQM puanları birbirine yakın olsa da genel

olarak değerler Klasik EFQM puanlarından uzak olmaktadır. Ayrıca Şekil 7.8.'de ki grafikte kurumların puanları karşılaştırılırsa puan farkının 3.Kurum ve 9.Kurum için ihmal edilebilir derecede önemsiz olduğu görülür, fakat diğer kurumları ele aldığımızda fark oranları çok yüksek çıkmaktadır. Bu fark Matlab bulanık mantık sisteminde tanımladığımız “if...then” kural tabanından kaynaklanmaktadır. Sistemde tanımlanan kurallar 78125 adet “if...then” yapısı içerir. Matlab’da kural tabanı fazla olmasından dolayı Bulanık EFQM düzgün çalışmamaktadır Bu kadar fazla kural içerisinde istenilen kuralın çalışması güçtür ve istediğimiz sonuçları almak zaman almaktadır. Ayrıca bazı kural yapıları literatürde gürültülü veri olarak tanımlanan benzer kural yapılarından oluşmaktadır. Bu nedenle uygulamanın ikinci kısmında kaba kümeleme yönteminde kullanılan R programlama ile CN2 kural çıkarım algoritması çalıştırılmıştır. Kural çıkarım algoritması ile kural sayısının indirgenmesi ve CN2 algoritma temelli bulanık EFQM modeli ile Klasik EFQM modelinin yakın sonuçlar vermesi amaçlanmaktadır.

7.2. CN2 Algoritması ile Kural Çıkarımı

Literatür incelendiğinde CN2 öğrenme algoritması Rıza ve ark. geliştirdiği R programı ile de kullanıldığı görülmektedir (Rıza ve ark., 2015) . CN2 algoritma adımları “RI.CN2Rules.RST” fonksiyonu kullanılarak R programı aracılığıyla uygulanabilmektedir. Algoritmayı kullanmak için ilk olarak R programına `install.packages("RoughSets")` kodu ile kaba kümeleme de kullanacağımız paketi yüklemeliyiz. Daha sonra kaba kümeleme paketini library (RoughSets) kodu ile aktifleştirmeliyiz.

R programında kural çıkarma için “console” penceresinde kullanılan kodlar ve adımları;

```
install.packages("RoughSets")
```

```
library(RoughSets)
```

```
karar.tablosu <- SF.read.DecisionTable (file.choose(), decision.attr = 8, sep="\t",  
indx.nominal= c(1:8))
```

```
colnames(karar.tablosu)<-c("ST", "B", "U", "Y", "O", "OY", "IY", "Cikti")
kural <- RI.CN2Rules.RST(karar.tablosu, K = 5)
CN2Kuralları<-data.frame(as.character(kural))
write.csv(CN2Kuralları,"k.csv")
```

R programında kullanılan kodların açıklamaları;

SF.read.DecisionTable: Verinin ilk önce karar tablosuna dönüştürülmesi gerekir ve bunun için kullanılan fonksiyon,

file.choose: İşlem yapacağımız veri dosyasını seçen fonksiyon.

decision.attr: Karar niteliği için kullanılan sütunu gösteren fonksiyon.

sep: Veri setindeki verilerin ayrılmasını gösteren fonksiyon.

indx.nominal: Veri setindeki nominal niteliklerin indeksini için kullanılan fonksiyon.

colnames: Karar tablosundaki sütunların isimlendirilmesinde kullanılan kod.

RI: Kural çıkarma için kullanılan fonksiyon.

RI.CN2Rules.RST: CN2 algoritması için kullanılan koddur.

data.frame: Kuralları kaydetmek için kullanılan fonksiyondur.

write.csv: Oluşan kuralları csv formatında yazan koddur.

R programında yapılan uygulamada 1. ve 2. adımlar RoughSet paketini aktifleştirmede kullanılır. 3. adımda ise karar tablosu adında tablo oluşturulur. Bu adımda karar tablosunu oluşturacağımız dosyayı file.choose fonksiyonu ile daha önceden Matlab'da oluşan kurallardan derlediğimiz txt formatındaki dosya seçilir. Matlab'da oluşan kurallar da 8. Sütun karar niteliğini göstermektedir. Bu yüzden decision.attr = 8 olarak 8. sütun değeri kullanılır. Değerlerimiz 1'den 8'e kadar nominal sütundan oluşur. Bu yüzden indx.nominal= c(1:8) olarak belirtilir.

Şekil 7.9.'da R programı ile oluşturulan karar tablosu gösterilmektedir. 4. Adım ile karar tablosunun sütun değerlerine girdi değişkenlerinde kullandığımız üyelik fonksiyonlarının isimleri verilir.

	ST	B	U	Y	O	OY	IY	Cikti
1	5	5	5	5	5	5	5	5
2	5	5	5	5	5	5	4	5
3	5	5	5	5	5	5	3	5
4	5	5	5	5	5	5	2	5
5	5	5	5	5	5	5	1	4
6	5	5	5	5	5	4	5	5
7	5	5	5	5	5	4	4	5
8	5	5	5	5	5	4	3	5
9	5	5	5	5	5	4	2	4
10	5	5	5	5	5	4	1	4
11	5	5	5	5	5	3	5	5

Şekil 7.9. R programı ile oluşturulan karar tablosu

5. adım ile CN2 algoritması uygulanmaya başlar. Algoritma karar.tablosu'nda oluşan kurallardan kural çıkarmaya başlar ve kuralları CN2Kuralları olarak Şekil 7.10.'da görüldüğü gibi R programına kaydeder.

	as.character.kural.
1	IF ST is 4 and B is 2 and U is 5 THEN is 3; (supportSize=625;...
2	IF B is 4 and ST is 2 and U is 5 THEN is 3; (supportSize=625;...
3	IF ST is 5 and B is 1 and U is 5 THEN is 3; (supportSize=625;...
4	IF B is 5 and ST is 1 and U is 5 THEN is 3; (supportSize=625;...
5	IF ST is 4 and B is 2 and Y is 5 and U is 4 THEN is 3; (suppor...
6	IF B is 4 and ST is 2 and Y is 5 and U is 4 THEN is 3; (suppor...
7	IF ST is 5 and B is 1 and Y is 5 and U is 4 THEN is 3; (suppor...
8	IF B is 5 and ST is 1 and Y is 5 and U is 4 THEN is 3; (suppor...
9	IF ST is 4 and B is 2 and O is 5 and U is 4 THEN is 3; (suppor...
10	IF B is 4 and ST is 2 and O is 5 and U is 4 THEN is 3; (suppor...

