

BULANIK SAYILARIN BULANIK
KÜMELEME ANALİZİNDE KULLANIMI
VE SATRANÇ OYUNCULARININ
SINIFLANDIRILMASI
NECATİ ALP ERİLLİ
DOKTORA TEZİ
İSTATİSTİK ANABİLİM DALI

T.C.

ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BULANIK SAYILARIN BULANIK KÜMELEME ANALİZİNDE KULLANIMI VE
SATRAŇ OYUNCULARININ SINIFLANDIRILMASI

NECATİ ALP ERİLLİ

DOKTORA TEZİ

İSTATİSTİK ANABİLİM DALI

AKADEMİK DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Yüksel ÖNER

SAMSUN – 2012

ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Bu çalışma jürimiz tarafından 27/01/2012 tarihinde yapılan sınav ile İstatistik Anabilim Dalı'nda DOKTORA tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Reşat KASAP

Üye: Prof. Dr. Faruk ALPASLAN

Üye: Prof. Dr. Ayhan SARIOĞLUGİL

Üye: Doç. Dr. Vedat SAĞLAM

Üye: Yrd. Doç. Dr. Yüksel ÖNER

ONAY:

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

.../.../2012

Prof. Dr. Ümit SERDAR
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BULANIK SAYILARIN BULANIK KÜMELEME ANALİZİNDE KULLANIMI VE SATRAÇ OYUNCULARININ SINIFLANDIRILMASI

ÖZET

Kümeleme Analizinde amaç; gruplanmamış verileri benzerliklerine göre sınıflandırmak ve araştırmacıya işe yarar özet bilgiler sunmaktır. Son dönemlerde istatistiksel sınıflama konularında daha popüler olan kümeleme analizi; küme sayısı hakkında ön bilgi olduğu zaman daha güvenilir sonuçlar vermektedir. Bulanık modelleme ise, bulanık model yapılarıyla ilgilenir ve yapısı tam olarak bilinmeyen sistemlerin davranışlarını tahmin etmeye çalışır. Bulanık Kümeleme Analizi de üyelik dereceleri kesin olarak saptanamayan grupları ayırtmaya çalışır.

Gözlem sayıları ve değişken sayıları arttıkça veya küme yapıları birbirlerine çok yakın olduğu durumlarda Bulanık Kümeleme Analizi, diğer kümeleme yöntemlerine göre daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Bu çalışmada; Kümeleme, Bulanık Kümeleme Analizi ve Bulanık Sayılarda Bulanık Kümeleme Analizi yöntemleri tanıtılmış, aralarındaki farklar belirtilmiştir. Uygulama kısmında ise, satranç oyuncularının maç skorlarına ve ECO kodlarına göre sınıflandırılmasına çalışılmıştır. Sonuçlar, sözel belirsizliklerin olduğu veri setlerinde Bulanık Sayılarda Bulanık Kümeleme Analizi yöntemlerinin istenilen sonuçlara yakın değerler verdiğini göstermiştir.

Anahtar Sözcükler: Kümeleme Analizi, Bulanık Kümeleme, Bulanık Sayılarda Bulanık Kümeleme, Satranç

USAGE OF FUZZY DATA IN FUZZY CLUSTERING ANALYSIS AND CLASSIFICATION OF CHESS PLAYERS

ABSTRACT

The aim of clustering analysis is to classify data sets in to similarity and perform useful knowledge for the researcher. Cluster analysis, which became more popular among the subjects of statistical classification in recent years, can give more reliable results when there is a priori knowledge about number of clusters. Fuzzy models interested in fuzzy model structures and try to estimate system behaviors that have no knowledge about their structure. Fuzzy Clustering Analysis is try to decompose the groups which membership degrees cannot be determined.

When the number of data and variables increased or cluster structures came to closer for all, cluster analysis has given more successful results than the other cluster analysis methods. In this study; the Cluster analysis, fuzzy clustering analysis and fuzzy clustering analysis with fuzzy data has been presented and the difference between them are discussed. In the application part, it is tried to classify chess players via their games scores and ECO codes. Results were very satisfied with fuzzy clustering analysis with fuzzy data when data sets which have linguistic ambiguities have been studied.

Key Words: Cluster Analysis, Fuzzy Clustering, Fuzzy Clustering with Fuzzy Data, Chess

TEŞEKKÜR

Çalışmamın, başlangıcından bitimine kadar her safhada yakın ilgi ve yardımlarını esirgemeyen, yapıcı ve öğretici eleştirileriyle bana yol gösteren danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Yüksel ÖNER'e,

Yönlendirmeleri, eleştirileri ve önerileri ile yardımlarını gördüğüm İstatistik Bölümü Öğretim üye ve yardımcılara,

Çalışmalarımdaki destekleri ve beni başka bakış açılarına yönlendirdikleri için diğer bölümlerdeki araştırma görevlisi arkadaşlarıma,

Kendileri farkında olmasalar da, her zaman hazır olmamı sağlayan öğrencilerime,

Bugünlere gelmemde en büyük emeği olan, en zor anlarımda desteklerini, sevgi ve hoşgörülerini esirgemeyen sevgili anne ve babama,

Ve Zeynep'e,

Sonsuz teşekkürler...

Bu çalışma, aslında bir ekip çalışmasıydı. Bu ekipte yer aldığınız için hepinize en içten dileklerimle teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

1.	GİRİŞ	1
2.	GENEL BİLGİLER	3
2.1.	İstatistiksel Sınıflandırma	3
2.1.1.	İstatistiksel Sınıflandırmanın Temel Prensipleri	4
2.2.	Kümeleme Analizi	6
2.2.1.	Kümeleme Analizinin Alt Bölümleri	9
2.2.1.1.	Hiyerarşik - Hiyerarşik Olmayan Kümeleme	9
2.2.1.2.	Yığılmalı - Bölücü Kümeleme	10
2.2.1.3.	Kesin - Bulanık Kümeleme	10
2.2.1.4.	Artan - Artmayan Kümeleme	10
2.2.1.5.	Tekli - Çoklu Kümeleme	10
2.2.2.	Kümeleme Analizine Eleştiriler	11
2.2.3.	Kümeleme Analizinde Topolojik Yapılar	11
2.2.3.1.	Katı Veri - Katı Yöntem	11
2.2.3.2.	Bulanık Veri - Katı Yöntem	12
2.2.3.3.	Katı Veri - Bulanık Yöntem	12
2.2.3.4.	Bulanık Veri - Bulanık Yöntem	12
2.3.	Bulanık Mantık	13
2.4.	Bulanık Küme	16
2.4.1.	Bulanık Sayı	19
2.4.2.	LR – Tipi Bulanık Sayı	19
2.4.3.	Üçgensel Bulanık Sayı	20
2.4.4.	LR – Tipi Bulanık Sayılar için Matematiksel İşlemler	21
3.	MATERYAL VE YÖNTEMLER	24

3. 1.	Bulanık Kümeleme Analizi	24
3.1.1.	Geleneksel Bulanık Kümeleme Algoritmaları	26
3.1.1.1.	Bulanık C-Ortalamalar Algoritması	27
3.1.1.2.	Gustafson - Kessel Algoritması	28
3.1.1.3.	Gath – Geva Algoritması	29
3.1.2.	Prototipi Farklı Geometrik Şekle Sahip Kümeleme Algoritmaları	30
3.1.2.1.	Bulanık C-Regresyon Algoritması	30
3.1.2.2.	Bulanık C-Hatlar Algoritması	31
3.1.2.3.	Uyarlamalı Bulanık Kümeleme Algoritması	31
3.1.2.4.	Bulanık C-Eliptotip Algoritması	31
3.1.2.5.	Kabuk Prototipler	32
3.2.	Bulanık Sayılarda Bulanık Kümeleme Analizi	32
3.2.1.	Çifte Bulanık K-Sayılar Kümeleme Modeli (DFKNC)	35
3.2.2.	Kanonik Bulanık Vektörler için Bulanık K-Ortalamalar Kümeleme Modeli (FKMCCFV)	37
3.2.3.	Karma Veriler için Bulanık K-Ortalamalar Kümeleme Modeli (FKMCMD)	38
3.2.4.	Alternatif Çifte Bulanık K-Sayılar Kümeleme Modeli (ADFKNC)	40
3.2.5.	Çifte Bulanık Ağırlıklandırılmış K-Ortalamalar Kümeleme Yöntemi (DFWKMC)	42
3.2.6.	Bulanık Veriler için Bulanık K-Ortalamalar Kümeleme Modeli (FkM-F)	45
3.3.	Satranç	47
3.3.1.	Satranç Hakkında Genel Bilgiler	50
3.3.2.	Satrancın Kısa Tarihçesi	50
3.4.	Satranç Stilleri	51
3.5.	Satranç Ustalarına Göre Stiller	56

4.	BULGULAR VE TARTIşMA	64
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER	85
6.	KAYNAKÇA	88
7.	ÖZGEÇMİş	96

SİMGE VE KISALTMALAR LİSTESİ

α	Alpha
β	Beta
θ	Theta
ρ	Rho
σ	Sigma
ε	Epsilon
μ	Mu
S	Kovaryans Matrisi
U	Küme Prototipi
$\exp$	e üzeri
$=$	Eşit
$\cong$	Hemen hemen eşit
$>$	Büyük
$<$	Küçük
$\geq$	Büyük ve eşit
$\leq$	Küçük ve eşit
$\sum$	Toplamı
$\in$	Elemanıdır
$ \quad $	Mutlak Değer
$\ \quad\ $	Vektör Normu
$[a, b]$	Kapalı aralık
(a, b)	Açık aralık

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Klasik küme için sıcaklık örneği	17
Şekil 2.2.	Bulanık küme için sıcaklık örneği	17
Şekil 2.3.	Bulanık kümelerde örtüşüm	18
Şekil 2.4.	LR-Tipi bulanık sayı	20
Şekil 2.5.	Üçgensel bulanık sayı	21
Şekil 4.1.	Küme merkezlerinin şekilsel gösterimi	70

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 3.1.	Satranç ustalarının satranç stilleri hakkında görüşleri	61
Çizelge 4.1.	Bazı açılışların belirlenen sınıflara göre dağılımı	67
Çizelge 4.2.	Garry Kasparov'un açılışlara ait hesaplanan bulanık sayıları	68
Çizelge 4.3.	Garry Kasparov'un küme merkez değerleri	71
Çizelge 4.4.	Süper büyük ustaların kümeleme sonuçları	71
Çizelge 4.5.	2500-2700 ELO arası büyük ustaların kümeleme sonuçları	72
Çizelge 4.6.	2300-2500 ELO arası büyük ustaların kümeleme sonuçları	73
Çizelge 4.7.	Bazı açılışlara göre süper büyük ustaların kümeleme sonuçları	74
Çizelge 4.8.	Bazı açılışlara göre 2500-2700 ELO arası büyük ustaların kümeleme sonuçları	75
Çizelge 4.9.	Bazı açılışlara göre 2300-2500 ELO arası büyük ustaların kümeleme sonuçları	78
Çizelge 4.10.	Garry Kasparov'un TBA ile hesaplanan bulanık sayıları	80
Çizelge 4.11.	Süper büyük ustaların TBA ile hesaplanan kümeleme sonuçları	82
Çizelge 4.12.	2500-2700 ELO arası büyük ustaların TBA ile hesaplanan kümeleme sonuçları	83
Çizelge 4.13.	2300-2500 ELO arası büyük ustaların TBA ile hesaplanan kümeleme sonuçları	84

1. GİRİŞ

Yaşadığımız Dünya'nın karmaşık yapısı, hayatımızın birçok evresinde karşımıza çıkmaktadır. Bazen problemleri olduğu gibi çözmek yeterli olmakta, bazen de daha büyük sorunlar karşısında yeni arayışlar gerekmektedir. Gündelik hayatta çoğu kez tek bir problemle karşılaşmayız. Problemlerimiz, çeşitli türlerde ve birbirlerine benzemeyen yapılarda olabilmektedirler.

İstatistik bilimini de, bu gerçek hayat problemlerine benzetebiliriz. Bazen tek değişkenli bir yapı veya model çözümlenmesi gerekirken, bazı durumlarda birden çok ve karmaşık yapıda veri veya modeller çözümlenmeye çalışılmaktadır. Genel olarak baktığımızda, bilimsel olaylarda tek değişkenli istatistik yeterli olamamaktadır. Bilimsel çalışmalarda ele alınan olaylar genellikle birden çok etkenin etkisi altındadır. Ayrıca, gözleme konu olan nesnelerin özellikleri de birbirleriyle ilişkili olmaktadır. Bu nedenle, uygulamalarda çok sayıda değişkenlerle karşılaşmaktadır. Yapılan çalışmalardan istenen güvenilir ve geçerli sonuçların elde edilmesi için, incelenen olaylar bütün yönleriyle değerlendirilmelidir. Bundan dolayı araştırmacı çok değişkenli veri yapılarıyla ve bunların analizleri ile karşılaşmak durumundadır.

Tek değişkenli verilerle çalışılırken bazı zorluklarla karşılaşmaktadır. Bunlardan en önemlisi, tek değişkenli istatistiksel yöntemlerin uymak zorunda kaldığı çok sayıda varsayımlardır. Bu varsayımları tam olarak gerçekleştirmek oldukça zordur. Bu nedenle daha karmaşık yapıdaki problemlerin çözümü için çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden yararlanmak gerekir. Değişkenlerin birbirleriyle ilişkili olduğu ve tek değişkenli yöntemlerin varsayımlarının gerçekleşmediği problem çözümlerinde, çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden yararlanmak daha gerçekçi bir yaklaşımdır.

Bununla birlikte, son yıllarda kullanılan birçok istatistiksel teknikler, yeni geliştirilen metotlarla birleştirilerek yeni çözüm yolları aranmaktadır. Klasik yöntemlere alternatif olması düşünülen bu yöntemler sayesinde, farklı hesaplama yöntemleri ile farklı bakış açıları kazandırılmak istenmektedir. Yapay Sinir Ağları, Bulanık Mantık, Bayesci İstatistik, Aktüerya, Veri Madenciliği gibi yeni alanlar, istatistik ve ekonometri

bilimlerinin ilerlemelerine katkıda bulunmaktadır. Bunlara, Yapay Sinir Ağları ile regresyon çözümlemesi, Bulanık Zaman Serisi uygulamaları, Bulanık Stokastik Süreç çözümlemeleri, Aktüerya ile risk analizi, Veri Madenciliği ile veri tabanları oluşturma, Bayesci Doğrusal Programlama gibi konuları örnek verebiliriz. Hatta bunların birleşimleri ile de yeni problemler ve bu problemlere yeni çözüm yolları da geliştirilmektedir. Buna Bayesci Yapay Sinir Ağları konusunu örnek verebiliriz.

Bu çalışmada İstatistiksel Sınıflama konularından olan Kümeleme Analizi ve ona alternatif bir yaklaşımdan doğan Bulanık Sayıların Bulanık Kümeleme Analizinde kullanımı üzerinde durulmuştur. Çalışmanın ikinci bölümünü oluşturan Genel Bilgiler bölümünde İstatistiksel Sınıflama konusuna değinilmiş, daha sonra Klasik Kümeleme Analizi ve Bulanık Mantık hakkında bilgi verilmiş, üçüncü bölüm olan Materyal ve Yöntemler kısmında çalışmanın ana konusu olan Bulanık Kümeleme Analizi ve Bulanık Sayıların Bulanık Kümeleme Analizinde kullanımı tanıtılmıştır. Bulgular ve Tartışma bölümünde, bulanık verilere göre satranç oyuncularının sınıflandırılmasına çalışılmıştır. Bu sınıflama çalışması esnasında, satranç oyuncularının satranç veritabanlarındaki oyunları kullanılarak, ECO kodlarına göre sınıflandırılarak oyuncular kümelere ayrılmıştır.

Bu çalışma ile birlikte sözel ifadelerin de istenen sınıflama çalışmalarında kullanılabileceği görülmüştür. Klasik mantığın kullanılmadığı veya iyi sonuçlar vermediği uygulama alanlarında Bulanık Sayıların Bulanık Kümeleme Analiz algoritmaları başarılı sonuçlar verebilmektedir. Burada, araştırmacının veri yapısı ve araştıracağı konu hakkında detaylı bilgi sahibi olması veya uzman kişilerin yardımları sayesinde konuya tam hakim olabilmesi önemli bir konu olarak görülmektedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. İstatistiksel Sınıflandırma

Doğada bilinen bir yapı vardır. Bu yapının bize gözüken kısmı kesinlikle güzeldir. Yeryüzü şekillerinden yağmur damllarına, bir vida parçasından büyük ölçekli iş makinelerine kadar her şey belirli bir düzen içinde yer almaktadır. Bütün bu güzellikler neden geometrik şekillere sahiptirler? Ya da kum tepelerinin doğal tekrarlarına neler sebep olmaktadır? Bu tip soruların cevaplarından bazıları hala bilinmemekte; birçoğu ise fizik, kimya ve biyoloji bilimleri yardımıyla çözülmüş durumdadır.

Doğadaki yapı bilinmesine rağmen, bunların altında yatan sebepleri bilme isteğimiz her geçen gün artmaktadır. Moleküler biyoloji çalışmaları, üç boyutlu resim kayıtları, insan DNA'sını araştırma çalışmaları gibi konularda araştırma süreci sürekli devam etmektedir. Genel teşhis veya tanımlama yapmak için gözlemlediğimiz verilerin yapılarını incelemek gerekmektedir. Bu yapılara bakarak verileri benzer gruplara, içeriklere ve diğer karakteristiklere göre yerleştirebiliriz. Genel olarak bu çalışmalara sınıflandırma adını veriyoruz.

Bir araştırmacı bir birey üzerinde ölçümler yaptıktan sonra, bu bireyi yapılan ölçümler neticesinde mevcut sınıflardan (gruplardan) birine atamak isteyeceği zaman sınıflandırma problemi de ortaya çıkacaktır. Araştırmacı direkt olarak bu yerleştirme işlemini yapamayacak, ölçüm sonuçlarını kullanmak zorunda kalacaktır. Birçok durumda bireylerin sonlu sayıda sınıflardan veya popülasyondan geldiği varsayılmaktadır ve her bir popülasyon, ölçümlerin sonucunda ortaya çıkan bir olasılık dağılımı ile tanımlanmıştır. Böylece birey, bu popülasyondan alınmış rasgele değişken olarak tanımlanabilecektir. Cevabı bulunması gereken problem şu olacaktır: Yapılan ölçümler sonucunda bu birey, hangi popülasyondan alınmıştır? Doğru cevabı bulmak, doğru sınıflandırma işlemi gerçekleştirdiğimizin de göstergesi olacaktır.

Sınıflandırma teriminin iki farklı anlamı vardır. Birinci durum; elimizde var olan veri setinin kaç sınıfa veya kümeye ayrıldığının araştırılmasıdır. İkinci durum ise,

elimizdeki verilerin kaç sınıf veya kümeye ayrıldığının bilindiği ve yeni gelen gözlemlerin bu sınıflara yerleştirilmesi çalışmasıdır. Birinci durum denetlenmemiş öğrenme, ikinci durum ise denetlenmiş öğrenme olarak da adlandırılmaktadır (Henery, 1994).

Sınıflama çalışmalarında en önemli konu, hangi konuda sınıflama yapacağımıza karar vermemizdir. Konu belirlendikten sonra da veri yapısı ve uygulayacağımız yöntem de belirlenmelidir. Mesela, insanları sınıflandırmak istediğimizi varsayalım. İnsanları tanımlarken boy uzunlukları, ağırlıkları, cinsiyetleri, dinleri, eğitimleri, yaşları gibi ölçütleri esas alırız. Buradaki ölçütlerden kimisi sayısal değerlerle ifade edilebilirken, bazıları da sayısal olmayıp sözel değişkenlerdir. Burada hangi veri tipiyle çalışacağımızı önceden belirlemeliyiz. Bazı durumlarda her iki veri tipini de beraber kullanmak durumunda kalabiliriz. Kullanacağımız yöntemler veri yapısına göre değişiklik gösterebilir. Araştırmacının önsel bilgisi de bu yöntemleri belirlerken etkili olacaktır.

Sınıflama yöntemleri yukarıda da belirttiğimiz gibi temelde ikiye ayrılmaktadır:

- i. Bireylerin (Gözlemlerin) benzerliklerine göre sınıflara ayrılması. (Q Analiz Teknikleri: Diskriminant Analizi, Kümeleme Analizi, Lojistik Regresyon, Çok Boyutlu Ölçekleme)
- ii. Birbiriyle ilişkili olan değişkenlerin gruplandırılması (R analiz Teknikleri: Temel Bileşenler Analizi, Faktör Analizi, Korelasyon Analizi) (Tatlídil, 2002).

2.1.1. İstatistiksel Sınıflandırmanın Temel Prensipleri

İstatistiksel sınıflandırma çalışmalarında aşağıda verilen genel hususlara dikkat edilmesi, araştırmanın daha etkin ve verimli sonuçlar vermesine yardımcı olacaktır.

- i. Çalışmanın amacı ve istatistiksel öncelikler açıkça belirlenmelidir.
- ii. Sınıflandırmayı yapan araştırmacı, sınıflandırma çalışmasının hazırlığından ve sonuçlarından tam anlamıyla sorumlu olmalıdır.

iii. Çok iyi tanımlanmış bir sınıflandırma yapısı oluşturulmalıdır. İstatistiksel sınıflandırma için ihtiyaç görülen alt sınıflar veya kategoriler, mevcut bütün düzeyleri (sınıfları) temsil etmelidir.

iv. Yapılan çalışmalar için uygun bir zaman çizelgesi hazırlanmalı ve konunun uzmanlarının katkıda bulunabilmeleri için açık bir şekilde olmalıdır.

v. Tanımlanan düzeylerin (sınıfların) içeriklerinin veya tanımlayıcı bilgilerinin listesi hazırlanmalıdır.

vi. Çalışma için hazırlanan talimatlar, veri toplama ve analizlerinin diğer sınıflandırma çalışmalarının etkin kullanımı için de gereklidir.

vii. Yapılan çalışmalarda kullanılan rehberlik veya eğitim materyalleri, yeni bir sınıflandırma çalışmasının gelişim süreci için korunmalıdır (Hoffmann, 1999).

İstatistiksel sınıflama çalışmalarında konu hakkındaki önsel bilgi oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Bazı verilerin kararsızlık noktalarına düştüğü veya yeni bir sınıf sayısı konusunda anlaşmazlık olduğunda, araştırmacının konu hakkındaki bilgisi önem kazanacaktır. Oluşturulacak sınıfların veya kümelerin tanımı da iyi yapılmalıdır. Sınıfların oluşturulmasında aynı kavramların bir arada olmasından kaçınılmalı, sınıflar birbirlerinden kesin çizgilerle ayrılmalıdır. Yanlış sınıflama çalışmaları hem zaman hem de maliyet kaybına yol açacağından, bu kaybı en aza indirmenin ilk yolu da sınıfların tanımının en doğru biçimde yapılması ile gerçekleşecektir.

En basit hali ile istatistiksel sınıflandırma çalışmalarında şu ilkelerin olması istenmektedir (Hoffmann, 1999):

i. Kesinlik: Yapılan sınıflandırma çalışmalarının sonucunda yüksek bir oranda doğru sonuç istenir. Bazı çalışmalardaki hata payları diğerlerinden önemli olabilir. Bazen de hata oranını kontrol altında tutmak gerekebilir. Araştırmacı bu hususlara dikkat etmek zorundadır.

ii. Hız: Bazı koşullarda araştırmacının sınıflama hızı önemli bir sorun olabilir. % 90 oranında başarılı sınıflandırma yapmış ama çalışmasını daha hızlı yapan bir araştırmacı, % 95 oranında başarılı sınıflandırma yapmış bir araştırmacıya göre tercih edilebilir.

iii. Anlaşılabilirlik: Konu hakkındaki detaylı açıklama ve bilgiler, sadece konu uzmanı tarafından değil konuya ilgi duyan tüm araştırmacılar tarafından rahatça anlaşılabilmelidir.

iv. Zamanla Öğrenme: Araştırma sürecinde elde edilen yeni bilgilerin, verilerin sınıflara atanmasında etkisi olması beklenmektedir.

Yukarıda verilen dört madde; en temel ilkeler olmakla beraber bu maddelerin genel uygulanabilirliği, araştırmacının konuya yatkınlığı veya uzman yardımları alması ile de daha başarılı sonuçlar elde edilmesine yardımcı olacaktır.

2.2. Kümeleme Analizi

Kümeleme analizi, son yıllarda iş ve bilim alanında sıkça kullanılmaya başlanan çok değişkenli veri analiz yöntemlerinden biridir. Kümeleme Analizi, bireylerin ya da nesnelerin sınıflandırılmasını ayrıntılı bir şekilde açıklamak amacıyla geliştirilmiştir. Bu analiz tekniği, sınıflandırma çalışmalarının da temelini oluşturmaktadır.

Kümeleme Analizi, bir araştırmada incelenen birimleri aralarındaki benzerliklerine göre belirli gruplar içinde toplayarak sınıflandırma yapmayı, birimlerin ortak özelliklerini ortaya koymayı ve bu sınıflar ile ilgili genel tanımlamalar yapmayı sağlayan bir yöntemdir. Burada amaç; gruplanmamış verileri benzerliklerine göre sınıflandırmak ve araştırmacıya uygun, işe yarar özetleyici bilgiler elde etmede yardımcı olmaktır (Tatlídil, 2002). Başka bir ifade ile veriler arasındaki benzerlikler dikkate alınarak benzer verilerin aynı grupta veya kümede toplanmasını sağlamaktır.

Kümeleme Analizi, önceden belirlenen seçme kriterine göre birbirine çok benzeyen birey ya da nesneleri aynı küme içinde sınıflandırır. Analizin sonucunda oluşan kümelerin kendi içindeki homojenliği yüksek ve kümeler arası heterojenliği düşük olacaktır (Kalaycı, 2005).

Bütün bu tanımları derlersek; Kümeleme Analizi, $X_{p \times n}$ veri matrisinde yer alan ve doğal gruplamaları kesin olarak bilinmeyen bireyleri, değişkenleri ya da birey ve değişkenleri birbirleri ile benzer olan alt kümelere ayırmaya yardımcı olan yöntemler topluluğudur. Burada; p, değişken ve n, birim (gözlem) sayısıdır.

Kümeleme Analizi, temel olarak dört temel amaca yönelik görev yerine getirirler:

- i. n-tane birimi, nesneyi veya oluşumu p-tane değişkene göre olabildiğince kendi içinde homojen ve kendi aralarında heterojen alt gruplara (kümelere) ayırmak.
- ii. p-tane değişkeni, n-tane birimden elde edilen değerlere göre ortak özellikleri açıkladığı varsayılan alt kümelere ayırmak ve ortak faktör yapıları ortaya koymak.
- iii. Hem birimleri hem de değişkenleri birlikte ele alarak ortak n-birimi, p-değişkene göre ortaklık özellikli alt kümelere ayırmak.
- iv. Birimlerin p-değişken için elde edilen değerlere göre, izledikleri biyolojik ya da tipolojik sınıflamayı ortaya koymak (Öner, 2009).

Bu genel amaçların yanı sıra özel amaçlardan da söz edebiliriz:

- i. Gerçek tiplerin (cinslerin, ırkların) belirlenmesi
- ii. Model uydurmanın kolaylaştırılması
- iii. Gruplar için ön tahmin çalışması
- iv. Hipotezlerin testi
- v. Veri yapısının netleştirilmesi
- vi. Veri indirgenmesi (Veriler yerine kümelerin değerlendirilmesi)
- vii. Aykırı değerlerin bulunması (Tatlídil, 2002)

Kümeleme Analizi her türlü verilere uygulanabilir. Veri, genellikle fiziksel bazı süreçlerin gözlemleridir. Kümeler ise diğer kümelerdeki bireylere göre benzer olan bireylerin oluşturduğu gruptur. Buradaki benzerlik, matematiksel (sayısal veya sayısal hale getirebilen) benzerlik olarak tanımlanmıştır.

Kümeleme Analizi, araştırmada gözlenen bireylerin ya da nesnelerin ölçülen tüm değişkenler üzerindeki değerlerini hesaplayarak, ortaya çıkacak kümelere veya

gruplara odaklanmaktadır. Bireyler veya nesneler arasındaki benzerlikleri saptamak amacıyla uzaklık ölçüleri, korelasyon ölçüleri veya katsayıları karşılaştırma ölçütlerini kullanmaktadır. Veriler metrik ise Uzaklık veya Korelasyon, metrik değilse Karşılaştırma (Ortaklık) ölçütleri kullanılır. Genel olarak; bireyleri sınıflandırmak için uzaklık ölçüleri, değişkenleri sınıflandırmak için korelasyon ölçüleri kullanılır.

Kümeleme Analizi ve İstatistiksel Sınıflama kavramları iç içe gibi gözüke de aralarında önemli farklılıklar da vardır. Kümeleme Analizi (Denetlenmemiş Öğrenme); hangi küme veya gruba ait olduğu belli olmayan verileri en doğal sınıflarına ayrılma ve yerleştirme işlemi olarak da özetlenebilir. Veriler küme veya gruplara üyelik dereceleri ile atanırlar. Sınıflama (Denetlenmiş Öğrenme) Analizi ise tasnif edilmiş veriler için bir sınıflandırıcı yaratmak ve veri setine yeni bir veri geldiğinde ait olduğu kümeye yerleştirmek olarak tanımlanabilir. Önsel bilgi, kümeleme analizinin aksine çok önemlidir. Kümeleme Analizinin altı önemli adımı şu şekilde verilebilir:

1. Aykırı değerlerin belirlenmesi (ayıklanması)
2. Uzaklık ölçüsünün belirlenmesi
3. Kümeleme kriterinin belirlenmesi
4. Kümeleme algoritmasının belirlenmesi
5. Sonuçların geçerliliği
6. Sonuçların yorumlanması

Bu adımlara kısaca bakarsak;

Adım 1: Aykırı gözlemler verideki kötü ölçümlerdir. Genellikle ölçüm hatası veya insan hatasından kaynaklanırlar. Yaptığımız veri analizini negatif yönde etkileyeceğinden aykırı gözlemlerin ayıklanması en iyi sonucu elde etmek için önemli olabilmektedir.

