

**RİSK ANALİZİNDE BULANIK MANTIĞIN
KULLANILMASINA YÖNELİK BİR UYGULAMA
ÇALIŞMASI**

**AN APPLICATION STUDY FOR USING FUZZY LOGIC IN
RISK ANALYSIS**

Zeynep KAMAN

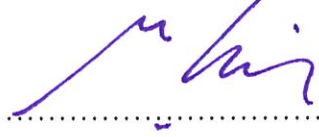
Doç. Dr. Çağdaş Hakan ALADAĞ
Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
İstatistik Anabilim Dalı için Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ Olarak Hazırlanmıştır.

2018

ZEYNEP KAMAN' ın hazırladığı “Risk Analizinde Bulanık Mantığın Kullanılmasına Yönelik Bir Uygulama Çalışması” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından İSTATİSTİK ANABİLİM DALI’ nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. M. Özgür YENİAY
Başkan



Doç. Dr. Çağdaş Hakan ALADAĞ
Danışman



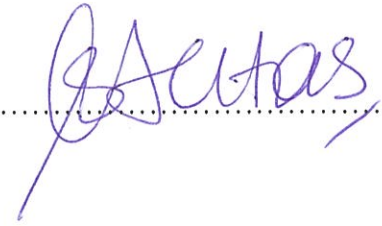
Doç. Dr. Sinan SARAÇLI
Üye



Doç. Dr. Serdar DEMİR
Üye



Dr. Öğr. Üyesi Şükrü ACITAŞ
Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

- ☒ **Tezimin/Raporumun tamamı dünya çapında erişime açılabilir ve bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir.**

(Bu seçenekle teziniz arama motorlarında indekslenebilecek, daha sonra tezinizin erişim statüsünün değiştirilmesini talep etseniz ve kütüphane bu talebinizi yerine getirirse bile, tezinin arama motorlarının önbelleklerinde kalmaya devam edebilecektir.)

- ☐ **Tezimin/Raporumun tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını (İç Kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) istemiyorum.**

(Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir, kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı ve ya tamamının fotokopisi alınabilir)

- ☐ **Tezimin/Raporumun tarihine kadar erişime açılmasını istemiyorum, ancak kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisinin alınmasını onaylıyorum.**

- ☐ **Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi**

04 / 07 / 2018

(imza)
Zeynep KAMAN

ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki tüm bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

08/06/2018



Zeynep KAMAN

ÖZET

RİSK ANALİZİNDE BULANIK MANTIĞIN KULLANILMASINA YÖNELİK BİR UYGULAMA ÇALIŞMASI

Zeynep KAMAN

Yüksek Lisans, İstatistik Bölümü

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Çağdaş Hakan ALADAĞ

Haziran 2018, 75 Sayfa

Araştırmacılar, günlük hayatımızın içinde karşılaştığımız problemlere çözüm üretebilmek adına, odaklanılan süreçleri olabildiğince gerçekçi bir şekilde analiz sistemlerine aktarmaya çalışmaktadır. Uygulama çalışmalarının başarıya ulaşması, sürece ilişkin her türlü veriden en yüksek bilgiyi analiz sürecine aktarabilmeye bağlıdır. Bu durum, analizlerdeki bilgi zenginliğini artıran ancak, çözüm yolunu zorlaştıran sözel değişkenlere olan gereksinimin daha fazla hissedilmesini sağlamıştır. Son dönemde yapılan çalışmalarda kullanılan bulanık mantık temelli yöntemler ile dilsel değişkenlerden daha çok faydalanılmasıyla birlikte insan düşünme şekline yakın çözüm sistemlerinin oluşumu yaygınlaşmaktadır.

Risk analizi çalışmalarında, riski etkileyen ve risk seviyelerinin açıklanmasında kullanılan faktörler ağırlıklı olarak sözel yapıdadır. Bulanık mantık tabanlı yöntemlerin dilsel değişkenlerin yapısına uygun olarak sınıflar arasında geçişli bir yapıya imkân sunması, çalışmalarda bulanık yöntemlerin kullanılması için bir tercih sebebi olmaktadır.

Bu çalışmada bulanık kümeleme yöntemlerinden bulanık c-ortalamlar yöntemi kullanılarak bir risk analizi çalışması gerçekleştirilmiştir. Uygulama verisi olarak piyasa gözetimi ve denetimi verisi kullanılmıştır. İlk bölüm giriş bölümü olup çalışma hakkında genel bir bilgilendirme yapılmıştır. İkinci ve üçüncü bölümlerde risk ve uygulama

verilerinin kullanıldığı piyasa gözetimi ve denetimi kavramları incelenmiştir. Dördüncü bölümde bulanık mantık ve bulanık küme kavramlarından kısaca bahsedilmiş, beşinci bölümde uygulamada kullanılan bulanık c-ortalamalar yöntemi hakkında bilgi verilmiştir. Altıncı bölüm uygulamanın detaylarını içermekte olup bulanık c-ortalamalar yöntemi ile klasik mantık uygulaması olan k-ortalamalar yöntemi sonuçları değerlendirilmiş ve yöntemlerin sınıflandırma başarısı karşılaştırılmıştır. Son bölüm olan yedinci bölümde sonuçlar değerlendirilmiş ve çalışmanın geliştirilmesine ilişkin önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Bulanık Kümeleme, Bulanık C-Ortalamalar, Piyasa Gözetimi ve Denetimi, Risk Analizi.

ABSTRACT

AN APPLICATION STUDY FOR USING FUZZY LOGIC IN RISK ANALYSIS

Zeynep KAMAN

Master's Degree, Department of Statistics

Supervisor: Assoc. Prof. Çağdaş Hakan ALADAĞ

June 2018, 75 Page

In order to be able to produce solutions to the problems we face in our daily lives, researchers are trying to transfer the focused processes to analysis systems as realistically as possible. The success of implementation studies depends on the ability to transfer the highest level of information to the analysis process.

This has increased the necessity for verbal variables that increase the wealth of information in the analysis, however make the solution difficult. With more and more usage of linguistic variables due to the use of fuzzy logic based methods, the formation of solution systems similar to human thinking process are becoming widespread.

Factors affecting risk and explaining risk levels are predominantly verbal in risk analysis studies. Fuzzy logic based methods provide a transition structure between classes in accordance with the structure of linguistic variables, therefore it is a reason for using fuzzy methods in studies.

In this study, a risk analysis study was performed using fuzzy c-means methods from fuzzy clustering methods. Market surveillance data are used as application data. General information about the study is given in the first part, which is the entrance section. In the second and third chapters, the concepts of risk and market surveillance that application data are used, are examined. In the fourth chapter, fuzzy logic and fuzzy set concepts are briefly mentioned, and, information about fuzzy c-means methods used in practice are

given in the fifth part. The sixth section contains the details of the implementation and the results of the k-means method, which is a classical logic application with the fuzzy c-means method, are evaluated and the classification success of the methods are compared. In the seventh chapter, which is the final chapter, the results were evaluated and suggestions are made for improvement of the study.

Keywords: Fuzzy Clustering, Fuzzy C-Means, Market Surveillance, Risk Analysis.

TEŞEKKÜR

Öğrencilik günlerimden bugüne kadar tecrübesi ve bilgi birikimini hiçbir zaman esirgemeyen, teze ilişkin görüş ve değerlendirmelerini paylaşmanın yanı sıra göstermiş olduğu manevi destek için tez danışmanın ve sevgili hocam Sayın Doç. Dr. Çağdaş Hakan ALADAĞ'a

Çalışmamın tamamlanması sürecindeki desteklerinden dolayı, başta ev arkadaşım Bilge KAT olmak üzere tüm Bilkent Kütüphanesi çalışanlarına ve yoğun iş tempomuz içinde eğitim hayatıma devam etmeme destek olan Müsteşar Yardımcımız Muhsin DERE'ye

Her zaman olduğu gibi bu süreçte de yanımda olan ve beni destekleyen sevgili aileme sevgi, saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGELER.....	viii
ŞEKİLLER.....	ix
KISALTMALAR	x
1. GİRİŞ	1
2. RİSK ANALİZİ.....	4
2.1. Risk	4
2.2. Risk Analizi.....	5
2.3. Risk Analizi Süreci.....	7
2.4. Risk Analizi Yöntemleri.....	8
2.4.1. Nitel (Kalitatif) Risk Analizi.....	9
2.4.2. Nicel (Kantitatif) Risk Analizi	10
2.5. Risk Analizinin Temel İlkeleri	13
2.6. Risk Analizi Sonuçlarının Güvenirliğini Etkileyen Faktörler	14
3. PİYASA GÖZETİMİ VE DENETİMİNDE RİSK ANALİZİ	15
3.1. Piyasa Gözetimi ve Denetimi	15
3.2. Piyasa Gözetimi ve Denetiminin Genel İlkeleri.....	15
3.3. Piyasa Gözetimi ve Denetimi Faaliyetlerinin Ortaya Çıkışı ve Gelişimi	18
3.4. Türkiye’de Piyasa Gözetimi ve Denetimi	20
3.5. Piyasa Gözetimi ve Denetiminde Risk Analizi	22
3.6. Piyasa Gözetimi ve Denetiminde Risk Analizi Süreci	23
3.7. Avrupa Birliği Ülkelerince Kullanılan Risk Analizi Yöntemi	24
3.8. Türkiye’de Risk Analizi Uygulamaları	27
3.9. Risk Analizi Çalışmalarında Yapılan İyileştirme Çalışmaları	29
3.10. Risk Analizinin Avantajları ve Dezavantajları.....	31
4. BULANIK MANTIK.....	33
4.1. Bulanık Mantık.....	33
4.2. Bulanık Mantığın Bazı Uygulama Alanları ve Risk Analizinde Kullanımı	34
4.3. Bulanık Mantığın Sağladığı Avantajlar ve Dezavantajlar.....	36

4.4.	Bulanık Küme Teorisi	37
4.5.	Bulanık Kümelerin Temel Özellikleri	40
5.	BULANIK KÜMELEME ANALİZİ	41
5.1.	Geleneksel Bulanık Kümeleme Algoritmaları	43
5.1.1.	Bulanık C-Ortalamlar (BCO) Algoritması	43
5.1.2.	Gustafson-Kessel (GK) Algoritması	45
5.1.3.	Gath-Geva (GG) Algoritması	46
5.2.	Bulanık Kümeleme Algoritmalarında En Uygun Küme Sayısı	47
6.	UYGULAMA	52
6.1.	Uygulamada Kullanılan Değişkenler	54
6.2.	Veri Setinin Genel Değerlendirmesi	56
6.3.	Bulanık C-Ortalamlar Yönteminin PGD Verisine Uygulanması	58
6.4.	K- Ortalamalar Yönteminin PGD Verisine Uygulanması.....	61
6.5.	Kümeleme Sonuçlarının Değerlendirilmesi	63
7.	SONUÇ VE ÖNERİLER	67
	KAYNAKLAR	71
	ÖZGEÇMİŞ	75

ÇİZELGELER

Çizelge 2.1 Risk Yönetimi Yazılımlarının Özellikleri	12
Çizelge 3.1 PGD Yetkili Kuruluşları ve Sorumlu Oldukları Ürün Grupları	22
Çizelge 3.2 RAPEX Yönteminde Tehlike Türleri	25
Çizelge 3.3 Tehlike Boyutu Seviyeleri	25
Çizelge 3.4 Yaralanma Olasılıkları	26
Çizelge 3.5 Risk Seviyesi Belirleme Matrisi	26
Çizelge 5.1 Küme Geçerlilik İndekslerinin Özellikleri	51
Çizelge 6.1 SÜGDGM Görev Alanında Bulunan Ürün Grupları	53
Çizelge 6.2 Değişkenlere İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler	58
Çizelge 6.3 Değişkenler Arasındaki İlişki	58
Çizelge 6.4 Çok Yüksek Risk Grubunda Yer Alan Ürün Örnekleri	59
Çizelge 6.5 Yüksek Risk Grubunda Yer Alan Ürün Örnekleri	59
Çizelge 6.6 Orta Risk Grubunda Yer Alan Ürün Örnekleri	60
Çizelge 6.7 Düşük Risk Grubunda Yer Alan Ürün Örnekleri	60
Çizelge 6.8 Çok Düşük Risk Grubunda Yer Alan Ürün Örnekleri	60
Çizelge 6.9 BCO Yöntemine Göre Küme Merkezleri	61
Çizelge 6.10 K-Ortalamlar Yöntemine Göre Küme Merkezleri	62
Çizelge 6.11 Bulanık ve Klasik Küme Dağılımları	63
Çizelge 6.12 BCO-Orta Risk Grubu/K-Ortalamlar Yüksek Risk Grubu	64
Çizelge 6.13 Bulanık C- Ortalamalar Yönteminin Kümeleme Başarısı	65
Çizelge 6.14 K-Ortalamlar Yönteminin Kümeleme Başarısı	66

ŞEKİLLER

Şekil 2.1 Risk: Kıymet, Tehdit ve Açıklık Fonksiyonu [8].....	6
Şekil 2.2 Risk Analizi Süreci.....	7
Şekil 2.3 L Tipi Risk Seviyesi Derecelendirme Matrisi [11]	10
Şekil 3.1 Risk Analizi Süreci.....	23
Şekil 3.2 Risk Analizi Sürecinin Bileşenleri	24
Şekil 4.1 Yaygın olarak kullanılan üyelik fonksiyonlar. (a) Yamuk Şekilli. (b) Üçgen Şekilli. (c) Gauss Üyelik Fonksiyonu. (d) Çan Şekilli	39
Şekil 4.2 İneklerin Süt Verimlerinin Klasik Küme (a) ve Bulanık Küme Teorisine Göre (b) Sınıflandırılması	39
Şekil 5.1 Bulanık Kümeleme Algoritmaları	42
Şekil 6.1 Ürünlerin Ürün Gruplarına Göre Dağılımı.....	56
Şekil 6.2 Ürünlerin Yaygınlık Değişkenine Göre Dağılımı – Ürünlerin Risk Şiddetine Göre Dağılımı	57
Şekil 6.3 Oran Değişkenlerinin Dağılımı	57
Şekil 6.4 Bulanık C-Ortalamalar Yöntemine Göre Küme Büyüklükleri.....	59
Şekil 6.5 K-Ortalamalar Yöntemine Göre Küme Büyüklükleri.....	62

KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği
ADI	Alternatif Dunn İndeksi
AET	Avrupa Ekonomik Topluluğu
ATEX	Patlayıcı Ortam (Atmospher Exposible)
BCO	Bulanık C - Ortalamalar Algoritması
CE	Conformité Européenné (3. Bölümde)
CE	Sınıflandırma Entropisi (Classification Entropy (5. Bölümde))
DI	Dunn İndeksi
FS	Fukuyama - Sugeno İndeksi
GG	Gath - Geva Algoritması
GK	Gustafson - Kessel Algoritması
K	K İndeksi
KT	KT İndeksi
OKK	Ortaklık Konseyi Kararı
PC	Bölünme Katsayısı (Partition Coefficient)
PGD	Piyasa Gözetimi ve Denetimi
RAPEX	Avrupa Hızlı Uyarı Sistemi (Rapid Alert System for Dangerous Non-Food Products)
S	Ayrılma İndeksi (Seperation Index)
SC	Bölünme İndeksi (Partition Index)
SÜGDGM	Sanayi Ürünleri Güvenliği ve Denetimi Genel Müdürlüğu
XB	Xie ve Beni İndeksi

1. GİRİŞ

Günümüzde artan rekabet koşullarıyla birlikte kurum/kuruluş ve şirketler süreçlerini etkin bir şekilde yönetmenin yollarını aramaktadır. Yöneticiler, kısıtlı olan kaynağın verimli kullanımının sağlanabilmesi adına öncelikli alanları tespit etmek için bir takım yöntemlerden faydalanmaktadır. Bu amaçla risk analizi yöntemleri çokça tercih edilmektedir. Süreçlerin zayıf noktalarının tespit edilerek kurum politikalarının sağlam temellere oturtulmasını sağlayan risk analizi çalışmaları pek çok farklı sektörde kullanılmaktadır.