Şekil 7.10. R programı ile girdi kriteri için indirgenmiş kurallar

R programında ki 7. ve 6. adımlar CN2 algoritmasıyla oluşan indirgenmiş kurallar bilgisayara kaydedilir. Adımları uygulamadan önce bilgisayarda R programı ile çalıştığımız klasöre boş 'csv' formatında dosya eklenir. CN2 algoritması ile oluşan indirgenmiş kurallar 'k.csv' formatında kaydettiğimiz dosyaya yazılır ve kural indirgenme tamamlanmış olur. İzlediğimiz adımlar girdi kriterinde oluşturduğumuz kurallar için kullanılmıştır. Sonuçlar kriteri içinde aynı adımları izleyerek Bulanık EFQM kurallarından CN2 algoritması ile kural indirgemelerini gerçekleştiririz.

CN2 algoritması kullanarak geliştirilen kural indirgeme ile hem girdi kriterleri için hem de sonuç kriterleri için 78125 adet kuraldan oluşan Bulanık EFQM kuralları girdi ve sonuçlar kriterleri için 1381 adet kurala indirgenir.

R programı ile geliştirilen kural indirgeme Bulanık EFQM ile test edilir. Matlab çalışma alanına aktarılan indirgenmiş kurallar, Matlab'da yapılan girdi kriterleri ve sonuç kriterleri olarak tanımladığımız bulanık sistemde tekrar çalıştırılır. Birinci bölümde yaptığımız tüm aşamalar tekrar indirgenmiş kurallar ile yapılır. Matlab'da CN2 algoritma temelli Bulanık EFQM için iki farklı model uygulandı. İlk olarak bulanık sistem FIS editörü “aggregation=max” ve “defuzzification=centroid” kullanarak CN2 algoritma temelli Bulanık EFQM sonuçları test edildi.

CN2 algoritma temelli Bulanık EFQM modelinin kriterlere göre aldıkları puanlar Tablo 7.7.'de gösterilmektedir. Kriter tablosuna göre kurumların Klasik EFQM kriter değerleri ile FIS editörü “aggregation=max” ve “defuzzification=centroid” kullanılarak elde edilen CN2 algoritma temelli Bulanık EFQM puanı, bazı kurumlar için aynı olsa da tüm kriterler puanları değerlendirildiğinde Klasik EFQM puanına uzak değerler elde edilmiştir.

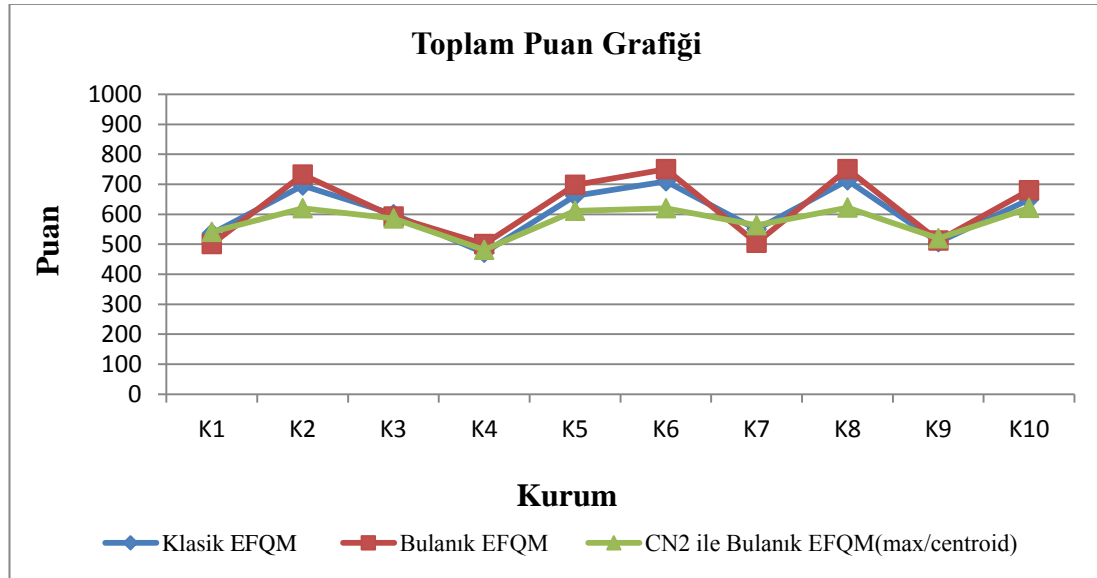
Tablo 7.7. Kurumların CN2 algoritması temelli (max/centroid) Bulanık EFQM ile Klasik EFQM kriter puanı