Adım 2: Uzaklık ölçüsü; kümeleme analizi yapılacak veriler arasındaki benzerlik yada benzemezlik ölçüleridir.

Adım 3: Kümeleme kriteri, verilerin nasıl kümeleneceğinin belirlenmesidir. Mümkün kümeleme kriterleri olarak optimizasyon tabanlı kümeleme ve hiyerarşik kümeleme yöntemlerini sayabiliriz. Hiyerarşik Kümeleme ise En Yakın Komşuluk, En Uzak Komşuluk, Grup Ortalaması v.s. yöntemlerine ayrılmaktadır.

Adım 4: Seçilen Kümeleme kriteri ve uzaklık ölçüsü ile uygulama yapılacak bir algoritma belirlenerek analiz yapılır. En doğru analiz sonuçlarını elde etmek için birçok paket program ile veriye aynı analiz yöntemlerinin uygulanması da bir başka yöntemdir diyebiliriz.

Adım 5: Kümeleme Analizi sonucunda verilerin beklenildiği gibi kümelere dağılıp dağılmadığı araştırılır. Burada araştırılan konu hakkındaki uzman görüşlerinin önemi ve araştırmacının konu hakkındaki bilgisi önemli bir yer tutmaktadır.

Adım 6: Elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak yorumlanır. Burada elde edilen sonuçların tamamının kendi seçimlerimizle ilgili olduğunu da unutmamak gerekir. Uzaklık ölçüsü, kümeleme kriteri ve kümeleme algoritması değiştikçe sonuçlarda değişebilecektir.

2.2.1. Kümeleme Analizinin Alt Bölümleri

Kümeleme Analizi, birçok kaynakta farklı alt bölümlere ayrılmış olsa da temelde hangi alt bölümlere ayrılacağının kesin çizgileri yoktur (Grabmeier ve Rudolph, 2002; Hartigan, 1975). En çok bilinen ayırım hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan kümeleme şeklindedir. Bu ayırım kümeleme yönteminin seçimine göre yapılmaktadır. Diğer ayırımlar ise yöntem seçimlerine göre değil veri türüne veya özel amaçlara göre yapılmaktadır.

2.2.1.1. Hiyerarşik - Hiyerarşik Olmayan Kümeleme

Hiyerarşik Kümeleme: Küme sayısı veya verinin yapısı hakkında ön bilginiz olmadığında uygulanan kümeleme yöntemleridir.

Hiyerarşik Olmayan Kümeleme: Küme sayısı konusunda ön bilgi var ise ya da araştırmacı en iyi küme sayısını belirlemişse hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemleri tercih edilmektedir. Bazı kaynaklarda bölümlenmeli kümeleme olarak da adlandırılmaktadır (Hardle ve Simar, 2003).

2.2.1.2.Yığılmalı - Bölücü Kümeleme

Yığılmalı Kümeleme: Başlangıçta her bir birey bir kümedir ve algoritma, kümeleri uzaklıklarına göre birleştirerek sonuca ulaştırır.

Parçalayıcı (Bölücü) Kümeleme: Başlangıçta bütün bireyler tek bir kümeye aittir ve bölünerek kendi kümelerini oluşturmaya çalışılırlar.

2.2.1.3.Kesin - Bulanık Kümeleme

Kesin Kümelemede her bir birey tek bir kümeye aittir. Bulanık Kümelemede ise bireyler kümelere belirli bir üyelik derecesi ile bağlıdırlar.

2.2.1.4.Artan - Artmayan Kümeleme

Çok büyük veri setlerinde verinin sadece bir kısmını kıyaslamak gerekebilir. Tümevarım kullanmamız gereken kümeleme analizi artan olarak isimlendirilir. Tümünden gelim yöntemini kullanıyorsak artmayan ismini almaktadır.

2.2.1.5.Tekli - Çoklu Kümeleme

Tekli Kümeleme için bütün özellikler veriler arasındaki uzaklıkları hesaplamak için aynı anda birlikte kullanılırlar. Çoklu Kümelemede ise tüm özellikler tek bir anda hesaplama yapılmak suretiyle karşılaştırılır.

2.2.2. Kümeleme Analizine Eleştiriler

Kümeleme analizine, geniş bir uygulama alanı bulmasına karşılık bazı eleştiriler de yapılmaktadır. Bu eleştiriler yöntemin kendisinden çok uygulamadaki karşılaşılan problemlere karşılık yapılmaktadır (Aldenderfer ve Blashfield, 1984):

1. Birçok kümeleme analizi yöntemi, bazı çalışmalar için geniş bir istatistiksel yorumlama gerektirmeyen basit bir yöntemdir.
2. Kümeleme analizinin oluşmasında birçok disiplin rol oynamıştır ve bu disiplinlerin eleştirileri sayesinde geliştirilmiştir.
3. Aynı veri setine farklı kümeleme yöntemleri uygulandığında farklı çözümler bulunabilir.
4. Kümeleme analizinin stratejisi, sadece yapıları araştırmak üzerinedir.

Son yıllarda birçok istatistiksel paket programı, kümeleme analizi dahil her türlü istatistiksel konuda hızlı ve başarılı analizler yapabilmektedir. Fakat, her bir programın kullandığı algoritma ve yazılım dili farklı olduğundan aynı veri ve yöntemde bile farklı sonuçlar alınabilmektedir. Bu yüzden analiz sonuçlarının, sadece tek bir programa veya yönteme bağlı olarak çözülmesinin oluşturabileceği sakıncaları araştırmacının iyi analiz etmesi gerekmektedir.

2.2.3. Kümeleme Analizinde Topolojik Yapılar

Kümeleme Analizi uygularken, veri yapısına bağlı olarak dört farklı durumla karşılaşabiliriz. Verinin ve uygulanacak yöntemin durumuna göre bu dört farklı yapıyı şu şekilde tanımlayabiliriz (Oliveira ve Pedryz, 1988):

2.2.3.1. Katı Veri – Katı Yöntem

Klasik Kümeleme yönteminin de tarifini veren bu yapı, K-Ortalamlar yöntemi gibi bilinen kümeleme analiz yöntemlerini temsil etmektedir. Bu yapıda hiçbir

bulanıklık yoktur ve kümeler birbirlerinden oldukça iyi ayrılmışlardır. Her bir gözlem sadece bir kümeye aittir.

2.2.3.2.Bulanık Veri – Katı Yöntem

Bulanık verilere K-Ortalamlar gibi katı kümeleme yöntemlerinin uygulanmasıyla oluşan bu yapı, kısmi bulanık yapı olarak da adlandırılabilir. Genellikle LR-tipi bulanık verilerle analiz yapılmaktadır.

2.2.3.3.Katı Veri – Bulanık Yöntem

Katı verilere bulanık kümeleme analizinin uygulandığı bu yöntem de kısmi bulanık yapı olarak adlandırılır. Gözlemler birden çok kümeye kısmi üyelik dereceleri ile ait olabilmektedirler. Katı sayıların bulanıklaştırılarak hesaplama yapıldığı bu yöntem, normal kümeleme yöntemlerinin karar vermede zorlandığı veri yapılarında başarılı sonuçlar vermektedir.

2.2.3.4.Bulanık Veri – Bulanık Yöntem

Bulanık verilere bulanık kümeleme analizinin uygulanması tam bulanık yapı olarak adlandırılmaktadır. Bu yapıda, bulanık sayıların alt ve üst sınırlarının farklı kümelere, üyelik dereceleri ile ait olabilme imkânı vardır. Karar vermenin zor olduğu ve kararsızlık bölgelerinin çok olduğu durumlardaki kümeleme çalışmaları için oldukça uygundur.

Literatürde; yukarıda kısa tanımlamaları verilen bu dört farklı kümeleme analizi yapılarına uygun birçok kümeleme analiz teknikleri geliştirilmiştir. Araştırmacının veri yapısı hakkındaki önsel bilgisi, uygulayacağı yöntemi seçiminde de başarılı olmasını sağlayacaktır.

2.3. Bulanık Mantık

Problem çözümlerinde sistemler, gerçekliğin bir kısmının modellenmesi gibidir. Bütün sistem modelleri karmaşıklık, güvenilirlik ve belirsizlik kavramları arasındaki ilişkiler ile değerlendirilir. Matematiksel modeller ne kadar ayrıntılı olursa olsunlar gerçeği tam olarak yansıtamazlar. Çünkü gerçek dünya karmaşıktır. Bu karmaşıklık çoğu kez belirsizlikten, kesinlikten yoksunluk ve kararsızlıktan kaynaklanmaktadır. Belirsizlik iki kategoride incelenebilir. Bunlar; rasgelelik ve bulanıklıktır.

Rasgelelik, bir olayın meydana gelmesindeki belirsizliğin sayısal ölçüsüdür. En önemli özelliği sonuçların ortaya çıkmasında tamamen şans faktörü rol oynamakta ve gerekli öngörüler ve tahminler kesin bir doğrulukla yapılamamaktadır.

Sözel belirsizlikler bulanıklık adını alır. Bulanıklık; belirsiz anlamlılık, değişik yorumlar yapabilmek anlamına gelir. Ne kadar yetersiz veri varsa bulanıklık o kadar fazladır (Ulutağay, 2004).

Bulanık mantığın kilit kavramlarını, mantıkçılar ilk olarak 1920’lerde “Her şey bir derecelendirme sorunudur” fikri ile ortaya atmışlardır. Bulanık mantık ve çelişkiler üzerine yapılan modern incelemeler, bu yüzyılın başlarında Britanyalı filozof Bertrand Russell’in, eski bir Yunan paradoksunu gündeme getirmesiyle başlar. Bu paradoksa göre bir Giritli, bütün Giritlilerin yalancı olduğu ileri sürmektedir. Eğer Giritli yalan söylüyorsa aslında gerçeği söylüyordur. Dolayısıyla yalan söylemiyordur. Eğer Giritli yalan söylemiyorsa, o zaman gerçeği belirtiyor, dolayısıyla yalan söylüyordur. Bu durumda önerme hem doğrudur, hem yanlıştır. Çünkü her iki durumda da bir çelişki vardır. Russell, aynı paradoksu küme kuramında da bulur. Bütün kümelerin kümesi bir kümedir. Yani kendisinin de bir üyesidir. Ama bütün elemanların kümesi kendisinin bir üyesi değildir. Çünkü onun üyeleri elemanlardır, kümeler değil. Temeldeki çelişkiyi kavrayan Russell’in sorusu şudur: “Kendisinin üyesi olmayan bütün kümelerin kümesi, kendisinin bir üyesi midir?”. Öyle ise öyle değildir; öyle değilse öyledir. Böyle bir önermeyle daha doğrusu paradoksla karşılaşınca klasik mantık teslim olmaktadır (Tuna, 1994).

Polonyalı filozof Jan Lukasiewicz 1920’de Russell’dan bağımsız olarak; önermelerin ve ikili mantığın, bir ve sıfır değerleri arasında kesirli gerçeklik değerleri

alabildiği ikiden çok değer alabilen mantık değerlerini çıkarmıştır. Lukasiewicz'e göre mantıkta üç değerden bahsedilebilmekte ve doğru, yanlış ve ikisinin arasındaki değer olarak adlandırılmaktadır. Kuantum felsefecisi Max Black, 1937 yılında *Philosophy of Science*'da yayınlanan bir yazısında liste ya da nesnelerden oluşan kümelere çok değer alabilen mantık uygulayarak ilk bulanık küme eğrilerini çizmiştir. Black de Russell gibi kümeleri belirsiz olarak adlandırmıştır (Kosko ve Isaka, 1993).

Bulanık mantık yaklaşımı ilk olarak 1956 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde düzenlenen bir konferansta duyurulmasına karşın, ilk önemli çalışma Lofti A. Zadeh tarafından 1965 yılında yayımlanan ve bulanık mantık ile bulanık küme kuramını ortaya koyan makaledir. Zadeh (1965), "Bulanık Kümeler" adlı makalesinde bir kümenin tüm nesnelere Lukasiewicz'in mantığını uygulayarak bulanık kümeler için eksiksiz bir cebir geliştirmiştir. Bulanık kümeler kuramı yaklaşımı; belirsizlik ifade eden terimler ve kavramların, gelişigüzel bir ayrıma tabi tutulmaksızın belirsizliğe belirlilik dereceleri atayarak ikiden çok değer alabilen kümeler kuramı ve kapsamı içinde tanımlanmalarına yol açmıştır (Türkşen, 1985).

Zadeh (1965)'de bulanık mantığın temel özellikleri şu şekilde ifade edilmiştir;

- i. Bulanık mantıkta, kesin değerlere dayanan düşünme yerine, yaklaşık düşünme kullanılır.
- ii. Bulanık mantıkta her şey $[0,1]$ aralığında belirli bir derece ile gösterilir.
- iii. Bulanık mantıkta bilgi büyük, küçük, çok az gibi dilsel ifadeler şeklindedir.
- iv. Bulanık mantık çıkarım işlemi dilsel ifadeler arasında tanımlanan kurallar ile yapılır.
- v. Her mantıksal sistem bulanık olarak ifade edilebilir.
- vi. Bulanık mantık matematiksel modeli çok zor elde edilen sistemler için çok uygundur
- vii. Bulanık mantık, tam olarak bilinmeyen veya eksik girilen bilgilere göre işlem yapma yeteneğine sahiptir.

Bulanık mantık, belirsizliklerin anlatımı ve belirsizliklerle çalışabilmesi için kurulmuş katı bir matematik düzen olarak da tanımlanabilir. İstatistik ve matematik gibi nazari bilimler belirsizliklerle değil kesinliklerle çalışır. Fakat insanın yaşadığı ortam daha çok belirsizliklerle doludur. İnsan davranışlarındaki belirsizliklerin, önceden tahmin edilmesi zordur. Ama, belirli bir dereceye kadar tahmin etme çalışmaları ve yöntemleri bulunmaktadır. Bulanık mantıkta, gerçekler dâhil, her şey bir dereceye bağlı olarak açıklanabilmektedir (Zadeh, 1988).

Bulanık mantık, belirsizlik altında akıl yürütme ile çok değerli mantığın birleştirildiği mantıksal bir sistemdir. Geleneksel kümeler ile geleneksel mantık arasındaki ilişkinin bir benzeri, bulanık kümeler ile bulanık mantık arasında da vardır. Geleneksel kümelerdeki kesişim, birleşim ve tümlene işlemi, geleneksel mantıkta sırasıyla tümel evetleme, tikel evetleme ve/veya değilleme işlemcileri ile ilişkilidir. Derecelendirilmiş bir kavramlar teorisi olan bulanık küme teorisinin temelini üyelik fonksiyonları oluşturur. Bu nedenle, bulanık bir kümede yer alan bir elemanın üyelik fonksiyon değeri, bir önermenin bulanık mantıktaki doğruluk derecesi ile ilgilidir (Özkan, 2003).

Bulanık mantık, bulanık küme teorisine dayanan bir matematiksel disiplin olup, insan mantığında olduğu gibi, uzun-kısa, sıcak-soğuk, hızlı-yavaş, siyah-beyaz gibi keskin değerler yerine, çok uzun-uzun-orta-kısa-çok kısa, sıcak-ılık-az soğuk-soğuk-çok soğuk vb. gibi ara değerlere göre çalışmaktadır. Belirtilen bu ara değer terimleri sözel terimler olup bulanık değişkenler olarak isimlendirilir. Bulanık mantık için, gerçek dünyada her an değişen durumlarda değişik sonuçlar ortaya çıkabileceğinden, matematiğin gerçek dünyaya uygulanması denilebilir.

Bulanık mantık yaklaşımı; makinelere, insanların özel verilerini işleyebilme ve onların deneyimlerinden ve önsezilerinden yararlanarak çalışabilme yeteneği verir. Bu yeteneği kazandırırken de sayısal ifadeler yerine sembolik ifadeler kullanır ki bu sembolik ifadelerin makinelere aktarılması matematiksel bir temele dayanır. Bu matematiksel temel, bulanık mantık kümeler kuramı ve buna dayanan bulanık mantıktır.

Bulanık mantığın en geçerli olduğu iki durumdan söz edebiliriz. Birinci durum, incelenen olayın çok karmaşık olması ve bununla ilgili yeterli bilginin bulunmaması durumunda kişilerin görüş ve değer yargılarına yer verilmesidir. İkinci durum ise insan

muhakemesine, kavrayışlarına ve karar vermesine ihtiyaç gösteren hallerdir. Bulanık mantıktan, karmaşık da olsa karşılaşılan her türlü sorunun çözülebileceği anlamı çıkarılmamalıdır. Ancak, en azından insan düşüncesinin incelenen olayla ilgili olarak bazı sözel çıkarımlarda bulunması dolayısı ile en azından daha iyi anlaşılabilceği sonucuna varılabilir (Şen, 2001).

Bulanık mantık konusuna, yukarıda verilen avantajlarının yanı sıra dezavantajları da eleştirilere sebep olmaktadır. Bunları kısaca şu şekilde sayabiliriz (Yaralıoğlu, 2004):

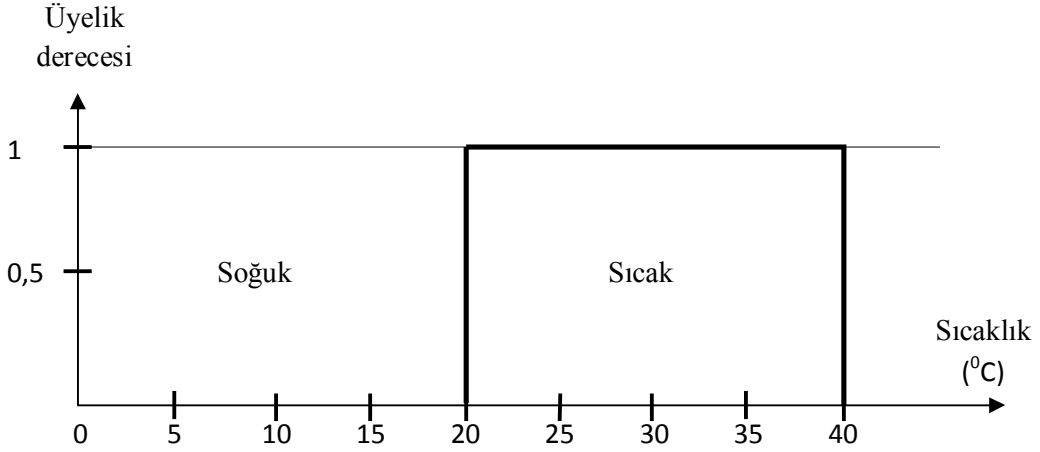
- i. Bulanık denetimlerde kullanılan kurallar, deneyimlere çok bağıdırlar. Her çalışmada geçmiş deneyimler söz konusu olamamaktadır. Bu sorun, oldukça büyük çalışmalarda zaman ve maliyet problemi çıkarabilmektedir.
- ii. Üyelik fonksiyonlarının seçiminde belirli bir yöntem yoktur. En uygun fonksiyon deneme ile bulunur. Bu da oldukça uzun zaman alabilir.
- iii. Denetlenen bir sistemin kararlılık analizi yapılamamakta ve sistemin nasıl cevap vereceği önceden tahmin edilememektedir. Yapılacak en iyi şey benzetim çalışması ile olası sorunları tahmin etmektir.

2.4. Bulanık Küme

Klasik küme kuramında bir eleman o kümenin ya elemanıdır ya da değildir, kısmi üyelik söz konusu olamaz. Nesnenin üyelik değeri 1 ise kümenin tam elemanı, 0 ise elemanı değildir. Klasik kümelerde elemanların üyelikleri $\{0,1\}$ değerlerini alır. Bulanık mantık, insanların günlük yaşantısında nesnelere verdiği üyelik değerlerini, dolayısıyla insan davranışlarını taklit eder. Örneğin; elini sıcak suya sokan bir kimse suyun ısısını tam olarak bilemez fakat sıcak, az sıcak, soğuk, çok soğuk gibi sözel belirteçler kullanabilir.

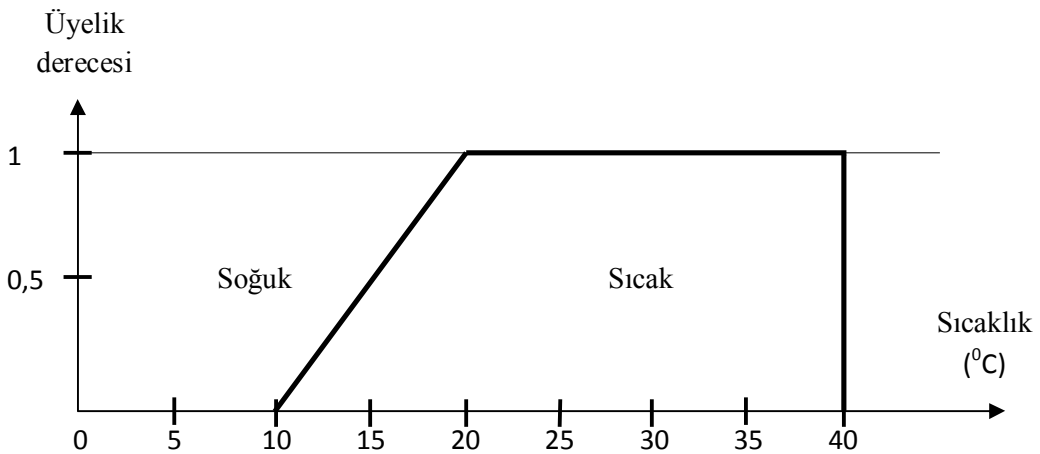
Klasik kümelere örnek olarak, Şekil 2.1. incelendiğinde, sıcaklığın 20°C 'nin altında olmasının soğuk, üstünde olmasının ise sıcak olarak nitelendirildiği görülür. Bu durumda $19,5^{\circ}\text{C}$ sıcak değildir. Doğal olarak bu mantığın esnekliği söz konusu değildir. Oysaki gerçek yaşamda ise, sınırlar bu kadar keskin çizgilerle nitelendirilemezler.

Klasik kümelerdeki bu keskin durumun aksine, bulanık kümelerde elemanların üyelik dereceleri $[0,1]$ aralığında sonsuz sayıda değerler alabilir. Keskin kümelerdeki soğuk-sıcak, hızlı-yavaş, aydınlık-karanlık gibi ikili değişkenler, bulanık mantıkta biraz soğuk, biraz sıcak, biraz aydınlık gibi esnek betimleyicilerle genişletilerek gerçek yaşam şartlarına benzetilirler.



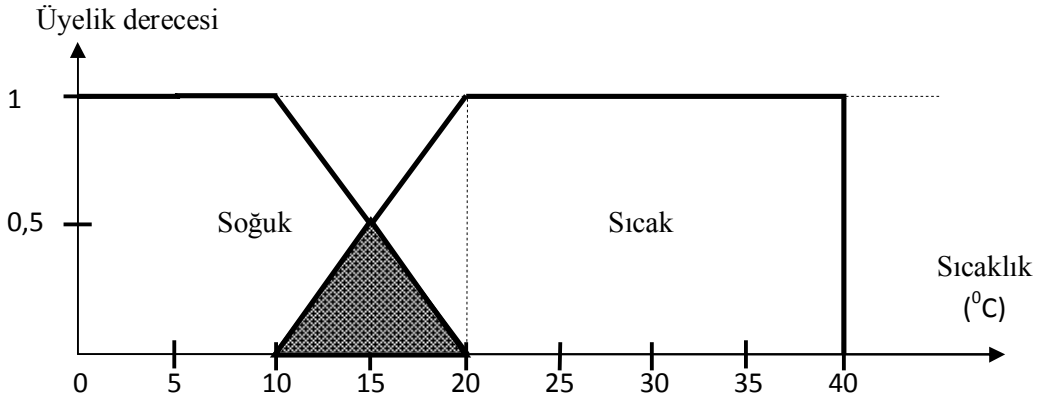
Şekil 2.1. Klasik küme için sıcaklık örneği

Bulanık kümelere örnek olarak, Şekil 2.2. incelendiğinde, 10-40 °C arasındaki değerler sıcak kümesine üyedirler. Buna karşılık 20-40 °C arasındaki sıcaklık değerleri 1 üyelik değerine sahipken, 10-20 °C arasındaki sıcaklık değerleri 0 ile 1 arasında değişen üyelik derecelerine sahip olacaktır. Örneğin 11 °C az sıcak, 15 °C ise biraz sıcak olarak değerlendirilebilir.



Şekil 2.2. Bulanık küme için sıcaklık örneği

20 °C'yi oda sıcaklığı kabul ederek soğuk bulanık kümesi oluşturulmak istendiğinde elde edilen Şekil 2.3. inceleyelim. 10-20 °C arasındaki değerlerin değişen üyelik dereceleriyle hem sıcak hem de soğuk bulanık kümesine ait oldukları ve dolayısıyla 15 °C değerinin de 0,5 üyelik derecesi ile hem sıcak hem de soğuk bulanık kümesine ait olduğu görülür. Şekilde taralı olarak gösterilen alan ilgili bulanık kümelerin kesişim bölgesidir ve bulanık kümelerin örtüşümü olarak isimlendirilir (Klir ve Yuan, 1995).



Şekil 2.3. Bulanık kümelerde örtüşüm

Bulanık Küme kavramı; hassasiyetin artırılması açısından, klasik kümelere göre daha uygun bir araç olarak görülebilir. Getirdiği yaklaşım; klasik küme kuramlarında kullanılan üyelik kavramını bir kenara bırakıp yerine tamamen yenisini koymak değil, iki-değerli üyeliği çok-değerliliğe taşıyarak üyelik kavramının genellemesini yapmaktır. Bulanık kümeler doğal dildeki belirsiz ve bulanık kavramları temsil etmemize ve onları matematiksel olarak ifade etmemizi mümkün kılarlar (Ünler, 2006).

Ω herhangi bir küme ve $\bar{A}$, Ω 'nın bulanık alt kümesi olmak üzere; $\forall x \in \Omega$ için Ω kümesini $[0,1]$ aralığına eşleştiren, $\bar{A}$ 'nın bir üyelik fonksiyonu $\bar{A}(x)$ ile gösterilsin. Eğer $\bar{A}(x_0) = 1$ ise x_0 , $\bar{A}$ bulanık alt kümesine aittir. $\bar{A}(x_1) = 0$ ise x_1 , $\bar{A}$ bulanık alt kümesine ait değildir. Eğer $\bar{A}(x_2) = 0.6$ ise x_2 'nin $\bar{A}$ bulanık alt kümesine üyelik derecesi 0.6'dır. $\bar{A}$ 'nın bir üyelik fonksiyonu olan $\bar{A}(x)$, daima 1 veya 0 değerleri alıyor ise $\bar{A}$, Ω kümesinin bir bulanık olmayan altkümesidir. Bulanık kümelerin hemen hepsinde bulanık sayılar kullanılır (Buckley, 2006).

2.4.1. Bulanık Sayı

Bulanık veri nedir sorusuna verilecek en iyi cevap, insan yargıları veya sözel ifadeler olarak gösterilebilir. Yargılar veya ifadeler kişiden kişiye göre değişmektedir. Bulanık sayı, sübjektif değerlendirmelerin sonucu ortaya çıkan belirsizlikleri tanımlamada etkin biçimde kullanılmaktadır. Duygularımızı veya algılarımızı sayısallaştırmak veya sıralamak istediğimizde, içinde bulunduğumuz durum veya şartlara göre her seferinde farklı sıralamalarda bulunuruz. Bulanık tekniklerin asıl amacı, verilerdeki belirsizlikleri de çalışmaya dâhil etmektir. Bulanık veri ile hesaplanan modeller, belirsizlikleri kabul etmeyen veya hesaplamaya dâhil etmeyen modellere nazaran veri hakkında daha fazla bilgi verebilmektedirler. Katı sayılar, bulanık sayıların özel bir hali olarak da görüldüğünde, bulanık veriler ile hesaplanan modeller daha genelleştirilmiş halidir (D'Urso ve Gastaldi, 2002).

Bulanık sayının genel bir tanımı Buckley ve Elsami (2002), Klir ve Yuan (1995), Kaufmann ve Gupta (1991) çalışmalarında bulunabilir. Ancak bu çalışmada, bulanık sayılardan, uygulamalarımızda kullanılacak olan LR-tipi ve üçgensel bulanık sayılar ile ilgili bilgilerin verilmesi yeterli görülmüştür.

2.4.2. LR-tipi Bulanık Sayı

Dubois ve Prade (1980), LR-tipi bulanık sayı kavramı hakkında ilk önemli çalışmayı yapmışlardır. A , LR-tipi bulanık sayısı şu şekilde gösterilir: $A = (c, l, r)_{LR}$. Burada c merkez noktayı, l sol aralık değerini, r ise sağ aralık değerini ifade etmektedir. Burada, sol ve sağ aralık birbirlerine eşit değildirler. Eğer sol ve sağ aralık birbirlerine eşit olursa, o bulanık sayı L-tipi (veya R-tipi) bulanık sayı olarak adlandırılır. LR-tipi bulanık sayısı, L-tipi bulanık sayısının genelleştirilmiş halidir.