Risk kavramı için literatürde farklı tanımlamalar bulunmaktadır. Genel olarak ifade etmek gerekirse, risk, sürece ilişkin belirsiz noktaların tespiti ve bu durumların gerçekleşme olasılıkları ile sebebiyet vereceği olası tehlikenin birlikte ele alınması olarak açıklanabilir. Risk analizi ise riski belirlemek ve yönetmek amacıyla kullanılan yöntemleri ifade etmektedir. Risk analizi bir tahmin sürecidir. Süreci en doğru şekilde çözümleyebilmek için risk durumlarının oluşmasına neden olan her türlü faktör değerlendirmeye alınmalıdır.

Analizlerde objektif verilerin kullanımı, güvenilirliği desteklediği için olabildiğince ölçülebilir verilerden yararlanmaya özen gösterilmektedir. Ancak nicel veriler her zaman süreçlerin analizi için yeterli olamayabilir. Uygulamada sözel veriler yardımı ile durum tespiti daha rahat yapılabilmekte ve süreç çalışanlarının bilgi ve tecrübesi analize aktarılabilmektedir. Gerçek hayatta risk analizi çalışmalarında istatistiksel yöntemlerden, simülasyon tekniklerinden, yöneylem araştırması yöntemlerinden yararlanılmaktadır. Bu yöntemler içinde nitel veriler ile çalışma rahatlığı sağlayan bulanık mantık temelli yöntemler giderek daha fazla risk analizi çalışmalarında yer bulmaktadır.

Ayrıca sürece ilişkin risk seviyesi belirlenirken her zaman kesin kararlar almak mümkün olamamaktadır. Bir başka deyişle, bir sürecin risk seviyesini %100 gibi kesin bir yargıyla belirlemek karar problemlerinde karşılaşılan en önemli sorundur. İnsan düşünme sisteminde pek çok durum birlikte değerlendirilmekte ve olası sonuçlar 0 ile 100 arasında yer alan bir ağırlıkla ifade edilmektedir. İşte bu durum her şeyin doğru ya da yanlış gibi kesin yargılarla ifade edildiği klasik mantık yaklaşımının hayatın içinde yer alan belirsizlik kavramını açıklama noktasında ihtiyaçları karşılayamaması üzerine bulanık mantığın ortaya çıkmasını sağlamıştır.

Bulanık mantıkta gruplar arası geçiş esnektir. Kümenin herhangi bir elemanı farklı üyelik dereceleri ile başka kümelere de üye olabilmektedir. Örneğin, herhangi bir süreçte yer alan

bir etken 0.5 üyelik değeri ile çok riskli iken 0.3 üyelik değeri ile orta düzey riskli, 0.2 üyelik değeri ile de risksiz olabilmektedir.

Risk analizi çalışmalarında bulanık mantık temelli pek çok yöntem kullanılmaktadır. Bu çalışmada bulanık c-ortalamlar yöntemi kullanılarak veri setinin risk seviyesine göre gruplanması amaçlanmıştır. İlk adımları Dunn tarafından atılan bulanık c-ortalamlar yöntemi Bezdek tarafından 1981 yılında yayımlanan çalışma ile geliştirilmiştir.

Kümeleme analizi, benzer özelliklere sahip verilerin gruplar veya diğer bir deyiş ile kümeler altında toplanmasını sağlayan çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden biridir. Kümeleme analizi durumların genel bir resmini çekerek benzerlikleri ve farklılıkları gözler önüne serer. Böylelikle kümeleri oluşturan gözlemlerin ortak özellikleri ve kümeler arasındaki aykırılıklar dikkate alınarak mevcut durumların iyileştirilmesine yönelik gelecek planları yapılmasına katkı sağlar. Kümeleme işlemini gerçekleştirirken bulanık mantık kuramından faydalanmak gerçek hayat problemlerinde karşılaşılan belirsizlik durumlarını daha iyi analiz etmeyi mümkün kılabilir.

Çalışmada uygulama verisi olarak piyasa gözetimi ve denetimi(PGD) verileri kullanılmıştır. Teknolojik gelişmelerle birlikte artan üretim hızı sonucunda çok çeşitli ve sayısız yeni ürün uluslararası pazarlarda satışa çıkmakta ve hızlı bir şekilde binlerce kullanıcıya ulaşmaktadır. Pazarların genişlemesiyle birlikte ülkeler arasında rekabet sertleşmiş ve piyasadaki güvenli ürün sayısını artırmak, haksız rekabeti engellemek, tüketicuyu ve üreticiyi korumak amacıyla yürütülen piyasa gözetimi ve denetimi faaliyetleri önem kazanmıştır.

Türkiye ile Avrupa Birliği arasında Gümrük Birliği'nin yürürlüğe girmesi ile üye ülkeler arasında malların serbest dolaşımına ilişkin yükümlülükler Türkiye tarafından kabul edilmiş ve katılım müzakereleri 3 Ekim 2005 tarihinde başlamıştır. Malların serbest dolaşımı faslı kapsamında değerlendirilen PGD faaliyetleri tarafsızlığının sağlanması adına kamu otoriteleri tarafından gerçekleştirilmektedir. Ülkemizde piyasa gözetimi ve denetimi yapmakla sorumlu olan kamu otoriteleri bu faaliyetlerini yerine getirmek için göz ardı edilemeyecek miktarda kaynak kullanmaktadır. Başta para, insan gücü ve zaman olmak üzere kullanılan bu kaynakların etkin ve verimli kullanılması, kamu kaynaklarının da etkin ve verimli kullanılması anlamına gelmektedir.

Gelişen teknolojiyle birlikte her geçen gün piyasalara sürülen ürün çeşidi ve miktarı artmaktadır. Bu ürünlerin hepsinin denetimini yapmak mümkün olmamakla birlikte

akılcıda değildir. Öncelikle denetimler belirli plan ve programlar çerçevesinde yürütülmeli sonrasında bu faaliyetlerin değerlendirmesi yapılarak kaynakların etkin kullanımı sağlanmalıdır. Bu noktada planlama faaliyetlerine katkı sağlayan risk analizi yöntemleri öne çıkmaktadır. Risk analizi yöntemleri, sadece kaynakların etkin kullanımını sağlamak konusunda değil, büyük ölçüde kurum hedeflerine ulaşılmasında kullanılan bir araçtır.

Günümüzde AB'ye üye ülkeler başta olmak üzere risk odaklı piyasa gözetimi ve denetimi en yaygın kullanılan yaklaşımdır. Bunun en temel sebebi olarak da piyasada denetlenecek olan ürünlerin fazlalığı nedeniyle önceliklendirme yapılması ihtiyacı gösterilebilir. Denetimlerde etkinliğin ve verimliliğin artırılması ve piyasada bulunan güvensiz ürünlere karşı hızlı karar alma gereksinimi de risk analizini önemli hale getiren nedenlerdir.

Bu bilgiler doğrultusunda bu araştırmanın amacı; risk analizi uygulamalarında bulanık bir yöntem olan bulanık c-ortalamalar yönteminin gerçek bir olay üzerinde kullanımını göstermektir. Araştırmanın amacı doğrultusunda çalışma 7 bölüm olarak kurgulanmıştır. Çalışmada öncelikle risk kavramından, risk analizi sürecinden, yöntemlerinden, ilkelerinden ve sonucunun güvenilirliğini etkileyen faktörlerden bahsedilmiştir. Bir sonraki bölümde uygulama alanı olarak seçilen piyasa gözetimi ve denetimi kavramı, ilkeleri, tarihçesi, ülkemizdeki PGD idari yapılanması verilmiştir. Daha sonra piyasa gözetimi ve denetiminde risk analizi, süreç adımları, AB'de ve ülkemizde uygulanan yöntemler tanıtılmıştır. Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde uygulama yöntemi olarak kullanılan bulanık mantık, bulanık küme kavramlarının tanıtılmasının ardından geleneksel bulanık kümeleme yöntemleri ve küme sayısının belirlenmesine yönelik kullanılan indeksler yer almaktadır.

Araştırmada açıklanan bilgileri somutlaştırmak için Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Sanayi Ürünleri Güvenliği ve Denetimi Genel Müdürlüğü piyasa gözetimi ve denetimi verileri kullanılarak Genel Müdürlük sorumluluk alanında bulunan ürünlerin risk analizi uygulaması gerçekleştirilmiştir. Uygulama bölümünde çalışmada kullanılan beş bağımsız değişkene ilişkin tanımlayıcı istatistiklere yer verilmiş ardından bulanık c-ortalamalar yöntemi uygulamasının çıktıları sunulmuştur. Takip eden bölümde klasik kümeleme yöntemlerinden olan k-ortalamalar yönteminin uygulaması gerçekleştirilerek bulanık ve klasik kümeleme sonuçları kıyaslanmıştır. Analizlerde elde edilen bulgular tablolar aracılığı ile açıklanmıştır. Son bölümde çalışmanın genel bir değerlendirmesi yapılmıştır.

2. RİSK ANALİZİ

Bu bölümde riskin literatürde bulunan tanımlamalarının derlemesi yapılmış, risk analizi süreci, risk analizi yöntemleri, ilkeleri ve risk analizi sonuçlarının güvenilirliğini etkileyen faktörler incelenmiştir.

2.1. Risk

Beklentilerimiz dışında gelişen ve işlerin gidişatına olumlu veya olumsuz etkide bulunan durumlar risk olarak tanımlanmaktadır. Bir başka deyişle risk, bir işin yürütülmesinde gidişatı etkileyecek ve önceden kestirim yapamadığımız durumlardır.

Risk kavramı beraberinde tehlike ve belirsizlik durumlarını çağrıştırır ve bu kavramlar zaman zaman birbirleri yerine kullanılmaktadır. Ancak bu kavramlar anlamsal olarak incelendiğinde aralarında belirgin farklılıklar olduğu görülmektedir. Tehlike; malın veya çevrenin zarar görmesi, ölüm, hastalık, yaralanma gibi sonuçlar doğurabilecek muhtemel bir durum veya kaynaktır. Risk ise canlıya, çevreye veya mala gelebilecek bir zararın oluşma ihtimali ile olay sonucunda meydana gelecek olan etkinin bileşimi olarak tanımlanmaktadır [1]. Risk ile belirsizlik kavramları arasında da ince bir ayrım vardır. Belirsizlik, bir olayın gerçekleşme olasılığı bilinmekteyken doğuracağı sonuçların gerçekleşme olasılıklarının tahmin edilememesi durumunu ifade ederken, risk, söz konusu olaya ilişkin hem gerçekleşme olasılığının hem de bu olay sonucunda ortaya çıkacak sonuçların gerçekleşme olasılıkları hakkında kestirim yapılabilmesi anlamına gelmektedir [2].

Günlük hayatımızda her alanda karşımıza çıkan risk kavramı için literatürde çok çeşitli tanımlamalar bulunmaktadır. Tefik [3] tarafından risk, belirsizlik ve belirsizliğin sonuçları olarak tanımlanırken; Karacan riski, bir olayın ya da olaylar setinin ortaya çıkma olasılığı şeklinde; Lifson ve Shaifer'da belirsizlikler ile çıktıların tahmin değerlerinin birleşimi olarak açıklamıştır [4]. Bir durumun risk olarak nitelendirilebilmesi için Knight, Farrar ve Bussey olası sonuçların olasılıklarını tahmin edebilmek adına benzer durumlara ilişkin yeterli miktarda tecrübenin bulunması gerektiğini savunmuştur [5].

Çıtak risk kavramını sonuç odaklı ele almış ve bir aktivite sonucunda zarar görmeye açık olma potansiyeli olarak tanımlamıştır [6]. Yine sonuç bazlı bir tanımlama yapan Vose'a göre risk, gerçekleşme ihtimali olan rastgele olaylar olup gerçekleşmesi durumunda organizasyonun hedeflerini olumsuz etkilemektedir[2].

Şakar'da risk ile problem arasındaki farkı vurgulayarak problemin o anda oluşan sorunu, riskin ise problemin oluşmasına neden olan etkeni ifade ettiğini belirtmiştir [7].

Genel anlamda risk, belirsizliği, şüpheyi, kayıp ve zarar ihtimalini ifade etmektedir. Risk sistemin belirli bir zayıflığından faydalanan bir tehdidin sisteme zarar verme olasılığıdır [8].