	K1		K2		K3		K4		K5		K6		K7		K8		K9		K10	
Kriter	Klasik EFQM	CN2 ile Bulanık EFQM (max/centroid)	Klasik EFQM	CN2 ile Bulanık EFQM (max/centroid)	Klasik EFQM	CN2 ile Bulanık EFQM (max/centroid)	Klasik EFQM	CN2 ile Bulanık EFQM (max/centroid)	Klasik EFQM	CN2 ile Bulanık EFQM (max/centroid)	Klasik EFQM	CN2 ile Bulanık EFQM (max/centroid)	Klasik EFQM	CN2 ile Bulanık EFQM (max/centroid)	Klasik EFQM	CN2 ile Bulanık EFQM (max/centroid)	Klasik EFQM	CN2 ile Bulanık EFQM (max/centroid)	Klasik EFQM	CN2 ile Bulanık EFQM (max/centroid)
1a	50	50	65	59,5	65	59,5	50	50	70	62,5	70	62,5	60	62,5	70	61,7	50	50	65	59,5
1b	50	50	60	62,5	60	59,5	50	50	65	59,5	70	65,4	55	50	70	62,5	50	50	60	62,5
1c	55	58,8	70	58,8	65	62,5	50	50	70	58,8	70	62,5	55	62,5	70	62,5	55	62,5	70	65,5
1d	55	59,5	70	61,7	50	50	50	50	70	59,5	75	61,7	60	62,5	70	62,5	55	50	65	59,5
1e	55	50	65	62,5	60	62,5	45	50	65	62,5	70	59,5	55	50	70	65,4	50	50	65	58,8
2a	50	50	70	65,4	65	62,5	45	50	65	62,5	70	65,4	55	59,5	75	66,1	50	50	65	62,5
2b	55	50	65	62,5	50	50	45	37,5	65	62,5	70	59,5	50	58,8	75	62,5	50	50	65	62,5
2c	55	59,5	70	62,5	65	62,5	45	50	65	62,5	70	62,5	55	50	75	62,5	55	59,5	60	59,5
2d	60	62,5	70	61,7	65	62,5	50	50	65	59,5	75	61,7	55	59,5	75	58,8	50	62,5	65	62,5
3a	50	50	70	62,5	55	58,8	50	50	65	58,8	70	62,5	55	59,5	70	59,5	50	59,5	65	62,5
3b	55	50	75	62,5	55	59,5	45	50	70	59,5	75	62,5	55	58,8	70	59,5	45	50	60	59,5
3c	50	50	65	62,5	65	62,5	45	50	65	62,5	70	61,7	55	50	75	65,5	55	50	70	62,5
3d	55	59,5	70	62,5	60	50	45	50	70	62,5	75	65,5	60	58,8	70	65,5	50	50	70	65,5
3e	55	50	70	63,2	65	62,5	50	50	65	62,5	75	59,5	60	50	75	62,5	50	50	65	62,5
4a	60	62,5	70	61,7	60	62,5	50	50	70	62,5	70	62,5	55	62,5	70	62,5	50	50	65	62,5
4b	50	50	65	59,5	60	62,5	50	50	65	50	75	59,5	55	59,5	75	62,5	45	40,5	65	62,5
4c	55	50	65	59,5	65	59,5	45	50	50	50	70	58,8	55	50	70	61,7	45	62,5	70	61,7
4d	55	59,5	65	62,5	60	62,5	50	50	65	62,5	75	62,5	55	58,8	70	62,5	55	50	65	62,5
4e	60	59,5	70	62,5	70	65,5	45	50	70	62,5	70	62,5	55	50	70	62,5	50	50	65	62,5
5a	60	62,5	70	59,5	65	62,5	45	40	70	58,8	70	61,7	55	50	70	65,4	50	50	65	62,5
5b	55	59,5	75	61,7	65	59,5	50	50	65	59,5	70	59,5	55	62,5	70	59,5	55	50	70	58,8
5c	50	50	70	62,5	50	50	50	40	70	59,5	75	62,5	55	50	75	62,5	55	50	60	62,5
5d	55	50	70	62,5	55	50	45	41	70	58,8	70	62,5	55	58,8	70	62,5	50	50	60	62,5
5e	50	50	70	62,5	65	59,5	45	50	65	62,5	70	62,5	55	50	70	65,4	50	50	65	62,5
6a	55	58,8	75	65	65	59,5	45	41,1	65	62,5	70	61,7	50	59,5	70	58,8	50	50	65	62,5
6b	55	50	70	59,5	65	65	50	50	70	62,5	70	62,5	55	50	75	63,2	50	50	65	62,5
7a	50	50	70	58,8	55	50	45	50	65	62,5	70	62,5	55	50	70	62,5	50	50	65	65,4
7b	55	50	70	62,5	65	62,5	50	50	65	62,5	70	65,5	60	58,8	70	65,4	50	50	60	62,5
8a	50	50	65	62,5	60	62,5	50	50	65	59,5	75	65,4	55	62,5	70	62,5	50	50	65	62,5
8b	55	50	70	62,5	55	50	45	50	70	62,5	75	59,5	50	59,5	75	62,5	55	50	65	61,7
9a	50	50	70	61,7	55	59,5	50	50	70	62,5	70	62,5	55	50	65	59,5	50	50	65	59,5
9b	55	62,5	70	62,5	55	59,5	45	50	60	62,5	65	59,5	60	62,5	75	65,4	50	62,5	65	62,5

Klasik EFQM Mükemmellik Modeli'nin toplam puanı ile CN2 algoritma temelli Bulanık EFQM ile FIS editörü “aggregation=max”, “defuzzification=centroid” kullanarak elde edilen 10 kurumun toplam EFQM puanları Tablo 7.8.'de gösterilmektedir.

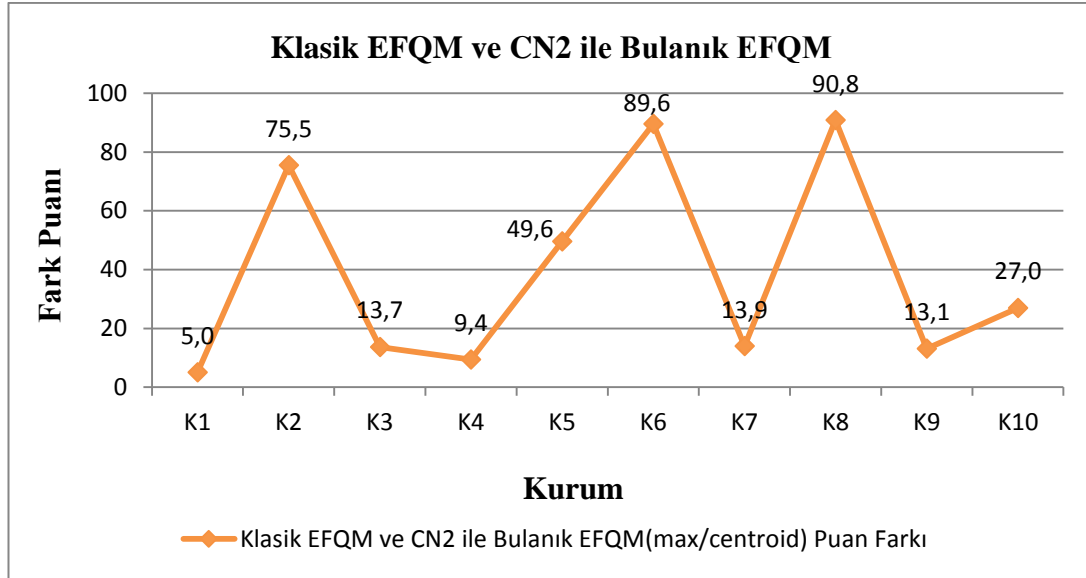
Tablo 7.8. Kurumların Klasik EFQM, Bulanık EFQM ve CN2 algoritma temelli Bulanık EFQM(max/centroid) toplam puanları

Kurum	Klasik EFQM	Bulanık EFQM	CN2 ile Bulanık EFQM (max/centroid)
1.Kurum	536	500	541,035
2.Kurum	695,875	732,5	620,3575
3.Kurum	599,25	591,875	585,5725
4.Kurum	471,625	500	481,0625
5.Kurum	661,375	697,5	611,79
6.Kurum	709,5	750	619,885
7.Kurum	549,625	505	563,5525
8.Kurum	713,375	750	622,545
9.Kurum	506,75	512,5	519,875
10.Kurum	648,5	679,375	621,535



Şekil 7.11. Klasik EFQM puanı, bulanık EFQM puanı ve CN2 ile Bulanık EFQM(max/centroid) toplam puan grafiği

Kurumların modellere göre aldıkları toplam puan grafiği Şekil 7.11.'de gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde CN2 algoritma temelli Bulanık EFQM(max/centroid) puanı Bulanık EFQM ile kıyaslandığında 1.Kurum, 4.Kurum, 7.Kurum ve 10.Kurum puanlarının daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.



Şekil 7.12. Kurumların Klasik EFQM puanı ve CN2 algoritma temelli Bulanık EFQM(max/centroid) puanı arasındaki farkı gösteren grafik

Şekil 7.12.'de Klasik EFQM puanı ile CN2 algoritma temelli Bulanık EFQM (max/centroid) puanı arasındaki puan farkı gösterilmektedir.