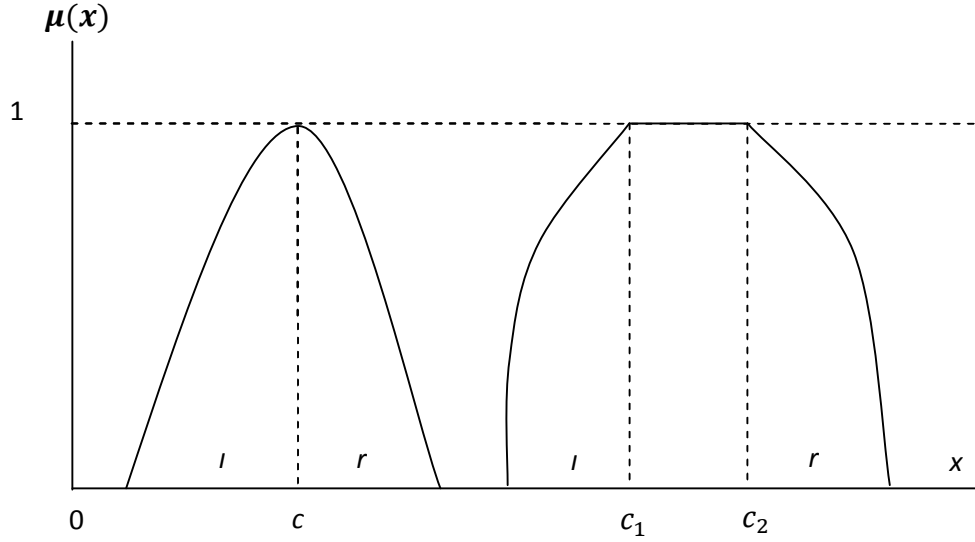
LR-tipi bulanık sayısı için üyelik fonksiyonu şu şekilde formüle edilmektedir (Chen ve ark., 1992):

$$\mu_A(x) = \begin{cases} L\left(\frac{c-x}{l}\right), & x \leq c, \quad l > 0 \\ R\left(\frac{x-c}{r}\right), & x > c, \quad r > 0 \end{cases} \quad (2.1)$$

Eğer $l = r = 0$ olursa, A sayısı kesin bir sayı olarak nitelendirilecektir. Bazı durumlarda tepe noktası birden fazla olabilir. Mesela iki tepe noktasına sahip LR-tipi bir bulanık sayı $A = (c_1, c_2, l, r)_{LR}$ ile gösterilir ve (2.2) formülündeki gibi tanımlanmaktadır (Chen ve ark., 1992):

$$\mu_A(x) = \begin{cases} L\left(\frac{c_1 - x}{l}\right), & x \leq c_1, & l > 0 \\ 1, & c_1 \leq x \leq c_2 \\ R\left(\frac{x - c_2}{r}\right), & x \geq c_2, & r > 0 \end{cases} \quad (2.2)$$

Şekil 2.4.'de tek tepe noktalı ve iki tepe noktalı LR-tipi bulanık sayı verilmiştir.



Şekil 2.4. LR-Tipi bulanık sayı

Bazı kaynaklarda tek tepe noktalı LR-tipi bulanık sayıya LR-I tipi bulanık sayı, iki tepe noktalı LR-tipi bulanık sayıya ise LR-II tipi bulanık sayı da denmektedir (D'Urso, 2007).

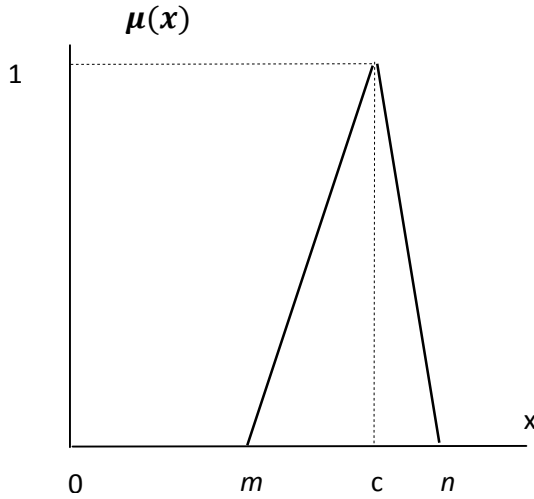
2.4.3. Üçgensel Bulanık Sayı

Üçgensel bulanık sayısı LR-tipi bulanık sayısına benzemekle beraber daha sınırlıdır. Bacaklar yani sayının tepe noktasından başlangıç veya bitiş noktalarına uzaklıkları doğrusaldır. B , bir üçgensel bulanık sayı olmak üzere $B = (c, m, n)$ ile

gösterilir. Burada c merkez noktayı, m en düşük sınır değerini, n ise en yüksek sınır değerini ifade etmektedir. B üçgensel bulanık sayısı (2.3) numaralı formüldeki gibi gösterilir (Chen ve ark., 1992):

$$\mu_B(x) = \begin{cases} 0, & x \leq m \\ \frac{x-m}{c-m}, & m < x \leq c \\ \frac{c-x}{n-c}, & c < x \leq n \\ 0, & x > n \end{cases} \quad (2.3)$$

Üçgensel bulanık sayı, LR-tipi bulanık sayısının alt kümesidir. Üçgensel bulanık sayı, Şekil 2.5.' de verildiği gibidir.



Şekil 2.5. Üçgensel bulanık sayı

Yukarıda belirtilen bulanık sayıların haricinde; üçgensel biçimli bulanık sayı, yamuk bulanık sayı, Gausyan bulanık sayı, S-şekilli bulanık sayı gibi özel bulanık sayı çeşitleri literatürde uygulama alanı bulmaktadırlar (Clark ve ark., 2008).

2.4.4. LR-tipi Bulanık Sayılar için Matematiksel İşlemler

M ve N iki farklı bulanık sayı olmak üzere; bu sayılar ile işlem yapmak için $M = (m, \alpha, \beta)_{LR}$ ve $N = (n, \gamma, \delta)_{LR}$ gösterimi kullanılacaktır.

LR-tipi bulanık sayılarda matematiksel işlemler aşağıdaki gibi özetlenebilir (Pedrycz ve Gormide, 1998):

$$1. \text{ Toplama: } (m, \alpha, \beta)_{LR} \oplus (n, \gamma, \delta)_{LR} = (m + n, \alpha + \gamma, \beta + \delta)_{LR}$$

$$2. \text{ Tersi: } -(m, \alpha, \beta)_{LR} = (-m, \beta, \alpha)_{RL}$$

(Bulanık bir sayının tersi alınırken sağ ve sol aralıklar yer değiştirirler.)

$$3. \text{ Çıkarma: } (m, \alpha, \beta)_{LR} \ominus (n, \gamma, \delta)_{RL} = (m - n, \alpha + \delta, \beta + \gamma)_{LR}$$

$$4. \text{ Çarpma: } M \text{ ve } N \text{ iki bulanık sayı olmak üzere;}$$

Eğer $M > 0, N > 0$:

$$(m, \alpha, \beta)_{LR} \otimes (n, \gamma, \delta)_{LR} \approx (mn, m\gamma + n\alpha, m\delta + n\beta)_{LR}$$

Eğer $M > 0, N < 0$:

$$(m, \alpha, \beta)_{RL} \otimes (n, \gamma, \delta)_{RL} \approx (mn, m\alpha - n\delta, m\beta - n\gamma)_{RL}$$

Eğer $M < 0, N > 0$:

$$(m, \alpha, \beta)_{RL} \otimes (n, \gamma, \delta)_{RL} \approx (mn, n\alpha - m\delta, n\beta - m\gamma)_{RL}$$

Eğer $M < 0, N < 0$:

$$(m, \alpha, \beta)_{LR} \otimes (n, \gamma, \delta)_{LR} \approx (mn, -n\alpha - m\delta, -n\beta - m\gamma)_{RL}$$

5. Bir sabit sayı ile bulanık bir sayıyı çarpma işlemi ise şu şekilde olmaktadır:

$$\text{Eğer } c \text{ sayısı pozitif ise; } c(m, \alpha, \beta)_{LR} = (cm, c\alpha, c\beta)_{LR}$$

$$\text{Eğer } c \text{ sayısı negatif ise; } c(m, \alpha, \beta)_{LR} = (cm, -c\beta, -c\alpha)_{RL}$$

6. Bölme: Aralık değerlerinin küçük değerler aldığı varsayımı altında bölme işlemi yaklaşık olarak şu şekilde olacaktır:

$$(m, \alpha, \beta)_{LR} / (n, \gamma, \delta)_{LR} \approx \left(\frac{m}{n}, \frac{\delta m + \alpha n}{n^2}, \frac{\gamma m + \beta n}{n^2} \right)_{LR}$$

R' deki bir bulanık sayı, R' de konveks ve normal olan bir bulanık alt kümedir. Bir bulanık sayı güven aralığının bir genelleştirilmesi olarak göz önüne alınabilir. Fakat bu hiçbir zaman bir rassal değişken değildir. Rassal değişken olasılık kuramında tanımlı bir kavramdır. Bir rassal değişken objektif iken, bulanık sayı subjektiftir (Kaufmann ve Gupta, 1991).

Literatürde bulanık veri ile yapılmış birçok çalışmalar bulunmaktadır. Farklı uygulama alanlarındaki bu çalışmalardan bazıları şunlardır: Balistik (Celmins, 1991), yiyecek kimyasalları (Kallithraka ve ark., 2001), grupların görüş birliği ve çoklu karar verme (Raj ve Kumar, 1999), denizcilik ve güvenliği (Sii ve ark., 2001), nükleer enerji (Moon ve Kang, 1999), yazılım programlarının güvenilirliği (D'Urso ve Gastaldi, 2002), çay gelişimi (Hung ve Yang, 2005), askeri uygulamalar (Cheng ve Lin, 2002), makine öğrenmeleri (Chung ve Chang, 2003), karar ağacı analizi (Huang ve ark., 2001) ve termal algılama analizi (Hamdi ve ark., 1999).

3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

3.1. Bulanık Kümeleme Analizi

Bellman ve ark.(1966), bulanık kümelerin kümeleme analizinde kullanımını ilk öneren araştırmacılarıdır. Bulanık Kümeleme Analizi; verileri kümelemek için bulanık teknikler kullanılır ve bu tekniklerde bir nesne birden fazla kümeye sınıflandırılabilir. Bu tip algoritmalar gerçek sayıların belirsizliğini ele aldığından, günlük yaşamın tecrübelerine uygun kümeleme şekillerinin ortaya çıkmasına yardımcı olur.

Bu yaklaşım, kümeler birbirinden belirgin bir şekilde ayrılmıyorsa ya da üyeliklerinde bazı birimler küme üyeliğinde kararsızsa uygun bir yöntem olarak ortaya çıkmaktadır. Bulanık kümeler kümedeki birimin üyeliği olarak tanımlanan 0 ile 1 arasındaki her değeri alabilen fonksiyonlardır. Birbirine çok benzeyen birimler aynı kümede yüksek üyelik derecesine göre yer alırlar.

Diğer kümeleme yöntemlerine benzer olarak Bulanık Kümeleme de uzaklık ölçümlerine dayanır. Bu uzaklık ölçülerinden hangisinin seçileceği küme yapısına ve kullanılan algoritmaya bağlıdır. Bulanık Kümelemenin kullanışlı bazı özelliklerini şu şekilde sıralayabiliriz:

- i. Yorum açısından kullanışlı olan üyelik değerleri sağlar.
- ii. Uzaklık kullanımı konusunda esnektir.
- iii. Üyelik değerlerinin bazıları bilindiğinde sayısal optimizasyonla birleştirilebilir (Naes ve Mevik, 1999).

Bulanık Kümeleme analizinin klasik kümeleme yöntemlerine göre avantajı, veri hakkında daha detaylı bilgi vermesidir. Verilerin diğer kümelere de kısmi üyelik değerlerine sahip olmaları, bu bilgilerin sosyal ve ekonomi gibi alanlarda yorumlanmalarına yardımcı olmaktadır. Diğer taraftan dezavantajları da vardır. Çok sayıdaki birey ve küme durumunda çok fazla çıktı olacağından, özetlemek ve bilgiyi tasnif etmek zordur. Ayrıca bulanık kümeleme algoritmaları genellikle karmaşık

yapıdadırlar ve daha çok belirsizlik söz konusu olduğunda kullanılmaları daha başarılı sonuçlar vermektedir.

Bulanık Kümeleme Algoritmalarını iki kategoriye ayırabiliriz. Bir tanesi bulanık kümeleme içi bulanık ilişkileri, diğeri ise amaç fonksiyonunu kullanır. Bulanık ilişkilere dayalı kümeleme, bireyler veya gözlemler arasındaki ilişkisel yapıyla ilgilenir. İlişkiler, benzerlik veya benzemezlik ölçülerine göre hesaplanır ve yorumlanır.

Amaç fonksiyonuna dayalı algoritmalar ise kümeleme problemini optimizasyon problemi haline dönüştürerek çözümlemeyi amaçlar. Bu yöntemde küme içindeki benzersizliği ölçmek için amaç fonksiyonu kullanılır ve bu amaç fonksiyonu minimize edilerek en iyi bölünme elde edilmeye çalışılır. Bu algoritmaların kullanılabilmesi için küme sayısının ve küme prototiplerinin nasıl olacağının bilinmesi gerekir. Bu tip bilgilere ulaşmak çoğu zaman zor olduğundan, araştırmacı çeşitli değerleri deneme yoluyla problemi çözmeye çalışabilir. Ayrıca bu tip algoritmalar, kümeleme sürecinin başlangıç değerlerine karşı oldukça duyarlıdırlar.

Bulanık Kümeleme Yöntemleri, diğer kümeleme yöntemlerinin aksine veri uzayındaki her bir bireyin elde bulunan bütün kümelerle belirli ölçüde girmesine izin veren üyelik fonksiyonları kullanırlar. Bu üyelik değerleri, veri setinin ve kümelerin doğasını anlama açısından oldukça önemlidir. Hiyerarşik kümeleme gibi diğer kümeleme yöntemleri sonuç olarak kesin küme ayrımları verir ve bireylerin bu kümelerle üyelik dereceleri ya 0'dır ya da 1'dir. Oysa bulanık kümeleme de bireylerin üyelik dereceleri 0 ile 1 arasındadır ve bireylerin bütün kümelerle üyelik dereceleri toplandığında 1 elde edilir. Küme merkezi bizzat veri elemanının kendisi olmadığı sürece hiçbir zaman 1 değerini almamaktadır. Burada, küme üyelik dereceleri u_{ij} olmak üzere;

$$u_{ij} > 0 \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, c \quad (3.1)$$

ve

$$\sum_{j=1}^c u_{ij} = 1 \quad (3.2)$$

şeklinde gösterilebilir. Burada küme sayısı olan c , kümeleme işlemi boyunca sabittir. Ancak c 'nin farklı değerleri denenip, en iyi sonucu veren küme sayılarından biri seçilebilir. Burada araştırmacının konu hakkındaki önsel bilgisi veya uzman görüşleri, en uygun sayının belirlenmesinde çok önemli bir yer tutmaktadır.

Sık kullanılan Bulanık Kümeleme Algoritmalarını şu şekilde sınıflayabiliriz:

- a) Geleneksel Bulanık Kümeleme Algoritmaları
 - i. Bulanık C-Ortalamlar Algoritması
 - ii. Gustafson-Kessel Algoritması
 - iii. Gath-Geva Algoritması
- b) Prototipi Farklı Geometrik Şekle Sahip Kümeleme Algoritmaları
 - i. Bulanık C-Regresyon Algoritması
 - ii. Bulanık C-Hatlar Algoritması
 - iii. Uyarlamalı Bulanık Kümeleme Algoritması
 - iv. Kabuk Prototip Algoritması

Bu sınıflandırmada literatürde sıkça kullanılan bulanık kümeleme algoritmaları dikkate alınmıştır.

3.1.1. Geleneksel Bulanık Kümeleme Algoritmaları

Çoğu bulanık kümeleme algoritmaları daha önce de belirttiğimiz gibi amaç fonksiyonuna dayanmaktadır. Amaç fonksiyonuna dayanan bulanık küme algoritmalarında, her kümeyi bu kümenin prototipleri temsil etmektedir. Burada küme prototipi; küme merkezi, kümenin şekli ve kümenin boyutu gibi küme hakkında bilgiler içermektedir.

Verilen bir bireyin hangi kümeye gireceğini gösteren üyelik dereceleri, veri noktası ile küme merkezi arasındaki uzaklık hesaplanarak bulunur. Veri noktası hangi küme merkezine yakınsa, o kümeye ilişkin üyelik derecesi daha büyük olacaktır. Genel olarak amaç, veriler ile küme merkezleri arasındaki uzaklığın minimum ve üyelik derecelerinin maksimum olmasını sağlamaktır diyebiliriz. En çok kullanılan algoritmalar aşağıda verilmiştir. Erilli (2009) çalışmasında, konu hakkında detaylı bilgi bulunabilir.

3.1.1.1. Bulanık C-Ortalamalar Algoritması

Dunn (1974) tarafından tanıtılan bu yöntem, Bezdek (1981) tarafından geliştirilmiş ve yaygınlaştırılmıştır. Bulanık C-Ortalamalar (BCO) algoritması, amaç fonksiyonuna dayanan bütün kümeleme tekniklerinin temelini oluşturmaktadır. BCO algoritması sonuçlandığında, p boyutlu uzaydaki noktalar küresel bir şekil halini alır. Bu kümelerin yaklaşık olarak aynı boyutta olduğu varsayılır. Her bir kümeyi, küme merkezleri temsil eder ve bunlara prototip denir. BCO, uzaklık ölçüsü olarak veriler ile küme merkezi arasındaki Öklid uzaklığını kullanır.

Bu tekniğin uygulanabilmesi için, küme sayısının ve bireylerin kümeye üyelik derecelerinin önceden bilinmesi gerekmektedir. Bu tür parametreler, önceden bilinmesi zor olduğundan, deneme yanılma yoluyla ya da geliştirilen bazı tekniklerle bulunabilir.

BCO kümeleme yöntemi için kullanılan amaç fonksiyonu şu şekildedir:

$$J_m(U, V) = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^c u_{ij}^m \|x_j - v_i\|^2 \quad (3.3)$$

Bu fonksiyon en küçük kareler fonksiyonudur. $\|x_j - v_i\|$, j.nci gözlem (x_j) ve i.nci küme merkezi (v_i) arasındaki Öklid uzaklığıdır. n parametresi gözlem sayısını, c küme sayısını ve m ise bulanıklık indeksini gösterir.

Amaç fonksiyonu, c'nin her değeri için minimize edilirse diğer bir değişle v_i 'lere göre 1. dereceden türev alınıp 0'a eşitlenirse BCO Algoritmasının prototipi şu şekilde olacaktır:

$$u_{ij} = \left[\sum_{k=1}^c \left(\frac{\|x_j - v_i\|^2}{\|x_j - v_k\|^2} \right)^{\frac{1}{m-1}} \right]^{-1}, \quad 1 \leq i \leq c; 1 \leq j \leq n \quad (3.4)$$

Bulanıklık indeksi m , BCO algoritması için önemli bir parametredir. Eğer $m=1$ alınırsa; Bulanık C-Ortalamlar algoritması, Klasik C-Ortalamlar algoritmasının genelleştirilmiş bir hali olacaktır. Fakat BCO algoritması 0'a bölüm hatasına yol açabilmektedir. Bu yüzden m değeri genelde 1 olarak kullanılmamaktadır (Höppner ve ark., 1999). Eğer m değeri çok büyük seçilirse bireylerin etkileri çok küçük olacaktır ve bireylerin kümeler üyeliği dereceleri yaklaşık olarak $1/c$ olacaktır. Uygulamalarda genellikle m değerinin en uygun değeri olarak 2 alınmaktadır.

BCO Algoritması uygulandıktan sonra hangi bireyin hangi kümeye gireceğine karar vermek için üyelik dereceleri kullanılır. Her bir bireyin üyeliğinin en büyük olduğu kümeye bakılır ve bu bireyler o kümeye dâhil edilir. Ancak her bir birey diğer kümeler de belli bir üyelik dereceleri ile girebilir. BCO, küme merkezlerini ve her veri noktası için üyelik derecelerini iterasyon yöntemi ile günceller ve küme merkezlerini veri seti içinde olması gereken yere taşır.

BCO Algoritmasının sonucu, başlangıçta rasgele üretilen değerlere oldukça bağlıdır. Bu yüzden rasgelelikten kaynaklanan problemleri ortadan kaldırmak için çeşitli algoritmalar geliştirilmiştir ve geliştirilmeye devam edilmektedir. Küme merkezlerinin ilk yerleri, başlangıçta değeri rasgele atanan üyelik derece matrisi U kullanılarak oluşturulduğu için, BCO optimal sonuca yaklaşmayı garanti etmeyecektir (Sintas ve ark., 1999).

3.1.1.2. Gustafson-Kessel Algoritması

Gustafson-Kessel algoritması, küresel kümeler yerine, elipse benzeyen kümeleri teşhis etmek için geliştirilmiş bir bulanık kümeleme algoritmasıdır. Bulanık C-Ortalamlar yöntemi bu tip kümelerde iyi sonuçlar verememektedir.

Gustafson ve Kessel (1979) bulanık kümeleme yönteminde Öklid uzaklığı yerine Mahalanobis uzaklığı kullanmışlardır. Bu algoritmada, Bulanık C-Ortalamlar

algoritmasıyla karşılaştırıldığında, küme merkezlerine ek olarak her bir küme simetrik ve pozitif tanımlı bir A kovaryans matrisine sahiptir. Bu matris; X veri kümesi olmak üzere, her küme için $\|X\|_A = \sqrt{X^T A X}$ normuna sebep olur. Burada bu matrislerin rasgele olarak alınması, uzaklıkların küçük olmasına sebep olabilir. Amaç fonksiyonunun, girişleri yaklaşık olarak sıfır olan matris tarafından minimize edilmesini önlemek için, $\det(A)=1$ olacak şekilde sabit hacimli kümeler gerekmektedir. Burada sadece küme biçimleri değişkendir, küme büyüklükleri değişken değildir.

Gustafson-Kessel algoritmasının amaç fonksiyonu şu şekildedir.

$$J(X, U, V) = \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^N u_{ik}^m (x_k - v_i)^T A_i (x_k - v_i) \quad (3.5)$$

Burada, $(x_k - v_i)^T A_i (x_k - v_i)$ k .nci gözlem ile i .nci küme merkezi arasındaki mahalanobis uzaklığıdır. A_i ise $A_i = \sqrt{\det(F_i)} F_i^{-1}$ olacak şekilde pozitif tanımlı bir matristir ve F_i bulanık kovaryans matrisi (3.6) eşitliği ile tanımlanır.

$$F_i = \frac{\sum_{k=1}^N u_{ik}^m (x_k - v_i)(x_k - v_i)^T}{\sum_{k=1}^N u_{ik}^m} \quad (3.6)$$

3.1.1.3. Gath-Geva Algoritması

Gath ve Geva (1989) algoritması, kümelerin yoğunluğunu ve boyutlarını da dikkate alan Gustafson-Kessel algoritmasının daha gelişmiş bir halidir diyebiliriz. Bu yaklaşım, amaç fonksiyonunu optimize etmeye dayanmaz. Gath-Geva algoritması, maksimum olabilirlik tahmin edicisinin bulanıklaştırılmasından elde edilen deneye dayalı bir metottur. Ana düşüncesi, veri noktalarının p -boyutlu normal dağıldığının varsayılmasıdır.

Eğer Gath-Geva algoritması, Bulanık C-Ortalamalar ve Gustafson-Kessel algoritmalarının kullanıldığı tekniğe göre uygulanırsa yani J amaç fonksiyonu minimize edilirse, prototipler için elde edilmesi gereken eşitlikler analitik olarak çözülemeyecektir. Bu durumda Gath-Geva algoritmasının, olasılık teorisinin temelleri

üzerine kurulmuş iyi bir çalışma olduğu söylenebilir. Gath-Geva algoritması, Bulanık C-Ortalamalar ve Gustafson-Kessel algoritmalarının teşhis edebileceği bütün örnekleri başarıyla kümeler. Ayrıca, düşük yoğunluklu ve geniş bir alana yayılmış kümeleri de kolayca teşhis edebilir. Uzaklık fonksiyonunun içinde üstel fonksiyonun yer almasından dolayı, tüm uzaklıklar hemen hemen yakın ve uzak iki aralığa bölünür. Uzaklıklar, üyeliklerin 0 ile 1 den başka herhangi bir değer olması durumunda üstel fonksiyondan kaynaklanan çok fazla artış alacaktır.

3.1.2. Prototipi Farklı Geometrik Şekle Sahip Kümeleme Algoritmaları

Bulanık kümeleme yöntemi ile veriler arasındaki doğrusal bağımlılıklar da teşhis edilebilir. Geleneksel regresyon tekniklerinin aksine, birkaç küme çok karmaşık parçalanmış doğrusal ilişki ile temsil edilebilir. Bu doğrusal ilişkilerde fonksiyonları tahmin etmek için bulanık kural tabanlı yapılar oluşturulabilir. Bulanık kümeleme yöntemleri ile daire çevresi, elips çevresi, parabol şekilli küme prototipleri de teşhis edilebilir. Erilli (2009) çalışmasında bu konu hakkındaki detaylı bilgiler bulunabilir. Sık kullanılan algoritmalar kısaca aşağıda verilmiştir.

3.1.2.1. Bulanık C-Regresyon Algoritması

Hathaway ve Bezdek (1993) doğrusal prototipleri teşhis edebilmek için bu kümeleme yöntemini geliştirmişlerdir. Benzersizlik ölçüsü olarak Klasik En Küçük Kareler yöntemine dayanan algoritma, doğrusallar arasındaki karesel uzaklığı kullanır.

Amaç fonksiyonu parametrelere göre minimize edilerek doğrusal prototipler elde edilirler ve bu prototiplerden elde edilen fonksiyon, bulanık bölünme matrisi U ile Ağırlıklandırılmış En Küçük Kareler probleminin bir çözümü olarak elde edilebilir.

3.1.2.2.Bulanık C-Hatlar Algoritması

Bulanık C-Hatlar Algoritması; hat, düzlem ve hiper düzlem gibi yapıları teşhis etmek için geliştirilmiştir (Bock, 1979; Bezdek ve ark., 1981). Her bir küme r boyutlu hatlar ile temsil edilir. Burada $r \in \{0, \dots, p - 1\}$ veri uzayının boyutundan küçük olmak zorundadır ve p ise veri uzayının boyutudur. Her bir küme dikgen birim ile tanımlanır ve bir hiper düzlemi temsil eder.

Bulanık C-hatlar algoritmasını elde etmek için Bulanık C-Ortalamlar algoritmasına kovaryans matrislerinin ve r -özvektörlerinin hesaplanmasının dâhil edilmesi gerekmektedir.

3.1.2.3.Uyarlamalı Bulanık Kümeleme Algoritması

Dave (1990) tarafından, düz hatlar yerine düz hat bölümlerini teşhis etmek için, uyarlamalı bulanık kümeleme algoritması geliştirilmiştir. Eliptotip merkezleri ve hat bölümleri üzerindeki noktalar arasındaki uzaklık dikkate alınarak, hat bölümleri farklı kümelere girerler. Bu algorithmada uzaklık ölçüsü olarak değiştirilmiş Bulanık C-Hatlar algoritması uzaklığı kullanılır.

Bu uzaklıklar yardımıyla, düz hatlar şeklinde yayılan küme yapıları elde edilmeye çalışılır. Bu algoritma iki boyutlu uzayda başarılı sonuçlar verebilmektedir. İki'den daha fazla boyut olduğu zaman özdeğerlerden biri veya birkaçı 0 olabilmektedir. Bu ise küme yapısını küresel bir hale getirmektedir. Algoritma; veri yapısına bağlı olarak, düzlem içindeki kümeler dairesel bir genişlemeye sahip olmasına rağmen ideal düz hatları araştırmaya devam eder.

3.1.2.4.Bulanık C-Eliptotip Algoritması

Bezdek ve ark. (1981) tarafından tanıtılan bu algoritma, öklid uzaklığının doğrusal kombinasyonunun Bulanık C-Ortalamlar algoritmasına uyarlanmasıyla elde edilmiştir. Bulanık veri kümelerinin elipsoidal bir şekil almaya başladığı çok boyutlu uzayda, bu yöntem başarılı sonuçlar vermektedir.

3.1.2.5.Kabuk Prototipler

Klawonn ve ark. (1997) doğrusal olmayan eğri prototiplerini teşhis etmek için Kabuk Prototip algoritmalarını tanıtmışlardır. Daire çevresi, elips çevresi, hiperbol yapı, parabol yapıları gibi çok boyutlu şekillere sahip yapıları teşhis etmek için kullanılır

Genel olarak Kabuk Prototip algoritmalarının sonuç kümeleri başlangıç değerlerine oldukça bağlıdır. Kabuk Prototip algoritmalarının başlangıç değerleri Bulanık C-Ortalamalar algoritmalarından alınabilir. Buradan da Kabuk Prototip algoritmalarının bir derece küresel kümeleme yöntemleriyle ilgili olduğu söylenebilir.