2.2. Risk Analizi

Risk analizi, stratejik kararlara etki eden faktörler için belirlenen risklerin tüm yönleriyle değerlendirilmesini ve bu risklerin karar vericiye destek sağlayacak şekilde anlamlı bir hale getirilmesini sağlayan yöntemlerdir. Başka bir ifadeyle risk analizi, önlem alınması gereken alanların ve risk kriterlerinin belirlenip, risklerin niceliksel veya niteliksel olarak değerlendirildiği işlemler bütünü olarak açıklanabilir. Risk analizi çalışmalarında, öncelikle işin gidişatına olumsuz yönde etki edebilecek alanlar belirlenir, bu alanlarda oluşabilecek tehlikeler ve söz konusu tehlikelere bağlı olarak meydana gelebilecek zararların belirlenmesi amacıyla risk büyüklükleri tahmin edilir. Risk büyüklüklerinin belirlenmesinin ardından risk seviyesine göre söz konusu tehlikelere karşı alınacak önlemlere karar verilir.

Risk analizinde kullanılan temel kavramlara ilişkin açıklamalar aşağıda verilmiş olup risk analizi kavramlarının birbirleri ile olan ilişkileri Şekil 2.1'de grafiksel olarak ifade edilmiştir [8].

Kıymet: Korunma ihtiyacı bulunan her şey kıymettir. Kıymetlere örnek olarak zaman, kaynak veya toplumsal değerler gösterilebilir. Kıymetler, somut ve soyut kıymet olmak üzere iki gruba ayrılır. Somut kıymete donanım, alt yapı ve personel, soyut kıymete ise kurumsal değerler, politikalar, yazılım ve veri örnektir [8].

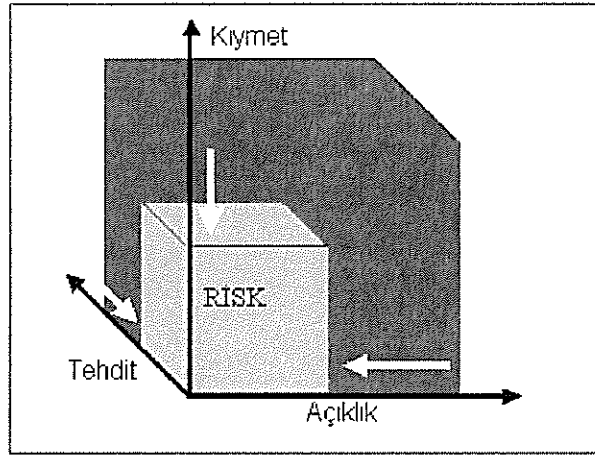
Tehdit: Kıymetin zayıflıklarından faydalanan, kıymetin bir bölümüne ya da tamamına olumsuz etki eden faktörlerdir. Kısaca tehdit, zarar oluşması olasılığı olarak tanımlanabilir. Kıymetlerdekine benzer şekilde tehditler de iki çeşittir. Bu tehdit türleri insanlar ve doğal kaynaklardır. Örneğin bir tedarik sürecinde tehdit bileşenleri yangın, fırtına gibi doğal tehditler olabileceği gibi, insan veya malzeme kaynaklı kasıtlı veya kasıtsız tehditler olabilir [8].

Açıklık: Tehditlerin kıymetlere zarar vermesine neden olan etmenlerdir. Kıymetleri savunmasız hale getirir. Diğer bir deyişle tehdidin oluşmasına imkân tanıyacak zayıflıklardır. Örneğin bir üretim bandındaki açıklık, tek tedarikçi ile çalışılması, teçhizat

oluşan bir sorun gibi yapısal olabileceği gibi insan kaynağının yetersizliği gibi sürece etki eden etmenlere karşı korunmasız olmasından da kaynaklanabilir. Açıklıkların riskin en önemli nedeni olarak gösterilmesinin sebebi tehditlerin bu açıklıklar yoluyla kıymetlere zarar vermesidir [8].

Karşı Önlem: Karşı önlem, kıymetin zayıflıklarını yani açıklıklarını kullanan tehditlerin oluşturduğu olumsuzluğu azaltmak veya sıfırlamak amacıyla alınan tedbirlerdir. Sürece zarar vermeden korunmak üzere alınan ve uzun süreli devam ettirilen koruyucu tedbirler neticesinde güvenlik durumu meydana gelir[8].

Arta Kalan Risk: Duruma ilişkin tüm karşı önlemlerin uygulanması sonucunda geriye kalan risklerdir [8].



Şekil 2.1 Risk: Kıymet, Tehdit ve Açıklık Fonksiyonu [8]

Şekil 2.1 'de de gösterildiği gibi risk, kıymet, tehdit ve açıklık değişkenlerinden oluşan bir fonksiyondur. Taban riski, karşı önlemler alınmadan önce süreçte mevcut olan riski, geri kalan risk ise karşı önlemler alındıktan sonra süreçte mevcut olan riski ifade etmektedir. Karşı önlemlerin alınmasıyla birlikte sürecin taban riski azalmaktadır [7].

Uygulamada risk yönetimi ve risk analizi terimleri birbirleri yerine sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak bu yaklaşım kavramsal olarak bazı karışıklıklara neden olabilmektedir. Risk analizi çalışmalarında bir duruma ilişkin tüm kıymetler ve her bir kıymet için tehditler belirlenir. Analiz girdilerini oluşturan kıymetler, zayıflıklar ve tehditler matematiksel olarak hesaplanır. Tüm bu detaylı değerlendirmeler sonucunda kıymetler için bir risk ağırlıklandırması yapılır. Risk analizi korunması gereken kıymetleri, kıymetleri zayıflatan açıklıkları ve açıklıklardan faydalanan tehditleri belirler ancak bu tehditlere karşı alınacak tedbir politikaları üzerine çalışmaz. Çünkü tespit edilen risk kalemlerine göre alınacak önlemlerin belirlenmesi ve bu önlemlerin uygulamaya dökülmesi

risk yönetiminin konusunu oluşturur. Risk analizi çalışmaları, risk yönetimi faaliyetleri için güvenilir ve sistematik bilgi sağlayan temel bir araç olarak görev yapar [9].

2.3. Risk Analizi Süreci

Risk analizi veya bir başka deyişle risk değerlendirme süreci birbirini takip eden birçok alt süreci kapsamaktadır. Kısaca risk değerlendirme sürecinde, riskin büyüklüğü hesaplanmakta ve risk seviyelerine göre bir önceliklendirme yapılarak işlem önceliği verilecek alanlar ile kabul edilebilir düzeyde risk içeren alanlar ayrıştırılmaktadır. Bu çalışmaların ana hedefi sürecin içinde barındırdığı tehlikeleri doğru tespit edip bunları hızlıca azaltmaktır. Bunun için yürütülen sistemli bir değerlendirme, risklerin belirlenmesini kolaylaştırarak hedefe yönelik atılacak adımların güvenilirliğini desteklemektedir [10].

Risk değerlendirmesinin genel amacı, öncelikle sürecin tüm olası risklerini tespit ederek derecelendirmek ve sonrasında acil önlem alınması gereken riskleri önem düzeyi daha düşük olan risklerden ayırmaktır. Şekil 2.2 ile risk analizi sürecini oluşturan adımlar gösterilmektedir [11].



Şekil 2.2 Risk Analizi Süreci

İlk aşama olan risk planlama alt süreci, uygulamanın gidişatına etki edecek faktörlerin, mevcut mevzuat ve işyeri koşulları, süreç kısıtları gibi süreç dinamiklerini doğrudan etkileyen faktörlerin ve uygulama yönteminin belirlendiği adımdır. Bu aşama analiz için bir hazırlık bölümü olup izlenecek adımlar, uygulamada yer alacak personel, çalışmaya veri oluşturacak kaynaklar gibi çalışma süresince faydalanılacak verinin planlaması yapılır [11].

İkinci adım risk belirlemedir. Bu alt süreç, risk analizi çalışmasının en önemli aşamasıdır. Bu adımda bir önceki süreçte hazırlanan veri kaynakları, dokümanlar ve sürecin tüm aktörlerinden edinilen bilgiler kullanılarak yapılan çok yönlü bir değerlendirme sonucunda sürecin işleyişinde doğabilecek tüm olası tehditler tespit edilir. İyi bir risk analizi için bu sürecin iyi işlemesi önemlidir. Çünkü analiz sonucu bu adımda belirlenen riskler üzerine şekillenecektir [12].

Risklerin belirlenmesinin ardından veri yapılarına uygun çeşitli analiz yöntemlerinden faydalanılarak risk seviyeleri bulunur. Böylece riskler arasında bir sıralamaya gidilerek öncelikli alanlar belirlenir. Bir sonraki bölümde risk analizinde kullanılan belli başlı yöntemlere yer verilmiştir.

Son aşamada belirlenen riskli alanların kontrolünü sağlamak için çalışılır. Riskli alanların risk seviyelerinin belirli bir düzeyin altına indirilmesi için gerekli önlemler alınır. Risk analizi uygulaması belirli periyotlarda tekrar edilerek süreç riskleri kontrol altında tutulmalı, süreçte yapılan iyileştirmelere veya yeni oluşan tehditlere göre risk seviyeleri güncellenmelidir.

2.4. Risk Analizi Yöntemleri

Risk analizi sonucu elde edilen çıktılarından fayda sağlanabilmesi için sürece ilişkin risk seviyelerinin gerçekçi ve tüm süreç paydaşlarını kapsayıcı şekilde belirlenmesi oldukça önemlidir. Risk seviyesi, gerçekleşme olasılığı ile olay sonucunda oluşacak etkinin birlikte değerlendirilmesiyle belirlenir. Risk seviyesini belirlemek amacıyla ihtiyaç duyulan bilgi, veri tabanları, deneyler, benzer olaylara ilişkin istatistikler, süreç yürütücülerin tecrübeleri ve uzman görüşleri gibi pek çok farklı kaynaktan elde edilebilir.

Analiz sonucunda belirlenen risk seviyeleri yöneticilere hangi alanlarda önlem alınması gerektiğini gösterir. Çalışma neticesinde ciddi risk oluşturan durumların yanında hem etkisi hem de gerçekleşme ihtimali çok düşük olması nedeniyle risk seviyesi düşük olan durumlar da tespit edilir. Risk seviyesi düşük olan durumlar bir gözlem listesinde toplanır. Gözlem listesinde bulunan durumlar göz ardı edilmemesi gereken ancak herhangi bir tehlike sonucunda ciddi boyutlu bir zarara neden olmayacağı için de önlem alınması gereken alanlar belirlenirken son aşamada değerlendirilecek risklerdir. Bu listede yer alan durumlara ilişkin o an herhangi bir işleme gerek olmasa da bu liste düzenli aralıklarla gözden geçirilerek risk seviyelerindeki değişim kontrol edilmelidir [13].

Risk seviyelerini belirlemek için kullanılan pek çok yöntem vardır. Risk barındıran durumları tanımlamak, ölçeklendirmek ve bu durumların derecelendirmesini yapmak için veri yapıları göz önünde bulundurularak nitel(kalitatif) ve nicel(kantitatif) yöntemlerden faydalanılır [7].

Uygulamada risk analizi için kullanılan tüm veriler nicel veya nitel olmayabilir. Böyle durumlarda yarı nicel risk analizi yöntemi kullanılır. Bu yöntem nitel risk analizinin ağırlıklar kullanılarak gerçekleştirilmesine dayanır. Burada her nitel değişken için bir ölçek

belirlenir ve böylece risklerin dercelendirilmesi sağlanır. Bu değerler nicel risk analizlerinde olduğu gibi risk bileşenlerinin gerçek ilişkilerini ifade etmese de nitel risk analizi yöntemlerine ek olarak risklerin önceliklendirilmesinin daha rahat yapılmasını mümkün kılar [14].

2.4.1.Nitel (Kalitatif) Risk Analizi

Nitel risk analizi, tanımlanan risklerin etki ve olasılıklarının nicel analizlerin gerektirdiği miktarda sayısal veri bulunmadığı durumlarda niteliksel analiz yöntemleri kullanılarak değerlendirildiği sistemdir. Bu yöntemler genelde durumların olasılık ve etkilerine göre risk seviyelerini belirleyerek bu değerlere göre sıralanabilmelerini sağlamak amacıyla kullanılır [14].

Nitel risk analizinde, risk bileşenlerini oluşturan etki ve olasılık da risk gibi sayısal veriler yerine tanımlayıcı veriler yardımıyla ifade edilir. Nicel risk analizinde olasılık bileşeni 0 ile 1 arasında bir değer alırken nitel risk analizinde bu bileşen her zaman, bazen, nadiren, neredeyse hiç şeklinde sınıflandırılabilir. Riskin olması durumunda meydana gelen etki de aynı şekilde düşük, orta, yüksek şeklinde belirlenebilir. Bu sınıflandırmalar ile yapılan 0 ile 1 aralığını dilsel değişkenlerle parçalara bölmektir [8].

“Literatürde Ön Tehlike Analizi (PHA), Ön Risk Analizi (PRA), Kontrol Listesi Yardımıyla Yapılan Ön Risk Analizi, Neden Sonuç Analizi (CCA), Tehlike ve İşletilebilirlik Çalışmaları (HAZOP), Olay Ağacı Analizi (ETA), Hata Ağacı Analizi (FTA), Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMECA), ‘Olursa Ne Olur?’ Analizi, İnsan Hatası Analizi (HFA), Operasyon Kayıt Tekniği Analizi (TOR), Hata Modeli Analizi (DMFA), Bağlı Sıralama İndeksi (RRDM) gibi birçok nitel risk analizi yöntemi mevcuttur” [11]. Tüm bu yöntemlerde farklı yollar ve formlar kullanılarak olasılık ve etkinin bileşimi hesaplanır. Şekil 2.3’de L tipi risk seviyesi derecelendirme matrisi verilmiştir.