Kurumlar arası fark dikkate alınarak Matlab bulanık sisteminde FIS editörü “aggregation=sum” ve “defuzzification=centroid” değişikliği yapılarak 10 kuruluş için sonuçlar test edilir.

Tablo 7.9. ve Tablo 7.10. kurumlara ait FIS editöründe “aggregation=sum” ve “defuzzification=centroid” değişikliği ile elde edilen CN2 algoritma temelli Bulanık EFQM kriter puanlarını göstermektedir. Kriter sonuçları arasındaki fark daha iyi görülmesi için Klasik EFQM puanı, CN2 algoritma temelli Bulanık EFQM (“aggregation=max” “defuzzification=centroid”), CN2 algoritma temelli Bulanık EFQM (“aggregation=sum” ve “defuzzification=centroid”) puanı birlikte verilmiştir. Tablolar incelendiğinde kriter bazında CN2 algoritma temelli Bulanık EFQM (“aggregation=sum” ve “defuzzification=centroid”) kullanılarak yapılan uygulama gerçeğe daha yakın sonuçlar vermektedir.

Tablo 7.9. K1, K2, K3, K4 ve K5 kurumları için kriterlerin Klasik EFQM, CN2 ile Bulanık EFQM (max/centroid) ve CN2 ile Bulanık EFQM (sum/centroid) puanlarını gösteren tablo

	K1		K2				K3			K4			K5		
Kriter	Klasik EFQM	CN2 ile Bulanık EFQM (max/centroid)	CN2 ile Bulanık EFQM (sum/centroid)	Klasik EFQM	CN2 ile Bulanık EFQM (max/centroid)	CN2 ile Bulanık EFQM (sum/centroid)	Klasik EFQM	CN2 ile Bulanık EFQM (max/centroid)	CN2 ile Bulanık EFQM (sum/centroid)	Klasik EFQM	CN2 ile Bulanık EFQM (max/centroid)	CN2 ile Bulanık EFQM (sum/centroid)	Klasik EFQM	CN2 ile Bulanık EFQM (max/centroid)	CN2 ile Bulanık EFQM (sum/centroid)
1a	50	50	50	65	59,5	65	65	59,5	67	50	50	50	70	62,5	68,7
1b	50	50	50	60	62,5	60	60	59,5	57,5	50	50	50	65	59,5	57,5
1c	55	58,8	52,3	70	58,8	65,6	65	62,5	62,5	50	50	50	70	58,8	68,3
1d	55	59,5	55	70	61,7	67,9	50	50	50	50	50	50	70	59,5	60
1e	55	50	50	65	62,5	62,5	60	62,5	58,3	45	50	50	65	62,5	62,5
2a	50	50	50	70	65,4	66,07	65	62,5	64,5	45	50	50	65	62,5	70
2b	55	50	50	65	62,5	70	50	50	50	45	37,5	46,8	65	62,5	68,7
2c	55	59,5	52,9	70	62,5	68,5	65	62,5	65	45	50	50	65	62,5	62,5
2d	60	62,5	56,25	70	61,7	64,77	65	62,5	60	50	50	50	65	59,5	67,8
3a	50	50	50	70	62,5	69,8	55	58,8	52	50	50	50	65	58,8	60,46
3b	55	50	50	75	62,5	68,5	55	59,5	52,9	45	50	50	70	59,5	67,85
3c	50	50	50	65	62,5	68,75	65	62,5	68,54	45	50	50	65	62,5	68,75
3d	55	59,5	52,4	70	62,5	70	60	50	50	45	50	50	70	62,5	70
3e	55	50	50	70	63,2	70	65	62,5	65,9	50	50	50	65	62,5	60,48
4a	60	62,5	58,33	70	61,7	64,77	60	62,5	54,16	50	50	50	70	62,5	69,51
4b	50	50	50	65	59,5	66,3	60	62,5	56,25	50	50	50	65	50	50
4c	55	50	50	65	59,5	67,85	65	59,5	60,86	45	50	50	50	50	50
4d	55	59,5	55	65	62,5	66	60	62,5	58,33	50	50	50	65	62,5	70
4e	60	59,5	55,43	70	62,5	70	70	65,5	71,52	45	50	50	70	62,5	69,87
5a	60	62,5	55	70	59,5	68,93	65	62,5	62,5	45	40	46,71	70	58,8	64,7
5b	55	59,5	55	75	61,7	69,37	65	59,5	60,86	50	50	50	65	59,5	63,88
5c	50	50	50	70	62,5	68,75	50	50	50	50	40	46,15	70	59,5	68,9
5d	55	50	50	70	62,5	66,66	55	50	50	45	41	42,64	70	58,8	63,15
5e	50	50	50	70	62,5	69,11	65	59,5	60,86	45	50	50	65	62,5	66
6a	55	58,8	52,19	75	65	71,21	65	59,5	66	45	41,1	45	65	62,5	68
6b	55	50	50	70	59,5	63,88	65	65	61,6	50	50	50	70	62,5	68,1
7a	50	50	50	70	58,8	68,16	55	50	50	45	50	50	65	62,5	65
7b	55	50	50	70	62,5	69,87	65	62,5	66	50	50	50	65	62,5	66
8a	50	50	50	65	62,5	66	60	62,5	56,25	50	50	50	65	59,5	58,9
8b	55	50	50	70	62,5	70	55	50	50	45	50	50	70	62,5	68,75
9a	50	50	50	70	61,7	69,37	55	59,5	52,9	50	50	50	70	62,5	70
9b	55	62,5	56,25	70	62,5	68,54	55	59,5	55	45	50	50	60	62,5	58,33

Tablo 7.10. K6, K7, K8, K9 ve K10 kurumları için kriterlerin Klasik EFQM, CN2 ile Bulanık EFQM (max/centroid) ve CN2 ile Bulanık EFQM (sum/centroid) puanlarını gösteren tablo