Bulanık C-Kabuk algoritmasının, Newton algoritmasından kaynaklanan karmaşık yapısı ve küme prototipleri eşitliklerinin kesin olarak çözülmemesinden dolayı farklı uzaklık ölçülerini kullanan algoritmalar geliştirilmiştir. Bunlara örnek vermek gerekirse, Bulanık C-Küresel Kabuklar, Bulanık C-Elipsoid Kabuklar, Bulanık C-Elipsler, Bulanık C-Quadratik Kabuklar sayılabilir (Frigui ve Krishnapuram, 1996).

3.2. Bulanık Sayılarda Bulanık Kümeleme Analizi

Bulanık kümelerde bulanık sayı kullanımının kısa bir tarihine göz atarsak ilk önemli çalışmanın 1995 yılında yapıldığını görebiliriz. Bu tarihten itibaren bu konuda birçok çalışma yapılmıştır.

Sato ve Sato (1995), karşılıklı etkileşimli bulanık vektörler için bulanık kümeleme yöntemini tanıtmışlardır. Burada bulanık vektör olarak; birbirlerinden tam anlamıyla ayrıştırılamayan vektör elemanlarından bahsedilmektedir.

Tam olarak etkileşimli bulanık vektör, tasarımına göre kapalı silindir yapısı içermektedir. Etkileşimli bulanık vektör konusuna örnek vermek gerekirse; “ALP İRİ BİR ADAMDIR” cümlesidir. İRİ kelimesi hem ağırlık hem de boy kavramını belirtmektedir (Auephanwiriyakul ve Keller, 2002). Ayrıntılı olarak, yazarlar bulanık kümeleme taslak çalışmasında, bulanık verilerin konveks ve normal bulanık küme yapısını (CNF Sets) içerdiğini belirtmişlerdir. Uygun yapıdaki CNF küme setleri için kanonik üyelik fonksiyonu tanımlamışlar ve bulanık veriler arasında asimetrik

benzemezlilik ölçüsü kullanilmasini önermişlerdir. Kümeleme probleminin çözümünde, çok kriterli yapı içeren eklemeli bulanık kümeleme modelinden yararlandılar.

Hathaway ve ark. (1996) ve Pedrycz ve ark. (1998); bulanık c-ortalamlar kümeleme yöntemini uygulamadan önce parametrik veya parametrik olmayan sözel değişkenleri koordinatlarına göre genelleştiren model geliştirdiler. Hathaway ve ark. (1996) birleştirilmiş heterojen bulanık verileri (gerçek veri, gerçek aralık ve sözel değerlendirmeler (gerçek bulanık kümeler)) bulanık kümeleme yardımıyla analiz ettiler. Tek değişkenli aralık verilerinin basit durumu göz önüne alınarak, yazarlar aralık verilerini temsil etmesi için parametrelerin elde edilmesinde üç durumu karşılaştırmışlardır: Her başlangıç verisi için merkez nokta ve yarıçapı, merkez nokta ve çapı ve sol ile sağ uç noktaları karşılaştırmışlardır. Her bir gösterim için her bir ikili aralık verisi için Öklid uzaklığından yararlanmışlardır. Bu uzaklık ölçülerini kümeleme ön çalışmasında kullanarak her bir duruma ait bulanık kümeleme modeli geliştirmişlerdir. Heterojen yapıdaki bulanık verileri birleştirmek için yazarların parametrik bir yaklaşım önerdiğine dikkat çekmek gerekir. Birleştirilmiş heterojen bulanık veriler için parametrik olmayan modeller Pedrycz ve ark. (1998) tarafından önerilmiştir.

Yang ve Ko (1996), tek değişkenli LR tipi bulanık veriler için bulanık K-sayılar kümeleme yöntemi sınıfını geliştirmişlerdir. (Yazarlar, değişik tipteki üyelik fonksiyonları için LR tipi bulanık verileri incelemişlerdir: dikdörtgen, normal, ikizkenar yamuk v.s.) Aynı yazarlar, bulanık verilerle bulanık regresyon analizindeki heterojenlik problemini çözmek için bulanık kümeleme yönteminden yararlanmışlardır. (Bulanık girdi-bulanık çıktı analizi; Normal girdi-bulanık çıktı analizi çalışmaları (Yang ve Ko, 1997)). Özel olarak, iki küme algoritmasına dayanan regresyon modeli önermişlerdir (iki aşamalı ağırlıklandırılmış bulanık regresyon modeli ve bir aşamalı genelleştirilmiş bulanık regresyon modeli). Bu; bulanık kümelemenin, tamamıyla veya kısmen bulanık gözlemlere dayanan bulanık regresyon modeline dâhil edilmesine tipik bir örnek olarak gösterilebilir. Yang ve Liu (1999), Yang ve Ko (1996)'nın tanıttığı kümeleme yöntemini geliştirerek çok boyutlu bulanık vektörlere uyguladılar. Tanaka ve ark. (2001), bulanık kümeleme tekniklerini belirsizlik içeren veriler üzerinde denediler ve L1 metrik uzayında veriler arasındaki minimum ve maksimum uzaklık ölçüleri ile hesap etmişlerdir.

Auephanwiriyakul ve Keller (2002), bulanık sayıların vektörlerine dayalı dilbilimsel bulanık K-ortalamarlar metodu geliştirmişlerdir. Bu model, ilave bileşenler ve ayrıştırma teoremine dayanmaktadır. Kısmi olarak, ilave bileşenler metodunu kullanarak sözel ifadeler vektörünü genişletmek için standart üyeliklerin güncellendiği denklem, hesaplama karışıklığına yol açmaktadır. Bu problemin üstesinden gelmek için, yazarlar bulanık aritmetik ve optimizasyona dayanan etkili bir yöntem geliştirmişlerdir. Ayrıca; geliştirdikleri bu yöntemin, değişikliğe uğramış dilsel ifadeler için kullanılan ve Bezdek (1981) tarafından önerilen K-ortalamarlar yöntemine benzer sonuçlar elde ettiğini de göstermişlerdir. Yang ve ark. (2004), karma veriler (bulanık sembolik veriler) için bulanık kümeleme modeli önermişlerdir. Böylece, eğer veri setimiz sadece bulanık verilerden oluşuyorsa, bu model bulanık veriler için bulanık kümeleme yöntemi olarak adlandırılır. Yazarlar, sembolik ve bulanık bileşenler içeren karma veriler için her iki veri tipi için kullanılan benzemezlik ölçüleri ile birleşik benzemezlik ölçüsü tanımlamışlardır. Sembolik bileşenler içeren veriler için daha önce yapılmış olan Gowda-Diday benzemezlik ölçüsünü yeniden düzenlemişler ve bulanık bileşenler içeren veriler için Hathaway ve ark. (1996)'in parametrik yaklaşımı ve Yang ve Ko (1996) benzemezlik ölçüsünden yararlanmışlardır. Hung ve Yang (2005) üstel dağılımlı uzaklık ölçüsüne dayanan ve LR tipi bulanık sayılara uygun Alternatif Bulanık K-Sayılar kümeleme algoritmasını önermişlerdir. Yazarlar, bu uzaklık ölçüsünün aykırı gözlemlere karşı sağlam sonuçlar elde ettiğini öne sürdüler. Böylece, bu modelin Yang ve Ko (1996)'nın önerdiği Bulanık K-Sayılar kümeleme yöntemine göre daha güçlü olduğu söylenebilir. Önerilen bu modelin uygun performansını açıklamak için yazarlar Tayvan çay verisi üzerinde uygulama yapmışlardır. D'Urso ve Giordani (2006a), bulanık veri çiftlerini karşılaştırmak için ağırlıklandırılmış benzemezlik ölçüsüne dayanan bulanık veriler için bulanık kümeleme yöntemi geliştirmişlerdir. Bu benzemezlik ölçüsü iki uzaklık ölçüsünü içermektedir; merkez uzaklığı ve genişlik uzaklığı. Önerilen bu bulanık kümelemenin bir özelliği de merkez ve genişlikler uzaklıklarının ağırlıklarını hesaplamaya dahil ederek, kümeleme yönteminin hesaplamasında etkili olmasıdır. Böylece, model otomatik olarak merkez ve genişliklerin bulanık etkilerini hesaplamaya dahil ederek bulanık kümeleme yöntemini uygulayabilecektir.

El-Sonbaty ve Ismail (1998)'in yaptığı çalışmada, sembolik veriler için bulanık kümeleme algoritması önerilmiştir. Bu çalışmada bütün sembolik veriler aralıklarla gösterilmiştir. Bu tip verilerle Carvalho (2006) da benzer bir çalışma yapmıştır.

Son yıllarda, bulanık veriler ile bulanık kümeleme çalışmalarında bir artış olmuştur. Coppi ve D'Urso (2002, 2003) çalışmalarında farklı bir bulanık K-ortalamlar kümeleme modelleri tanıtmışlardır. Dinamik Çifte Bulanık K-Ortalamlar Kümeleme Modelleri adını verdikleri bu modeller, kısmi geometrik şekillerle tanımlanmış bulanık sayılar için uygun yapı içermektedirler. Bu tip yapı içeren bulanık kümeleme metotlarında, Coppi ve D'Urso (2000) çalışması öncü çalışmadan sayılmaktadır. Coppi ve ark. (2004)'de Dağıntı Düzenleme ile Çifte Bulanık Kümeleme Modellerini tanıtmışlar ve Coppi ve ark. (2006a)'da Dinamik Çifte Bulanık K-Medoid Kümeleme Modelleri ile çalışmışlardır.

Çok değişkenli çalışmaları genel olarak karşılaştırsak, bulanık kümeleme modelleri iki ana çalışmadan esinlenmiştir: Sato ve Sato (1995) ve Yang ve Liu (1999). Diğer taraftan, bulanık verilerin ayırıcı özelliklerine dayanan modeller için Hathaway ve ark. (1996); Yang ve ark. (2004); D'Urso ve Giordani (2006a) çalışmalarını ve zaman aralığına dayalı bulanık verilerle bulanık kümeleme modelleri için Coppi ve D'Urso (2002, 2003) ve Coppi ve ark. (2004, 2006a) çalışmalarını örnek verebiliriz.

En çok tercih edilen altı bulanık verilerle bulanık kümeleme yöntemleri aşağıda incelenmiştir.

3.2.1. Çifte Bulanık K-Sayılar Kümeleme Modeli (DFKNC)

Yang ve Ko (1996) tarafından tanıtılan bu yöntem, l üniteye gözlenmiş olan tekli bulanık veriler ile yapılmaktadır. Üyelik fonksiyonu LR tipi bulanık verilerden oluşmaktadır ve tek değişkenli bulanık veri şu şekilde tanımlanmıştır.

$$x_i = (c_i, l_i, r_i)_{LR}, \quad i = \overline{1, l} \quad (3.7)$$

Öncelikle hesaplama yapılması planlanan bu değişkenler arasındaki uzaklık ölçüsünün tanımlanması gerekmektedir. Yazarlar, her bir bulanık sayı çiftleri için aşağıdaki kareli uzaklık ölçüsü önermişlerdir.

$$YCd_{ij}^2(\lambda, \rho) = (c_i - c_j)^2 + [(c_i - \lambda l_i) - (c_j - \lambda l_j)]^2 + [(c_i + \rho r_i) - (c_j + \rho r_j)]^2 \quad (3.8)$$

Burada λ ve ρ sırasıyla sol ve sağ üyelik fonksiyonu alt ve üst değerleri göstermektedir. λ ve ρ 'nin çeşitli değerlerine göre üyelik fonksiyonunun geometrik yapısı da değişmektedir;

$\lambda = \rho = 2/3$ için geometriksel yapı

$\lambda = \rho = \pi/2$ için normal yapı

$\lambda = \rho = 1/2$ için üçgensel yapı

$\lambda = \rho = 1/3$ için karekök tipi yapı, olmaktadır.

DFKNC modeli şu şekilde tanımlanabilir.

$$\begin{aligned} \min \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K u_{ik}^m YCd_{ik}^2 \\ = \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K u_{ik}^m \{ (c_i - c_k)^2 + [(c_i - \lambda l_i) - (c_k - \lambda l_k)]^2 + [(c_i + \rho r_i) - (c_k + \rho r_k)]^2 \} \end{aligned} \quad (3.9)$$

Burada $\sum_{k=1}^K u_{ik} = 1, u_{ik} \geq 0$ olmalıdır.

Burada, c_k, l_k ve r_k sırasıyla k-merkeze ait merkez, sol ve sağ aralıkları göstermektedir. Eşitlik (3.9) ile elde edilen model için; Lagrange çarpanı yönteminden yararlanarak, üyelik fonksiyonu, küme merkezi, sol ve sağ aralık yayılım değerleri için aşağıdaki iteratif çözümler bulunmuştur:

$$u_{ik} = \frac{1}{\sum_{k'=1}^K \left[\frac{YCd_{ik}(\lambda, \rho)}{YCd_{ik'}(\lambda, \rho)} \right]^{2/(m-1)}} \quad (3.9a)$$

$$c_k = \frac{\sum_{i=1}^I u_{ik}^m [3c_i - \lambda(l_i - l_k) + \rho(r_i - r_k)]}{3 \sum_{i=1}^I u_{ik}^m} \quad (3.9b)$$

$$l_k = \frac{\sum_{i=1}^I u_{ik}^m (c_k + \lambda l_i - c_i)}{\lambda \sum_{i=1}^I u_{ik}^m} \quad (3.9c)$$

$$r_k = \frac{\sum_{i=1}^I u_{ik}^m (c_i + \rho r_i - c_k)}{\rho \sum_{i=1}^I u_{ik}^m} \quad (3.9d)$$

Tüm eşitliklerde $1 \leq i \leq l$ ve $1 \leq k \leq K$ olacaktır.

3.2.2. Kanonik Bulanık Vektörler için Bulanık K-Ortalamlar Kümeleme Modeli (FKMCCFV)

Yang ve Liu (1999) tarafından tanıtılan bu model, DFKNC modelinden farklı olarak l üniteye gözlenmiş olan çok boyutlu bulanık verilere uygulanabilir. Vektör değerli değişkenin üyelik fonksiyonunun kanonik olduğu varsayılmıştır. Yang ve Liu (1999) tarafından bulanık kanonik vektörler için önerilen kareli uzaklık ölçüsü şu şekildedir:

$$Yld_{ij}^2 = \|c_i - c_j\|^2 + tr[(A_i - A_j)'(A_i - A_j)] ; \quad i, j = \overline{1, l} \quad (3.10)$$

Önerilen uzaklık ölçüsü ile FKMCCFV modeli ise şu şekildedir:

$$\min \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K u_{ik}^m Yld_{ik}^2 = \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K u_{ik}^m \|c_i - c_k\|^2 + tr[(A_i - A_k)'(A_i - A_k)] \quad (3.11)$$

Burada $\sum_{k=1}^K u_{ik} = 1, u_{ik} \geq 0$ olmalıdır.

Eşitlik (3.11)'den elde edilen model için; Lagrange çarpanı yönteminden yararlanarak, üyelik fonksiyonu, küme merkezi, sol ve sağ aralık yayılım değerleri için aşağıdaki iteratif çözümler bulunmuştur:

$$u_{ik} = \frac{1}{\sum_{k'}^K \frac{(Y L d_{ik})^{\frac{2}{m-1}}}{(Y L d_{ik'})^{\frac{2}{m-1}}}} \quad (3.11a)$$

$$c_k = \frac{\sum_{i=1}^l u_{ik}^m c_i}{\sum_{i=1}^l u_{ik}^m} \quad (3.11b)$$

$$A_k = \frac{\sum_{i=1}^l u_{ik}^m A_i}{\sum_{i=1}^l u_{ik}^m} \quad (3.11c)$$

Burada c_k merkez ve A_k ise pozitif tanımlı tepe matrisini simgelemektedir. Tüm eşitliklerde $1 \leq i \leq l$ ve $1 \leq k \leq K$ olacaktır.

3.2.3. Karma Veriler için Bulanık K-Ortalamlar Kümeleme Modeli (FKMCMD)

Yang ve ark. (2004), karma yapıdaki verileri (sembolik veri, LR-II tipi veriler gibi) sınıflandırma çalışmalarında bu modeli kullanmışlardır. Bezdek (1981) tarafından tanıtılan geleneksel bulanık kümeleme metotlarında kullanılan ve karma verilere uygulanan uzaklık ölçüsünün, yeni bir kareli uzaklık ölçüsünden yararlanılmasıyla bu model geliştirilmiştir. Modelin amaç fonksiyonu iki kısımdan oluşmaktadır: Sembolik veriler için sembolik bileşen içeren uzaklık ölçüsü ve bulanık veriler için bulanık bileşen içeren kısmi uzaklık ölçüsü.

Her ne kadar çalışmanın amacı bulanık veriler ile bulanık kümeleme yapmak olsa da FKMCMD modeli, gözleme dayalı bilgilerin tamamıyla bulanık olduğu verilere uygulanması için düzeltilmiştir. Böylece, modelin bulanık olduğu kısımlara (verilere) odaklanabilmektedir.

Yang ve ark. (2004), bu amaca yönelik olarak LR-II tipi bulanık veriler için yeni parametre tahmini üzerinde çalışmışlardır. Aslında bu çalışma; Hathaway ve ark. (1996) tarafından önerilen simetrik bulanık verilerin parametrik gösteriminin genelleştirilmiş halidir. Yazarlar, aynı parametreleri ikizkenar yamuksal bulanık veriler ile

karşılaştırmışlardır. Böylece tek değişkenli ikizkenar yamuksal bulanık veri Eşitlik (3.12)'de verildiği gibi tanımlanabilir:

$$x_i = (c_i, g_i, l_i, r_i), \quad i = \overline{1, I} \quad (3.12)$$

Burada; c_i merkez noktayı, g_i iç çapı, l_i sol dış yarıçapı ve r_i sağ dış yarıçapı göstermektedir.

Yazarlar ikizkenar yamuksal bulanık veriler için uzaklık ölçüsünü Yang ve Ko (1996)'nın benzemezlik ölçüsü ile karşılaştırarak tanımlamışlardır. Önerilen uzaklık ölçüsü şu şekildedir:

$$\begin{aligned} YHCd_{ij}^2 = & \left(\frac{2c_i - g_i}{2} - \frac{2c_j - g_j}{2}\right)^2 + \left(\frac{2c_i + g_i}{2} - \frac{2c_j + g_j}{2}\right)^2 + \left(\frac{2c_i - g_i}{2} - \frac{1l_i}{2}\right) \\ & - \left(\frac{2c_j - g_j}{2} - \frac{1l_j}{2}\right)^2 + \left(\frac{2c_i + g_i}{2} - \frac{1r_i}{2}\right) - \left(\frac{2c_j - g_j}{2} - \frac{1l_j}{2}\right)^2 \end{aligned} \quad (3.13)$$

Eşitlik (3.13)'de verilen uzaklık ölçüsünü çok boyutlu olarak uzatmak istersek, cebirsel işlemler ile yeni kareli uzaklık ölçüsü (3.14) eşitliğindeki gibi olacaktır:

$$\begin{aligned} YHCd_{ij}^2 = & \frac{1}{4} \left[\|2(c_i - c_j) - (g_i - g_j)\|^2 + \|2(c_i - c_j) + (g_i - g_j)\|^2 \right. \\ & \left. + \|2(c_i - c_j) - (g_i - g_j) - (l_i - l_j)\|^2 + \|2(c_i - c_j) + (g_i - g_j) + (r_i - r_j)\|^2 \right] \end{aligned} \quad (3.14)$$

Eşitlik (3.14)'de, c_i merkez vektörlerini, g_i içsel çapı, l_i sol dışsal yarıçapı ve r_i sağ dışsal yarıçapı göstermektedir.

Yang ve ark. (2004) tarafından geliştirilen kümeleme yöntemi şu şekilde formüle edilebilir:

$$\begin{aligned} \min \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K u_{ik}^m YHCd_{ik}^2 = & \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K u_{ik}^m \left\{ \frac{1}{4} \left[\|2(c_i - c_j) - (g_i - g_j)\|^2 \right. \right. \\ & + \|2(c_i - c_j) + (g_i - g_j)\|^2 + \|2(c_i - c_j) - (g_i - g_j) - (l_i - l_j)\|^2 \\ & \left. \left. + \|2(c_i - c_j) + (g_i - g_j) + (r_i - r_j)\|^2 \right] \right\} \end{aligned} \quad (3.15)$$

Burada $\sum_{k=1}^K u_{ik} = 1$, $u_{ik} \geq 0$ olmalıdır.

Eşitlik (3.15)'den elde edilen model için; Lagrange çarpanı yönteminden yararlanarak, üyelik fonksiyonu, küme merkezi, sol ve sağ aralık yayılım değerleri için aşağıdaki iteratif çözümler bulunmuştur:

$$u_{ik} = \frac{1}{\sum_{k'=1}^K \left(\frac{YH C d_{ik}}{YH C d_{ik'}} \right)^{\frac{2}{m-1}}} \quad (3.15a)$$

$$c_k = \frac{\sum_{i=1}^I u_{ik}^m (8c_i - l_i + r_i + l_k - r_k)}{8 \sum_{i=1}^I u_{ik}^m} \quad (3.15b)$$

$$g_k = \frac{\sum_{i=1}^I u_{ik}^m (4g_i + l_i + r_i - l_k - r_k)}{4 \sum_{i=1}^I u_{ik}^m} \quad (3.15c)$$

$$l_k = \frac{\sum_{i=1}^I u_{ik}^m (-2c_i + g_i + l_i + 2c_k - g_k)}{\sum_{i=1}^I u_{ik}^m} \quad (3.15d)$$

$$r_k = \frac{\sum_{i=1}^I u_{ik}^m (2c_i + g_i + r_i - 2c_k - g_k)}{\sum_{i=1}^I u_{ik}^m} \quad (3.15e)$$

Tüm eşitliklerde $1 \leq i \leq l$ ve $1 \leq k \leq K$ olacaktır.

3.2.4. Alternatif Çifte Bulanık K-Sayılar Kümeleme Modeli (ADFKNC)

Hung ve Yang (2005), birimleri kümelemek için ADFKNC kümeleme modelini geliştirdiler. DFKNC modeline benzetmekle beraber, yazarlar bu modeli çok değişkenli bulanık veriler için geliştirmişlerdir. Burada kullanılan bulanık verilerin, LR tipi veri ailesine bağlı tek değişkenli bulanık verilere ait amaç fonksiyonuna sahip olduğu kabul edilmiştir.

Wu ve Yang (2002)'in çalışmalarından yola çıkan yazarlar, LR tipi bulanık veriler için üstel uzaklık ölçüsü önermişlerdir. Yazarlar, önerdikleri bu uzaklık ölçüsünün, Yang ve Ko (1996)'nın önerdikleri uzaklık ölçüsünden daha güçlü olduğunu göstermişlerdir. Böylece Yang ve Ko (1996)'nın önerdikleri DFKNC modelini, bu güçlü uzaklık ölçüsüyle daha da geliştirmişlerdir.

x_i ve x_j iki bulanık sayı olmak üzere, bu iki sayı arasındaki önerilen uzaklık ölçüsü şu şekildedir:

$$HYd_{ij}^2(\lambda, \rho) = 1 - \exp\left((-b)YC\tilde{d}_{ij}^2(\lambda, \rho)\right) \quad (3.16)$$

Burada; $YC\tilde{d}_{ij}^2 = \frac{1}{3}d_{ij}^2(\lambda, p)$, b uygun ve pozitif tanımlı bir sabittir (Hung ve Yang, 2005).

Dikkat etmek gerekirse, $HYd_{ij}^2(\lambda, p)$ kareli uzaklık ölçüsü $YC\tilde{d}_{ij}^2$ ölçüsünün monoton artan halidir.

Yazarlar, (3.16) numaralı eşitlikte verilen uzaklık ölçüsü yardımıyla ADFKNC modelini şu şekilde tanımlamışlardır:

$$\min: \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K u_{ik}^m [1 - \exp\left((-b)YC\tilde{d}_{ik}^2(\lambda, \rho)\right)] \quad (3.17)$$

Burada $\sum_{k=1}^K u_{ik} = 1$, $u_{ik} \geq 0$ olmalıdır.

(3.17) numaralı eşitlikten elde edilen model için; Lagrange çarpanı yönteminden yararlanarak, üyelik fonksiyonu, küme merkezi, sol ve sağ aralık yayılım değerleri için aşağıdaki iteratif çözümler bulunmuştur:

$$u_{ik} = \frac{1}{\sum_{k'=1}^K \left(\frac{1 - \exp\left[(-b)YC\tilde{d}_{ik}^2(\lambda, \rho)\right]}{1 - \exp\left[(-b)YC\tilde{d}_{ik'}^2(\lambda, \rho)\right]} \right)^{\frac{1}{m-1}}} \quad (3.17a)$$

$$c_k = \frac{\sum_{i=1}^I u_{ik}^m [3c_i - \lambda(l_i - l_k) + \rho(r_i - r_k)] \exp \{(-b)YC\tilde{d}_{ik}^2(\lambda, \rho)\}}{3 \sum_{i=1}^I u_{ik}^m \exp \{(-b)YC\tilde{d}_{ik}^2(\lambda, \rho)\}} \quad (3.17b)$$

$$l_k = \frac{\sum_{i=1}^I u_{ik}^m (c_k + \lambda l_i - c_i) \exp \{(-b)YC\tilde{d}_{ik}^2(\lambda, \rho)\}}{\lambda \sum_{i=1}^I u_{ik}^m \exp \{(-b)YC\tilde{d}_{ik}^2(\lambda, \rho)\}} \quad (3.17c)$$

$$r_k = \frac{\sum_{i=1}^I u_{ik}^m (c_i + \rho r_i - c_k) \exp \{(-b)YC\tilde{d}_{ik}^2(\lambda, \rho)\}}{\rho \sum_{i=1}^I u_{ik}^m \exp \{(-b)YC\tilde{d}_{ik}^2(\lambda, \rho)\}} \quad (3.17d)$$

Tüm eşitliklerde $1 \leq i \leq l$ ve $1 \leq k \leq K$ olacaktır.

3.2.5. Çifte Bulanık Ağırlıklandırılmış K-Ortalamlar Kümeleme Yöntemi (DFWKMC)

D'Urso ve Giordani (2006a) tarafından önerilen bu modelde, simetrik LR tipi üyelik fonksiyonuna sahip vektör değerli bulanık veriler tartışılmıştır. Veri şu şekilde gösterilmektedir:

$$x_i = (c_i, I_i)_L, \quad i = \overline{1, I} \quad (3.18)$$

Burada, c_i ve I_i sırasıyla merkez vektörü ve aralık vektörünü temsil etmektedir.

Verileri bulanık bilgiler doğrultusunda sınıflandırmak için yazarlar, simetrik veriler arasında ağırlıklandırılmış kareli uzaklık ölçüsü önermişlerdir. Bu benzemezlilik ölçüsü; gerekli uzaklık bileşenlerinin, bütün simetrik bulanık veri çiftlerini karşılaştırarak ayrı ayrı veri merkezlerinden ve aralık uzunluklarından uygun bir ağırlıklandırma ile hesaplanmasına yardımcı olmaktadır. Önerilen benzemezlilik ölçüsü şu şekilde formüle edilmiştir:

$$DGd_{ij}^2 = (\textit{c}w, \textit{l}w) = (\textit{c}w \textit{c}d_{ij})^2 + (\textit{l}w \textit{l}d_{ij})^2 \quad (3.19)$$

(3.19) eşitliğindeki $\textit{c}w$ ve $\textit{l}w$, merkez ve aralıklar için uygun ağırlıklardır.

Burada ${}_c d_{ij} = \|c_i - c_j\|$, (Öklid) Merkez uzaklık ölçüsü ve ${}_l d_{ij} = \|l_i - l_j\|$, (Öklid) Aralık uzaklık ölçüsü olarak tanımlanmaktadır.

Ağırlıklar; dış etkenler veya sübjektif şartlar altında önsel bilgilerle tespit edilebilirler. Bununla birlikte yazarlar ağırlıkların tahminini uygun kümeleme modeli ile birlikte yapmışlardır. Yazarlar, merkez ve aralık uzunlukları aşağıda verilen ağırlıklarla ağırlıklandırmayı önermişlerdir. Merkezlerin üyelik fonksiyonu değerleri maksimum seviyede olsa da merkez uzaklığının ağırlığının aralık uzaklığının ağırlığından fazla olmasını önermişlerdir. Böylece merkez ve aralık değerleri için;

$${}_c w = v + z \quad (3.19a)$$

$${}_l w = v \quad (3.19b)$$

eşitliklerini önermişlerdir. Yan şartlar ise Eşitlik (3.19a) ve Eşitlik (3.19b) formüllerinin birlikte çözümleri ile edilebilecektir.

$${}_c w + {}_l w = 1 ; 0 \leq {}_l w \leq {}_c w \quad (3.19c)$$

$$2v + z = 1, z \geq 0 ; v \leq 0,5 ({}_c w = {}_l w \Leftrightarrow z = 0) \quad (3.19d)$$

Ağırlıkları hesaplamak için, yazarlar bir amaç kriteri benimsemişlerdir. Buna göre; uygun ağırlıklar, ${}_c w$ ve ${}_l w$ değerlerinin optimal sonuçlarına karşılık kayıp fonksiyonunu minimize etmek amacıyla elde edilmiştir. Kayıp fonksiyonu şu şekilde formüle edilmiştir:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K u_{ik}^m D G d_{ik}^2 &= \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K u_{ik}^m [({}_c w {}_c d_{ik})^2 + ({}_l w {}_l d_{ik})^2] \\ &= \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K u_{ik}^m [(v+z) {}_c d_{ik}]^2 + (v {}_l d_{ik})^2 \\ &= \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K u_{ik}^m [(1-v)^2 {}_c d_{ik}^2 + v^2 {}_l d_{ik}^2] , \quad 2v + z = 1 \end{aligned} \quad (3.20)$$

Burada,

${}_c d_{ik}$ i.nci nesne ile k.ncı küme merkezi arasındaki merkez uzaklığını;

${}_l d_{ik}$ i.nci nesne ile k.ncı küme merkezi arasındaki aralık uzaklığını temsil etmektedir.