ETKİ OLASILIK	Çok Hafif (1)	Hafif (2)	Orta (3)	Ciddi (4)	Çok Ciddi (5)
Çok düşük (1)	Önemsiz (1)	Düşük (2)	Düşük (3)	Düşük (4)	Düşük (5)
Düşük (2)	Düşük (2)	Düşük (4)	Düşük (6)	Orta (8)	Orta (10)
Orta (3)	Düşük (3)	Düşük (6)	Orta (9)	Orta (12)	Yüksek (15)
Yüksek (4)	Düşük (4)	Orta (8)	Orta (12)	Yüksek (16)	Yüksek (20)
Çok Yüksek (5)	Düşük (5)	Orta (10)	Yüksek (15)	Yüksek (20)	Katlanılmaz (25)

Şekil 2.3 L Tipi Risk Seviyesi Derecelendirme Matrisi [11]

Diğer taraftan nitel risk analizi çalışması yürütücülerinin matematik bilgisine sahip olmaları gerekmez. Bu değerlendirmenin başarısı analizcilerin benzer projelerde edindikleri önsel bilgilerine, kurumsal işleyişi özümsemiş olmalarına ve süreçleri tüm yönleriyle değerlendirebilme becerilerine bağlıdır.

2.4.2. Nicel (Kantitatif) Risk Analizi

Risk analizinin bileşenlerini oluşturan, risk, olasılık ve etki için subjektif değerler yerine sayısal değerler verilerek daha kesin ve objektif sonuçlara ulaşmak mümkündür. Hillson nicel risk analizini, risklerin sonuçlarını ve olasılıklarını ölçmek, risklerin kıymetler üzerinde taşıdığı anlamı (etkiyi) tahmin etmek şeklinde tanımlamıştır [8]. Nicel risk analizinde çeşitli kaynaklardan elde edilen veriler yardımıyla riski oluşturan olasılık ve etki değişkenlerine sayısal değerler verilir ve bu değerler matematiksel yöntemler ile işlenerek risk değeri elde edilir. Bu yöntemlerin sağlıklı işlemesi verilerin doğruluğuna bağlıdır.

Nicel ve nitel risk analizlerinin girdileri benzer olmakla birlikte veri yapılarındaki farklılık nedeniyle analizlerde kullanılan yöntemler farklılaşmaktadır. Literatürde nicel risk analizi teknikleri olarak istatistik, veri madenciliği ve yöneylem araştırmaları disiplinlerinin altında yer alan duyarlılık analizi, simülasyon yöntemleri ve karar ağacı analizleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

Duyarlılık analizi, riski oluşturan değişkenlerde meydana gelecek bir birimlik artışın risk üzerindeki etkisini inceler. Analiz sonucunda risk büyüklük olarak belirtilmez. Bu

yöntemde amaç risk üzerinde etkisi fazla olan değişkenlerin saptanmasıdır. Her analizde sırasıyla yalnızca bir değişken değiştirilip diğerleri sabit tutularak her değişkende meydana gelecek değişim yüzde olarak hesaplanır [8]. Duyarlılık analizi sürecin başarılı bir şekilde yönetilmesine büyük katkı sunar. Süreç yöneticilerinin değişen koşullar karşısında oluşabilecek durumlara önceden hazırlıklı olmasını sağlar. Bu yöntem uygulamada risk analizinin tamamlayıcısı olarak kullanılır ve değişkenlerin risk üzerindeki etkilerinin karar vericiler tarafından detaylı olarak incelenmesine imkân verir.

Karar ağacı analizi tercihleri, riskleri, kazançları değerlendirmek için kullanılan bir başka yöntemdir. Risk analizinde karar ağacı yöntemi kullanılarak alınacak kararların olasılığı belirlenebilir. “Bu analizde risklerin bileşik olasılıkları, seçilen diyagramdaki her mantıksal yolun götürü ve getirisi hesaplanabilir. Karar ağacında belirlenen olasılıklar ile belirsizlik içinde en iyi beklenen değeri, maliyeti, kazancı ve sonraki kararları ölçmek mümkündür [8].”

Simülasyon, bir olayın/sürecin gerçekte denenme ihtimali olmadığında, bu deneme maliyetine katlanılmak istenmediğinde ve süreçte oluşabilecek sorunlar zamanından önce tahmin edilmek istendiğinde kullanılan bir yöneylem araştırması tekniğidir. Simülasyon teknikleri kullanılarak bilgisayar ortamında oluşturulan kurgu ile bir olayın gelişimi, sonuçları, zayıf ve güçlü yönleri tespit edilerek risk analizi gerçekleştirilebilir.

Simülasyon teknikleriyle risk analizi yapılırken, riske konu olay sistem üzerinde pek çok kez yaşatılarak elde edilen sonuçlar istatistiksel bir dağılım olarak gösterilir. Bu sonuçların risk ölçümü yapılırken, değişik zaman planları ve farklı stratejiler için sistem yinelenir ve çok yönlü bir değerlendirmeye imkân tanıyacak şekilde olası maliyetleri ile birlikte yorumlanır [14].

Yukarıda bahsedilen nicel risk analizi tekniklerine ek olarak pek çok farklı istatistik ve yöneylem araştırması tekniği kullanılarak risk analizi sistemleri geliştirilmiştir. Son dönemde klasik yöntemlerin yanında bulanık mantık ve çok kriterli karar verme teknikleri de yaygın olarak kullanılmaktadır.

Risk yönetiminde yaygın olarak kullanılan bazı yazılımların, kullanım alanları, kullanılan yöntemler ve risk yönetiminin hangi aşamasını desteklediği aşağıdaki çizelgede detaylı olarak verilmiştir [15].

Çizelge 2.1 Risk Yönetimi Yazılımlarının Özellikleri

ARAÇ	Üretici	Kullanım Alanları	Kullanılan Yöntem	Desteklenen Risk Yönetim Aşamaları
@Risk	Palisade Europe	- Proje süre - maliyet tahmini - Risk hesaplaması	Monte Carlo Benzetimi	Risk analizi
CRIMS	Expert Choice	Belirli değişkenlere göre seçenek sunma	AHP	Risk analizi
Decision Pro	Vanguard Software	Senaryo kurgulaması	- Monte Carlo Benzetimi - Karar Ağacı	Risk analizi
Crystal Ball	Decisioneering	- Proje detayındaki değişimlere göre olasılık temelli yakınsama - Proje süre - maliyet tahmini	- Monte Carlo Benzetimi - Duyarlılık testi	Risk analizi
iDecide	Decisive tools	Risk değerlendirme	- Monte Carlo Benzetimi - Etkileşim Diyagramı Yöntemi	Risk analizi
Monte Carlo	Primavera	- Proje detayındaki değişimlere göre olasılık temelli yakınsama - Farklı planlanma yazılımları ile bütünleşme	Monte Carlo Benzetimi	Risk analizi
Precision Tree	Palisade Europe	Karar destek işlemi	- Karar Ağacı - Etkileşim Diyagramı	Risk analizi
Predict! Risk Analyser	Risk Decisions	- Proje değişkenlerinin olasılık dağılımları ile modellenmesi - Farklı planlanma yazılımları ile bütünleşme	Monte Carlo Benzetimi	Risk analizi
Risk+	Project Gear	- MS Project programı ile bütünleşik uygulama - Proje değişkenlerinin olasılık dağılımları ile modellenmesi - Risk haritası geliştirilmesi	Monte Carlo Benzetimi	Risk analizi
OpenPlan Professional	Welcom Software	Proje bilgi yönetim sistemi ile birlikte kullanım	Monte Carlo Benzetimi	Risk analizi ve görüntüleme
REMIS	HVR Consulting Service	- Risk yönetimi karar destek sisteminin tüm adımlarda uygulaması - Risk kontrolü ve iş ayırımı yapısı entegrasyonu	Monte Carlo Benzetimi	Risk teşhisi analizi, kontrolü ve planlaması
Ris3 Risgen	Line International	- Risk belirleme - Risk kayıtlarının oluşturulması	Monte Carlo Benzetimi	Risk teşhisi analizi, kontrolü ve planlaması

2.5. Risk Analizinin Temel İlkeleri

Sağlık, inşaat, kamu, yazılım, çevre, enerji gibi bir sürecin işlediği her alanda risk analizi çalışmaları yapılmaktadır. Pek çok farklı yöntem esas alınarak yürütülen bu çalışmalarda konudan ve yöntemden bağımsız olarak dikkat edilmesi gereken belli başlı ilkeler vardır. Belirtilen ilkeler aşağıda verilmiştir [16].

- Risk analizi, sürece katkı sağlayan tüm paydaşların katılımı ile belirlenen hedefler doğrultusunda kurulan bir sistem olmalıdır.
- Riskler belirlenirken kurumu etkileyebilecek ulusal ve küresel riskler, kontrol edilebilen ya da edilemeyen riskler, sürecin iç ve dış paydaşlarından kaynaklanan riskler gibi pek çok alan dikkate alınmalı ve çok yönlü bir değerlendirme yapılmalıdır.
- Risk analizi çalışmasında kullanılan yöntem analitik, objektif ve güvenilir olmalıdır.
- Risk analizi, bir defaya mahsus olarak gerçekleştirilmemeli, belirli aralıklarla tekrarlanmalı, sürecin işleyişi gözden geçirilmeli ve gerekli güncellemeler yapılarak sistem sürekli iyileştirilmelidir. Diğer bir deyişle risk analizi değişime açık bir sistem olmalıdır.
- Risk analizi açık, anlaşılır ve kolay uygulanabilir olmalıdır.
- Analiz yöntemi belirlenirken elde bulunan veriler ile ulaşılması mümkün olan bilgiler dikkate alınmalıdır. Özellikle önsel bilginin kullanıldığı verilerde tek bir veri kaynağı yerine birden fazla kaynaktan faydalanılmalı, böylelikle verideki subjektif etki arındırılmalıdır.
- Analiz yöntemi belirlenirken mevcut veri yapısı ve süreç işleyişi göz önünde bulundurulmalıdır.
- Analizde güvenilirliği artırmak için nicel verilerin kullanılması önemlidir. Nitel verilere göre ulaşılması daha fazla çaba, maliyet ve zaman gerektiren nicel veriler kullanılarak yapılan analiz çalışmaları ile çok daha yansız sonuçlara ulaşılmaktadır.
- Süreci etkileyen siyasi, ekonomik ve endüstriyel faktörler daimi olarak kontrol edilmelidir.
- Analiz sonuçları neticesinde iş planları oluşturulurken uzman görüşlerine başvurulmalıdır.

Yukarıda yer alan ilkeler esas alınarak gerçekleştirilen risk analizi çalışmaları yapıcı katkılarla daha sağlıklı işleyecektir.

2.6. Risk Analizi Sonuçlarının Güvenilirliğini Etkileyen Faktörler

Risk analizi sonucunda elde edilen sonuçların güvenilirliği karar vericiler için büyük önem taşır. Analiz sonuçlarının gerçeği olabildiğince yansıtması gerekir. Aşağıda analizler sırasında karşılaşılan güçlükler sıralanmıştır. Analiz yürütücülerin bu güçlükleri göz önünde bulundurması analiz sonucunda alınacak kararların doğruluğu açısından önemlidir.

Canada (1971) çalışmasında güvenilirliği etkileyen faktörler hakkında bilgi sunmuştur. Genel olarak güvenilirliği etkileyen faktörler aşağıdaki gibi verilebilir [17].

- **Benzer Süreçlerin Yetersizliği:** Spesifik bir alanı değerlendirmek üzere kurgulanacak risk analizi çalışması için örnek bir sistem bulunmayabilir. Bu aşamada risklerin belirlenmesi büyük titizlik gerektirir.
- **Uç Değerler:** Aykırı değerlerden arındırılmamış verilerle yapılan analizlerde yanlış sonuçlara ulaşılır.
- **Doğru Faktörlerin Belirlenememesi:** Süreci tam olarak tanımlamayan değişkenler kullanılarak yapılan analiz sonuçları gerçek bir değerlendirme sağlamaz. Bu tür analizlerde tüm riskler öngörülemmez.
- **Değişim:** Değişen süreç koşulları ile birlikte geçmiş tecrübeler ve veriler geçerliliğini yitirebilir.
- **Sonuçların Yanlış Yorumlanması:** Analizciler tarafından karar vericilere iletilmeden önce risk analizi sonuçları objektif bir gözle değerlendirilmelidir.
- **Analiz Hataları:** Hesaplama hatalarından kaçınmak için analizin sağlanması yapılarak sonuçlar teyit edilmelidir.

3. PİYASA GÖZETİMİ VE DENETİMİNDE RİSK ANALİZİ

Bu bölümde piyasa gözetimi ve denetimi kavramı, ilkeleri, tarihçesi, ülkemizde PGD yapılanması, PGD’de risk analizinin yeri ve süreç adımları ile Avrupa Birliği ülkelerince uygulanan risk analizi modeli ile ülkemizde gerçekleştirilen bir uygulama hakkında bilgi sunulmuştur.

3.1. Piyasa Gözetimi ve Denetimi

Güvenli ürün kavramı 4703 sayılı “Ürünlere İlişkin Teknik Mevzuatın Hazırlanması ve Uygulanmasına Dair Kanun” göre; normal kullanım koşullarında, kullanım süresi içinde risk taşımayan veya kabul edilebilir seviyede risk taşıyan ve temel gerekler bakımından en yüksek seviyede koruma sağlayan ürün olarak tanımlanmaktadır.

Piyasa gözetimi ve denetimi(PGD), temel olarak ürünün piyasaya arzı veya dağıtımı aşamasında veya ürün piyasada iken ilgili mevzuata uygun olarak üretilip üretilmediğinin, güvenli olup olmadığının denetlenmesi, güvenli olmayan ürünlerin güvenli hale getirilmesi ve gerektiğinde yaptırım uygulanması faaliyetlerinin ürüne ilişkin teknik mevzuatı hazırlamaya ve yürütmeye yasal olarak yetkili bulunan kamu kuruluşları tarafından gerçekleştirilmesidir.¹

PGD sadece bir ürünün insan, hayvan, bitki ve çevre sağlığı, can ve mal güvenliği açısından temel gerekleri karşılayan asgari güvenlik koşullarını sağlaması bakımından denetlenmesinden ibaret değildir. Aynı zamanda PGD, ürünün ilgili teknik düzenlemelerde belirtilen işareti ve/veya belgeleri bulundurmaması veya ilgili teknik düzenlemelerde yer alan hükümleri sağlamaması durumunda uygunsuz bulunan ürünlerin düzeltme faaliyetinin değerlendirilmesi ve gerektiğinde idari yaptırımların uygulanması, güvensiz bulunan ürünlerin takip edilerek bu ürünlerin toplatılması, piyasaya arzının yasaklanması ve bertaraf edilmesi faaliyetlerini de içermektedir [18].