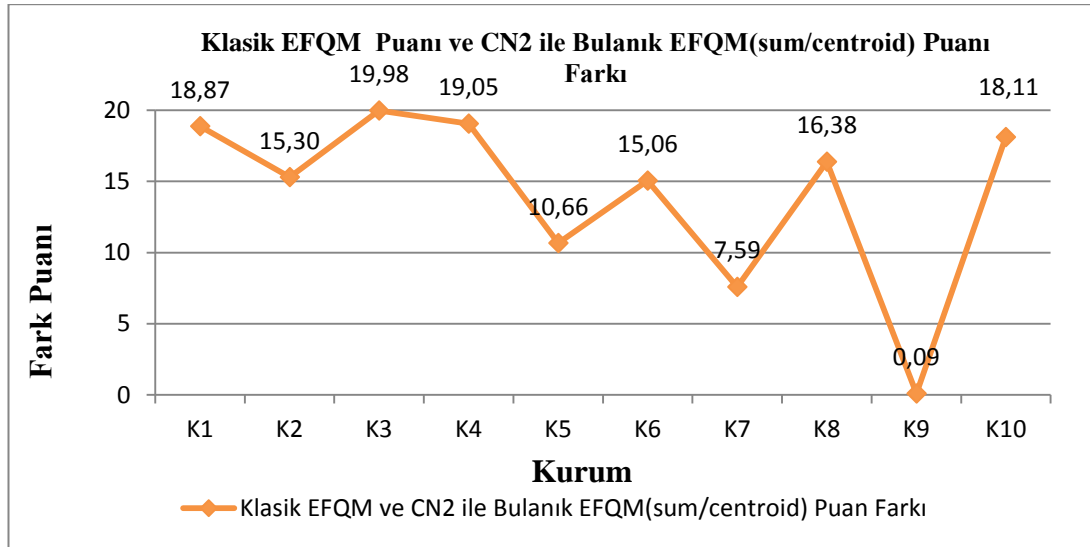
Kurum	K6			K7			K8			K9			K10		
Kriter	Klasik EFQM	CN2 ile Bulanık EFQM (max/centroid)	CN2 ile Bulanık EFQM (sum/centroid)	Klasik EFQM	CN2 ile Bulanık EFQM (max/centroid)	CN2 ile Bulanık EFQM (sum/centroid)	Klasik EFQM	CN2 ile Bulanık EFQM (max/centroid)	CN2 ile Bulanık EFQM (sum/centroid)	Klasik EFQM	CN2 ile Bulanık EFQM (max/centroid)	CN2 ile Bulanık EFQM (sum/centroid)	Klasik EFQM	CN2 ile Bulanık EFQM (max/centroid)	CN2 ile Bulanık EFQM (sum/centroid)
1a	70	62,5	69,4	60	62,5	66,6	70	61,7	68,9	50	50	50	65	59,5	66,3
1b	70	65,4	71	55	50	50	70	62,5	70	50	50	50	60	62,5	60
1c	70	62,5	69,4	55	62,5	60	70	62,5	70	55	62,5	56,2	70	65,5	71
1d	75	61,7	70,4	60	62,5	58,3	70	62,5	69,4	55	50	50	65	59,5	65
1e	70	59,5	68,9	55	50	50	70	65,4	71	50	50	50	65	58,8	57,3
2a	70	65,4	71	55	59,5	55	75	66,1	71	50	50	50	65	62,5	66,6
2b	70	59,5	68,9	50	58,8	52,9	75	62,5	69,87	50	50	50	65	62,5	63,7
2c	70	62,5	70	55	50	50	75	62,5	69,4	55	59,5	55	60	59,5	57,57
2d	75	61,7	69,37	55	59,5	55	75	58,8	68,38	50	62,5	53	65	62,5	66
3a	70	62,5	69,87	55	59,5	54,46	70	59,5	68,9	50	59,5	55,4	65	62,5	66,6
3b	75	62,5	69,87	55	58,8	52	70	59,5	68,9	45	50	50	60	59,5	60
3c	70	61,7	70	55	50	50	75	65,5	71,21	55	50	50	70	62,5	64,1
3d	75	65,5	71,21	60	58,8	61	70	65,5	70	50	50	50	70	65,5	65,13
3e	75	59,5	68,93	60	50	50	75	62,5	69,87	50	50	50	65	62,5	60
4a	70	62,5	69,87	55	62,5	58,33	70	62,5	70	50	50	50	65	62,5	62,5
4b	75	59,5	68,9	55	59,5	55	75	62,5	69,87	45	40,5	44,18	65	62,5	59,52
4c	70	58,8	68,9	55	50	50	70	61,7	69,37	45	62,5	56,25	70	61,7	67,96
4d	75	62,5	70,83	55	58,8	52,35	70	62,5	69,87	55	50	50	65	62,5	60
4e	70	62,5	70	55	50	50	70	62,5	70	50	50	50	65	62,5	58,33
5a	70	61,7	68,9	55	50	50	70	65,4	71	50	50	50	65	62,5	65
5b	70	59,5	68,93	55	62,5	54,16	70	59,5	68,93	55	50	50	70	58,8	65,62
5c	75	62,5	70,55	55	50	50	75	62,5	69,44	55	50	50	60	62,5	65
5d	70	62,5	70	55	58,8	52,65	70	62,5	69,44	50	50	50	60	62,5	58,33
5e	70	62,5	70	55	50	50	70	65,4	71	50	50	50	65	62,5	70
6a	70	61,7	68	50	59,5	55	70	58,8	68	50	50	50	65	62,5	60
6b	70	62,5	70	55	50	50	75	63,2	70	50	50	50	65	62,5	62,5
7a	70	62,5	69,07	55	50	50	70	62,5	69,44	50	50	50	65	65,4	64,13
7b	70	65,5	71	60	58,8	57,35	70	65,4	71	50	50	50	60	62,5	56,25
8a	75	65,4	71,21	55	62,5	60	70	62,5	70	50	50	50	65	62,5	65
8b	75	59,5	68,93	50	59,5	54	75	62,5	70	55	50	50	65	61,7	66
9a	70	62,5	69,44	55	50	50	65	59,5	68,93	50	50	50	65	59,5	63,88
9b	65	59,5	68	60	62,5	62,5	75	65,4	71,52	50	62,5	53	65	62,5	62,5

Klasik EFQM Mükemmellik Modeli ile CN2 algoritma temelli Bulanık EFQM Matlab FIS editörü “aggregation için sum” ve “defuzzification için centroid” kullanarak elde edilen kriterlerden toplam EFQM puanı Tablo 7.11.’de gösterilmektedir.

Tablo 7.11. Kurumlara ait toplam Klasik EFQM, Bulanık EFQM, CN2 ile Bulanık EFQM(max/centroid) ve CN2 ile Bulanık EFQM(sum/centroid) puanları

Kurum	Klasik EFQM	Bulanık EFQM	CN2 ile Bulanık EFQM (max/centroid)	CN2 ile Bulanık EFQM (sum/centroid)
1.Kurum	536	500	541,035	517,13075
2.Kurum	695,875	732,5	620,3575	680,57925
3.Kurum	599,25	591,875	585,5725	579,271
4.Kurum	471,625	500	481,0625	490,675
5.Kurum	661,375	697,5	611,79	650,72
6.Kurum	709,5	750	619,885	694,442
7.Kurum	549,625	505	563,5525	542,0325
8.Kurum	713,375	750	622,545	697
9.Kurum	506,75	512,5	519,875	506,656
10.Kurum	648,5	679,375	621,535	630,388

Uzmanların verdikleri puanlar ile hesaplanan Klasik EFQM puanı ile CN2 algoritması ile yapılan Bulanık EFQM(sum/centroid) puan farkı Şekil 7.13.’de fark grafiğinde gösterilmektedir.