(3.20) numaralı eşitlikten elde edilen model için; Lagrange çarpanı yönteminden yararlanarak, üyelik fonksiyonu, küme merkezi, sol ve sağ aralık yayılım değerleri için aşağıdaki iteratif çözümler bulunmuştur:

$$u_{ik} = \frac{1}{\sum_{k'=1}^K \left(\frac{[(1-v)^2 {}_c d_{ik}^2 + v^2 {}_l d_{ik}^2]}{[(1-v)^2 {}_c d_{ik'}^2 + v^2 {}_l d_{ik'}^2]} \right)^{\frac{1}{m-1}}} \quad (3.20a)$$

$$v = \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K u_{ik} ({}_c d_{ik}^2)}{\sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K u_{ik} ({}_c d_{ik}^2 + {}_l d_{ik}^2)} \quad (3.20b)$$

$$c_k = \frac{\sum_{i=1}^I u_{ik}^m c_i}{\sum_{i=1}^I u_{ik}^m} \quad (3.20c)$$

$$l_k = \frac{\sum_{i=1}^I u_{ik}^m l_i}{\sum_{i=1}^I u_{ik}^m} \quad (3.20d)$$

Tüm eşitliklerde $1 \leq i \leq l$ ve $1 \leq k \leq K$ olacaktır.

Yazarlar v sabitinin 0,5'den büyük olduğu zaman optimal değerinden uzaklaştığını hesaplamışlar ve v değeri için $0 \leq v \leq 0,5$ aralığı önermişlerdir. v değeri 0,5'den küçük olduğu zamanlarda merkez uzaklığının ağırlığının aralık uzaklığına göre daha fazla olduğu hesaplanmıştır. Genel uygulamada en iyi çözüm $v = 0,5$ olduğunda hesaplanmaktadır.

DFWKMC modeli bütün simetrik verilere uygulanabilmektedir. Aslında gözlenmiş bulanık verilerin üyelik fonksiyonlarının şekillerinin değişmediği varsayılmaktadır. Böylece, fonksiyonun şekli kümeleme çözümlemesine başlamadan önceki istenilen hali gibi olacaktır.

Bu modelde kullanılan uzaklık ölçüsü aşağıda belirtilen özelliklerden oluşmaktadır:

- i. Ağırlıklandırılmış iki kareli Öklid uzaklıklarının toplamıdır: Merkez uzaklığı ve aralık uzaklığı.
- ii. Özünde, ağırlıklar bileşenlerin uzaklıklarıyla ilişkilidir.
- iii. Ağırlıkların ortalamaları ile her bir bulanık veri çiftinin benzemezlik ölçütlerini hesaplarken, bulanık birimlerin iki bileşeninin etkisini uygun şekilde uyumlu hale getirebilir.
- iv. Ağırlıklar, objektif değerlendirmelerle belirlenebilir. Özellikle parametreler kümeleme aşamaları ile tahmin edilerek oluşturulabilirler.
- v. Benzemezlik ölçülerini uygun kümeleme kriterleri ile kıyaslayarak ağırlıklar uygun bir şekilde uyumlu hale getirilirler. Ağırlıklar yapılacak hesaplarla sayısal olarak tahmin edilirler. Bulanık verinin merkez bileşeni aralık bileşeninden daha önemli veya eşit seviyede önemli çıkması beklenmektedir.
- vi. Önerilen ağırlıklı benzemezlik ölçüsü veri setleri arasında kıyaslama yapmak için de kullanılabilir.

3.2.6. Bulanık Veriler için Bulanık K-Ortalamlar Kümeleme Modeli (FkM-F)

Coppi ve ark. (2010) tarafından tanıtılan bu kümeleme yöntemi, LR-II tipi veriler için geliştirilmiştir. Bu yöntem, bazı bulanık verilerin iki küme merkezi olması sorununu çözmeyi amaçlamaktadır. Bu modelle birlikte, bulanık verilerde kümeleme analizine bulanık ve olasılıksal yaklaşım önerilmiştir.

Bulanık veriler arasındaki uzaklık için benzemezlik ölçüsü kullanılmıştır:

$$d_F^2 = (x_i, x_j) = w_c^2 [d^2(c_{1i}, c_{1j}) + d^2(c_{2i}, c_{2j})] + w_s^2 [d^2(l_i, l_j) + d^2(r_i, r_j)] \quad (3.21)$$

Burada;

$d^2(c_{1i}, c_{1j})$ =Sol merkezler c_{1i} ve c_{1j} arasındaki öklid uzaklığı,

$d^2(c_{2i}, c_{2j})$ =Sağ merkezler c_{2i} ve c_{2j} arasındaki öklid uzaklığı,

$d^2(l_i, l_j)$ =Sol merkezler l_i ve l_j arasındaki öklid uzaklığı,

$d^2(r_i, r_j)$ =Sol merkezler r_i ve r_j arasındaki öklid uzaklığı, ifade etmektedir.

Buna göre Bulanık Veriler için Bulanık K-Ortalamlar Kümeleme Modeli (FkM-F) şu şekilde formüle edilebilir:

$$\begin{aligned} \min: J_{FKM-F} &= \sum_{i=1}^n \sum_{g=1}^k u_{ig}^m d_F^2(x_i, h_g) \\ &= \sum_{i=1}^n \sum_{g=1}^k u_{ig}^m \left[w_c^2 [d^2(c_{1i}, h_g^{c_1}) + d^2(c_{2i}, h_g^{c_2})] + w_s^2 [d^2(l_i, h_g^L) + d^2(r_i, h_g^R)] \right] \quad (3.22) \end{aligned}$$

Burada m ; $m > 1$ olmak üzere bulanıklık indeksini, u_{ig} i.nci gözlem ile g.nci kümeye olan üyelik derecesini, $d_F^2(x_i, h_g)$ i.nci gözlem ile g.nci küme merkezi arasındaki önerilen benzemezlik ölçüsünü, w_c merkez bileşeni için ve w_s yayılım bileşeni için uygun ağırlıklandırma değerini göstermektedir.

Eşitlik (3.22) için verilen kuadratik fonksiyonun minimizasyon problemini u_{ig} 'ye göre Lagrange çarpanı metodu ile çözüp, J_{FKM-F} fonksiyonunun $h_g^{c_1}, h_g^{c_2}, h_g^L, h_g^R$ ve w değişkenlerine göre 1.türevi alınıp 0'a eşitlenirse şu iteratif çözümlere ulaşılır:

$$u_{ig} = \frac{\left[w_c^2 [d^2(c_{1i}, h_g^{c_1}) + d^2(c_{2i}, h_g^{c_2})] + w_s^2 [d^2(l_i, h_g^L) + d^2(r_i, h_g^R)] \right]^{-\frac{1}{m-1}}}{\sum_{g'=1}^k \left[w_c^2 [d^2(c_{1i}, h_{g'}^{c_1}) + d^2(c_{2i}, h_{g'}^{c_2})] + w_s^2 [d^2(l_i, h_{g'}^L) + d^2(r_i, h_{g'}^R)] \right]^{-\frac{1}{m-1}}} \quad (3.22a)$$

$$h_g^{c_1} = \frac{\sum_{i=1}^n u_{ig}^m c_{1i}}{\sum_{i=1}^n u_{ig}^m} \quad (3.22b)$$

$$h_g^{c_2} = \frac{\sum_{i=1}^n u_{ig}^m c_{2i}}{\sum_{i=1}^n u_{ig}^m} \quad (3.22c)$$

$$h_g^L = \frac{\sum_{i=1}^n u_{ig}^m c_L}{\sum_{i=1}^n u_{ig}^m} \quad (3.22d)$$

$$h_g^R = \frac{\sum_{i=1}^n u_{ig}^m c_R}{\sum_{i=1}^n u_{ig}^m} \quad (3.22e)$$

$$w_c = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{g=1}^k u_{ig}^m [d^2(l_i, h_g^L) + d^2(r_i, h_g^R)]}{\sum_{i=1}^n \sum_{g=1}^k u_{ig}^m [d^2(c_{1i}, h_g^{c_1}) + d^2(c_{2i}, h_g^{c_2}) + d^2(l_i, h_g^L) + d^2(r_i, h_g^R)]} \quad (3.22f)$$

Tüm eşitliklerde $1 \leq i \leq l$ ve $1 \leq k \leq K$ olacaktır.

3.3. Satranç

Satranç; en basit tanımı ile iki ayrı renkli ve 64 kareli bir satranç tahtası üzerinde oynanır. Oyunculardan biri beyaz, diğeri ise siyah taşlar ile oynar. Oyunun başlangıcında her iki tarafın 16 taşı vardır. Bu 16 taş, satranç tahtası üzerine belli bir düzen içinde yerleştirilir. Oyuncular sıra ile birer taşlarını hareket ettirirler (Kulaç, 2005).

Satranç, iki oyuncu arasında oynanan ve sayılabilir sonsuz oyun tanımlamasını hak eden bir zekâ oyunu olarak da tanımlanabilir. Sayılabilir sonsuz demek çok iddialı gözükse de oyunun ne kadar uzayabileceği tam olarak hesaplanamamaktadır. Oyuna başlayan taraf olan beyazlar 20 değişik başlama hamlesi yapabilirler. Buna karşılık siyah taşlarla oynayan taraf da 20 farklı hamle yapabilir. Bu da demektir ki oyunun ilk hamlesi 400 değişik biçimde gerçekleşebilir. İkinci hamlelerde her iki taraf da 447 farklı biçimde hamle yapabilmektedir. Oyunun ikinci hamlesinde ise 199.809 farklı biçimde hamle yapılabilmektedir. Belçika'lı matematikçi Maurice Kraitchik, 40 hamlelik bir

satranç oyununun 25×10^{115} farklı biçimde oynanabileceğini hesaplamıştır (Kraitchik, 1955). Bu sayı, dünya üzerindeki toplam atom sayısından daha fazladır. Satranç oyun kuralları çerçevesinde her iki taraf da üst üste aynı hamleleri sadece iki kez tekrar edebilirler. Üçüncü tekrar, oyunun otomatik olarak berabere bitmesi demektir. Bu kuralı da uygulamaya koyarsak yani oyuncuların mevcut konumlarını iki kez üst üste tekrarlayıp bir sonraki hamleye geçtiklerini varsayarsak, Kraitchik'in bulduğu sayıyı çok daha büyük bir sayı ile çarpmak gerekecektir. Bu sayı hesaplanabilir sonlu bir sayıdır fakat yukarıda belirttiğim gibi hamle tekrarlamaları oldukça bu sayıda gittikçe büyüyecektir. Kraitchik, 40 hamlelik bir oyun için bu hesaplamayı yapmıştır. Satrançta en uzun oyunun 200 hamle civarında olduğunu ve mümkün birçok hamleyi iki kez tekrarlamak suretiyle oyunumuza devam ettiğimizi hesaba katarsak, mümkün hamle sayısı günümüz süper bilgisayarlarının bile oldukça zorlanacağı büyüklükte bir sayı olacağı muhakkaktır. Tabii ki belirttiğimiz bu durum sadece bir varsayımdır. Hamle tekrarları veya hamle sayıları pratikte bu kadar yüksek olmaz fakat aradığımız sayının gidebileceği en yüksek noktayı hesaplamak için de bu şekilde bir varsayım yapılmıştır.

Hakkında en fazla kitap yazılan oyun olan satranç, üzerinde en fazla bilgisayar programlaması yapılan oyun da olma özelliğini taşımaktadır. Bu kadar popüler bir oyun için birçok tanımlamalar yapılmıştır.

Dünya Satranç Federasyonu'na (FIDE) göre satrancın kısa tanımı şu şekilde yapılmıştır: “Satranç tahtası olarak nitelendirilen kare biçiminde bir alan üzerinde iki rakip arasında satranç taşlarının belli bir düzene göre hareket ettirilmesiyle oynanan bir oyundur. Her iki tarafın da amacı, rakip şahı mat etmektir. Mat olan taraf oyunu kaybeder. Her iki taraf için de mat mümkün değilse oyun berabere biter.”

Federal Almanya Spor Federasyonu Başkanı Willi Weyer, 1977 yılında Satranç Federasyonu'nun yüzüncü kuruluş yıldönümünde şöyle demişti: “Satranç, sporda bulunduğu belirtilen hemen hemen bütün özelliklere sahip olduğu gibi başka spor dallarında bulunmayan bazı yararlar gösterir. Mantıklı düşünmeyi öğretir, kombinasyon zevkini arttırır, yaratıcılığı uyandırır, tehlikeyi göze alma yeteneğini geliştirir, karar verme gücünü kazandırır, kendini ve başkalarını eleştirmeye alıştıırır, sabrı ve güveni güçlendirir. Böylece satranççı iyi bir sporcunun tüm özelliklerini ve gerilim içinde tüm zihin ve irade güçlerini kazanabilir.” (Capablanca, 1990)

Yukarıda verilen teknik tanımlamaların yanı sıra satrancın, hayatın küçük bir kopyası olduğunu savunan tanımlar da vardır. Ünlü Alman filozofu Goethe'nin zekâ ölçüsü, büyük felsefeci Leibnitz'in bilim dalı olarak gördüğü satranç (Satranç, 2000) için sayısız tanımlamalardan seçtiğim bazı tanımlar bile satrancın yarattığı etkiyi özetlemektedir.

Ünlü psikolog Alfred Binet, “Bir satranç oyuncusunun kafasının içine bakabilseydik; orada tam bir duygular, görüntüler, duygusallık ve tutku dünyası olduğunu görebilirdik.” sözü ile satrancın oyuncularının kendi iç gizemlerinden söz etmiştir.

Ünlü fizikçi Albert Einstein, “Satranç; ustasını kendi bağları içinde tutar, ona pranga vurur ve bazı yollardan onun ruhunu biçimlendirir, öyle ki bunun altında en güçlü olanın iç özgürlüğü azap çekmelidir.” sözü ile satranç oynayanların iç dünyalarının zenginliğine ve anlaşılmazlıklarına değinmiştir.

Bir Hint atasözü, “Satranç öyle bir denizdir ki; bir sivrisinek ondan su içerken bir fil banyo yapar.” tanımlaması ile satrancın uçsuz bucaksız dünyasından bahsetmiştir.

Kavramsal Sanat anlayışının yaratıcılarından Marcel Duchamp, satrancı sanatla tanımlamıştır: “Sanatçılarla ve satranççılarla olan yakın ilişkilerimden çıkardığım kişisel sonuç, bütün sanatçıların satranççı olmamalarına rağmen bütün satranççıların sanatçı olduklarıdır.” (Satranç ve Hayat, 1997).

Satranç eski Dünya Şampiyonu Rus Anatoly Karpov, “Satranç her şeydir: Sanat, bilim ve spor” sözü ile belki de yapılan birçok tanımlamayı özetlemiştir.

Tüm bu tanımlar ile satrancın zenginliğine, güzelliğine ve yaratıcılığına vurgu yapılmak istenmiştir. Satrancın bir oyun mu spor mu olduğu gibi tartışmalar da satrancın farklı kesimlerce farklı algılandığının bir göstergesi olduğunu söyleyebiliriz. Satranç; ister oyun, ister spor ve isterse bilim olarak algılsın sonuç olarak popülerliğini yüzyıllardan beri kaybetmemiş ve giderek artan bir ilgiyle de gelecek nesillere taşınmaktadır.

Satranç oyunu bireylere birçok farklı özellikler kazandırabilir. Başarıya odaklanma, yoğunlaşma, plan kurma ve benzeri özellikler satrançla bağlantılı olarak

düşünülebilir. Satranç oyununda sürekli bir sonraki pozisyonların göz önüne getirilmesi veya canlandırılması, satranç sporcusunun hafızasını zorlamakta ve olası durumları akılda tutmasını gerektirmektedir. Bu yönüyle satrancın hafızaya önemli bir katkısı bulunmaktadır. Satranç hafızayı geliştiren mükemmel alıştırma yöntemidir (Palavan, 2002).

3.3.1. Satranç Hakkında Genel Bilgiler

Satranç literatürü, bir hayli geniş bir saha için kullanılan bir deyimdir ve aslında satranç eserlerinin yanı sıra, satranç ile herhangi bir şekilde ilgisi olan eserlerin de tümünü içermektedir. Örneğin; satranç teorisi (açılışlar, oyun ortası, oyun sonları), satranç kompozisyonu (problemler ve etütler), satranç ders kitapları, satranç tarihi, turnuva kitapları, satranç dergileri, satranç yazılımları bunlara örnek olarak gösterilebilir.

Satranç hakkındaki genel görüşler incelendiğinde, Reti'nin satrancı en ciddi insanların tüm yaşamlarını adadıkları, hakkında kalın ciltler yazılan bir oyun olarak nitelendirdiği görülmektedir (Reti, 2000). Reti; satrancın daha çok kültürce önde giden ülkelerde yaygınlaştığını ve satrançta şansı dışlayan, salt zihinsel bir oyun bulunduğunu belirtmektedir. Reti'ye göre satranç, yeni ve sürekli gelişmekte olan bir sanattır ve belki de bilimdir. Satranç bir zekâ oyunudur. Satranç, beyin jimnastiğinin somutlaşmış biçimidir. İki kişi arasında yapıldığı gibi simültane olarak birçok kişi ile hatta kişinin kendisine ya da bilgisayara karşı da oynadığı bir beyin sporudur (Averbach, 2000). Satranç, yapay bir oyun olmayıp direkt olarak yaşamın içinden gelen ve büyük hayatın küçük bir modeli olarak görülen oyunlardandır (Kulaç, 2005).

3.3.2. Satrancın Kısa Tarihçesi

Satranç tarihi incelendiğinde satrancın ortaya çıkışının ve gelişiminin uzun bir geçmişe sahip olduğu görülmektedir. Satranca benzer oyunların M.Ö. 3000 yıllarında Hindistan ve Mısır'da oynandığına dair yazıtlarda bazı bilgilere rastlanmıştır ancak, satrancın hangi tarihte ortaya çıktığına dair kesin kanıtlar bulunamadığından miladı tam

olarak bilinmemektedir. Hakkında farklı rivayetler olmasına rağmen satrancın ilk olarak 570 yılında Hindistan’da oynandığı belirtilmektedir. Firdevsi’nin “Şehname” adlı eserinde ise satrancın aslında oyun değil, savaş stratejileri ve taktik geliştirme yöntemi olarak görüldüğüne ve Sanskritçe ismi olan ‘Caturanga’nın da buradan geldiğine değinilmiştir. Satranç oyunu, figürleri ve hareketleriyle gerçekten de Hint ordusundaki savaş kurallarını andırmaktadır. İranlılarla uzun süren savaşlardan sonra satranç Araplara geçmiştir. On ikinci yüzyılın sonlarına doğru halifeler etkisini yitirdikten sonra satrancın merkezi Suriye, Türkiye ve Mısır’a kaymış, oyun aynı zamanda Moğollar arasında da yayılmaya başlamıştır. Daha sonraki yıllarda satranç Endülüslere, Endülüslere sayesinde de İspanya üzerinden Avrupa’ya yayılmıştır. Avrupa’ya geçişiyle birlikte satranç oyununda bazı değişikliklere gidilmiştir. XV. yüzyıldan sonra modern satranç bugünkü durumunu almaya başlamıştır (Sadık, 2006).

Günümüzde satranç; Dünya Satranç Federasyonu’nun belirlediği satranç kurallarına göre oynanmakta ve turnuvalar organize edilmektedir. Her ülkenin kendi satranç federasyonları bulunmaktadır ve bu federasyonlar; ülke içindeki turnuvaların organize edilmesinden oyuncuların yetiştirilmesine ve ülke dışındaki turnuvalarda kendi ülkelerinin temsil edilmesine kadar her türlü satranç faaliyetlerinden sorumludurlar. Tüm ülke federasyonları önce kıta federasyonlarına ve sonra da Dünya Satranç Federasyonu’na bağlı olarak görev yapmaktadırlar. FIDE, her yıl çeşitli yaş kategorilerinde Yaş Grupları Dünya Şampiyonaları, her iki yılda bir yapılan Satranç Olimpiyatları, bireysel Dünya Şampiyonluğu unvan maçları gibi bireysel, kulüplerarası veya ülkeler arası turnuvalar organize etmektedir. Bireysel Dünya Şampiyonluğu formatı sürekli değişme gösterse de satranç camiasının her zaman beklediği, en çok konuştuğu organizasyon olarak takvimdeki yerini korumaktadır.

3.4. Satranç Stilleri

Stil kelimesi kısaca üslup olarak tanımlanabilir (TDK, 2011). Stil, kişiden kişiye göre değişebilen ifade, fikir, duygu ve düşüncelere verilen farklı tepkilerdir. Satrançta stil kavramını; iki satranççının tahtadaki duruma olan yaklaşımlarındaki ve düşünme biçimlerindeki ayrım şeklinde tanımlayabiliriz. Bu tanımla birlikte, hemen her alanda olduğu gibi satrançta da stil kelimesi birçok farklı anlama gelebilmektedir. Başka bir

tanım olarak stil; oyuncuların analiz yöntemleri, tahtadaki konumu muhakeme etme, hamle arama ve durum değerlendirmelerindeki farklılık olarak da tanımlayabiliriz. Bu tanımları daha da genişletmek mümkündür. Yapılacak tüm tanımlar, satrançla ilgili uzmanların geçmiş tecrübe ve gözlemlerinin genel değerlendirmeleri sonucu ortaya çıkabilmekte ve herkes tarafından farklı yorumlanabilmektedir. Bu bölümde; bazı satranç duayenlerinin ve büyük ustalarının, satranç stilleri hakkındaki görüşleri derlenmiş ve sınıflandırılmaya çalışılmıştır.

Bir satranççının stilinden bahsederken iki ana kavramda değerlendirme yapabiliriz: Saldırı-savunma ve konumsal-taktik oyun eksenleri. Bu iki kavram bir bakıma birbirlerine bağlıdır. Saldırı oyuncuları taktik eğilimler gösterirken, savunma oyuncuları da konumsal oyun tercih ederler. Savunan taraf oyunu yavaşlatmak ve soğutmak, saldıran taraf ise oyunu dinamik tutmak ve ateşlendirmek için çabalar.

Önemli bir nokta olarak şunu da belirtmekte fayda vardır. Savunma yapan taraf demek, maçı baştan sona kadar pasif bir şekilde oynayıp sürekli savunmaya çekilmek anlamına gelmemelidir. Bir savunma durumuyla karşı karşıya kalındığında iyi bir savunma örneği gösterip başarılı bir şekilde konumunu korumak olarak algılanmalıdır. Hafif üstün konumları korumak, bir piyon kazancını hemen taktiksel sonuca taşımak da savunmacı oyuncu tipi için iyi birer örnek olarak verilebilir. Saldırı oyuncusu da, temelde savunmacı oyuncuya benzemektedir. Fakat güçlü yanları savunma oyuncusundan farklılıklar gösterir. Kesin ve keskin hesaplar yardımıyla daha kısa vadede, rakibi zorlayıcı tehditler yaratmak ve rakibin savunması karşısında başka açıklar yaratabilmek için yeni taktikler uygulamaya çalışırlar.

Ünlü filozof Aron Katsenelinboigen, ortaya attığı “Öneğilim Kuramı” için satrançtan ve satranç stilleri kavramından yararlanmıştır (Katsenelinboigen, 1997). Öneğilim Kuramı, “Belirsizlik koşulları altında gelişme” olarak açıklanabilir. Katsenelinboigen, bu kuram bağlamında satranç stillerinden faydalanmıştır. Ona göre iki ana stil vardır: Konumsal (positional) ve kombinatif (combinatural). Katsenelinboigen bu iki stili şu şekilde tanımlar:

Kombinatif stil; maddi amaç güden ve başlangıç konumu ile son konum arasında bir köprü kurmaya çalışan.

Konumsal stil; iyi bir konum yakalama amacıyla olan ve başlangıç konumu ile son konum arasında birçok temanın (fikirin) oluşmasına izin veren.

Katsenelinboigen'e göre; kombinatif oyuncunun aksine, konumsal oyuncu her şeyden önce belirsiz bir gelecekte gelişmesine olanak tanıyacak bir konum elde etmekle uğraşır. Bir oyuncu; konumsal stilde oynarken, bağıntısal ve maddesel parametreleri bağımsız değişkenler olarak değerlendirmelidir (Katsenelinboigen, 1997).

Yine de bir satranç oyuncusunun stilini tanımlamak hiç de kolay bir iş değildir. İlk önce satranç tahtası üzerinde oluşan konumlara bakmak gerekebilir. Daha sonra oyuncunun kişisel yetenekleri bu çalışmaya dahil edilmelidir. Genel bir anlatımla, kuvvetli bir oyuncu olmak için bütün pozisyonları iyi oynamalısınız. Sadece iyi bir hücum oyuncusu olmak yetmeyecektir. Savunmayı iyi yapabilmeli, teorik büyük oyun sonlarını oynayabilmeli ve açılış teorisini tam anlamıyla uygulamalısınız. Bunların hepsi olması gerekenlerdir fakat pratikte bunların hepsini gerçekleştirmek ve bu oyunda mükemmele yakın bir seviyeye gelmek imkânsız gibi bir şeydir. Profesyonel satranç oyuncuları için bile gerçekleştirmesi oldukça zordur. Satranç; herhangi bir oyuncunun, oyunun tüm aşamalarında tam anlamıyla uzmanlaşabilmesi için çok karmaşık yapıda bir oyundur. Günümüzün en iyi oyuncuları ile geçmişin en önemli oyuncuları arasında bile, diğer üst seviye oyuncularla karşılaştırıldıklarında daha az veya daha çok güçlü oldukları özellikleri görülebilir. Bu da, herhangi birisinin daha üstün olup olmaması hakkında karar vermeyi zorlaştırmaktadır. Buradaki anahtar rol, bu farkları hem kendinizde hem de rakibinizde anlayabilmek ve bunları ciddi biçimde antrenmanlarda, hazırlık aşamalarında ve turnuva oyunlarında uygulayabilmektir.

Satranç oyuncularını genel bir kategoride sınıflandırmak için iş hayatındaki kişisel değerlendirmeler ve insan kaynaklarının kullanıldığı model yaklaşımları işimize yarayabilir. Profesör Jean-Marie Hiltrop'un geliştirdiği yaklaşıma, satranç oyuncularını adapte edersek, oyuncuları şu sınıflara ayırabiliriz (Hansen, 2005):

- i. Yansıtıcı oyuncular
- ii. Teorisyen Oyuncular
- iii. Pragmatist oyuncular

iv. Aktivist Oyuncular

Yukarıda verilen oyuncuların kendi karakteristikleri birbirlerinden farklıdır. Yine de kesin çizgilerle ayırmak kolay değildir. İyi hazırlanmış bir rakip diğer oyuncuların potansiyel zayıflıklarından yararlanma peşinde koşarken, yansıtıcı tipindeki oyuncular güçlü bir şekilde rakiplerinin karşısında durma eğilimindedirler. Satranç teorisyenleri, satrancın gelişimine katkıda bulunan ve araştırmalarına sürekli devam eden oyunculardır. Pragmatistler, gelişim ve karar vermede oldukça başarılıdırlar. Aktivistler ise yaratıcı ve öğretici stilleri sayesinde, sürprizlerle dolu ve keskin mücadelelerle dolu parlak maçlar çıkarırlar.

A.B.D. Satranç Federasyonu'na (USCF) ait olan bir başka sınıflamada ise satranç oyuncuları, oyun güçlerine veya davranışlarına göre stillerine ayrılmıştır. Yapılan bu sınıflamanın gerçeğe biraz daha yakın olduğu söylenebilir. USCF'e göre satranç oyuncuları şu sınıflara ayrılmalıdır: (<http://www.uschessleague.com/ChessStyles.html>, 20.07.2011)

- i. Teknik Oyuncu
- ii. Pozisyonel Oyuncu
- iii. Taktik Oyuncu
- iv. Hesaplamacı Oyuncu
- v. Kurnaz Oyuncu
- vi. Dinamik Oyuncu
- vii. Pratik Oyuncu
- viii. Sezgisel Oyuncu
- ix. Mantıksal Oyuncu
- x. Genç Oyuncu

A.B.D. Satranç Federasyonu; bu sınıflama çalışmasını, birçok uzman kişilerin fikirleri ile birlikte oluşturmuştur. Ülke içindeki turnuvalarda yapılan gözlemler ve satranç ustalarının ortak görüşleri ile derlenmiştir.

Çok kullanılan bir başka sınıflandırma ise satrancın tarihsel süreci ile birlikte yapılmıştır. Satrancın tarihi gelişimi göz önüne alındığında 1700’lü yıllardan itibaren ele geçen kaynaklardan ve oynanan maçların notasyonlarından, satranç stillerini dört ana başlık altında toplayabiliriz (<http://www.chess-game-strategies.com/chess-style.html>, 22.07.2011).

- i. Romantik Stil
- ii. İngiliz Stili
- iii. Klasik Stil
- iv. Ultramodern Stil

Yukarıda belirtilen her bir stil, diğer bir stilin devamı şeklinde tanımlanmaya çalışılmıştır. Burada, tarihsel sürecin oyuncuların kendi stillerine de etki ettiği düşünülmüştür.