Genel olarak PGD’nin amacı, tüketicilerin ve diğer kullanıcıların risk ve tehdit içeren ürünlerden korunmasını ve sektörde faaliyet gösteren ticari işletmelerin de mevzuata uygun ve güvenli ürünleri piyasaya arz etmeleri konusunda gerekli düzenlemeleri sağlamaktır.

3.2. Piyasa Gözetimi ve Denetiminin Genel İlkeleri

Ürünün piyasaya arz edilmesi sürecinde güven esaslı bir anlayış benimsenmiştir. Bu süreçte herhangi bir izin mekanizması bulunmamakla birlikte bu konuda sorumluluk

¹ 4703 Sayılı Ürünlere İlişkin Teknik Mevzuatın Hazırlanması ve Uygulanmasına Dair Kanun’dan yararlanılmıştır.

iktisadi işletmeye bırakılmıştır. PGD faaliyetleri ise bu sistemin sigortası niteliğinde inşa edilmiş olup, uygunluk değerlendirme işlemleri sonucunda üretilen ve piyasaya arz edilen ürünün uygunluk doğrulamasının yapılması şeklinde uygulanmaktadır. PGD, yetkili kamu otoriteleri tarafından kamu hizmeti olarak yerine getirilen ve kamu yararı için gerçekleştirilen bir faaliyet olarak sitem içerisinde yerini almaktadır [19].

Piyasa gözetimi ve denetimi faaliyetlerinin devlet eliyle yerine getirilmesi oldukça önemlidir. Bunun en büyük sebebi, çok yönlü aktörlerce icra edilen uygulamalara yönelik işleyen PGD faaliyetlerinin tarafsızlığını sağlamaktır [20]. Bu noktada kamu kurumlarının bağımsızlığı ve adil olması faaliyetlerin meşruluğu açısından önemlidir.

PGD otoriteleri, piyasaya bulunan ürünlerin ilgili direktiflerin gereklerini sağladığını doğrulamak amacıyla izlenmesinden ve çeşitli yaptırımlardan faydalanarak güvensiz ürünlerin piyasalardan uzaklaştırılmasından sorumlu kuruluşlardır. Bu kapsamda bu otoritelerin denetim faaliyeti yürütürken bazı temel ilkelere uymaları gerekmektedir [21]. Bu ilkeler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- 1) Denetim faaliyetleri sırasında temel gerekliliklere uygun olmayan ürünlerin tespit edilmesi durumunda alınacak önlemler, uygunsuzluğun veya güvensizliğin düzeyine göre ve oransallık ilkesine uygun olmalıdır [22]. Yapılan denetim faaliyetlerinin asıl amacı piyasada yalnızca güvenli ürünlerin bulunmasını temin etmek, güvensiz olduğu tespit edilen ürünlerin ise piyasadan çekilmesini sağlamaktır. Bu hedef doğrultusunda gerektiğinde idari yaptırımlara başvurulabilmektedir. Ancak asıl amaç hiçbir zaman iktisadi işletmeleri zor durumda bırakacak bir cezalandırma ve yaptırım sistemi kurmak değildir. İdari yaptırımlar uygunsuzluğun niteliği gözetilerek uygulanmalı, etkin ve caydırıcı olmalıdır [19].
- 2) Tüketicinin sağlığını ve güvenliğini tehdit eden durumlar istisna tutulmak üzere, gerek yetkili kuruluşların gerekse denetim personelinin denetim yaptıkları ekonomik aktörlerin faaliyetlerine ilişkin olarak gizlilik ilkesine riayet etmeleri gerekmektedir [22].
- 3) Üreticinin sorumluluğu uygunluk işaretini ürüne yerleştirmesinden sonra başlar. Üretici tarafından ürünün ihtiyari olarak belgelendirilmiş veya test raporlarının alınmış olması, piyasa gözetimi ve denetimi faaliyeti dışında bırakılması anlamına gelmez. Bunun istisnası ticari fuarlar, sergiler ve gösterimlerde yer alan ürünler olup, bu ürünlere ilişkin PGD faaliyeti yürütülmez. [22].

- 4) Ürünün tasarım ve üretim aşaması piyasa gözetimi ve denetimi işlemlerinin konusu değildir. Fakat herhangi bir uygunsuzluk saptanması durumunda, yetkili kuruluş uygun olmayan ürünlerin piyasaya arzını önlemek için üretim yerinde kontrollerde bulunabilir, üreticiler ve tedarikçilerle ortak çalışmalar yürütebilir [22].
- 5) Denetime konu bir ürünün test işlemleri için o ürünün uygunluk değerlendirme sürecinde yer almayan test, muayene ve/veya belgelendirme kuruluşlarından hizmet alınabilir. PGD sürecinde uygunluk değerlendirmesinde görev alan test, belgelendirme kuruluşları ve onaylanmış kuruluşlar denetim sorumluluğunu üstlenemezler [22].

Bu noktada uygunluk değerlendirmesi, onaylanmış kuruluş ve uygunluk değerlendirme kuruluşu kavramlarının açıklanması doğru olacaktır. Uygunluk değerlendirmesi, 4703 sayılı Ürünlere İlişkin Teknik Mevzuatın Hazırlanması ve Uygulanmasına Dair Kanuna göre ürünün, muayene edilmesine, tabi olduğu teknik düzenlemenin gereklerini yerine getirip getirmediğinin test edilmesine ve belgelendirilmesine yönelik gerçekleştirilen tüm faaliyetler şeklinde tanımlanmaktadır. Uygunluk değerlendirme kuruluşu ise kalibrasyon, test, sertifikasyon ve denetimi içeren uygunluk değerlendirme faaliyetlerini gerçekleştiren organı ifade etmektedir. Aynı şekilde, 4703 sayılı Kanunda onaylanmış kuruluş; yetkili kuruluş tarafından test, muayene ve/veya belgelendirme kuruluşları arasından belirlenmektedir. Onaylanmış kuruluş bir veya birden fazla teknik düzenleme kapsamında uygunluk değerlendirme faaliyetinde bulunmak üzere, söz konusu Kanunda ve ilgili teknik düzenlemede belirtilen esaslar çerçevesinde yetkilendirilen özel veya kamu kuruluşu olabilmektedir. Ayrıca akreditasyon kuruluşlarınca ortaya konan uygulamalar çerçevesinde onaylanmış kuruluşun yeterliliği, belirli dönemlerde gerçekleştirilen periyodik gözetimler ile takip edilmektedir[18].

Bu bağlamda, genel kural olarak, uygunluk değerlendirmesi kuruluşlarının PGD'den sorumlu olmaları uygun değildir. PGD ve uygunluk değerlendirmesi arasındaki ayrımın açık bir şekilde yapılması gereklidir. Uygunluk değerlendirmesi, bir ürün piyasaya arz edilmeden önce yürütülen faaliyetleri kapsarken, PGD faaliyetleri, ürün piyasaya arz edildikten sonraki faaliyetleri kapsar. Eğer ulusal idare içinde, PGD otoritesiyle onaylanmış kuruluş aynı birim altında yer alırsa, sorumluluk alanlarının birbirinden kesin olarak ayrılması gerekmektedir [21].

3.3. Piyasa Gözetimi ve Denetimi Faaliyetlerinin Ortaya Çıkışı ve Gelişimi

PGD faaliyetlerinin günümüzde kullanılan anlamı ile ortaya çıkışı Avrupa Birliği'nin (AB) ortak pazar idealine dayanmaktadır. AB ortak pazarı dört temel özgürlük alanından oluşmaktadır ve şu şekilde sıralanabilir.

- 1) Sermayenin serbest dolaşımı
- 2) Emegın (iş gücünün) serbest dolaşımı
- 3) Hizmetlerin serbest dolaşımı
- 4) Malların serbest dolaşımı

Buna göre oluşturulacak ortak pazarda sermaye sahipleri engellere takılmadan yatırımda bulunabilecek, iş gücünü oluşturan işçiler Birlik içerisinde özgürce emeklerini arz edebilecek ve üretilen hizmetler ile malların ticareti Birlik içerisinde herhangi bir teknik engel ile karşılaşılmadan serbest bir biçimde piyasaya arzı yapılabilecektir.

Malların serbest dolaşımı idealini gerçekleştirmek amacıyla PGD faaliyetleri ortaya çıkmış ve kendisine uygulama alanı bulmuştur. Birlik içinde malların serbestçe dolaşabilmesi için öngörülen sistem, tüm üye ülkelerde malların aynı teknik düzenlemeler altında üretiminin sağlanmasıdır. Buna göre, malların tüm AB üyesi ülkelerde aynı teknik düzenlemeler esas alınarak üretilmesi için öncelikle tüm üye ülkeler için zorunlu olarak uygulamaya konulan birtakım teknik düzenlemeler bulunmalıdır. Birlik bu teknik düzenlemeleri Komisyon tarafından hazırlayarak uygulamaya koymaktadır [19].

Teknik düzenlemeler, bir ürünün güvenli olması, yani insan sağlığına, can ve mal güvenliğine tehdit oluşturmaması için hangi temel gerekliliklere sahip olması gerektiğini belirlemekte ve ürünün uygunluğunun nasıl değerlendirileceğini düzenlemektedir [19].

Avrupa Birliği'nde iki temel başlık altında teknik mevzuat uygulamalarına ilişkin kurallar toplanmıştır. Bu başlıklardan biri “düzenlenmemiş alan” dır. Bu alan AB'nin ortak mevzuatının bulunmadığı, dolayısıyla düzenlemenin AB üyesi devletlerin kendi ulusal yetki alanına bırakıldığı alanı ifade etmektedir. Bu alanda teknik engellerin kaldırılması ve malların serbest dolaşımı ulusal mevzuatlara eklenen "karşılıklı tanıma hükmü" ile sağlanmaktadır [23].

Teknik mevzuat uygulamalarının toplandığı diğer başlık da “düzenlenmiş alan” dır. Bu alan Avrupa Komisyonu nezdinde üye ülkelerce hazırlanan ve yürürlüğe konulan ortak bir mevzuat uygulanarak düzenlenen sektörleri kapsamaktadır [23].

Düzenlenmiş alanda ilk olarak 1961 yılında teknik mevzuat uyum çalışmaları başlamıştır. 1969 yılında klasik yaklaşım kabul edilmiştir. Klasik yaklaşım ürünlere ilişkin teknik düzenlemeler ile bu düzenlemeler ile aynı etkiye sahip standartların tümünün uyumlaştırılması ilkesini esas almıştır. Klasik yaklaşım kapsamında mevzuat uyumlaştırmasına konu sektörler tekstil ürünleri, demir-çelik ürünleri, cam sektörü, gübreler, eczacılık ve kozmetik ürünleri, gıda maddeleri, orman ürünleri, tehlikeli maddeler, motorlu araçlar, tüketici ve çevrenin korunması olmuştur [23].

Klasik yaklaşım mevzuatının, gereğinden fazla detay içermesi sonucunda karmaşık bir yapının ortaya çıkması ve bu durumun üreticileri zora sokması nedeniyle AB, teknik mevzuat düzenlemesinde, belirli ürün grupları itibarıyla büyük bir değişikliğe gitmiştir. Bu doğrultuda 1985 yılında yeni yaklaşım kabul edilmiştir. Yeni yaklaşımda direktifler çok fazla teknik detay içermemektedir. Bunun yerine, üretilen malların mal gruplarına göre uyması gereken genel kuralları belirlemektedir. Yeni yaklaşımda direktifler ürünlerin kullanım amaçlarına göre hazırlanmıştır. Bu sayede, benzer işlevleri gören ürünler bir grup altında toplanarak tek bir direktif ile birden fazla ürün için asgari güvenlik gerekleri ortaya konmuştur [23].

Yeni yaklaşım kapsamında standartlara uymak zorunlu tutulmamış, üreticinin beyanı esas alınmıştır. Standartlar, direktiflerin çok daha fazla detay içeren versiyonlarıdır. Buradan hareketle bir üreticinin standartlara uygun olarak üretim yapması, direktiflere de uygun üretim yaptığı anlamına gelmekte, tüketiciye güven vermektedir. Bu durum üreticiler için standartlara uygun olarak üretim yapılması noktasında teşvik nedeni olmuştur [18].

Yeni yaklaşımın tamamlayıcısı olarak görülen global yaklaşım 1989 yılında ortaya çıkmıştır. Bu dönemde kontroller ve belgelendirmeye ilgili anlayış geliştirilmiştir. Global yaklaşıma göre, her ülkede belli ürünler için test ve belgelendirme kurumları atanmıştır. Her kurum belli ürünlerin testlerini yapmak ve bu testler sonucunda gerekli belgeleri vermek üzere görevlendirilmekte ve bu kurumların dışında gerçekleştirilen test ve belgelendirme işlemleri geçersiz sayılmaktadır. Böylece global yaklaşım ile birlikte akreditasyon kavramı doğmuştur. Bağımsız bir üçüncü kurum tarafından laboratuvar, belgelendirme ve test kurumlarının uygunluğunun onaylanması ve belirli aralıklara denetlenmesi işlemi akreditasyon kavramını ifade etmektedir. Sadece yüksek risk taşıyan ürün gruplarında zorunlu olan akreditasyon faaliyetleri genel olarak ihtiyari bir uygulamadır [21].

Yeni yaklaşım sistemi aynı zamanda ürünlerin piyasada dolaşımı için çok önemli bir faktör olan CE (Conformité Européenne) işaretini de düzenlemektedir. CE işareti bir uygunluk işaretidir. Bu işaret, Avrupa Birliği'nin teknik mevzuat uyumu kapsamında geliştirilmiş olup, ürünün temel gerekleri yerine getirerek asgari güvenlik koşullarına sahip olduğunu göstermektedir. Yani bu işareti taşıyan ürünlerin, temel gerekler olarak tanımlanan ve insan, hayvan, bitki, çevre yaşamı ve sağlığı, can ve mal güvenliği ile tüketicinin korunması bakımından asgari güvenlik koşullarına uygun olduğu anlaşılmaktadır. Yeni yaklaşım direktifleri hükümlerine uygun olarak üretilen ürünler CE işareti taşımak zorundadır. Çünkü CE işareti ürünün, söz konusu ürüne uygulanabilir bütün direktiflerde yer alan temel gerekleri karşıladığını ve tüm uygunluk değerlendirme işlemlerinden geçtiğini göstermektedir [23].