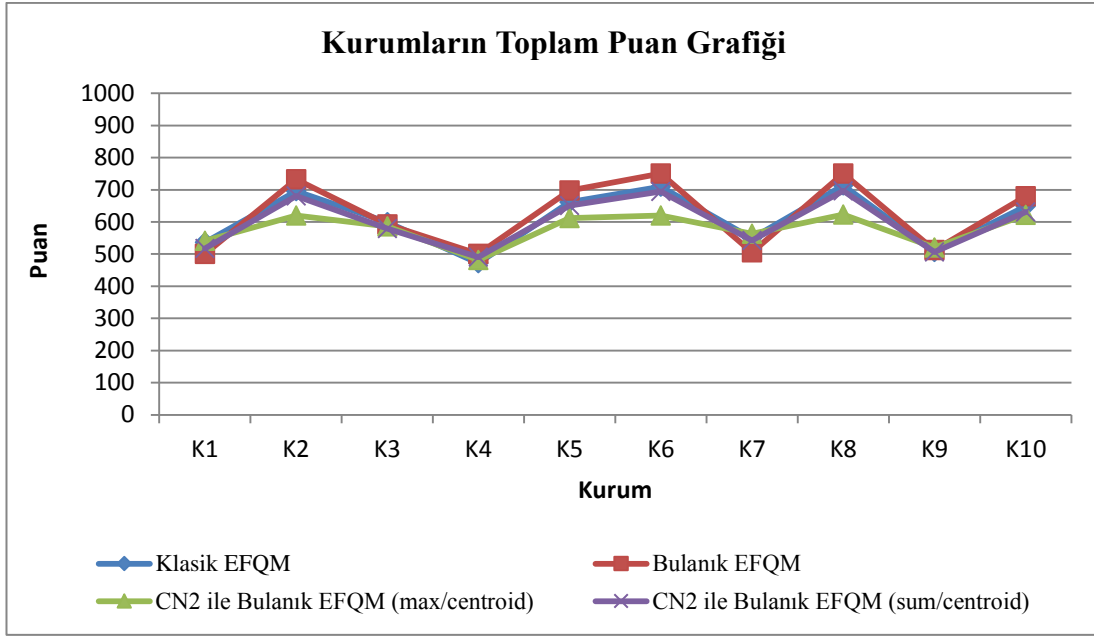


Şekil 7.13. Kurumların Klasik EFQM puanı ve CN2 ile Bulanık EFQM(sum/centroid) puanı arasındaki farkı gösteren grafik

BÖLÜM 8. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada EFQM Mükemmellik Modelinin öznel değerlendirilmesinden kaynaklanan hataları en aza indirmek ve değerlendirme parametrelerinin belirsiz koşullar altında daha iyi ifade edilebilmesini sağlamak için Matlab uygulamasında bulanık EFQM modeli geliştirilmiştir. Bulanık EFQM geliştirilirken Matlab bulanık çıkarım sisteminde toplam fonksiyonu olan ‘aggregation için max’ ve durulaştırma fonksiyonu olan ‘defuzzification için centroid’ yöntemi kullanılmıştır. Geliştirilen bulanık EFQM Mükemmellik Modelinde kuruluşların RADAR puanlarının hesaplanmasına yardımcı olmak için bulanık mantık “eğer..ise” kural tabanları tüm değerlendirme koşulları düşünülerek oluşturulmuştur. Bu çerçevede geliştirilen bulanık sistemin “eğer..ise” kural sayısı 78125 adettir. Geliştirilen Bulanık EFQM modelinin performansı daha önceden değerlendirmeden geçmiş 10 kuruluşun RADAR puanı ile test edilmiştir. Sonuçlara göre Klasik EFQM ve Bulanık EFQM arasında kurumların RADAR puan farklarının fazla olduğu ve bu farklılığında oluşturulan kural tabanı sayısının fazlalığından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

Uygulamanın ikinci kısmında ise Bulanık EFQM modelinin kural tabanını temsil edecek şekilde CN2 kural çıkarım algoritması ile kural indirgenmesi yapılmıştır. CN2 kural çıkarım algoritması ile mevcut kural tabanı sayısı 1381 adet kurala indirgenmiştir. İndirgenen kurallar tekrar 10 kurum için Matlab uygulaması ile test edilirken bulanık çıkarım sisteminde durulaştırma fonksiyonu olan ‘defuzzification için centroid’ özelliği kullanılırken, toplam fonksiyonu olan ‘aggregation için max ve sum’ olmak üzere iki farklı özellikte de performans değerlendirilmiştir. Kurumların modellere göre elde ettikleri toplam puan grafiği Şekil 8.1.’de gösterilmektedir.



Şekil 8.1. Kurumların modellere ait toplam puan grafiği

Grafiğe göre; EFQM uzmanlarının görüşlerinden yararlanarak elde edilen Klasik EFQM Mükemmellik Modeli puanı ile diğer algoritmalar ile elde edilen puanlar karşılaştırılmıştır. Grafik Klasik EFQM Mükemmellik Modeli puanı ve CN2 algoritma temelli Bulanık EFQM(sum/centroid) puanlarının birbiri ile yakın değerlere sahip olduğunu göstermektedir.

Klasik EFQM, Bulanık EFQM, CN2 algoritma temelli bulanık EFQM(max/centroid) ve CN2 algoritma temelli bulanık EFQM(sum/centroid) puanına ait istatistik hesabı için ortalama mutlak yüzde hatası (MAPE) kullanılmıştır. Tablo 7.11.'de modellere ait toplam puanlara göre 10 kuruluş için MAPE aşağıdaki eşitlik (Denklem 8.1.) kullanılarak ifade edilmiştir.

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{t=1}^n |(A_t - F_t) / A_t| \quad (8.1)$$

A_t =Klasik EFQM puanı, F_t =Tahmin edilen EFQM puanını, n = kurum sayısını göstermektedir.

Bulanık EFQM, CN2 ile bulanık EFQM(max/centroid) ve CN2 ile bulanık EFQM(sum/centroid) modellerinin toplam MAPE değeri eşitlik (Denklem 8.1) kullanılarak hesaplanmış ve modellere ait MAPE değerleri Tablo 8.1.'de gösterilmektedir.

Tablo 8.1. Modellere ait toplam MAPE değerleri

	Bulanık EFQM	CN2 ile Bulanık EFQM (max/centroid)	CN2 ile Bulanık EFQM (sum/centroid)
MAPE	4,9546	5,8218	2,3313

Uzmanlar tarafından kurumlara RADAR değerlendirme tablosu kullanarak verilen puanlar Bulanık EFQM ile çalıştırıldığında hatalı sonuçlar vermişti. Tablo 8.1.'de ki MAPE değerlerine göre Bulanık EFQM kurallarını CN2 kural çıkarım algoritması ile indirgediğimizde Matlab programında FIS editörü “aggregation için sum” ve “defuzzification için centroid” olarak kullanıldığında algoritmanın hata oranı MAPE değeri %2,33 ile ihmal edilebilecek değerde olduğu görülmektedir.