Görüldüğü gibi satranç oyuncularını stillerine göre sınıflandırmak istediğimizde birbirlerinden farklı tanımlamalar karşımıza çıkmaktadır. En iyi tanımlı yapabilmek veya oluşturabilmek tam anlamıyla mümkün olamamaktadır. Yine de belirli bir aralıkta yer alabilecek tanımlamalar yapılabilmektedir.

Bir oyuncunun stiline, o oyuncunun maçlarına etkisi oldukça önemlidir. Oyuncunun açılış seçimini, oyun ortası pozisyonlardaki kombinezonlarını ve maçtaki genel stratejisini etkiler. Kendi stilini iyi tanıyan oyuncuların, oyun sırasında doğru kararlar verme ihtimalleri daha yüksek olacaktır.

İnsan faktörü kavramı, satranç oyunundaki en önemli karşılaştırma ölçütü olarak karşımıza çıkmaktadır. Oynanan bir satranç oyununda ortaya çıkabilecek pozisyonlar ile oyuncunun kapasitesi arasında önemli bir maç gerçekleşmektedir. Her oyuncu, mevcut pozisyonların değerlendirmesini aynı şekilde hesaplayamayacaktır. Kimileri doğru hamleleri bulurken kimileri ise yanlış tercihlerde bulunacaklardır. Oyuncular aynı

kuvvet derecesinde olsalar bile, verdikleri kararlar farklılık gösterebilecektir. Bu, belki de satranç oyununun yüzyıllar boyunca sevilmesindeki en önemli etkenlerden biridir.

Satrançta amaç kazanmak üzerinedir. Kazanmak için satranç oyun kurallarını kendi lehinize en iyi şekilde uygulamalısınız. En iyi hamleyi görebilme veya en iyi savunmayı yapabilmek için birçok kavram veya değişkenlerden yararlanırsınız. Sevdiğiniz veya çok iyi bildiğiniz bir açılışı oynamak veya maç öncesi fiziksel hazırlıklar yapmak, istediğiniz sonuçları almanız için yardımcı etken olabilirler. Diğer taraftan, rakibinizin hoşuna gitmeyen konumları oynamak da iyi bir strateji olabilir. Eğer maç öncesi hazırlık aşamasında veya rakibin geçmiş maçlarını analiz ederken bu noktayı yakalamışsanız, durumu kendi lehinize çevirebilirsiniz. Bütün bunları gerçekleştirebilmek kolay olmamakla beraber, yeterince iyi çalışarak kendinizi geliştirebilirsiniz.

Satrançta değerlendirme yapmak diğer sporlara veya oyunlara göre farklılıklar gösterebilmektedir. Bir maçta sayısız farklılıkta konum oluşabilmekte, saldırı veya savunma yapma durumunuza göre de konumlara bakışınız değişebilmektedir. Sonuçta, ortaya çıkan bir pozisyon her iki taraf tarafından farklı biçimde değerlendirilebilir. Her iki taraf da kendileri için daha iyi bir konum elde ettiğini söyleyebilir. Bazen, maç analizlerinde şu yorumları sıklıkla görürüz: Beyaz hafif üstün, siyah hafif üstün, beyaz kazanç konumda v.b. Hafif üstün kavramı göreceli bir kavramdır. Satranç oyununda ise özellikle de oyun ortasında hafif üstün belirteçleri sadece materyal durumuna göre değil, konum durumlarına göre de yapılmaktadır. Konum üstünlüğü veya alan üstünlüğü kavramları ise kişiden kişiye göre değişebilmektedir. Bu da insan faktörü kavramını ve dolayısıyla belirsizlik ve bulanıklığı dile getirmektedir.

3.5. Satranç Ustalarına Göre Stiller

Uygulamada kullanılacak olan sınıflama çalışması için; Türkiye’den ve Dünyadan profesyonel satranç oyuncularına, “Satranç stilleri kaç’a ayrılır?” sorusu sorulmuştur. Bu sorunun kesin bir cevabı olmadığı çok açıktır. Yine de bu sporu meslek edinmiş kişilerden alınan cevaplar ile satranç oyuncularını sınıflandırmada kullanılacak kategoriler belirlenmeye çalışılmıştır. Soruya cevap veren oyuncuların hemen hepsi, bu

soruya kesin bir cevabın olmadığı ama yaklaşık olarak bir şeyler söylenebileceğini belirtmişlerdir.

Kişileri tanımlamada; Dünya Satranç Federasyonu'nun satranç oyuncularına verdiği unvanlar ile birlikte kullanılmıştır. Buna göre GM; satrançta ulaşılabilecek en yüksek unvan olan Büyük Usta, IM; Uluslararası Usta ve FM; Fide Ustası'nı simgelemektedir. Bazı ustalar, sorulan soruya detaylı bir şekilde cevap verirken, bazı ustalar ise sadece stillerin kaç'a ayrıldıklarını belirtmekle yetinmişlerdir.

İspanyol GM Marc Narciso Dublan soruya şu şekilde cevap vermiştir: "Birçok güçlü oyuncu evrensel türde oyunculardır. Bu yüzden de ben oyuncuları saldırgan ve savunmacı oyuncular olarak sınıflandırmaya pek yanaşmıyorum (Hücumu ve savunmayı birlikte çok iyi yürütüyorlar, tabii ki bunlar maçtaki konuma bağlı olan şeyler). Teknik oyuncu ve somut oyuncu türleri hakkında konuşmayı tercih ediyorum. Teknik oyuncu, (Capablanca, Karpov, Carlsen) gerekli şeyler hakkında düşünürler (değiştirilmesi veya devamlılığı gereken konuları iyi hissederler, şahın veya atın gideceği en iyi yeri bilirler). Somut oyuncular (Alekhine, Korchnoi) ise her şeyi hesaplama peşindedirler (Tabii ki teknik oyuncular da her şeyi hesaplarlar ve somut oyuncular da önemli konuları hissederler ama aralarında kesinlikle fark vardır)."

Türkiye'nin ilk GM'si Suat Atalık soruya şu şekilde cevap vermiştir: "Satrançta sayısal değerler haliyle çok önemli. Başta ELO (Uluslararası Kuvvet Derecesi) hesapları olmak üzere zaten bir hiyerarşi söz konusu. Haliyle de bir araştırma yaparken konunun her iki yönüne vakıf olmak lazım. Örneğin verdiğiniz örnekte yazdığınız üzere ECO kodlarıyla stiller arasında hiç bir ilişki olamaz. Stil konusuna gelince çokça duyduğunuz Pozisyonel (konumsal) ve taktik stillerin yanı sıra sınırları daha az belirli olan stratejik oyuncu kalıbı da ortaya çıkmaktadır. Son olarak söyleyeceğim konuyu açarken mektup attığınızı yazdığınız yüzlerce satranççı benzer bir kanıt içermekte. Kimin satranç oynayan kişi kiminse satranççı olduğu konusu bile bazı kıstaslarla belirlenebilir hale gelse de tanım oldukça zor."

Bulgar FM Valeri Lilov soruya şu şekilde cevap vermiştir: "Birçok farklı tipteki oyuncu, farklı düşünme biçimine dolayısıyla de farklı stillere sahiptirler. Bazıları saldırı satrancını severken, bazıları sadece savunma yaparak konumu tutmaya çalışırlar ve üçüncü tip olarak Pozisyonel oyunları seven oyuncuları sayabiliriz. Bu ayrımı yapmak

çok zordur. Satranç oyuncularının hepsinin farklı oyun seviyeleri ve farklı tercihleri vardır. Bu tercihler, kendi stilleri yaratmada en önemli etken olarak görülebilir.”

Amerikalı GM Mark Ginsburg soruya şu şekilde cevap vermiştir: “Bir oyuncunun savunma yeteneği ile saldırı yeteneği arasındaki ilişki, oyuncunun kuvvetini yansıtmaktadır. Bütün oyuncular; bu iki konudaki yetenekleri ile oyun sonu yeteneklerinin bulanık kombinasyonları olarak tanımlanabilir. Mesela bir oyuncu; 2650 ELO gücünde hücum yaparken, savunmada 2430 ELO performansı gösterebilecektir. Bu fark, oyuncuların saldırı veya savunma satranç problemleri çözümlerindeki yetenekleri ile de paralellik gösterecektir.”

İspanyol IM Renier Castellanos soruya şu şekilde cevap vermiştir: “Satrançta genel olarak iki tip stil tanımlayabiliriz: Saldırgan / Hücumcu ve Pozisyonel / Savunmacı. Buradaki en önemli problem oyuncunun o anki ruh haline göre her iki stili de oynayabilmesidir. Mesela benim iyi bir saldırgan oyuncu olduğumu ama kendime yetecek kadar da pozisyonel oyun bilgim olduğumu varsayalım. Benden daha güçlü oyunculara karşı risk almak istemeyebilirim ve daha savunma ağırlıklı oynayabilirim. Veya turnuvanın son turunda lider oyuncu ile aramda yarım puan fark vardır ve turnuvayı kazanmak istiyorsam mutlaka kazanmam gerekeceğinden, son maç tüm riskleri de göze alıp bütün gücümle rakibime saldırabilirim.”

Şilili FM Christian Martinez Montero soruya şu şekilde cevap vermiştir: “Ben oyuncuları iki sınıfa ayırırım. Birincisi, taşlarını sürekli aktif halde tutmaya çalışan oyuncular, diğeri ise doğrusal satranç oynayanlar. Yani, yaratıcılıktan ziyade direkt sonuca gitmeye çalışan oyuncular.”

İngiliz GM Gawain Jones soruya şu şekilde cevap vermiştir: “En önemli ayrım olarak pozisyonel ve taktiksel oyuncular ayrımı yapılabilir. Fakat bu ayrım oldukça belirsiz bir ayrımdır. Senin yapacağın çalışmanın en zor kısmı, birçok çeşitte stil tanımlaması yapmak olacaktır. Belki değişik tipteki poker oyuncularını analiz etmek işe yarayabilir.”

Moldovalı GM Victor Bologan soruya şu şekilde cevap vermiştir: “Günümüzde birçok evrensel tipte oyuncular var artık. Benim önerim ise stilleri beş ana başlık altında toplamak olabilir. Birinci tip saf pozisyonel (açılışların önemli olduğu ve %75

pozisyonel oyunun oynandığı), ikinci tip hem evrensel hem pozisyonel, üçüncü tip evrensel, dördüncü tip hem evrensel hem taktiksel ve beşinci tip ise saf taktiksel (açılışın yanı sıra fedalarında önemli olduğu).”

Ukraynalı GM Georgy Timoshenko soruya şu şekilde cevap vermiştir: “Bu konuda birçok derecelendirme olabilir. Pratikte, turnuvalarda karşılaşacağım rakiplerimi iki kategoriye ayırıyorum. Taktiksel anlamda ve hamle hesaplamalarında iyi olanlar ve karmaşık pozisyonlardan sakınıp daha açık pozisyonel oyun isteyenler.”

Bayanlar Dünya eski Satranç Şampiyonu Rus GM Aleksandra Kosteniuk soruya şu şekilde cevap vermiştir: “Bu konuda karar vermek oldukça zor. 1.d4 ile başlayan bir oyuncu atak oyun da oynayabilir, savunma da yapabilir. Stratejik veya taktiksel veya daha birçok başka isimlendirmeler yapılabilir. Fakat genel anlamda açılışlar ile tüm hikâyeyi özetleyemeyiz. Kaldı ki “iyi” veya “güçlü” tanımlaması da değişken kavramlardır.”

Hırvat GM Bogdan Lalic soruya şu şekilde cevap vermiştir: “Stilleri üç ana başlık altında toplayabiliriz. Bu üç ana başlık birçok alt başlığa da ayrılabilir. Bu üç kategori saldırgan, savunmacı ve evrensel olarak tanımlanabilir. En önemlisi evrensel stilde olanlardır.”

İsviçreli GM Yannick Pelletier soruya şu şekilde cevap vermiştir: “Pozisyonel veya saldırgan stildeki oyuncuların oluşturduğu büyük bir sınıftan söz edebiliriz. Bu büyük sınıf daha sonra aktif pozisyonel gibi alt gruplara ayrılabilir. Satrançta saldırganlık kavramı feda yapmaya hazır, zor ve karmaşık pozisyonları hazırlama gibi anlamlar taşımaktadır. Bütün güçlü oyuncuların kendi stilleri vardır. Fakat bu kadar farklı stilleri sınıflandırmak sınıflandırıcının kendi tanımlamalarına da bağlıdır.”

Bu konuda son olarak da kendi düşüncelerimi eklemek istiyorum. Bana göre satranç oyuncularını sınıflandırırken ilk olarak genel satranç mantalitesi göz önüne alınmalıdır. Oyuncuları; her hangi bir maçta bir piyon alıp hızlı bir şekilde taşlarını değiştirerek oyun sonuna girip kazanmak niyetinde olan oyuncular ve materyal üstünlükleri olsa da oyunu güzel bir şekilde bitirmek veya kombinezon peşinde olan oyuncular olarak ikiye ayırmaktayım. Bu iki olgu ise oyuncuların stillerini yansıtmaktadır. Birinci grupta olan oyuncular, sağlam ve kapalı açılışlar seçerken, ikinci

gruptaki oyuncular açık ve keskin açılışları tercih etmektedirler. Bir başka deyişle, birinci grup oyuncular pozisyonel oyunu tercih ederken, ikinci gruptaki oyuncular ise taktiksel oyunları tercih etmektedirler.

Satranç ustaları ile yapılan yazılı görüşmelerden elde edilen yorumlar Çizelge.3.1.'de derlenmiştir. Çizelge.3.1.'de kişiler, unvanları, menşei ve cevapları birlikte verilmiştir.

Çizelge.3.1. incelendiğinde; taktik, pozisyonel, atak ve evrensel kavramları, ustalar tarafından en çok kullanılan kavramlar olduğu görülmektedir. Onların yaptıkları bu değerlendirmelerin, gerçeğe en yakın değerlendirmeler olduğunu söyleyebiliriz. Yine de sözel kavramların kişiden kişiye farklılıklar göstermesi ve aynı kavramın farklı biçimlerde yorumlanması, konuyu daha da karmaşık hale getirir de satrancın engin dünyasını bir defa daha gözler önüne sermektedir.

Bir defasında Dünya eski Satranç Şampiyonu Rus GM Anatoly Karpov, “Benim stilim yok!” diyerek oldukça iddialı bir açıklama yapmıştır. Karpov, kendisini her stilde oynayan bir oyuncu olarak mı tanımlamıştır, yoksa gerçekten herhangi bir tarzda oyun oynamadığını mı ima etmiştir? Karpov’un eski maçlarına göz attığımızda, birinci söylenenin daha geçerli olduğunu söyleyebiliriz. Yine Dünya eski Satranç Şampiyonu Rus GM Vladimir Kramnik, “Pozisyonel satranç oynuyorum ama her zaman kazanmaya çalışıyorum.” sözü ile kalıplara bağlı kalınmaması gerektiğini ama sınıflamanın da önemli olduğu vurgulamıştır.

Son olarak Dünya eski Satranç Şampiyonu Garry Kasparov (2007)’un stil hakkındaki görüşleri, konuyu özetler niteliktedir: “Satrançta stil bireysel psikoloji ve duygusal yapımızın kararlarımıza yansısıyla oluşur. Kendimiz için hangi stili seçtiğimize karar veremeyiz. Kişisel stil, indirip kurabileceğiniz bir bilgisayar yazılımı değildir. Bunun yerine, sizin için en iyi neyin işe yaradığını anlamalı ve sonrasında denemeler ve zorluklarla kendi yönteminizi geliştirmelisiniz; yani kendi haritanızı.”

Çizelge 3.1. Satranç ustalarının satranç stilleri hakkında görüşleri

IM	Renier Castellanos	İspanya	Pozisyonel Saldırgan
IM	Mark Ginsburg	A.B.D.	Atak yeteneği olan Savunma yeteneği olan Oyun Sonu yeteneği olan
FM	Valeri Lilov	Bulgaristan	Saldırgan Savunmacı Pozisyonel
IM	Artiom Tsepotan	Ukrayna	Saldırgan Dikkatli
GM	Mikhail Gurevich	Ukrayna	Taktiksel Pozisyonel Hepsi
GM	Barış Esen	Türkiye	Taktiksel Vahşi Taktiksel Konumsal Teknik Hepsi
FM	Hakan Erdoğan	Türkiye	Konumsal Atak
GM	Yannick Pelletier	İsviçre	Pozisyonel Saldırgan
GM	Aleksandra Kosteniuk	Rusya	Taktik Stratejik
GM	Marc Narciso Dublan	İspanya	Teknik Somut

Çizelge 3.1. Satranç ustalarının satranç stilleri hakkında görüşleri (devamı)

GM	Viktor Bologan	Moldova	Sadece Pozisyonel Pozisyonel - evrensel Evrensel Evrensel - taktiksel Sadece taktiksel
GM	Suat Atalık	Türkiye	Pozisyonel Taktik Stratejik
FM	Christian Martinez Montero	Şili	Taşlarını aktif hale getirip oynayan Sadece sonuca yönelik oynayan
GM	Gawain Jones	İngiltere	Taktik Pozisyonel
GM	Suzan Polgar	A.B.D.	Saldırgan Pozisyonel Evrensel
GM	Ivan Sokolov	Hollanda	Atak Pozisyonel Evrensel Teknik Teorik
GM	Georgy Timoshenko	Ukrayna	Taktik ve hesaplamaları iyi olanlar Karmaşık yapıdaki oyunlardan ziyade açık pozisyonları sevenler
GM	Bogdan Lalic	Hırvatistan	Atak Savunmacı Hepsi

Uygulamada, satranç oyuncularının hangi stillere ayrılması gerektiği yukarıda tanımlamaları verilen stil tanımlarının yardımıyla oluşturulmuştur. Yapılan bu sınıflandırma, tamamen objektif bir sınıflama çalışmasıdır. Uzman görüşlerinin yanı sıra satranç kaynakları, satranç veri tabanları ve kişisel geçmiş tecrübelerden faydalanılmıştır. Kişisel tercihler doğrultusunda, bu sınıflandırmalar daha da detaylandırılabilir veya kapsamaları daraltılabilir çalışmalardır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Satranç oyuncularını sınıflandırma çalışmasından önce sınıflandırmada kullanılacak veri hakkında bilgi vermek gerekir. Satranç maçlarında açılış aşaması en önemli safha olarak karşımıza çıkmaktadır. Kendi gelişiminiz, rakibin gelişimi ve oyun ortasına kadar ulaşılabilecek konum, açılış safhasında gerçekleşmektedir. Birçok karşılaşma açılış safhasında kazanılır ya da kaybedilir. Bu yüzden profesyonel anlamda satranç sporu ile uğraşanlar, açılış safhasına ayrı bir önem göstermekte ve bu konuda sürekli uygulama yapmaktadırlar.

Uygulamada; satranç oyuncularını sınıflandırmada ECO (Encyclopedia of Chess Openings) kodlarından yararlanılmıştır. Satranç veritabanlarında herhangi bir oyuna ulaşabilmek ve açılışları düzgün bir şekilde sınıflandırmak için ECO kodları kullanılmaktadır. ECO kodları, beş ana ciltte (A, B, C, D, E) toplanmıştır. Aynı hamle serisi ile başlayan açılışlar aynı ciltte yer almaktadırlar. Örneğin “1. e4 c5” hamle dizisi ile başlayan bütün açılışlar B cildinde, “1. d4 Af6 2. c4 ...” hamle dizisi ile başlayan bütün açılışlar D veya E cildinde yer almaktadır. Bu beş ana cilt daha sonra her bir ciltte 0’dan 9’a 10 alt başlıkta toplam 50 alt başlığa ayrılmış; bu alt başlıklar da 00’den 99’a kadar olmak üzere, 100 daha alt başlıkta toplanmıştır. Genel olarak satranç açılış kodları toplam 500 adettir. Açılışlar; başlangıç hamlelerine göre belirtilen ciltlerin birinde yer almakta, sözü edilen açılışın ilerleyen hamlelerine göre de alt başlıklara ayrılmaktadırlar.

Bunu bir örnekle ile açıklayalım. Açılış Ansiklopedilerinde C00 ile C19 arasında Fransız Savunması yer almaktadır. Bu genel bir isimlendirmedir. Daha özelinde ise C10 Paulsen Devamyolu, C12 MacCutcheon Devamyolu veya C13 Klasik Devamyolu gibi isimler almaktadır. Beyaz taşlarla oynayan oyuncunun veya siyah taşlarla oynayan oyuncunun yapacağı hamleye göre bu alt başlıklar da değişmektedir. Bazı alt açılışlar 5-10 hamle sürerken, bazı alt açılışlar 20-25 hamle devam edebilmektedir. Bu sınıflandırmalar satranç dünyasında ortak bir sınıflandırma olup herkes tarafından kabul görmüş bir çalışmadır.

Açılışlarla ilgili yüzlerce kaynak bulunmaktadır. Bu kadar çok kaynağın olması, oyuncuların kendilerini sürekli hazır halde bulundurmalarına yardımcı olmaktadır. Birçok açılışın teorisine her geçen gün yeni hamleler veya yeni fikirler eklenmektedir. Satranç dünyasının bu yenilikleri takip edebilmesi de, sayıca fazla olan kaynak ve dergiler ile mümkün olabilmektedir.

Yukarıda genel hatları ile bahsedilen 500 adet satranç açılışı, birçok kaynakta yedi kategoride toplanmıştır. Birinci veya ikinci hamlelere göre yapılan bu sınıflandırma şu şekildedir:

1. Açık Açılışlar (1.e4 e5 ile başlayan açılışlar)
2. Yarı-Açık Açılışlar (1.e4 diğer hamleler ile başlayan açılışlar)
3. Kapalı Açılışlar (1.d4 d5 ile başlayan açılışlar)
4. Hintli Sistemler (1.d4 Af6 ile başlayan açılışlar)
5. 1. d4'e siyahın diğer cevapları
6. Kenar Açılışları (1.c4 veya 1.Af3 ve diğerleri)
7. Düzensiz Açılışlar (İlk altı sınıfa giremeyen açılışlar)

Bu sınıflandırmalar bile bir oyuncunun stili hakkında karar vermemize yardımcı olabilmektedirler. Örnek olarak; Açık, Yarı Açık ve Hintli sistemleri sürekli oynayan bir oyuncunun saldırgan ve keskin oyunlar sergilediği söyleyebiliriz.

Herhangi bir açılış için, farklı devam yolları ile birlikte sıralı bir şekilde ECO kodu tanımlaması yapılmıştır. Bu da, sadece ECO kodlarına bakarak oyuncunun hangi açılışı oynadığını kolayca bulmamıza yaramaktadır. Mesela, A80 ile A99 arasında açılışların tümü Hollanda Savunması ana başlığı altındadır. Bu ise beyazlar 1.d4 açılış hamlesine, siyahları 1. ... f5 ile karşılık verdiğini göstermektedir.

Uygulama için gereken bulanık sayılar, oyuncunun kariyeri boyunca yaptığı maçların sonuçlarına bakılarak hesaplanmıştır. Herhangi bir oyuncu için satranç oyununun sonucunda ortaya üç türlü sonuç çıkmaktadır: Galibiyet, mağlubiyet ve beraberlik. Turnuvalarda galibiyete 1 puan, beraberliğe 0,5 puan ve mağlubiyete de 0 puan verilmektedir. Bu puanlardan yola çıkılarak, herhangi bir oyuncunun kariyeri boyunca yaptığı maçlardan elde ettiği sonuçlar matematiksel işlemler yardımıyla hesaplanmış ve o oyuncuya ait LR-tipi bulanık sayılar bulunmuştur. Bu hesaplamalar için galibiyet sayısı 3, beraberlik sayısı 2 ve mağlubiyet sayısı 1 ile çarpılarak ağırlıklandırılmış ve istenen değerler bulunmuştur. Bu ağırlıklandırma hesaplaması, alınabilecek sonuçların toplam maç sayısı içindeki önem sırasına göre yapılmıştır.

İlgili açılış koduna ait maç skorlarına bakılarak LR-tipi bulanık sayılar için merkez nokta (4.1) eşitliğinde verildiği şekilde hesaplanmıştır.

$$c = \frac{(3 * \text{Galibiyet Sayısı}) + (2 * \text{Beraberlik Sayısı}) + (1 * \text{Mağlubiyet Sayısı})}{\text{Toplam Maç Sayısı}} \quad (4.1)$$

Benzer şekilde sağ (r) ve sol (l) aralık değerleri de şu şekilde hesaplanmıştır:

$$r = \frac{(1 * \text{Mağlubiyet Sayısı})}{\text{Toplam Maç Sayısı}} \quad (4.2)$$

$$l = \frac{(2 * \text{Beraberlik Sayısı})}{\text{Toplam Maç Sayısı}} \quad (4.3)$$

Garry Kasparov'un B4 açılış koduna ait maç skorları şu şekilde gerçekleşmiştir: 7 galibiyet, 8 beraberlik ve 2 mağlubiyet. Yukarıda verilen formülleri yerien yazdığımızda, Kasparov'a ait B4 bulanık sayısı şu şekilde hesaplanır:

$$c = \frac{(3 * 7) + (2 * 8) + (1 * 2)}{17} = 2,294118$$

$$r = \frac{(1 * 2)}{17} = 0,117647$$

$$l = \frac{(2 * 8)}{17} = 0,941176$$

Bu hesaplamalar sonucunda B4 bulanık sayısı aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$B_4 = (2.294118; 0.117647; 0.941176)$$

Dünyanın önde gelen satranç oyuncularının sınıflandırılmasında kullanılacak ECO kodları ve maç sonuçları, ChessBase.10 satranç veri tabanı programı yardımıyla hesaplanmıştır. ChessBase.10'nun arşivinde 5 milyondan fazla kayıtlı oyun bulunmaktadır. Belirlenen oyuncuların maçları, ECO kodlarına göre belirlenmiş ve yukarıda kısa tanımlaması verilen matematiksel işlemlerle bulanık sayılar haline getirilmiştir.

Uygulama, üç farklı kategorideki oyuncular için yapılmıştır. Buna göre 2700 ELO ve üzeri Süper GM kategorisinde olan büyük ustalar, 2500-2700 ELO arasında yer alan büyük ustalar ve 2300-2500 ELO arası büyük ustalar; bu üç kategoriyi oluşturmaktadır. Birinci kategoride yedi süper büyük usta, ikinci kategoride on altı büyük usta ve üçüncü kategoride yine onaltı büyük usta sınıflandırılmaya çalışılmıştır.

Analiz aşamasında ilk olarak; satranç oyuncularının belirlenen açılışlardaki bulanık sayılarına göre bulanık kümeleme analizi yapılmıştır. Her bir açılışta farklı kümeler ayrılan oyuncuların kümeler dağılımı incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda kümeler, üst sınıftan alt sınıfa doğru ayrıştırılmıştır. Daha sonra, açılışlar önceden belirlenen katsayılar ile çarpılarak her bir oyuncunun hangi stilde olduğuna karar verilmeye çalışılmıştır.

Bazı oyuncuların, bazı açılış kodlarında maçları bulunmamaktadır. Bu yüzden, ustalar tarafından oynanan ortak açılışlar sınıflandırılmıştır. Kullanılacak olan açılışlar, ECO kodları ile birlikte ve tahmini sınıfları Çizelge 4.1.'de verilmiştir. Tahmini sınıfları dememizin sebebi, bunların tamamen objektif sınıflandırmalar olmalarıdır.