CE işaretini korumak için gerekli önlemleri almak üye ülkelerin sorumluluğudur. CE işareti görünür, meşru ve silinmez olmalıdır. Çünkü CE işareti taşıyan bir ürün, kullanıcıya ürünün ilgili direktif çerçevesinde uyması gereken temel gerekleri karşıladığı mesajını iletmektedir. [23].

Dolayısıyla, yeni yaklaşım ile tesis edilen yatay idari yapılar, mevcut sistemde önemli değişiklikler gerektirmekte ve bu yaklaşımla birçok alanda yer alan ürünler için ortak düzenlemeler² yapılmaktadır. Ancak, yeni yaklaşım direktiflerinin yanı sıra, ilaçlar, gıda ve motorlu araçlar gibi ürün gruplarına ilişkin bazı klasik yaklaşım direktifleri de halen yürürlükte bulunmaktadır [24].

3.4. Türkiye’de Piyasa Gözetimi ve Denetimi

Ülkemizde piyasa gözetimi ve denetimi kavramının dayanağını oluşturan yasal alt yapı; 1963 yılında imzalanan Ankara Anlaşmasıyla birlikte Avrupa Ekonomik Topluluğuyla kurulan ortaklık ilişkisiyle başlamış 22 Aralık 1995 tarihinde oluşturulan Gümrük Birliği çerçevesinde devam etmiştir. “1 Ocak 1996’da yürürlüğe giren 1/95 sayılı OKK ile AB ile ülkemiz arasındaki gümrük vergileri, eş etkili vergiler ve miktar kısıtlamaları kaldırılmıştır.

² Yeni Yaklaşım direktifleri kapsamına giren ürünler; alçak gerilim cihazları, basit basınçlı kaplar, oyuncaklar, inşaat malzemeleri, elektromanyetik uyumluluk, makineler, kişisel korunma donanımları, otomatik olmayan tartı aletleri, aktif implante edilen tıbbi cihazlar, gaz yakan aletler, sıcak su kazanları, sivil kullanım için patlayıcılar, tıbbi cihazlar, patlayıcı ortamlarda kullanılan ekipmanlar, gezi amaçlı tekneler, asansörler, dondurucular, basınçlı kaplar, in vitro diagnostik tıbbi cihazlar, radyo ve telekomünikasyon terminal cihazları, yolcu taşıma amaçlı kablo üzerinde hareket eden araçlar, açık havada kullanılan ekipmandan çevreye yayılan gürültü, floresan lambalarda enerji etkinliği, ambalaj ve ambalaj atıkları, trans - avrupa yüksek hızlı raylı sistemi, trans - Avrupa geleneksel raylı sistemi, denizcilik ekipmanları, taşınabilir basınçlı ekipmanlar, açık alanda kullanılan teçhizat tarafından oluşturulan çevredeki gürültü emisyonu.

Bununla birlikte Türkiye bahse konu ürünlerde üçüncü ülkelere karşı, Topluluğun ortak gümrük tarifelerini uygulamaya başlamıştır [19].”

1/95 sayılı OKK ile yürürlüğe giren Gümrük Birliği ile tam üyelik sürecinde son döneme geçiş sağlanmış ve ticarete teknik engellerin kaldırılmasına ilişkin Topluluk mevzuatına uyum yükümlülüğü doğmuştur. 2/97 sayılı OKK ile uyumlaştırılacak teknik mevzuatın kapsamı belirlenmiş ve uyumlaştırmayı gerçekleştirecek kamu kurum ve kuruluşları, 15 Ocak 1997 tarihli ve 97/9196 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile belirlenmiştir. 1999 yılında Türkiye’nin AB’ye aday ülke olarak kabul edilmesi ile Ulusal Program hazırlanmış ve 2001 yılında yürürlüğe girmiştir. Türkiye’nin hazırladığı Ulusal Program ile yükümlülüklerin ne şekilde ve ne zaman yerine getirileceği açık bir şekilde ortaya konulmuştur [22].

Ulusal Programın yürürlüğe girmesinin ardından Avrupa Birliği’nde olduğu şekliyle, ürünlerin tasarımı ve üretimi aşamasında uygunluk değerlendirmesi, ürünlerin piyasada ve piyasaya arz aşamasında teknik mevzuatına uygunluğunun doğrulanması için piyasa gözetimi ve denetimi yapılması Türkiye’nin iç hukukuna 4703 sayılı “Ürünlere İlişkin Teknik Mevzuatın Hazırlanması ve Uygulanmasına Dair Kanun” ile 2002 yılında aktarılmıştır [22].

4703 sayılı Kanun öncelikle piyasaya arz edilecek ve halihazırda piyasada bulunan ürünlerin güvenli olmasını sağlamak, PGD sistemini genel hatlarıyla kurmak ve sistemde bulunan tarafların hak ve yükümlülüklerini belirlemek (üretici, dağıtıcı, uygunluk değerlendirme kuruluşları, onaylanmış kuruluşlar ve yetkili kamu otoriteleri) amacını taşımaktadır. Kanunun diğer amacı ise ürünlerin serbest dolaşımı kapsamında piyasaya güvenli ürün arzını sağlamaktır [22].

Türkiye’de PGD faaliyetleri 4703 sayılı Kanun kapsamında, on yetkili kuruluş tarafından gerçekleştirilmekte, PGD kuruluşları arasındaki koordinasyon faaliyetleri ise Ekonomi Bakanlığı tarafından sağlanmaktadır. Piyasa gözetimi ve denetiminden sorumlu on kuruluş ile bu kuruluşların sorumlu olduğu ürün grupları Çizelge 3.1’de verilmektedir [25].

Çizelge 3.1 PGD Yetkili Kuruluşları ve Sorumlu Oldukları Ürün Grupları

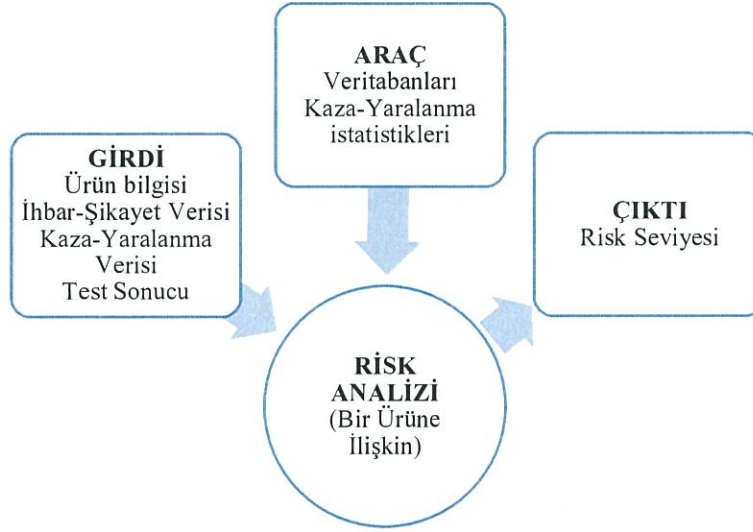
PIYASA GÖZETİMİ VE DENETİMİ KURULUŞLARI	ÜRÜN GRUPLARI
Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	Motorlu taşıtlar, elektrikli ürünler, sivil kullanım amaçlı patlayıcılar, pil ve akümülatörler, asansörler, gaz yakan cihazlar, basınçlı ekipmanlar, kazanlar, makineler, ölçü aletleri, hazır ambalajlı mamuller,
Gümrük ve Ticaret Bakanlığı	Hazır giyim, dekoratif malzemeler, el aletleri, tekstil ve ayakkabı, hobi ve spor ekipmanları, gıda görünümlü ürünler, mutfak/pişirme gereçleri, çakmaklar, kırtasiye ürünleri, çocuk bakım ürünleri, mobilyalar,
Sağlık Bakanlığı	Kozmetikler, deterjanlar, kimyasal ürünler, tıbbi cihazlar, oyuncaklar
Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı	Gıda maddeleri, yem, gübreler, gıdalarla temas eden materyaller, tıbbi ürünler
Çevre ve Şehircilik Bakanlığı	Katı yakıtlar, yapı malzemeleri
Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı	Kişisel koruyucu donanımlar
Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı	Gemi teçhizatı, gezi tekneleri,
Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu	Telsiz ve telekomünikasyon terminal ekipmanları
Tütün ve Alkol Piyasası Düzenleme Kurumu	Tütün mamulleri ve etil alkol
Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu	Akaryakıtlar

3.5. Piyasa Gözetimi ve Denetiminde Risk Analizi

Risk analizi çalışmaları piyasa gözetimi ve denetimi faaliyetlerinin planlanmasında bir araç olarak kullanılmaktadır. Ulusal Piyasa Gözetimi ve Denetimi Strateji Belgesi (2015-2017)'nde PGD'nin asıl amacı, mümkün olan en kısa sürede dolaşımdaki riskli ve uygunsuz ürünleri belirleyerek, bu ürünlerin tüketicilere ulaşmasını önlemek şeklinde ifade edilmiştir. Bu amaç doğrultusunda söz konusu belgede, tüm sorumlu kuruluşların sorumluluk alanlarında bulunan ürünleri risk seviyelerine göre önceliklendirmesi ve denetim planlarını bu kapsamda oluşturması gerektiği belirtilmiştir.

PGD sürecinde risk değerlendirmesi, insanlara, hayvanlara ve çevreye zarar verecek özelliklere sahip bir ürünün risk seviyesinin tahmin edilmesidir. Bu tahmin süreci, bir ürünün standartlara veya mevzuata aykırı özellikleri sonucunda meydana gelebilecek potansiyel tehlikelerin tanımlanmasını ve bu tehlikelerin yol açabileceği zararın olasılığının tahmin edilmesini içerir. Yani risk, bir zararın meydana gelme olasılığı ile bu zararın etkisinin birlikte ele alınmasıdır [16].

Aynı ürün grubunda yer alan ürünlerin bile birbirinden oldukça farklı özelliklere sahip olduğu düşünüldüğünde bir risk analizi sürecinin her ürün için ayrı ayrı işletilmesi gerektiği anlaşılır. Risk analizi sürecinin girdisi ürün hakkında bilgi veren dokümanlar, ihbar şikâyet verileri, kaza- yaralanma verileri ve test raporlarıdır. Bu verileri temin etmek için kullanılan denetim sonuçlarının tutulduğu veritabanları, kaza-yaralanma veritabanları ve konuya ilişkin yapılan çalışmalarda istatistiki bilgiler analiz sürecinde kullanılan araçlardır. Tüm bu bilgiler değerlendirilerek tek bir ürün özelinde risk seviyesi belirlenmektedir [16].



Şekil 3.1 Risk Analizi Süreci

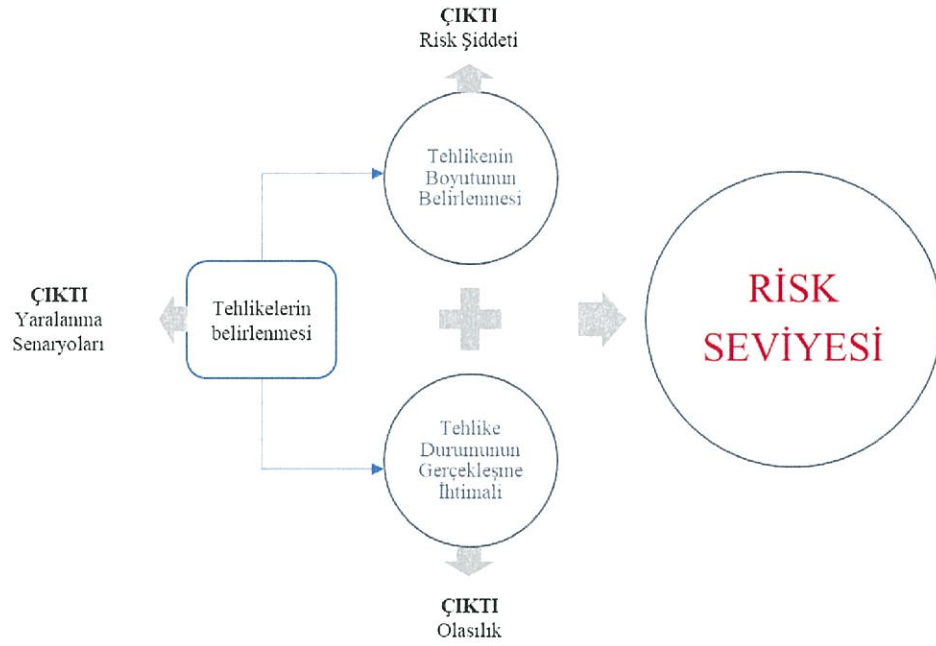
3.6. Piyasa Gözetimi ve Denetiminde Risk Analizi Süreci

Risk analizi çalışmaları bir ürüne ilişkin ihbar-şikâyet bildirimi ya da bir kaza- yaralanma olayı neticesinde başlatılabilir. Bu durumda ürüne ilişkin belirli tehlikelere odaklanılması sebebiyle ürün kaynaklı olası tüm tehlike durumları ele alınmayabilir. Bu noktada kaza araştırması ile risk analizini birbirinden ayırmak gerekir. Kaza araştırmasında bir ürün kaynaklı gerçekleşmiş yaralanma olayının nasıl yaşandığını bulmak esas amaçken risk analizi çalışmalarında amaç, bir ürünlerdeki tehlikelerle hangi düzeyde riskin ilişkili olduğuna karar vermektir [16].

Risk analizi çalışmalarında üç temel soruya cevap aranmaktadır [16].

- 1) Ürün kullanılırken nasıl bir sorun yaşanabilir?
- 2) Ürün kaynaklı bir tehlike meydana geldiğinde bu durum doğurabileceği sonuçlar nelerdir?
- 3) Tehlikeli durumun yol açabileceği sonuçların meydana gelme olasılığı nedir?