Uygulamaya göre Bulanık EFQM kural tabanında çok fazla “if...then” yapısı arasından probleme uygun kuralların düzgün seçemediği ve puanların gerçek değerlerden uzak sonuçlar verdiği görülmüştür. Bulanık EFQM kural tabanı için CN2 kural çıkarım algoritmasını kullandığımızda kural sayısı 78125'den 1381 kurala indirgenmiş ve daha az kural ile daha iyi sonuçların elde edildiği test edilmiştir. Yapılan bu çalışma ile EFQM Mükemmellik modeli kullanıcılarına ve EFQM değerlendiricilerine yol gösterilmesi ve çalışmanın literatüre katkı sağlanması amaçlanmaktadır.

KAYNAKLAR

- Abduljabar, J. 2011. Bulanık Mantık Yöntemleri Kullanılarak Gazlı İçeceklerde Karbondioksit Kontrolü. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Aggarwal, C. 2014. Data Classification Algorithms and Applications, 1.Baskı. Chapman and Hall/CRC, 124-129.
- Akçapınar, G., Altun, A., Aşkar, P. 2015. Modeling Students' Academic Performance Based on Their Interactions in an Online Learning Environment. Elementary Education Online, 14(3): 815-824.
- Akgöbek, Ö., Kaya, S. 2011. Veri Madenciliği Teknikleri İle Veri Kümelerinden Bilgi Keşfi: Medikal Veri Madenciliği Uygulaması. e-Journal of New World Sciences Academy Engineering Sciences, 6(1): 237-245.
- Akgöbek, Ö., Öztemel, E. 2006. Endüktif Öğrenme Algoritmalarının Kural Üretme Yöntemleri ve Performanslarının Karşılaştırılması. SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10(1): 1-9.
- Asadzadeh, S. Mohammad, Tanhaeean, M., Abdi, N. 2018. Recognizing dissimilarities between resilience engineering and EFQM approaches to ensure safety in hospitals. Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries, 29(3): 1-20.
- Aybar, F. 2011. Kaba Kümeler Teorisi Üzerine Algoritmalar. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Barlı, Ö., Avcı, İ., Avcı, S. Börteçine. 2012. EFQM Mükemmellik Modelinin Türkiye'deki Bazı Üst Kurullarda Değerlendirilmesi. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 26(2): 27-38.
- Basım, H. Nejat, Şeşen, H. 2007. EFQM Mükemmellik Modeli Uygulamalarının Çalışanların Tükenmişlikleri Üzerine Etkisi: Sağlık Sektöründe Bir Araştırma. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 21(1): 201-213.
- Bou-Llusar, J. Carlos, Escrig-Tena, B. Ana, Roca-Puig, V., Beltrán-Martín, I. 2009. An Empirical Assessment of the EFQM Excellence Model: Evaluation as a TQM Framework Relative to the MBNQA Model. Journal of Operations Management, 27(1): 1-22.

- Charantimath, P. M. 2009. Total Quality Management, 3. Baskı. Delhi: Dorling Kindersley.
- Civcisa, G. 2007. A Comparison of Terms Leadership and Management Within Quality Systems. *Economics and Management*, 12: 987-992.
- Clark, P., Boswell, R. 1991. Rule Induction with CN2: Some Recent Improvements. *Proceedings of the Fifth European Conference*, Berlin, 151-163.
- Clark, P., Niblett, T. 1989. The CN2 Induction Algorithm. *Machine Learning*, 3(4): 261-283.
- Conti, T. 1998. Organizational Self-Assessment, 1.Baskı. KalDer Yayınları, 1-350.
- Cook, S. 2004. Measuring Customer Service Effectiveness, 1.Baskı. Routledge Yayınları, 1-174.
- Dahlgaard-Park, S. M. 2008. Reviewing the European Excellence Model From a Management Control View. *The TQM Journal*, 20(2): 98-119.
- Daniel, J., Naderpour, M., Lin, C. 2018. A Fuzzy Multi-Layer Assessment Method for EFQM. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 121.
- Dodangeh, J., Yusuff, R., Jassbi, J. 2011. Assesment system based on fuzzy scoring in European Foundation for Quality Management (EFQM) business excellence model. *African Journal of Business Management*, 5(15): 6209-6220.
- Efil, İ., Saraç M. 2009. Stratejik Yönetim ve Performans Ölçümünde Performans Karnesi ve EFQM Mükemmellik Modeli ile Sinerji Yaratmak. "İŞ, GÜÇ" Endüstri İlişkileri ve İnsan Kaynakları Dergisi, 11(2): 37-54.
- Emanet, H. 2007. EFQM Mükemmellik Modeli ile Kamu Sektöründe Özdeğerleme Çalışmaları Üzerine Bir Saha Çalışması. *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 8(1): 67-95.
- Ezzabadi, J. Hosseini, Saryazdi, M. Deghani, Mostafaeipour, A. 2015. Implementing Fuzzy Logic and AHP into the EFQM model for performance improvement: A case study. *Applied Soft Computing*, 36: 165-176.
- Finn, M., Porter, Leslie J. 1994. Tqm Self-Assessment in the UK. *The TQM Magazine*, 6(4): 56-61.
- George, C., Cooper, F., Douglas, A. 2003. Implementing the EFQM excellence model in a local authority. *Managerial Auditing Journal*, 18(2): 122-127.
- Hides, Micheal T., Davies, J., Jackson, S. 2004. Implementation of EFQM excellence model self-assessment in the UK higher education sector-lessons learned from other sectors. *The TQM Magazine*, 16(3): 194-201.