Çizelge 4.1. Bazı açılışların belirlenen sınıflara göre dağılımı

ECO Kodu	Açılış İsmi	Sınıfı
A04-A09	Reti Açılışı	Pozisyonel
A10-A39	İngiliz Açılışı	Pozisyonel
A53-A55	Eski Hintli Açılışı	Pozisyonel
A60-A79	Benoni Savunması	Saldırgan
A80-A99	Hollanda Savunma	Savunmacı
B02-B05	Alekhine Savunması	Savunmacı
B07-B09	Pirc Savunması	Pozisyonel
B10-B19	Caro-Cann Savunması	Saldırgan
B20-B99	Sicilya Savunması	Saldırgan
C00-C19	Fransız Savunması	Savunmacı
C30-C39	Şah Gambiti	Saldırgan
C42-C43	Petroff Savunması	Savunmacı
C53-C54	İtalyan Açılışı	Saldırgan
C60-C99	İspanyol Açılışı	Pozisyonel
D10-D19	K. Edilmemiş Vezir Gambiti - Slav	Pozisyonel

Çizelge 4.1. Bazı açılışların belirlenen sınıflara göre dağılımı (devamı)

ECO Kodu	Açılış İsmi	Sınıfı
D20-D29	Kabul Edilmiş Vezir Gambiti	Pozisyonel
D30-D42	Kabul Edilmemiş Vezir Gambiti	Saldırgan
D43-D49	K. Edilmemiş Vezir Gambiti - Yarı Slav	Saldırgan
D50-D69	K. Edilmemiş Vezir Gambiti - Fg5'li	Saldırgan
D70-D79	Neo - Gruenfeld	Saldırgan
D80-D99	Gruenfeld	Saldırgan
E01-E09	Katalan Açılışı	Pozisyonel
E12-E19	Vezir Hint Savunması	Pozisyonel
E20-E59	Nimzo Hint Savunması	Pozisyonel
E60-E99	Şah Hint Savunması	Saldırgan

Her bir açılışa ait satranç oyuncularının bulanık sayıları (4.1), (4.2) ve (4.3) numaralı formüllerde verildiği gibi hesaplanır. Örnek olarak, Dünya eski Satranç Şampiyonu Rus GM Garry Kasparov'un yukarıda belirlenen açılışlardaki bulanık sayıları Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Garry Kasparov'un açılışlara ait hesaplanan bulanık sayıları

ECO Kodu	Açılış İsmi	Merkez	Sağ	Sol
A04-A09	Reti Açılışı	2,142857143	0,23809524	0,761904762
A10-A39	İngiliz Açılışı	2,191489362	0,20212766	0,808510638
A53-A55	Eski Hintli Açılışı	2,636363636	0	0,727272727
A60-A79	Benoni Savunması	2,147058824	0,23529412	0,764705882
A80-A99	Hollanda Savunma	2,607142857	0,07142857	0,5
B02-B05	Alekhine Savunması	2,5	0,08333333	0,666666667

Çizelge 4.2. Garry Kasparov'un açılışlara ait hesaplanan bulanık sayıları (devamı)

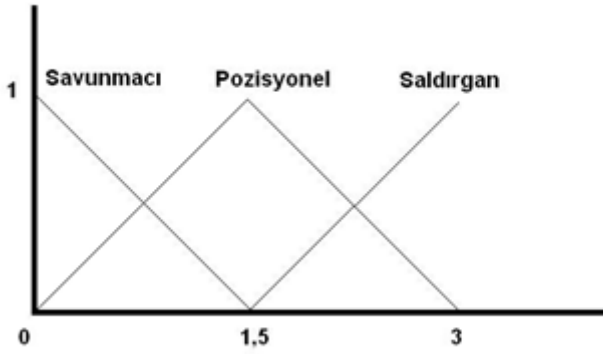
ECO Kodu	Açılış İsmi	Merkez	Sağ	Sol
B07-B09	Pirc Savunması	2,407407407	0,18518519	0,444444444
B10-B19	Caro-Cann Savunması	2,347826087	0,15942029	0,666666667
B20-B99	Sicilya Savunması	2,020295203	0,28597786	0,815498155
C00-C19	Fransız Savunması	2,526315789	0,10526316	0,526315789
C30-C39	Şah Gambiti	2,2	0,2	0,8
C42-C43	Petroff Savunması	2,368421053	0,02631579	1,157894737
C53-C54	İtalyan Açılışı	2,677419355	0,09677419	0,258064516
C60-C99	İspanyol Açılışı	2,492063492	0,04761905	0,825396825
D10-D19	K. Edilmemiş Vezir Gambiti - Slav	2,44	0,10666667	0,693333333
D20-D29	Kabul Edilmiş Vezir Gambiti	2,358490566	0,13207547	0,754716981
D30-D42	Kabul Edilmemiş Vezir Gambiti	2,330985915	0,15492958	0,718309859
D43-D49	K. Edilmemiş Vezir Gambiti - Yarı Slav	2,327586207	0,12068966	0,862068966
D50-D69	K. Edilmemiş Vezir Gambiti - Fg5'li	2,276315789	0,06578947	1,184210526
D70-D79	Neo - Gruenfeld	2,068181818	0,15909091	1,227272727
D80-D99	Gruenfeld	2,029126214	0,25242718	0,932038835
E01-E09	Katalan Açılışı	2,394736842	0,07894737	0,894736842
E12-E19	Vezir Hint Savunması	2,301075269	0,15053763	0,795698925
E20-E59	Nimzo Hint Savunması	2,359649123	0,13157895	0,754385965
E60-E99	Şah Hint Savunması	2	0,3047619	0,780952381

Benzer şekilde belirlenen oyuncular için her bir açılışa ait bulanık sayılar hesaplanmıştır. Uygulamanın ilk bölümünde her bir oyuncunun bulanık sayıları, Bölüm 3.2'de tanıtılan Bulanık Sayılarda Bulanık Kümeleme analizi ile analiz edilerek kümelere ayrılmaya çalışılmıştır. Çizelge 4.1.'de verildiği gibi açılışlar üç kümeye ayrılmıştır. Bu üç küme; saldırgan, savunmacı ve pozisyonel olarak adlandırılmıştır. Bu

isimlendirmeler önceki konuda kısaca tanıtılan satranç stilleri konusundan esinlenerek belirlenmiştir. Her üç kümenin prototipleri yani küme merkezleri aşağıda verildiği gibi belirlenmiştir (Erilli ve ark., 2010).

$$X_{Savunmacı} = (0; 0; 1,5); X_{Pozisyonel} = (1,5; 1,5; 1,5) \quad X_{Saldırgan} = (3; 1,5; 0)$$

Çizelge 4.2.'deki bulanık sayılar renk gözetmeksizin yapılmış hesaplamalardır. Bir oyuncunun hem beyaz hem de siyah taşlarla aynı açılışta göstereceği performans farklı olacaktır. Bu yüzden hesaplanan bulanık sayılar hem genel, hem de farklı renklerde ayrı olarak verilmiştir. Tüm hesaplamalar MATLAB.2009b paket programında yapılmıştır.



Şekil 4.1. Küme merkezlerinin şekilsel gösterimi

Renk gözetmeksizin belirlenen küme merkezleri şekilsel olarak Şekil 4.1.'de verilmiştir. Oyuncuların hesaplanan bulanık skorları hangi aralığa düşerse, oyuncu o kümeye aittir denilebilir. Yukarıda verilen bulanık sayılar ile yapılan hesaplamalarda Garry Kasparov'un bulanık skorları Çizelge 4.3.'de verilmiştir.

Çizelge 4.3.'e baktığımızda Garry Kasparov'un hem genel olarak hem de her iki renkteki bulanık skorları ile hesaplanan bulanık küme merkezlerine göre saldırgan oyuncu sınıfına girdiğini söyleyebiliriz. Altı kümeleme yöntemine göre de sonuç benzer çıkmıştır. Garry Kasparov'un yüksek kazanma yüzdesi, bu sonuçların birbirlerine yakın çıkmasındaki en önemli etkidir. Kuvvetli ama nispeten Kasparov'a göre zayıf bir oyuncunun bulanık skorları bu kadar net olamayabilecektir. Kasparov'un, yirmi yıldan uzun bir süre dünyanın 1 numaralı satranççısı olmasını da sonuçların bir göstergesi

olarak yorumlayabiliriz. Satrancı bıraktığı tarihte sahip olduğu ELO puanı ancak 2011 yılında geçilebilmiştir.

Çizelge 4.3. Garry Kasparov'un küme merkez değerleri

	Beyaz	Siyah	Genel
DFKNC	2,65334	2,31455	2,43609
FKMCCFV	2,70133	2,45677	2,4453
FKMCMD	2,68766	2,33144	2,39833
ADFKNC	2,66903	2,226	2,263889
DFWKMC	2,70043	2,4789	2,46398
FkM-F	2,66832	2,23933	2,257558

Benzer şekilde, diğer süper büyük ustaların bulanık skorları hesaplanmış ve ait oldukları kümeler belirlenmiştir. Sonuçlar Çizelge 4.4.'de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Süper büyük ustaların kümeleme sonuçları

Oyuncu	Açıklama	Beyaz	Siyah	Genel
Magnus Carlsen	Dünyanın Bir Numaralı Oyuncusu	Saldırgan	Saldırgan	Saldırgan
Vishy Anand	Dünya Şampiyonu	Saldırgan	Saldırgan	Saldırgan
Vladimir Kramnik	Eski Dünya Şampiyonu	Pozisyonel	Pozisyonel	Pozisyonel
Judith Polgar	Dünyanın Bir Numaralı Bayan Oyuncusu	Saldırgan	Pozisyonel	Pozisyonel
Anatoly Karpov	Eski Dünya Şampiyonu	Pozisyonel	Savunmacı	Savunmacı
Veselin Topalov	Eski Dünya Şampiyonu	Saldırgan	Pozisyonel	Saldırgan

Çizelge 4.4., bizlere dünyanın en iyi satranç oyuncularının bulanık skorlarına bakılarak ait oldukları kümeleri göstermektedir. Burada şunu da eklemeliyiz ki; dünya sıralamasında en üst seviyelerde yer alan oyuncular, genelde kapalı turnuvalarda oynamaktadırlar. Bu sayede kendi kuvvetlerine yakın oyuncuların yer aldığı turnuvalarda oynayarak, klasman (ELO) puanlarını da korumuş olmaktadır. Bu

yüzden birbirlerine yakın kuvvetlerin maçlarında genel bir favori olamamaktadır. Bunlar da maç sonuçlarına ve bulanık skorlarına da yansımaktadır.

Çizelge 4.5. 2500-2700 ELO arası büyük ustaların kümeleme sonuçları

Oyuncu	Ülke	Beyaz	Siyah	Genel
Nigel Short	İngiltere	Saldırgan	Saldırgan	Saldırgan
Anton Korobov	Ukrayna	Saldırgan	Pozisyonel	Saldırgan
Barış Esen	Türkiye	Pozisyonel	Pozisyonel	Pozisyonel
Ivan Sokolov	Hollanda	Saldırgan	Pozisyonel	Pozisyonel
Tomi Nyback	Finlandiya	Pozisyonel	Savunmacı	Savunmacı
Curt Hansen	Danimarka	Saldırgan	Pozisyonel	Saldırgan
Atanas Kolev	Bulgaristan	Saldırgan	Pozisyonel	Saldırgan
Jaan Ehvest	A.B.D.	Saldırgan	Pozisyonel	Pozisyonel
Zoltan Ribli	Macaristan	Pozisyonel	Pozisyonel	Pozisyonel
Oleg Korneev	Rusya	Saldırgan	Pozisyonel	Pozisyonel
Sandro Mareco	Arjantin	Savunmacı	Saldırgan	Pozisyonel
Ulf Andersson	İsveç	Pozisyonel	Pozisyonel	Pozisyonel
Dejan Bojkov	Bulgaristan	Pozisyonel	Savunmacı	Pozisyonel
Namig Guliyev	Azerbaycan	Saldırgan	Savunmacı	Pozisyonel
Mihail Marin	Romanya	Pozisyonel	Pozisyonel	Pozisyonel
Tomas Polak	Çek Cum.	Pozisyonel	Saldırgan	Pozisyonel

Çizelge 4.5.'de 2500-2700 ELO arası büyük ustaların kümeleme sonuçları verilmiştir. Bu kategorideki oyuncular, 2700 üzeri süper büyük ustalarla oynadıkları gibi kendi kategorilerinde ve daha alt kategorideki oyuncularla zaman zaman oynayabilmektedirler. Analiz sonucunda birçok oyuncunun pozisyonel stilde kümelenmesinin, bu oyuncuların çeşitli seviyelerdeki oyuncularla oynamalarına bağlanabilir. Bu kategorideki oyuncuların; kendilerinden daha kuvvetli oyuncularla

oyunarken fazla riske girmeden daha garanti oyun oynamaya çalıştıkları, diğer oyuncularla oyunarken ise her zaman uyguladıkları oyun anlayışlarına bağlı kaldıkları söylenebilir.

Çizelge 4.6. 2300-2500 ELO arası büyük ustaların kümeleme sonuçları

Oyuncu	Ülke	Beyaz	Siyah	Genel
Adam Horvath	Macaristan	Pozisyonel	Savunmacı	Pozisyonel
Petr Kostenko	Kazakistan	Pozisyonel	Savunmacı	Pozisyonel
Bruno Parma	Slovenya	Pozisyonel	Pozisyonel	Pozisyonel
Vladimir Belikov	Rusya	Pozisyonel	Savunmacı	Pozisyonel
Tal Shaked	A.B.D.	Pozisyonel	Pozisyonel	Pozisyonel
Milan Drasko	Makedonya	Saldırgan	Pozisyonel	Pozisyonel
Marcin Kaminski	Polonya	Saldırgan	Pozisyonel	Pozisyonel
Klaus Darga	Almanya	Saldırgan	Pozisyonel	Pozisyonel
Igor Naumkin	Rusya	Pozisyonel	Savunmacı	Savunmacı
Miroslav Tosic	Sırbistan	Pozisyonel	Savunmacı	Pozisyonel
Keith Arkell	İngiltere	Savunmacı	Saldırgan	Pozisyonel
Igor Glek	Almanya	Pozisyonel	Pozisyonel	Pozisyonel
Wenjin Wu	Çin	Savunmacı	Savunmacı	Savunmacı
Enver Bukic	Slovenya	Saldırgan	Savunmacı	Pozisyonel
Slim Bouaziz	Tunus	Savunmacı	Savunmacı	Savunmacı
Amir Baghari	İran	Pozisyonel	Savunmacı	Pozisyonel

Benzer şekilde 2300-2500 ELO arası büyük ustaların kümeleme sonuçları Çizelge 4.6.'da verilmiştir. Bu kategorideki oyuncular süper büyük ustalarla çok az ve kendi seviyelerinde oyuncular daha çok oynayabilmektedirler. Çizelge 4.6.'ya baktığımızda, bu kategorideki oyuncuların genelde savunmacı ve pozisyonel oyuncular sınıflarında yer aldıkları görülmektedir. Büyük usta barajı olan 2500 ELO

seviyelerinden uzaklaştıkça, oyun seviyeleri savunmaya ve genel konumlarını korumaya yönelik oldukları söylenebilmektedir.

Uygulamanın ikinci kısmında ise oyuncuların açılışlara göre bulanık sayıları, kümeleme analizi ile incelenmiştir. Burada, Çizelge 4.1.'de verilen açılışlardan bazıları için satranç oyuncularının belirli kümelerde yığılma gösterip göstermediğine bakılmıştır. Çizelge 4.7.'de, belirlenen bazı açılışlara göre süper büyük ustaların kümeleme analiz sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.7. Bazı açılışlara göre süper büyük ustaların kümeleme sonuçları

Açılış İsmi	I. Küme	II. Küme	III. Küme
Sicilya Savunması	Kasparov Carlsen	Kramnik Anand Topalov Polgar	Karpov
Şah-Hint Savunması	Kasparov Anand Kramnik	Carlsen Topalov	Polgar Karpov
İspanyol Açılışı	Carlsen Kasparov Anand Kramnik	Karpov	Polgar Topalov
Gruenfeld Savunması	Carlsen Kasparov Anand Kramnik	Karpov Topalov	Polgar
Fransız Savunması	Polgar Anand Kramnik	Kasparov Karpov	Topalov Carlsen
Caro-Kan Savunması	Kasparov Anand Kramnik	Carlsen Topalov	Polgar Karpov

Çizelge 4.7. Bazı açılışlara göre süper büyük ustaların kümeleme sonuçları (devamı)

Açılış İsmi	I. Küme	II. Küme	III. Küme
Slav	Carlsen	Kasparov Anand Kramnik Topalov	Polgar Karpov
Vezir-Hint Savunması	Kasparov Carlsen	Kramnik Anand Polgar	Karpov Topalov

Çizelge 4.7. incelendiğinde açılışların karakterlerine göre, oyuncuların yer aldıkları kümeler de değişmektedir. Saldırgan açılışlarda Kasparov ve Carlsen aynı kümelerde yer alırlarken, Pozisyonel açılışlarda farklı kümelerde yer almışlardır. Pozisyonel açılışlara bakış açıları ve açılışları yorumlama farklılıkları bu sonuçta etkili olduğu düşünülmektedir. Diğer yandan Karpov ve Polgar da genelde aynı kümede yer almışlardır. İki soğukkanlı oyuncunun bulanık skorları da çoğunlukla birbirlerine yakın çıkmıştır. Anand ve Kramnik, Karpov ile aynı kümede yer almamışlardır. Savunmacı kimliğiyle öne çıkan Karpov'un aksine Anand ve Kramnik'in hücum dayalı oyun tarzlarının burada etkili olduğunu söyleyebiliriz.

Benzer şekilde, 2500-2700 ELO arası büyük ustaların belirlenen açılışlara göre kümeleme sonuçları Çizelge 4.8.'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Bazı açılışlara göre 2500-2700 ELO arası büyük ustaların kümeleme sonuçları

Açılış İsmi	I. Küme	II. Küme	III. Küme
Sicilya Savunması	Nigel Short Tomi Nyback Jaan Ehlevest Zoltan Ribli	Anton Korobov Barış Esen Ivan Sokolov Dejan Bojkov Atanas Kolev	Namig Guliyev Mihail Marin Ulf Andersson Oleg Korneev Curt Hansen Tomas Polak Sandro Mareco

Çizelge 4.8. Bazı açılışlara göre 2500-2700 ELO arası büyük ustaların kümeleme sonuçları (devamı)

Açılış İsmi	I. Küme	II. Küme	III. Küme
Şah-Hint Savunması	Nigel Short Tomi Nyback Dejan Bojkov	Anton Korobov Ivan Sokolov Jaan Ehlevest Zoltan Ribli Atanas Kolev	Barış Esen Namig Guliyev Mihail Marin Tomas Polak Oleg Korneev Curt Hansen Ulf Andersson Sandro Mareco
İspanyol Açılışı	Nigel Short Tomi Nyback Dejan Bojkov Barış Esen Namig Guliyev Jaan Ehlevest	Curt Hansen Anton Korobov Ivan Sokolov Zoltan Ribli Ulf Andersson	Tomas Polak Sandro Mareco Mihail Marin Oleg Korneev Atanas Kolev
Gruenfeld Savunması	Nigel Short Ivan Sokolov Zoltan Ribli Tomi Nyback Jaan Ehlevest Ulf Andersson	Curt Hansen Barış Esen Namig Guliyev Dejan Bojkov	Tomas Polak Sandro Mareco Mihail Marin Oleg Korneev Atanas Kolev Anton Korobov
Fransız Savunması	Jaan Ehlevest Ulf Andersson Anton Korobov Nigel Short Tomi Nyback Dejan Bojkov	Ivan Sokolov Zoltan Ribli Mihail Marin Namig Guliyev Tomas Polak Oleg Korneev	Curt Hansen Barış Esen Atanas Kolev Sandro Mareco
Caro-Kan Savunması	Jaan Ehlevest Ulf Andersson Anton Korobov Nigel Short Tomi Nyback	Ivan Sokolov Zoltan Ribli Mihail Marin Namig Guliyev Dejan Bojkov Oleg Korneev	Curt Hansen Barış Esen Atanas Kolev Tomas Polak Sandro Mareco

Çizelge 4.8. Bazı açılışlara göre 2500-2700 ELO arası büyük ustaların kümeleme sonuçları (devamı)

Açılış İsmi	I. Küme	II. Küme	III. Küme
Slav	Nigel Short Dejan Bojkov Ulf Andersson Tomi Nyback Jaan Ehlvest Namig Guliyev	Curt Hansen Barış Esen Atanas Kolev Ivan Sokolov Zoltan Ribli Anton Korobov	Tomas Polak Sandro Mareco Oleg Korneev Mihail Marin
Vezir-Hint Savunması	Curt Hansen Barış Esen Zoltan Ribli Dejan Bojkov Nigel Short Jaan Ehlvest	Ulf Andersson Tomi Nyback Namig Guliyev Atanas Kolev Anton Korobov	Tomas Polak Sandro Mareco Ivan Sokolov Mihail Marin Oleg Korneev

Çizelge 4.8. incelendiğinde, açılışların karakterlerine göre oyuncuların yer aldıkları kümelerde değişimler gözlenmiştir. İngiliz oyuncu Nigel Short ve Hollandalı Jaan Ehlvest genelde I. kümede yer almışlardır. Nigel Short süper büyük usta sınıfı olan 2700 barajını bazı dönemlerde geçmiş, Ehlvest ise bu baraja yakın ELO puanlarına sahip olmuştur. Bu da, bu iki oyuncunun listedeki diğer oyunculara göre biraz daha üst sınıfta yer almalarını açıklayabilmektedir. Benzer şekilde; Tomas Polak, Sandro Mareco ve Mihail Marin genelde III. kümede yer almışlardır. ELO puanlarına göre de diğer oyuncuların daha düşük bir seviyede kalan bu oyuncular, listedeki diğer oyunculara göre biraz daha zayıf kuvvette oyuncular ve stillerine göre genelde son kümede yer almışlardır. Zoltan Ribli, Tomi Nyback ve Dejan Bojkov, ilk iki kümede yer alarak bu kategoride iyi oyuncular sınıfında yer almışlardır. Esen, Guliyev, Hansen ve Korobov ise her üç kümede yer alarak, bazı açılışlara göre kuvvetli bazı açılışlarda ise nispeten daha zayıf sonuçlar aldıklarını göstermişlerdir. Kolev ve Korneev ise son iki kümede yer almışlar ve en iyiler sınıfında yer alamamışlardır.

Çizelge 4.9.'da ise 2300-2500 ELO arası büyük ustaların kümeleme sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.9. Bazı açılışlara göre 2300-2500 ELO arası büyük ustaların kümeleme sonuçları

Açılış İsmi	I. Küme	II. Küme	III. Küme
Sicilya Savunması	Adam Horvath Bruno Parma Tal Shaked Klaus Darga Slim Bouaziz Amir Baghari	Petr Kostenko Milan Drasko Igor Naumkin Keith Arkell Enver Bukic	Vladimir Belikov Marcin Kaminski Miroslav Tosic Igor Glek Wenjin Wu
Şah-Hint Savunması	Petr Kostenko Marcin Kaminski Klaus Darga Keith Arkell Slim Bouaziz	Adam Horvath Bruno Parma Tal Shaked Miroslav Tosic Wenjin Wu Enver Bukic Amir Baghari	Vladimir Belikov Milan Drasko Igor Naumkin Igor Glek
İspanyol Açılışı	Petr Kostenko Vladimir Belikov Klaus Darga Wenjin Wu	Adam Horvath Milan Drasko Marcin Kaminski Igor Naumkin Keith Arkell Igor Glek	Bruno Parma Tal Shaked Miroslav Tosic Enver Bukic Slim Bouaziz Amir Baghari
Gruenfeld Savunması	Vladimir Belikov Milan Drasko Igor Naumkin Keith Arkell Igor Glek	Adam Horvath Tal Shaked Milan Drasko Wenjin Wu Slim Bouaziz Amir Baghari	Bruno Parma Petr Kostenko Marcin Kaminski Klaus Darga Miroslav Tosic Enver Bukic
Fransız Savunması	Adam Horvath Tal Shaked Marcin Kaminski Keith Arkell Amir Baghari	Vladimir Belikov Petr Kostenko Milan Drasko Igor Naumkin Igor Glek Enver Bukic	Bruno Parma Klaus Darga Miroslav Tosic Wenjin Wu Slim Bouaziz

Çizelge 4.9. Bazı açılışlara göre 2300-2500 ELO arası büyük ustaların kümeleme sonuçları (devamı)

Açılış İsmi	I. Küme	II. Küme	III. Küme
Caro-Kan Savunması	Vladimir Belikov Miroslav Tosic Igor Glek Amir Baghari Wenjin Wu	Bruno Parma Petr Kostenko Marcin Kaminski Tal Shaked Keith Arkell Enver Bukic	Adam Horvath Milan Drasko Klaus Darga Igor Naumkin Slim Bouaziz
Slav	Bruno Parma Petr Kostenko Milan Drasko Igor Naumkin Enver Bukic Slim Bouaziz	Vladimir Belikov Marcin Kaminski Klaus Darga Miroslav Tosic Igor Glek	Adam Horvath Tal Shaked Keith Arkell Wenjin Wu Amir Baghari
Vezir-Hint Savunması	Vladimir Belikov Marcin Kaminski Klaus Darga Enver Bukic Slim Bouaziz	Bruno Parma Petr Kostenko Tal Shaked Milan Drasko Keith Arkell Wenjin Wu Amir Baghari	Adam Horvath Igor Naumkin Igor Glek Miroslav Tosic

Çizelge 4.9. incelendiğinde; diğer kategorilerdeki kümeleme sonuçlarının aksine, oyuncuların yer aldıkları kümelerde belirli bir düzen görülmemektedir. Miroslav Tosic, saldırgan bir açılış olan Caro-Kan savunmasında I. kümede yer alırken, bir başka saldırgan açılış olan Gruenfeld açılışında III. kümede yer almıştır. Benzer şekilde bu kategoride yer alan her oyuncu her üç kümede de yer almışlardır. Bu kategorideki oyuncuların diğer iki kategorideki oyunculara göre oynadıkları maç sayılarının daha fazla olması ve ELO puanlarının belirli bir istikrarda olmamasının, bu sonucun ortaya çıkmasında etkili olduğu düşünülmektedir.

Satranç oyuncularının (4.1), (4.2) ve (4.3) formülleri ile verilen bulanık sayılarının hesaplamaları, satranç turnuvalarından elde edilebilecek sonuçlara dayandırılarak hesaplanmıştır. Bir maçtan alınabilecek puanlar sırasıyla 0, 0,5 ve 1'dir.

Bu değerlerin, hesaplanacak bulanık sayılar için katsayılar olması düşünülmüş fakat “0” değeri bulanık sayıyı sıfırlayacağından, benzer şekilde aynı oranda artış gösteren 1, 2 ve 3 değerleri katsayılar olarak kullanılmıştır. Bu kullanım objektif bir hesaplama ile gerçekleştirilmiş ve yorumlanmaya çalışılmıştır. Sonuçların beklentilere yakın olduğu görülmüştür.

Benzer şekilde, oyuncuların bulanık sayılarının hesaplanmasında Temel Bileşenler Analizi (TBA) ile elde edilecek olan özdeğerler yardımıyla hesaplama önerilmiştir. Herhangi bir oyuncuya ait galibiyet, beraberlik ve mağlubiyet sonuçları, ilgili açılışın her bir ECO koduna göre hesaplanmış ve TBA ile elde edilecek özdeğerler yardımı ile bulanık sayıları elde edilmiştir. Burada en büyük özdeğer merkez noktayı, ikinci en büyük özdeğer sağ aralığı ve son özdeğer ise sol aralığı göstermektedir. Çizelge 4.10.’da Garry Kasparov’un TBA ile hesaplanan bulanık sayıları verilmiştir.

Çizelge 4.10. Garry Kasparov’un TBA ile hesaplanan bulanık sayıları

ECO Kodu	Açılış İsmi	Merkez	Sağ	Sol
A04-A09	Reti Açılışı	1,779	1	0,221
A10-A39	İngiliz Açılışı	1,830	0,806	0,363
A53-A55	Eski Hintli Açılışı	2	1	0,005
A60-A79	Benoni Savunması	1,788	1,119	0,093
A80-A99	Hollanda Savunma	1,607	0,962	0,431
B02-B05	Alekhine Savunması	1,579	0,673	0,388
B07-B09	Pirc Savunması	1,813	0,627	0,501
B10-B19	Caro-Cann Savunması	1,956	0,431	0,459
B20-B99	Sicilya Savunması	1,778	0,982	0,883
C00-C19	Fransız Savunması	2,107	0,578	0,499
C30-C39	Şah Gambiti	1,729	0,937	0,441
C42-C43	Petroff Savunması	1,823	0,566	0,449
C53-C54	İtalyan Açılışı	1,308	1,110	0,472

Çizelge 4.10. Garry Kasparov'un TBA ile hesaplanan bulanık sayıları (devamı)

ECO Kodu	Açılış İsmi	Merkez	Sağ	Sol
C60-C99	İspanyol Açılışı	1,656	0,889	0,693
D10-D19	K. Edilmemiş Vezir Gambiti - Slav	1,207	0,977	0,401
D20-D29	Kabul Edilmiş Vezir Gambiti	1,597	1,002	0,331
D30-D42	Kabul Edilmemiş Vezir Gambiti	1,622	1,201	0,544
D43-D49	K. Edilmemiş Vezir Gambiti - Yarı Slav	1,888	0,593	0,643
D50-D69	K. Edilmemiş Vezir Gambiti - Fg5'li	1,747	0,478	0,638
D70-D79	Neo - Gruenfeld	1,557	0,633	0,421
D80-D99	Gruenfeld	1,994	0,732	0,338
E01-E09	Katalan Açılışı	2,321	0,305	0,573
E12-E19	Vezir Hint Savunması	1,844	0,445	0,783
E20-E59	Nimzo Hint Savunması	1,599	0,673	0,348
E60-E99	Şah Hint Savunması	1,698	0,587	0,571

TBA ile elde edilen özdeğerlerden hesaplanan bulanık sayılar ile (4.1), (4.2) ve (4.3) formülleri ile verilen bulanık sayılar arasındaki ilk önemli farklılık, küme merkez değerleri olarak görülmektedir. (4.1), (4.2) ve (4.3) formülleri ile hesaplanan bulanık sayılarda, Kasparov'un bulanık sayılarının merkez değerlerinin ortalaması 2,32603 iken bu değer, özdeğerler ile hesaplandığında 1,75308'e düşmektedir. Bu ise, Kasparov'un birinci durumda açılışların hepsinde saldırgan tipinde oyuncu iken ikinci durumda açılışların hepsinde pozisyonel oyuncu olarak sınıflandırılması sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Burada, birbirlerine zıt iki durum söz konusudur. Tüm açılışlarda saldırgan bir stilde oynayan bir oyuncunun, diğer bir yöntem ile tüm oyunları pozisyonel stile kaymıştır.

Bir diğer farklılık ise aralık değerlerinde meydana gelmiştir. TBA ile elde edilen bulanık sayılarda, sağ aralık değeri 1'in üzerinde altı bulanık sayı varken, (4.1), (4.2) ve (4.3) formülleri ile hesaplanan bulanık sayılarda en büyük değer sadece 0.30 olarak

hesaplanmıştır. Aralık değerlerinin bu kadar büyümesi ise sayının hem sağ hem sol aralık değerlerinin diğer bulanık kümelerle daha yüksek derece ile üye olmasına sebep olmakta, bu ise küme üyeliklerinde kararsızlıklara yol açmaktadır.