Risk analizi sürecinin ilk adımında bir ürünün kullanımına ilişkin tehlike durumları, hangi olayların bu durumlara neden olacağı ve tehlike durumlarının sonuçları detaylı olarak araştırılır. Bu aşamada pek çok farklı yaralanma senaryosu oluşturularak olası tüm durumlara analizde yer verilmeye çalışılır. Daha sonra tespit edilen tehlikeler sonucunda meydana gelecek zararın boyutu ve bu tehlike durumlarının gerçekleşme ihtimalleri tahmin edilir. Şekil 3.2’de verildiği gibi bir ürüne ilişkin belirlenen tehlike durumlarının olasılığı ile gerçekleşmesi durumunda ortaya çıkan tehlikenin boyutu birlikte değerlendirilerek söz konusu ürün için risk seviyesi belirlenir.



Şekil 3.2 Risk Analizi Sürecinin Bileşenleri

3.7. Avrupa Birliği Ülkelerince Kullanılan Risk Analizi Yöntemi

Avrupa Birliği üye ülkeleri tarafından pek çok farklı yöntem kullanılarak ürünlerin riskleri tahmin edilmeye çalışılmaktadır. Avrupa Komisyonu tarafından yayınlanan Best Practice Techniques in Market Surveillance dokümanında altı farklı risk analizi yönteminin PGD kuruluşlarınca kullanıldığı ancak bunlardan resmi olarak RAPEX Yönteminin kullanıldığı belirtilmiştir.

Üye ülkeler arasında hızlı bilgi akışını sağlayan Avrupa Hızlı Uyarı Sistemi (RAPEX) içerisinde bulunan bir modül kullanılarak risk analizi raporları bir veri tabanında derlenmekte ve tüm üye ülkeler ile paylaşımı sağlanmaktadır. Haftalık olarak kamuoyuna ilan edilen güvensiz ürün bildirimlerinde RAPEX yöntemi kullanılarak hesaplanan ürünün risk seviyesi yer almaktadır.

RAPEX yöntemine göre risk analizi aşağıdaki adımlar izlenerek gerçekleştirilir.

- 1. Ürünün Tanımlanması:** Değerlendirmenin ilk aşaması ürünü tanımak ve ürüne ilişkin her türlü veriyi derlemektir.
- 2. Tehlikelerin Tanımlanması:** Ürünün güvensiz olması durumunda sebep olacağı pek çok tehlike türü vardır. Bir ürün birden fazla tehlikeye neden olabilmektedir. Çizelge 3.2’de tehlike türleri verilmiştir. Örneğin elektrikli ekipmanlar ürün grubunda bulunan herhangi bir ürün kullanıcısı uygunsuzluk sonucu üründe elektriksel tehlike olması nedeniyle elektrik çarpması riskiyle karşı karşıya kalırken aynı zamanda aşırı ısınma sonucu sıcaklık ve yangın tehlikesi olması sebebiyle yangın riskiyle de karşılaşabilir.

Çizelge 3.2 RAPEX Yönteminde Tehlike Türleri

Fiziksel Tehlikeler	Mekanik, Elektriksel, Sıcaklık ve Yangın, Termal
Kimyasal Tehlikeler	Kimyasal, Radyasyon
Biyolojik Tehlikeler	Mikrobiyolojik, Radyasyon

- 3. Kullanıcının Belirlenmesi:** Bir ürünün risk seviyesini etkileyen en önemli noktalardan biri ürünün kullanıcısıdır. Bir ürünün profesyonel bir kullanıcı tarafından kullanılması risk seviyesini düşürürken hassas kullanıcı olarak tanımlanan çocuk, yaşlı, engelli veya deneyimsiz bir kullanıcı tarafından kullanılması risk seviyesini artırmaktadır.
- 4. Yaralanma Senaryoları:** Bir tehlikenin kullanıcıya nasıl zarar verdiğini açıklamak adına yaralanma senaryoları oluşturulur. Bir ürün için farklı kullanıcı ve tehlike türleri dikkate alınarak birden fazla yaralanma senaryosu geliştirilir.
- 5. Tehlike Boyutunu Belirlemek:** Yaralanma senaryolarında belirlenen her bir adım için kullanıcı tipi, tehlikenin şiddeti, tehlikeye maruz kalma süresi ve vücut bölümü ile bu vücut alanının genişliği kriterleri tehlike boyutunun tahmin edilmesinde kullanılan önemli kriterlerdir. Örneğin bir cep telefonu bataryasının patlaması sonucunda oluşacak tehlikenin boyutu; cep telefonunun bir çocuk ya da yetişkinin kullanımında patlamasına göre farklılaşabildiği gibi elinde veya başına yakın bir yerde patlamasına göre de değişiklik göstermektedir. Bu kriterler göz önünde bulundurularak tehlike boyutu 4 seviyeye bölünmüştür.

Çizelge 3.3 Tehlike Boyutu Seviyeleri

1. Seviye	Kullanıcının yüzeysel veya maddi olarak zarar görmesi
2. Seviye	Vücudun geniş bir bölümünün zarar görmesi
3. Seviye	Hayati organların zarar görmesi
4. Seviye	Koma, ciddi travma ve ölüm

- 6. Olasılıkların Belirlenmesi:** Her bir yaralanma senaryosu alt adımlara ayrılarak her adımın olasılığı belirlenir. Bu adımda kaza-yaralanma veritabanlarından ve geçmiş yıllarda yapılan araştırmalardan yararlanılır. Olasılıklar belirlenirken Çizelge 3.5'den faydalanılır.

Çizelge 3.4 Yaralanma Olasılıkları

> 50%	Neredeyse kesin, beklenebilir olay
> 1/10	Oldukça mümkün olay
> 1/100	Olağandışı ama mümkün olay
> 1/1.000	Sık görülmeyen olay
> 1/10.000	Düşük olasılıklı olay
> 1/100.000	Uygulamada mümkün olmayan olay
> 1/1.000.000	Müdahalesiz mümkün olmayan olay
< 1/1.000.000	Neredeyse gerçekleşmesi imkânsız olay

- 7. Risk Seviyesinin Belirlenmesi:** Tüm bu veriler birleştirilerek risk seviyesi belirlenir. Bunun için tehlikenin boyutu ve olasılıklar bir matris yardımı ile birleştirilir.

Çizelge 3.5 Risk Seviyesi Belirleme Matrisi

Olasılık \ Tehlike	4.Seviye	3. Seviye	2.Seviye	1. Seviye
Neredeyse kesin, beklenebilir olay	Ciddi Risk			Orta Risk
Oldukça mümkün olay				Düşük Risk
Olağandışı ama mümkün olay				
Sık görülmeyen olay			Orta Risk	
Düşük olasılıklı olay		Orta Risk	Düşük Risk	
Uygulamada mümkün olmayan olay	Orta Risk	Düşük Risk		
Müdahalesiz mümkün olmayan olay	Düşük Risk	Kabul Edilebilir Risk		
Neredeyse gerçekleşmesi imkânsız olay				

Yukarıdaki çizelgede görüldüğü gibi 8 kategoriden oluşan tehlikenin meydana gelme olasılığı ile 4 kategoriden oluşan tehlike boyutu kullanılarak ürünlerin risk seviyeleri kabul edilebilir risk, düşük risk, orta risk ve ciddi risk olmak üzere 4 kategori olarak sınıflandırılmaktadır.

PGD otoriteleri tarafından aynı risk analizi yönteminin kullanılmasının sürecin gelişimine olumlu katkıları bulunmaktadır. Bu sayede risk analizi yürütücüleri arasında ortak bir dil gelişebilir ve süreçte karşılaşılan sorunlara getirilen çözümlerden çok daha geniş bir kitle faydalanabilir.

3.8. Türkiye’de Risk Analizi Uygulamaları

Ülkemizde PGD faaliyetlerinden sorumlu kurumlar içinde düzenli olarak risk analizi yapan tek kurum Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Sanayi Ürünleri Güvenliği ve Denetimi Genel Müdürlüğüdür. Genel Müdürlükçe yürütülen ilk risk analizi çalışması 2014 yılı denetim planında yer alacak ürünleri belirlemek amacıyla 2013 yılında başlamıştır. Çalışma dört ana başlıkta ele alınmıştır. İlk olarak envanter çalışması yürütülerek Genel Müdürlük sorumluluk alanında bulunan ürünler detaylı olarak listelenmiştir. Böylelikle çalışmanın kitlesi oluşturulmuştur. Daha sonra bu kitlenin ne kadarının denetlenmesi gerektiğine karar verilmiştir. Bunun için basit rasgele örnekleme yönteminden yararlanılmış ve denetim planında yer alması gereken ürün sayısı Eşitlik 3.1’de verilen örneklem genişliği formülü ile hesaplanmıştır.

$$n = \frac{Nt^2pq}{d^2(N-1) + t^2pq} \quad 3.1$$

Genel Müdürlük sorumluluk alanında bulunan ürünlerin tamamı kitleyi oluşturmaktadır ve formülde N ile gösterilmektedir. Kitleden seçilecek olan riskli ürünlerin sayısı ise n ile ifade edilmektedir. Risk analizi çalışmalarıyla denetim faaliyetlerinin riskli ürünler üzerinde yoğunlaşması hedeflendiği için formülde yer alan oran parametresini oluşturan p değişkeni olarak uygunsuzluk oranı kullanılmıştır. Formülde yer alan d parametresi örneklem hatasını temsil etmekte olup %5’lik yanılma payı yönetim tarafından kabul edilmiş ve bu yanılma payına bağlı olarak formülde yer alan t tablo değeri 1.96 olarak işlemlere dahil edilmiştir. Bu formül kullanılarak 2014 yılı denetim planında yer alacak ürün sayısı 140, 2015 yılında 173, 2016 yılında 212 ve 2017 yılında 269 olarak belirlenmiştir. Denetim planında yer alacak ürün sayısı çalışma sonucunda yönetim ve teknik şubeler ile yapılan toplantının ardından eldeki kaynaklar, proje çalışmaları ve söz konusu ürünün piyasa durumu dikkate alınarak güncellenmiştir. Çalışmada örnekleme bilgisi kitlenin ne kadarına odaklanması gerektiği konusunda yol gösterici niteliktedir. Ancak kaynak değerlendirmesi yapılarak ve geçmiş tecrübeler ışığında bu sayılara yönetim tarafından müdahale edilebilmektedir.

Üçüncü adımda örnekleme yer alacak ürünleri tespit etmek için kullanılacak kriterler belirlenmiştir. 2013 yılında yürütülen çalışmada ürünün piyasada ne kadar ulaşılabilir olduğunu ifade eden yaygınlık indeksi kriteri, herhangi bir güvensizlik durumunda ürünün sebep olacağı zararın boyutunu anlatan risk şiddeti kriteri, denetim faaliyetlerinin bir çıktısı olan uygunsuzluk oranı kriteri ve denetim için harcanan kaynak ve zaman dikkate alınarak

değerlendirilen denetim zorluğu kriteri olmak üzere dört farklı değişken için kitleyi oluşturan her ürün, teknik şubeler tarafından değerlendirilmiştir. 1 az, 5 orta, 10 yüksek seviyeyi belirtecek şekilde tüm ürünler yaygınlık indeksi, risk şiddeti ve denetim zorluğu kriterleri açısından teknik şubeler tarafından değerlendirilmiştir. Geçmiş yıllar aykırılık oranı kriteri dönem kısıtı yapılmaksızın veri tabanında bulunan tüm veriler kullanılarak elde edilmiştir. Ürünlerin tek tek değerlendirilmesinin ardından Eşitlik 3.2’de verilen formül yardımıyla her bir ürün için risk puanı hesaplanmıştır.

$$\text{Risk Puanı} = \frac{\text{Yaygınlık İndeksi} * \text{Risk Şiddeti} * \text{Geçmiş Yıllar Aykırılık Oranı}}{\text{Denetim Zorluğu}} \quad 3.2$$

2014 yılında yürütülen çalışmada analize ürünlerin ihbar ve şikayet oranı, önerilme oranı ve test imkanı kriterleri eklenerek risk puanı hesaplanırken çalışmada kullanılan kriter sayısı 7’ye yükselmiştir. İhbar ve şikâyet oranı değişkeni geçmiş yıllar aykırılık oranı değişkeninde olduğu gibi dönem kısıtı yapılmaksızın veri tabanında bulunan tüm veriler esas alınarak hesaplanmıştır. Ürünün önerilme oranı kriterine esas teşkil etmesi amacıyla derneklere, STK’lara, tüketici örgütlerine, uygunluk değerlendirme kuruluşlarına, sanayi odalarına ve tüm Türkiye’de denetim faaliyetlerini fiili olarak sürdüren İl Müdürlükleri ile sektörel denetim politikaları oluşturan Genel Müdürlük teknik şubelerinin bilgi birikiminden faydalanmak amacıyla riskli ürünlere ilişkin görüşleri alınmıştır. PGD süreçlerinin farklı aşamalarındaki aktörlerini temsil eden tüm bu kurum ve kuruluşların görüşleri derlenerek önerilme oranı değişkeni oluşturulmuştur. Test imkânı kriteri de yine yaygınlık indeksi, denetim zorluğu ve risk şiddeti kriterinde olduğu gibi Genel Müdürlük teknik şubeleri tarafından yapılan değerlendirmeler doğrultusunda puanlanmıştır. Ancak 2014 yılı itibariyle analizin hassasiyetini artırmak amacıyla puanlama için üç değer kullanmak yerine 1 ile 10 arasındaki tüm değerler kullanılmıştır. Yeni eklenen değişkenlerle birlikte ürünlerin risk puanı Eşitlik 3.3’de yer alan denklem yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{Risk Puanı} = \frac{\text{Yaygınlık İndeksi} * \text{Risk Şiddeti} * \text{Test İmkânı} * \text{Oran Toplamı}}{\text{Denetim Zorluğu}} \quad 3.3$$

$$\text{Oran Toplamı} = \text{Geçmiş Yıllar Aykırılık Oranı} + \text{İhbar Şikayet Oranı} + \text{Önerilme Oranı} \quad 3.4$$

Kitle çok geniş olduğu ve Eşitlik 3.4’te verilen oran toplamı değişkenini oluşturan değişkenlerin her ürün için bir değeri olmaması nedeniyle bu değişkenler toplanarak işleme alınmıştır. Böylece 0 ile çarpım sonucu yaygınlık ve risk şiddeti oldukça yüksek olan

ancak daha önce denetlenmediği veya ihbar ve şikâyet konu olmadığı için bu değişkenlerdeki değeri 0 olan ürünlerin gözden kaçırılmaması amaçlanmıştır.