- İnan, A. Talat, Yayla, A. Yeşim, Ceryan, E., Şişman, T., Yıldız, A. 2013. EFQM esaslı bir karar modeli kullanılarak liderlik ve süreçlerin temel performans sonuçlarına etkisinin incelenmesi. SAÜ Fen Bilimleri Dergisi, 17(3): 321-327.
- İnan, A. Talat, Yayla, Adile Y., Yıldız, A. 2010. EFQM Mükemmellik Modeli ile İşletmelerin Temel Performans Sonuçlarının İncelenmesine İlişkin Bir Uygulama. Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 28: 335-345.
- İnce, M., Bedük, A., Aydoğan, E. 2004. Örgütlerde Takım Çalışmasına Yönelik Etkin Liderlik Nitelikleri. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 11: 423-446.
- Jamshidnezhad, A., Bagherzadeh, F. 2018. A Fuzzy Ranking Model to Performans Assessment of Cooperative Companies. Journal of Applied Economic Sciences, 8(54).
- KalDer, 2013. EFQM Mükemmellik Modeli, KalDer Yayınları, 1-36.
- Karakoyun, M., Hacıbeyoğlu, M. 2014. Biyomedikal Veri Kümeleri İle Makine Öğrenmesi Sınıflandırma Algoritmalarının İstatistiksel Olarak Karşılaştırılması. DEÜ Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16(48): 30-41.
- Keskenler, M. Furkan, Keskenler, E. Fahri. 2017. Bulanık Mantığın Tarihi Gelişimi. Takvim-i Vekayi, 5(1): 1-10.
- Kılıç, R., Türker, E. 2005. Süreç Yönetimi'nin EFQM Mükemmellik Modeli'ndeki Önemi (Eczacıbaşı Vitra A.Ş. Örneği). Mevzuat Dergisi, 87.
- Kıyak, E., Kahvecioğlu, A. 2003. Bulanık Mantık ve Uçuş Kontrol Problemine Uygulanması. Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, 1(2): 63-72.
- Kubat, C. 2012. Yapay Zekâ ve Mühendislik Uygulamaları, 1.Baskı. Beşiz Yayınları, 589-590.
- Liu, Y., Ko, P. 2018. A modified EFQM Excellence Model for effective evaluation in the hotel industry. Total Quality Management, 29(13): 1580-1593.
- Luukka, P. 2011. Fuzzy beans in classification. Expert Systems with Applications, 38: 4798-4801.
- Martín-Muñoz, P., Moreno-Velo, F. 2010. FuzzyCN2: An Algorithm for Extracting Fuzzy Classification Rule Lists. International Conference on Fuzzy Systems, Barcelona, 1-7.
- Meesad, P., Yen, Gary G. 2002. Quantitative Measures of the Accuracy, Comprehensibility, and Completeness of a Fuzzy Expert System. 2002 IEEE International Conference on Fuzzy Systems, Honolulu, 284-289.

- Mimi, F. 2000. A Self-Assessment Procedure using Fuzzy Sets. *Proceedings of SPIE*, 4192: 432-439.
- Moreno-Rodriguez, J.M., Cabrerizo, F.J., Perez, I.J., Martinez, M.A. 2013. A consensus support model based on linguistic information for the initial-self assessment of the EFQM in health care organizations. *Expert Systems with Applications*, 40: 2792-2798.
- Mozina, M., Zabkar, J., Bratko, I. 2007. Argument based machine learning. *Artificial Intelligence*, 171: 922-937.
- Najafi, A., Naji, E. 2016. Improving Projects of the EFQM Model using Fuzzy Hybrid Multiple Criteria Decision Making and Balanced Scorecard Approach. *Indian of Science and Technology*, 9(44): 1-7.
- Oackland, John S. 2001. *Total Organizational Excellence: Achieving World-class Performance*, 1.Baskı. Routledge, 1-280.
- Paghaleh, M. Jamali. 2011. Performance Measurement By Efqm Excellence Model With Fuzzy Approach. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(10): 1020-1024.
- Panahi, M., Motaghi, M., Nejad, A. Hamze. 2013. Ranking the Lack of Proper Conclusion of Employees' Criteria by FAHP Method (Case Study: Iran Khodro Diesel Company). *International Journal of Management and Business Research*, 3(1): 37-55.
- Pappa, G., Freitas, A. 2009. Evolving rule induction algorithms with multi-objective grammar-based genetic programming. *Knowledge and Information Systems An International Journal*, 19: 283-309.
- Parpinelli, R., Lopes, H., Freitas, A. 2002. Data Mining With an Ant Colony Optimization Algorithm. *IEEE Transactions on Evolutionary Computing*, 6(4): 321-332.
- Rashnoodi, A., Parsafar, E. 2014. Application of EFQM Excellence Model and FAHP in Performance Evaluation. *Applied mathematics in Engineering, Management and Technology*, 2(5): 62-71.
- Ritchie, L., Dale, B. G. 2000. Self-assessment using the business excellence model: A study of practice and process. *International Journal of Production Economics*, 66(3): 241-254.
- Rivest, R. Linn. 1987. Learning Decision Lists. *Machine Learning*, 2(3): 229-246.
- Riza, L. S., Janusz, A., Ślęzak, D., Cornelis, C., Herrera, F., Benitez, J. M., Bergmeir, C., Stawicki, S. 2015. Package 'RoughSets', 1-127.

- Saryazdi, M. Dehghani, Eslami, H., Shakerian, H., F. K., A. K. 2016. Utilizing Fuzzy Expert System in Organizations' Performance Assesment. The IIOAB Journal, 7(3): 410-417.
- Seghezzi, H. Dieter. 2001. Business Excellence: What is to be done?. Total Quality Management, 12(7-8): 861-866.
- Selvi, G. 2013. Özdeğerlendirme Çalışmalarında Radar Yönteminin Kullanılması ve Bir Eğitim Kurumu Uygulaması. Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Toplam Kalite Yönetimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Sepetçioğlu, O. 2013. Konaklama İşletmelerinde EFQM Mükemmellik Modeli: İstanbul'da Bir Uygulama. Trakya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Sıramkaya, E. 2005. Veri Madenciliğinde Bulanık Mantık Uygulaması. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Sümerli Sarıgül, S., Oralhan, B. 2016. EFQM Mükemmellik Modeli ve Mobilya Sektörüne Yönelik Bir Uygulama. Selçuk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 31: 93-113.
- Şimşek, H. 2010. Toplam Kalite Yönetimi, 1.Baskı. Seçkin Yayıncılık, 1-292.
- Turgay, S., Torkul, O. 2017. Mühendislikte Yapay Zeka ve Uygulamaları, 1.Baskı. Sakarya Üniversitesi Kütüphanesi Yayınevi, 141-157.
- Uygur, A., Sümerli, S. 2013. EFQM Excellence Model. International Review of Management and Business Research, 2(4): 980-993.
- Wei, C., Jen-Hwa Hu, P., Sheng, O., Lee, Y. 2000. Inductive Learning Approach to Intelligent Patient Image Pre-fetching: Extension and Evaluation of CN2 Algorithm. Proceedings of the 33rd Hawaii Internatioal Conferance on System Sciences, 1-10.
- Westlund, Anders H. 2001. Measuring Environmental Impact on Society in the EFQM System. Total Quality Management, 12(1): 125-135.
- Wu, X. 1993. The HCV Induction Algorithm. CSC '93 Proceedings of the 1993 ACM conference on Computer science, Indiana, 168-175.
- Yalçın, S. 2017. Şirketlerin Kurumsallaşma Düzeylerinin Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Değerlendirilmesi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.

ÖZGEÇMİŞ

Nilay Açıkgöz, 04.05.1991'de Sakarya'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Sakarya'da tamamladı. 2010 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nü 2014 yılında bitirdi. 2012-2013 eğitim öğretim yılında öğrenci değişim programı ile Umeå Üniversitesinde eğitim aldı. 2015 yılında Sakarya Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine başladı.