Çizelge 4.11.'de, süper büyük ustaların TBA ile elde edilen bulanık sayılar ile kümeleme analiz sonuçları verilmiştir. Sonuçlar daha önce verilen Çizelge 4.4. ile karşılaştırıldığında büyük oranda farklılık görülmektedir. Her iki tablo karşılaştırıldığında, sınıfların %33,3'ü aynı kalmış diğerlerinin değişmiş olduğunu görmekteyiz. Tüm saldırgan sınıflarının pozisyonel sınıflar ile yer değiştirmesi ise bu yöntemdeki en önemli farklılık olarak göze çarpmaktadır. Kasparov dahil, analizi yapılan yedi kuvvetli oyuncu da birer sınıf gerilemiştir. Bunun sebebi olarak; TBA ile elde edilen bulanık sayıların, oyuncuların gerçek performansları değerlendirmede yetersiz kalmasını gösterebiliriz. Sportif çalışmalarda değerlendirme yaparken, spor müsabakalarında kullanılan skor veya hesaplama sistemlerinden yararlanmak daha başarılı sonuçlar verebilmektedir. İstatistiksel analizlerin hemen hepsi, karmaşık yapı içeren sistemlerde başarılı olacak diye katı bir kural aranmamalıdır. İstatistiksel analizler bazen yardımcı araç olabilirken, bazen de ana etken olarak çalışmaya yön verebilmektedirler.

Çizelge 4.11. Süper büyük ustaların TBA ile hesaplanan kümeleme sonuçları

Oyuncu	Beyaz	Siyah	Genel
Magnus Carlsen	Pozisyonel	Pozisyonel	Pozisyonel
Vishy Anand	Pozisyonel	Pozisyonel	Pozisyonel
Vladimir Kramnik	Pozisyonel	Pozisyonel	Pozisyonel
Judith Polgar	Savunmacı	Savunmacı	Savunmacı
Anatoly Karpov	Pozisyonel	Savunmacı	Savunmacı
Veselin Topalov	Pozisyonel	Pozisyonel	Pozisyonel

Çizelge 4.12.'de 2500-2700 ELO arası büyük ustaların TBA ile hesaplanan kümeleme sonuçları verilmiştir. Elde edilen sonuçları Çizelge 4.5. ile

karşılaştırdığımızda, sınıfların sadece %60,4'ünün aynı kaldığını diğer sınıfların ise değiştiğini görebiliriz.

Çizelge 4.12. 2500-2700 ELO arası büyük ustaların TBA ile hesaplanan kümeleme sonuçları

Oyuncu	Ülke	Beyaz	Siyah	Genel
Nigel Short	İngiltere	Pozisyonel	Pozisyonel	Pozisyonel
Anton Korobov	Ukrayna	Pozisyonel	Savunmacı	Pozisyonel
Barış Esen	Türkiye	Pozisyonel	Pozisyonel	Pozisyonel
Ivan Sokolov	Hollanda	Pozisyonel	Pozisyonel	Pozisyonel
Tomi Nyback	Finlandiya	Pozisyonel	Savunmacı	Savunmacı
Curt Hansen	Danimarka	Pozisyonel	Pozisyonel	Pozisyonel
Atanas Kolev	Bulgaristan	Saldırgan	Pozisyonel	Pozisyonel
Jaan Ehvest	A.B.D.	Saldırgan	Pozisyonel	Pozisyonel
Zoltan Ribli	Macaristan	Pozisyonel	Savunmacı	Pozisyonel
Oleg Korneev	Rusya	Savunmacı	Pozisyonel	Pozisyonel
Sandro Mareco	Arjantin	Savunmacı	Pozisyonel	Pozisyonel
Ulf Andersson	İsveç	Pozisyonel	Pozisyonel	Pozisyonel
Dejan Bojkov	Bulgaristan	Pozisyonel	Savunmacı	Savunmacı
Namig Guliyev	Azerbaycan	Pozisyonel	Pozisyonel	Pozisyonel
Mihail Marin	Romanya	Pozisyonel	Savunmacı	Pozisyonel
Tomas Polak	Çek Cum.	Savunmacı	Pozisyonel	Pozisyonel

Benzer şekilde, Çizelge 4.13.'de 2300-2500 ELO arası büyük ustaların TBA ile hesaplanan kümeleme sonuçları verilmiştir. Elde edilen sonuçları Çizelge 4.6. ile karşılaştırdığımızda, sınıfların %83,3'ünün aynı kaldığını diğer sınıfların ise değiştiğini görebiliriz. Oyuncuların satranç kuvvetleri nispeten azaldığında, TBA ile elde edilen bulanık sayılar ile yapılan bulanık kümeleme analiz sonuçları, (4.1), (4.2) ve (4.3) formülleri ile verilen bulanık sayılarının hesaplamaları ile elde edilen kümeleme sonuçlarına yaklaşmaktadır sonucuna varabiliriz. Fakat bu hesaplama sisteminin en iyi oyuncular üzerinde istenen sonuçları vermemesi, bu sistemin en önemli hatası olarak görülmektedir. Sonuç olarak; TBA ile elde edilecek özdeğerler yardımıyla hesaplanacak bulanık sayıların yorumlanmasında, mutlaka karşılaştırma yapılması ve konunun uzmanlarının yardımları ile yorumlanması önerilmektedir.

Çizelge 4.13. 2300-2500 ELO arası büyük ustaların TBA ile hesaplanan kümeleme sonuçları

Oyuncu	Ülke	Beyaz	Siyah	Genel
Adam Horvath	Macaristan	Pozisyonel	Savunmacı	Pozisyonel
Petr Kostenko	Kazakistan	Pozisyonel	Savunmacı	Savunmacı
Bruno Parma	Slovenya	Pozisyonel	Pozisyonel	Pozisyonel
Vladimir Belikov	Rusya	Pozisyonel	Savunmacı	Pozisyonel
Tal Shaked	A.B.D.	Pozisyonel	Pozisyonel	Pozisyonel
Milan Drasko	Makedonya	Pozisyonel	Pozisyonel	Pozisyonel
Marcin Kaminski	Polonya	Pozisyonel	Pozisyonel	Pozisyonel
Klaus Darga	Almanya	Pozisyonel	Pozisyonel	Pozisyonel
Igor Naumkin	Rusya	Pozisyonel	Savunmacı	Savunmacı
Miroslav Tosic	Sırbistan	Pozisyonel	Savunmacı	Pozisyonel
Keith Arkell	İngiltere	Savunmacı	Pozisyonel	Pozisyonel
Igor Glek	Almanya	Pozisyonel	Pozisyonel	Pozisyonel
Wenjin Wu	Çin	Savunmacı	Savunmacı	Savunmacı
Enver Bukic	Slovenya	Pozisyonel	Savunmacı	Pozisyonel
Slim Bouaziz	Tunus	Savunmacı	Pozisyonel	Pozisyonel
Amir Baghari	İran	Pozisyonel	Savunmacı	Pozisyonel

Yukarıda analizi yapılan iki yöntemin karşılaştırılması; verinin yapısının iyice araştırılması ve veri hakkındaki hesaplamaların da daha doğru bir şekilde yapılmasının önemliliğini göstermiştir. Veri hakkındaki önsel bilgi; matematiksel ve istatistiksel yöntemler ile birlikte değerlendirilebilirse, analiz sonuçlarının istenen düzeye yakın çıkmasına yardımcı olabilecektir. Bu ise, araştırmacının konu hakkındaki bilgisinin ve araştırmalarının, yapılacak çalışmalarda en önemli yere sahip olduğunu göstermektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İstatistiksel çalışmalarda sözel veriler ile çalışmak çoğu zaman problem olmaktadır. Sözel kavramların kişiden kişiye göre değişmesi ve sayısal hale getirilmelerindeki zorluklar nedeniyle, sözel verilere analizlerde daha az yer verilmektedir. Özellikle istatistiksel sınıflama çalışmalarında yoruma dayalı analiz çıktıları daha fazla olduğundan, sözel verilerin yorumlanması daha da önem taşımaktadır.

Bu tez çalışmasında, daha önce denenmemiş bir uygulama alanı olan satranç oyuncularının sınıflandırılmasına çalışılmıştır. Özünde satranç oyuncularını sınıflandırmak imkansız gibi bir şeydir. Zira her oyuncunun turnuva performansı, turnuva süresince bile değişiklik gösterecektir. Yine de ilgilendiğimiz oyuncuların hangi kategoriye uyduğunu öğrenmek, özellikle de turnuva hazırlıklarında işe yarayabilecek bilgiler olarak sunulabilecektir.

Her bir açılışın kendi karakteristiğine sahip olduğu oyun olan satranç, içinde şansın yer olmadığı ve yüzyıllardır popülaritesinden bir şey kaybetmeyen bir zeka sporu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu güzel oyunu rakamlarla süsleyebilirsek, hem satranç sporuna hem de sözel bilimlerle uğraşan diğer bilim dallarına katkıda bulunabilecektir. Önemli olan verileri sayısallaştırdıktan sonraki yorumlama aşamalarıdır. Uzman kişilerin de tavsiyeleri ile yapılacak yorumlar, analizin gücünü de artıracak ve daha güvenilir sonuçlar elde etmemize yardımcı olacaktır.

Bu çalışmada, ilk olarak bulanık sayılarda bulanık kümeleme analizi yöntemleri literatür ile birlikte tanıtılmış ve formülleri ile birlikte verilmiştir. Bulanık kümeleme analizi yöntemlerinden farklı olan bu yöntemler; bulanık sayıların aralıklarını da kümeleme yöntemine dahil ederek, her bir aralığın küme merkezinden bağımsız olarak analize dahil edilmesiyle hesaplanmaktadır. Analiz sonucunda, hem küme merkezinin hem de aralık değerlerinin küme üyeliklerine göre ataması yapılmakta ve yorumlanmaktadır.

Oyuncuları sınıflandırmada kullanılacak bulanık sayılar, oyuncuların ilgili açılışlarda daha önce oynadıkları maç sonuçlarına göre hesaplanmıştır. Bu hesaplama için; turnuva sırasında oyuncuların elde ettiği galibiyet, beraberlik ve mağlubiyet sonuçlarından hesaplanan skorlar, katsayı olarak bulanık sayıların hesaplanmasında kullanılmıştır. Bu hesaplama yöntemi ile elde edilen bulanık sayılar ile yapılan kümeleme analizi sonuçları, istenen sonuçlara yakın çıkmıştır denilebilir. Özellikle en iyi oyuncuların sınıflandırılmasında kesin çizgiler ile konuşmak çoğu zaman zor olsa da yine de bu oyuncular için de belirli kriterler ile sınıflar ayrıştırabilmiştir. Analizde kullanılmış ikinci ve üçüncü sınıftaki oyuncuların sınıflandırılmasında elde edilen sonuçlar da satranç ile uğraşanlar için kabul edilebilir görülmüştür. Burada, sınıflandırma sonuçlarının belirli bir kesinlikte doğruluğundan bahsedilememekte buna karşılık sonuçlar için genel bir değerlendirme yapılabilmektedir. Sonuçların ve yorumların kişiden kişiye değişmesi, kesin kararlar vermeyi de zorlaştırmaktadır. Fakat, birçok sınıflandırma çalışmasının yorumlanmasında olduğu gibi burada da genel bir fikir birliği bile sonuçların doğruluğu için yeterli olabilmektedir.

Bulanık sayıları hesaplamada ikinci bir yöntem olarak, Temel Bileşenler Analizinden elde edilen özdeğerlerin, bulanık sayıların merkez, sağ ve sol aralık olarak hesaplandığı yöntem uygulanmıştır. Bu hesaplama yöntemi ile elde edilen bulanık sayıların daha geniş aralıklı olması, en üst seviyedeki oyuncuların sınıflandırılmasında istenen sonuçların olmadığı görülmüş ve oyuncu seviyeleri nispeten azaldığında, daha önce elde edilen sınıflama sonuçlarına yakın sonuçlar elde edilmiştir. Aralık değerlerinin geniş olmasının kısmi üyeliklerin artmasına ve sonuçların yorumlanmasını daha da zor hale getirmesi nedeniyle, hesaplamada kullanılan ilk yöntemin daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu iki yöntemin karşılaştırılması ise verinin; istatistiksel yöntemler ile hesaplanmasının her zaman en iyi sonucu vermeyebileceğine, verinin yapısı gereği gereken bazı hesaplamaların veya araştırmaların da dahil edilmesi gerekliliğini göstermiştir.

Satranç sporu gibi kitlelerce takip edilen bir spor dalının, sayısal olarak hesaplanabilmesi çalışmalarının artması, bu tarz spor veya oyunların farklı uygulama alanları bulmasına ve böylece daha geniş kitlelere ulaşabilmesine imkan tanıyabilecektir. İlgili spor dalının takipçilerinin ve meraklılarının katkılarıyla da bu tarz sporların bilinmeyen veya hiç denenmemiş uygulama alanları üzerinde çalışmalar

yapılabilecektir. Bu sayede; istatistik ve matematik gibi nazari bilimler ile, sosyal bilimler hakkında daha fazla ve daha farklı çalışmalar yapılabilecektir.

Bu tez çalışması ile birlikte yapabileceğimiz en önemli öneri her bir oyuncunun tüm maçlarının hamle hamle bulanıklaştırılarak analiz edilmesi çalışmasıdır. Bu konuda henüz bir çalışma olmamakla beraber bu tarz bir çalışmanın uzun yıllar sürebileceği düşünülmektedir. Yine de bu tarz bir çalışmanın satranç veya bu tarzdaki zeka sporları için çok önemli bir çalışma olacağı muhakkaktır. Açılış ansiklopedisinin herhangi bir açılışındaki hamlelerin tek tek bulanıklaştırılarak bir sonraki hamleye etkisi araştırılabilir veya hamlenin kuvveti bulanık sayı olarak hesaplanabilir.

6. KAYNAKÇA

- Aldenderfer, M.S., Blashfield, R.K., 1984. *Cluster Analysis*. Sage Univ. Papers Series, USA.
- Auephanwiriyaikul, S., Keller, J.M., 2002. Analysis and efficient implementation of a linguistic fuzzy c-means. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 10 (5), 563–582.
- Averbach, Y., 2000. *Satrançta Oyun Sonu*. Broy Yayınevi, İstanbul.
- Bellman, R. E., Kalaba, R., Zadeh, L.A., 1966. Abstraction and Pattern Classification. *J. Math. Anal. Appl.*, 1-7.
- Bezdek, J.C., 1981. *Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms*. Plenum Press, New York.
- Bezdek, J.C., Coray, C., Gunderson, R., Watson, J., 1981. Detection and Characterization of Cluster Substructure. II. Fuzzy C-Varieties and Convex Combinations Thereof. *SIAM Journal on Applied Mathematics* 40(2), 358–372.
- Bock, H.,H., 1979. Cluster Analyse mit Unscharfen Partitionen, in :H.H.Bock *Klassifikation un Erkenntnis: Vol:III: Numerische Klassifikation INDEKS*, Frankfurt, p. 137-163.
- Buckley, J. J., Elsami, E., 2002. *Introduction to Fuzzy Logic and Fuzzy Sets*. Physica-Verlag, Berlin.
- Buckley, J. J., 2006. *Fuzzy Probability and Statistics*. Springer-Verlag, 270s, Berlin.
- Capablanca, J.R., 1990. *Satrançın Esasları*. İnkilap Yayınevi, İstanbul.
- Carvalho, F.A.T., 2006. Fuzzy c-means clustering methods for symbolic interval data. *Pattern Recognition Letters*, 28 (4), 423–437.

- Celmins A., 1991. A Practical Approach to Nonlinear Fuzzy Regression. *SIAM Journal of Scientific and Statistical Computing*, 12 (3), 521-546.
- Chen, S.J., Hwang, C.L., Hwang, F.P., 1992. *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making*. Springer-Verlag.
- Cheng, C.H., Lin, Y., 2002. Evaluating the Best Main Battle Tank Using Fuzzy Decision Theory with Linguistic Criteria Evaluation. *European Journal of Operation Research*, 142, 174-186.
- Chess Style Evolution. <http://www.chess-game-strategies.com/chess-style.html> (22.07.2011).
- Chung, L.L.H., Chang, K.C.C., 2003. Evolutionary Discovery of Fuzzy Concepts in Data. *Brain and Mind*, 4, 253-268.
- Clark, T.D., Larson, J.M., Mordeson, J.N., Potter, J.D., Wierman, M.J., 2008. *Applying Fuzzy Mathematics to Formal Models in Comparative Politics*. Springer Publishing, U.S.A.
- Coppi, R., D'Urso, P., 2000. Fuzzy time arrays and dissimilarity measures for fuzzy time trajectories in Data Analysis, Classification and Related Methods (eds. H.A.L. Kiers, J.P. Rasson, P.J.F. Groenen, M. Schader), Springer-Verlag, Heidelberg, pp. 273–278.
- Coppi, R., D'Urso, P., 2002. Fuzzy K-means clustering models for triangular fuzzy time trajectories. *Statistical Methods and Applications*, 11 (1), 21–40.
- Coppi, R., D'Urso, P., 2003. Three-way fuzzy clustering models for LR fuzzy time trajectories. *Computational Statistics & Data Analysis*, 43, 149–177.
- Coppi, R., D'Urso, P., Giordani, P., 2004. Informational Paradigm and Entropy-Based Dynamic Clustering in a Complete Fuzzy Framework in Soft Methodology in Random Information Systems (eds. Angeles Gil, M., Lopez-Diaz, M.C., Grzegorzewski, P.) 463–470, Springer-Verlag Heidelberg.

- Coppi, R., D'Urso, P., Giordani, P., 2006a. Fuzzy K-medoids clustering models for fuzzy multivariate time trajectories. COMPSTAT 2006, 28 August - 1 September, Rome, Proceedings in Computational Statistics (eds. A. Rizzi, M. Vichi), Physica-Verlag, 689–696.
- Coppi R., D'Urso P., Giordani P., 2010. Fuzzy and Possibilistic Clustering for Fuzzy Data. Computational Statistics and Data Analysis.
- D'Urso, P., 2007. *Fuzzy Clustering of Fuzzy Data*. (Advances in Fuzzy Clustering and its Application, Editors: Oliveira J.V. and Pedrycz W.) John Wiley & Sons Ltd., England.
- D'Urso, P., Gastaldi T., 2002. An Orderwise Polynomial Regression Procedure for Fuzzy Data. Fuzzy Sets and Systems, 130, 1-19.
- D'Urso, P., Giordani, P., 2006a. A weighted fuzzy c-means clustering model for fuzzy data. Computational Statistics & Data Analysis, 50 (6), 1496–1523.
- Dave, R.N., 1990. Fuzzy Shell Clustering and Application to Circle Detection in Digital Images. International Journal on General Systems, 16, 343–355.
- Dubois, D., Prade H., 1980. *Fuzzy Sets and Systems*. Academic Press, New York.
- Dunn, J.C., 1974. A Fuzzy Relative of the ISODATA Process its Use in Detecting Compact Well-Separated Clusters, J. Cybernet. 3, 32-57.
- El-Sonbaty, Y., Ismail, M.A., 1998. Fuzzy Clustering for Symbolic Data. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 6 (2), 195–204.
- Erilli, N.A., 2009. Kümeleme Analizine Bulanık Yaklaşım Algoritmaları ve Uygulamaları. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Erilli, N.A., Öner, Y., Alakuş, K., Tunç, T., 2010. Classifying Chess Players with Fuzzy Clustering Analysis in Fuzzy Data Using ECO Codes. ISCSE.2010 - 1st International Symposium on Computing in Science & Engineering Bildiri Kitabı, İzmir.

- Frigui, H., Krishnapuram, R., 1996. A comparison of fuzzy shell clustering methods for the detection of ellipses, *IEEE Trans. on Fuzzy Systems*, 4, 193–199.
- Gath, I., Geva, A. B., 1989. Unsupervised Optimal Fuzzy Clustering, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. v.11 n.7, p.773-780.
- Grabmeier, J., Rudolph, A., 2002. Techniques of Cluster Algorithms In Data Mining, *data Mining and Knowledge Discovery* 6,303-360.
- Gustafson, E.E., Kessel, W.C., 1979. Fuzzy Clustering with a Fuzzy Covariance Matrix. *Proc. of IEEE Conference on Decision and Control*, San Diego, Californien, pp. 761-766.
- Hamdi, M., Lachiver, G., Michaud, F., 1999. A New Predictive Thermal Sensation Index of Human Response. *Energy and Buildings*, 29, 167-178.
- Hansen, L.B., 2005. *Foundations of Chess Strategy*. Gambit Publis., UK.
- Hardle, W., Simar, L., 2003. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Tech; Method&Data, Germany.
- Hartigan, J., 1975. *Clustering Algorithms*. John Wiley and Sons Ltd., USA.
- Hathaway, R.J., Bezdek, J.C., 1993. Switching Regression Models and Fuzzy Clustering. *IEEE Trans. Fuzzy Sys.* 1, 3, 195-204.
- Hathaway, R.J., Bezdek, J.C., Pedrycz, W., 1996. A parametric model for fusing heterogeneous fuzzy data. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 4 (3), 1277–1282.
- Henery, R.J., 1994. *Machine Learning, Neural and Statistical Classification* (Editors: D.Michie, C.C. Taylor, D.J. Spielhalter). Ellis Horwood Series, New York.
- Hoffmann, E., 1999. *Standart Statistical Classifications: Basic Principles*. Statistical Comission, New York.
- Höppner, F., Klawonn, F., Rudolf, K., Runkler, T., 1999. *Fuzzy Cluster Analysis*. Wiley & Sons Ltd., UK.

- Huang, D., Chen, T., Wang, M.J.J., 2001. A Fuzzy Set Approach for Event Tree Analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, 118, 153-165.
- Hung, W.L., Yang, M.S., 2005. Fuzzy Clustering on LR-Type Fuzzy Numbers with an Application in Taiwanese Tea Evaluation. *Fuzzy Sets and Systems*, 150, 561–577.
- Kalaycı, Ş., 2005. *SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri*. Asil Yayıncılık, Ankara.
- Kasparov, G., 2007. *Zirveye çıkan yol*. KoridorYayıncılık, İstanbul.
- Kallithraka, S., Arvanitoyannis, I.S., Kefalas, P., El-Zajouli, A., Soufleros, E., Psarra, E., 2001. Instrumental and Sensor Analysis of Greek Wines, Implementation of PCA for Classification According to Geographical Arigin. *Food Chemistry*, 73, 501-514.
- Katsenelinboigen, A., 1997. *The Concept of Interdeterminism and Applications*. Praeger Publishers. New York, USA.
- Kaufmann, A., Gupta, M.M., 1991. *Introduction to Fuzzy Aritmetic. Theory and Application*. Van Nostrand Reinhold.
- Klawonn, F., Kruse, R., Timm, H., 1997. *Fuzzy Shell Cluster Analysis in Learning, Network and Statistics*. Springer pp., 105-120.
- Klir, G., Yuan, B., 1995. *Fuzzy Set and Fuzzy Logic: Theory and Applications*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Kosko, B., Isaka, S., 1993. Puslu Mantık. *Bilim Dergisi*, Eylül Sayısı, İstanbul.
- Kraitchik, M., 1955. *Mathematical Recreations*. George Allen & Unwin Ltd., London.
- Kulaç, O., 2005. *Satranç Öğretmen Kılavuz Kitabı*. Neyir Matb., Ankara.
- Leski, J., 2002. Towards a Robust Fuzzy Clustering. *Fuzzy Set and Systems* 137,s.215-233.

- Moon, J.H., Kang, C.S., 1999. Use of Fuzzy Set Theory in the Aggregation of Expert Judgments. *Annals of Nuclear Energy*, 26, 461-469.
- Naes, T., Mevik, T.H., 1999. The Flexibility of Fuzzy Clustering Illustrated by Examples. *Journal of Chemo-Metrics*.
- Oliveira, J.V., Pedrycz, W., 1988. *Advances in Fuzzy Clustering*. John Wiley and Sons Ltd., UK.
- Öner Y., 2009. Sınıflama ve Ayrım Analizi, Yayınlanmamış Doktora Ders Notları. Ondokuz Mayıs Üniv. Fen Bil. Ens., Samsun.
- Özkan, M. M., 2003. *Bulanık Hedef Programlama*. Ekin Kitapevi, Bursa.
- Palavan, S., 2002. *Satranç Kitabım*. İnkılap Kitapevi, İstanbul.
- Pedrycz, W., Bezdek, J.C., Hathaway, R.J., Rogers, G.W., 1998. Two nonparametric models for fusing heterogeneous fuzzy data. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 6 (3), 411–425.
- Pedrycz, W., Gormide, F., 1998. *An Introduction to Fuzzy Sets*. MIT Press, London, UK.
- Raj, P.A., Kumar, D.N., 1999. Ranking Alternatives with Fuzzy Weights Using Maximizing Set and Minimizing Set. *Fuzzy Set and Systems*, 105, 365-375.
- Reti, R., 2000. *Satrançta Büyük Ustalar Modern Görüşler*. Broy Yayınevi, İstanbul.
- Sadık, R., 2006. İlköğretim 4. ve 5. Sınıf Satranç Bilen Öğrenciler ile Satranç Bilmeyen Öğrencilerin Doğal Sayılara İlişkin Dört İşlem ve Problem Çözme Başarılarının Karşılaştırılması. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bolu.
- Sato, M., Sato, Y., 1995. Fuzzy clustering model for fuzzy data. *Proceedings of IEEE*. 2123-2128.
- Satranç Dergisi, 2000. Türkiye Zeka Vakfı Yayınları, Sayı:2, Ankara.

Satranç ve Hayat Dergisi, 1997. Sayı:11-12, Ankara.

Sii, H.S., Ruxton, T., Wang, J., 2001. A Fuzzy Logic Based Approach to Qualitative Safety Modelling to for Marine Systems. Reliability Engineering and System Safety, 73, 19-34.

Sintas, A.F., Cadenas, J.M., Martin, F., 1999. Membership functions in the Fuzzy C-Means Algorithm. Fuzzy Sets and Systems 101.

Şen, Z., 2001. *Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri*. Bilge Yayınları, İstanbul.

Takata, O., Miyamoto, S., Umayahara, K., 2001. Fuzzy Clustering of Data with Uncertainties Using Minimum and Maximum Distances Based on L1 Metric. Proceedings of Joint 9th IFSA World Congress and 20.th NAFIPS International Conference, July 25–28, 2001, Vancouver, British Columbia, Canada, 2511–2516.

Tatlıdil, H., 2002. *Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz*. Akademi Matbaası, Ankara.

TDK, 2009. *Türkçe Sözlük*. Türk Dil Kurumu Yayınları, Ankara.

Tuna, B., 1994. Bulanık Olasılıklar ve Bir Uygulama. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Türkşen, İ.B., 1985. Bulanık Kümeler Kuramı ve Uygulamaları. Yöneylem Araştırmaları Dergisi, Sayı:4.

Ulutagay, G., 2004. Bulanık C-Ortalamalar Kümeleme Analizi ve Uygulamaları. Ege Üniversitesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

USCF. Chess Styles. <http://www.uschessleague.com/ChessStyles.html> (20.07.2011).

Ünler, A., 2006. Sezgisel Yöntemlerle K-Harmonik Ortalama Veri Kümeleme En İyi İyilemesi. Gazi Üniversitesi, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara.

Wu, K.L., Yang, M.S., 2002. Alternative c-means clustering algorithms. Pattern recognition, 35, 2267-2278.

- Yang, M.S., Hwang, P.Y., Chen, D.H., 2004. Fuzzy Clustering Algorithms for Mixed Feature Variables. *Fuzzy Sets and Systems*, 141, p. 301–317.
- Yang, M.S., Ko, C.H., 1996. On a Class of Fuzzy C-numbers Clustering Procedures for Fuzzy Data. *Fuzzy Sets and Systems*, 84, 49-60.
- Yang, M.S., Ko, C.H., 1997. On a cluster-wise fuzzy regression analysis. *IEEE Transactions on Systems Man, and Cybernetics*, 27 (1), 1–13.
- Yang, M.S., Liu, H.H., 1999. Fuzzy Clustering Procedures for Conical Fuzzy Vector Data. *Fuzzy Sets and Systems*, 106, p. 189–200.
- Yarahoğlu, K., 2004. *Uygulamada Karar Destek Yöntemleri*. İlkem Ofset, İzmir.
- Zadeh, L.A., 1965. Fuzzy Sets. *Inform and Control*, 8, 338-353.
- Zadeh, L.A., 1988. Fuzzy Logic. *IEEE Computer*, 21(4): 83-92.

7. ÖZGEÇMİŞ

1976 Samsun doğumluyum. İlkokulu Samsun Gülsüm Sami Kefeli İ.Ö.O.'nda, ortaokul ve liseyi Samsun Anadolu Lisesi'nde tamamladım. 2000 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Ekonometri bölümünden mezun oldum. Askerliğimi Kara Harp Okulu'nda Yöneylem Araştırması Öğretim Elemanı Olarak Tamamladım. 2002 yılından 2007 yılına kadar çeşitli özel şirketlerde çalıştıktan sonra 2007 Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstatistik Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimime başladım. 2009 yılında bitirdiğim yüksek lisans eğitimimden sonra ara vermeden aynı yerde doktora eğitimime başladım. 2007 yılında yine Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstatistik Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak başladığım görevime devam etmekteyim.