Son aşamada örnekleme yer alacak ürünler tespit edilmektedir. Bunun için risk puanları öncelikle her bir ürün için hesaplanmıştır. Kitleyi oluşturan ürünler farklı ürün gruplarında yer almaktadır. Bu ürün gruplarının altında da alt ürün grupları bulunmaktadır. Örneğin bir saç kurutma makinesi, elektrikli ekipmanlar ürün grubu altında kişisel bakım ürünleri alt ürün grubunun bir üyesidir. Hangi ürün grubundan kaç adet ürüne odaklanılması gerektiğine karar vermek için ürün gruplarının risk puanları hesaplanmıştır. Her bir ürün grubu için o gruptaki ürünlerin risk değerlerinin ortalaması alınmış ve bu ortalamalar alt ürün sayıları ile çarpılarak ürün grubu için risk puanı oluşturulmuştur. Toplam risk puanı içerisindeki ürün gruplarının risk yüzdeleri dikkate alınarak hangi ürün grubundan ne kadar ürünün riskli ürünler listesine alınarak bir sonraki yıl denetim planında odaklanılması gerektiğine karar verilmiştir.

Denetim planında yer alan ürünlere ilişkin verilen karar, risk analizi yürütücüleri tarafından alınan tek taraflı bir karar değildir. Her bir ürün grubu için analiz yürütücüler ile sonuçların uygulayıcısı olan teknik şubeler bir araya gelerek sonuçlar değerlendirilmekte ve riskli ürünler bir komisyon çalışması sonucunda belirlenmektedir.

3.9. Risk Analizi Çalışmalarında Yapılan İyileştirme Çalışmaları

2013 yılında ilk kez kurgulanan çalışmanın, teoride sistemi bütün olarak temsil ettiği düşünülmüştür. Ancak uygulama aşamasında analizin zayıf tarafları gün yüzüne çıkmıştır. Öncelikle kriterlerin ağırlıklandırılmasında üç değerli bir yaklaşımın ürünleri nitelemeye yetersiz kaldığı görülmüştür. Yapılan ilk güncellemelerden biri 1, 5 ve 10 şeklindeki puanlama sisteminin 1 ile 10 arasındaki bütün değerleri kapsayacak şekilde yeniden düzenlenmesi olmuştur.

Sistemi daha kapsamlı bir şekilde değerlendirmek için teste giden ürün sayısı, ihbar ve şikâyet oranı ve önerilme oranı kriterleri eklenmiştir. Denetim faaliyetlerinin önemli adımlarından biri ürünün teste gönderilmesidir. Ülkemizde test imkânı bulunmayan ürünlerin denetim süreci aksamakta ve söz konusu ürünün test masrafı için harcanan kaynak ve emek ile ülkemizde test imkânı bulunan pek çok ürünün denetim süreci tamamlanabilmektedir. Risk analizinin önemli hedeflerinden biri olan kaynakların etkin kullanımı ilkesinin gerçekleştirilmesi noktasında bu kriterin analizde yer almasının önemli olduğu düşünülmüştür.

İhbar ve şikâyet oranı kriteri ile tüketici görüşlerinin ve önerilme oranı kriteri ile de sürecin diğer aktörlerinin bilgi birikiminin analizde yer bulmasıyla sistemin daha doğru işlediği görülmüştür. Ancak uygunsuzluk oranı kriterinde hiç denetlenmemiş ürünlerin uygunsuz olma ihtimalinin %50 olmasından yola çıkarak bu ürünler için analizde geçmiş yıllar aykırılık oranının 0,5 alınması, aslında piyasada nadir olarak bulunan, canlı ve çevre güvenliği açısından ciddi risk taşımayan pek çok ürünün sonuçta daha riskli ürünlerin önüne geçmesine sebep olmuştur. Aynı şekilde çok az sayıda denetlenmiş olan belirli ürünlerin uygunsuz olma ihtimalinin yüksek olması da aynı sorunu beraberinde getirmiştir. Bu durum bir kontrol noktası oluşturulması ihtiyacı doğurmuştur. Geçmiş yıllarda hiç denetimi yapılmamış ürünlerin risk şiddeti kriteri teknik şube tarafından 8 ve üzeri bir puan ile nitelendirilerek çok riskli bulunması durumunda, geçmiş yıllar aykırılık oranı kriterine bu ürün için mensubu olduğu üst ürün grubunun ortalama uygunsuzluk değeri verilmiştir. Risk şiddeti 8'in altında olan ürünler için bir puan ataması yapılmamıştır. Geçmiş yıllar aykırılık oranı, ihbar - şikâyet oranı ve önerilme oranı kriterlerinin toplanmasından elde edilen değer sonucunda bu oran bir ürün için 0 ise, çarpan durumunda formülde yer alması nedeniyle etkisiz eleman gibi düşünülüp 0,0001 değeri atanmıştır.

Uygulanan yöntemin, sistemin genel bir değerlendirmesini yaparak riskli ürünleri tespit etme noktasında yıllar içinde artan uygunsuzluk oranı, güvensizlik sonucunda alınan idari toplatma kararı sayısı ve uygulanan idari para cezalarına bakıldığında başarılı olduğu söylenebilmektedir. Ancak uygulanan yöntemde örneklem genişliğine karar verme noktasında belirleyici olan uygunsuzluk oranında gerçekleşen artış, kaynakların artış hızından çok daha büyük olduğu için denetim planında yer alacak tüm ürünlerin denetimini mevcut kaynaklar ile karşılamak mümkün olamamaktadır. Hem maddi kaynakların sınırlı oluşu hem de insan gücündeki kısıtlar nedeniyle denetim planında yer alan ürünlerin hepsinin denetiminin tamamlanması kaygısı sektörleri düzeltici nitelikte bir denetim planlaması yapılamamasına sebebiyet vermektedir.

Ayrıca riskli ürünler belirlenirken veri tabanına işlenen tüm verilerin dikkate alınması, geçmiş yıllarda uygunsuzluğun yüksek olduğu ancak yakın tarihte düzelmiş olan sektörlerin de analizde öne geçmesine neden olmuştur. İlerleyen yıllarla birlikte insan kaynağının tecrübe ve bilgi birikiminin arttığı ve böylece denetimlerde daha güvenilir sonuçlara ulaşıldığı düşünüldüğünde, kirli veriden etkilenmemek adına risk analizi çalışmalarının başladığı tarih esas alınarak veri tabanı kaynaklı değişkenlerin oluşturulmasının uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

Ürönlere ait risk puanı hesaplanırken kullanılan kriterlerden denetim zorluğu ve test imkânı kriterleri riskli ürünü tespit etmeye yönelik değil, test imkânı bulunmayan ve denetim süreci meşakkatli olan ürünlerin denetim planında yer almasını önlemek, bu ürünler için harcanacak kaynakların daha rahat denetim süreçleri tamamlanacak ürünler için kullanılması maksadıyla analize dahil edilmiştir. Çalışma da esas amaç riskli ürünlerin tespiti olduğu için bu değişkenlerin analiz aşamasında değil riskli ürünler belirlendikten sonra riskin yönetildiği planlama aşamasında dikkate alınmasının daha doğru olacağı düşünölmüştür.

3.10. Risk Analizinin Avantajları ve Dezavantajları

Risk analizi, piyasalarda ürün güvenliğinin sağlanması için kullanılan temel bir araçtır. Sadece PGD faaliyeti yürütenler açısından değil aynı zamanda sürecin tüm aktörleri için pek çok fayda sunmaktadır.

Piyasalarda bulunan ürün çeşitliliği düşünöldüğünde önceliklendirilme yapılmasının kaçınılmaz olduğu aşikardır. Mevcut kaynakların verimli bir şekilde kullanılması için yapılacak stratejik planlamada, ürünlerin risk seviyelerine göre gruplanması önemli bir girdidir. Böylelikle kaynak kullanımı insan, hayvan ve çevre için ciddi risk oluşturan ürünlerin denetimine yönlendirilmekte ve denetim etkinliği artırılmaktadır. Risk analizi, PGD faaliyetleri ile hedeflenen güvenli piyasalara daha hızlı ulaşma noktasında aktif rol oynamaktadır.

Risk analizi kullanımını önemli kılan bir diğer nokta da hızlı karar alma gerekliliğidir. Ciddi risk taşıyan ürönlere denetim önceliği verilerek piyasada güvensiz ürünlerin dolaşımı hızlı bir şekilde kontrol altına alınabilmekte, gerektiğinde piyasadan geri çekilmesi ya da toplatılması sağlanabilmektedir.

Aynı zamanda denetimler sonucunda uygulanan idari yaptırım kararlarına gelecek itiraz süreçlerinde kararların destekleyicisi olarak risk analizi raporlarından yararlanılabilmektedir.

Üreticiler, tasarımcılar, onaylanmış kuruluşlar ve test kuruluşları gibi PGD sürecinde yer alan tüm aktörler tarafından risk analizi yöntemleri kullanılmaktadır. Ürünlerin risk seviyesine göre test kuruluşlarında işlem sırası belirlenebilmektedir. Üretim aşamasında risk analizi yapılması üreticilere maliyet ve zaman tasarrufu sağlamakta ürün kalitesini artırmaktadır.

Bununla birlikte risk analizi süreçlerinde, çok fazla öznel tahmin içermesi nedeniyle objektifliği sağlamak oldukça zordur. Risk şiddeti ve olasılığı belirlenirken her ne kadar çeşitli veritabanlarından ve ürünlere ilişkin yapılan araştırmalardan faydalanılsa da ürün çeşitliliği düşünüldüğünde subjektif yargıların analizdeki etkisini arındırmak pek mümkün olamamaktadır. Bunun önüne geçmek için risk şiddeti ve olasılık değerlerinin bir grup çalışması ile belirlenmesi ve daha sonra bağımsız bir grup tarafından belirlenen değerlerin yeniden bir tahmin sürecinden geçirilerek sağlamlasının yapılması önerilebilir [16].

4. BULANIK MANTIK

Bu bölümde bulanık mantık kavramı ve kullanım alanları incelenmiştir. Bulanık mantığın sunduğu avantaj ve dezavantajlar listelenmiş ve bulanık küme özellikleri verilmiştir.

4.1. Bulanık Mantık

İnsan beyninin gerçekleşen olayları her yönüyle değerlendirmesi ve kavraması mümkün değildir. Ancak insan beyni olayları anlaşılır hale getirmek için eldeki verileri yaklaşık olarak kurgulayarak bir çıkarım yapar. Yani, insan beyni; bilgisayarlardan farklı olarak eksik, yetersiz ve belirsizlik içeren veriler ile yaklaşık bir değerlendirme yapabilme kabiliyetine sahiptir [26].

İnsan doğayı taklit etmeye çalışarak bilimde yol alırken belirsizlik kavramını matematiksel modellerine dâhil etme ihtiyacı duymuştur. İnsan çevresini sayılarla değil niteliksel verilerle algılamaktadır. Örneğin bir işe harcadığımız çaba sonrası yorgunluğumuzu ifade ederken sayılardan değil çok iyiyim, iyiyim, yorgunum, çok yorgunum, tükendim gibi sözel ifadelerden faydalanmaktayız. Genel olarak süreçlerdeki karmaşıklık ve belirsizlik sonucu meydana gelen kesin olmama durumu bulanıklık olarak ifade edilmektedir.

Klasik yöntemlerle kurgulanan makine sistemlerinin kontrol mekanizmalarının elde edilmesinde kullanılan fazla sayıda doğrusal olmayan denklemin, yöntemi karmaşılaştırması ve çözümü zorlaştırması neticesinde bulanık mantık kavramı ortaya çıkmıştır. Gerçek dünyayı açıklamanın klasik mantıkla zor olduğunu düşünen bilim insanları ikili mantık sistemi yerine sınıflar arasında kademeli bir geçişe imkân tanıyan çoklu mantık sistemini geliştirmiştir. 1920’de Jan Lukasiewicz tarafından “Doğru, Belki, Yanlış” şeklinde 3’lü önermeye sahip bir mantık ileri sürülmüştür [27]. Bu çoklu mantık sistemleri belirsizliklerin tanımlanmasında yeni bir kapı açmış olsa da 1960’lı yıllara kadar bulanık mantık kavramında büyük bir gelişme yaşanmamıştır.

Modern anlamda bulanık mantık ilk olarak Amerika Birleşik Devletleri’nde düzenlenen bir konferansta 1956 yılında duyurulmuştur. Fakat bulanık mantık ile bulanık küme kuramını ortaya koyan ilk önemli çalışma 1965 yılında Lofti A. Zadeh tarafından yayımlanan Bulanık Kümeler adlı makaledir [28]. Zadeh (1965) bu çalışmasında Lukasiewicz’in mantığını, bir kümenin bütün elemanlarına uygulamış ve bulanık kümeler için tam bir aritmetik geliştirmiştir [29].

Bulanık mantığın temel özellikleri Zadeh tarafından 1965 yılında yayınlanan makalesinde şu şekilde ifade edilmiştir [30];

- Bu mantık sisteminde kesin düşünmeden ziyade yaklaşık düşünme kullanılır.
- Tüm elemanlar $[0,1]$ aralığında belirli bir derece ile ifade edilir.
- Bilgi kocaman, geniş, dar, gibi dilsel ifadeler şeklindedir.
- Sonuçlar dilsel ifadeler arasında tanımlanan kurallar ile elde edilir.
- Her mantıksal sistem bulanık olarak ifade edilebilir.
- Matematiksel modeli zor elde edilen sistemler için çok uygundur.
- Eksik veya kesin olmayan bilgilere göre işlem yapma kabiliyetine sahiptir.

Bulanık mantık, bir matematik düzen içinde belirsizliklerle çalışabilme imkânı sunar. İstatistik ve matematik gibi kuramsal bilimler kesinlikleri kullanarak sonuca ulaşırken belirsizlikler göz ardı edilir. Ancak olaylar kesinliklerden çok belirsizlikler üzerine kuruludur. Belirsizlik durumlarını tahmin etmek her ne kadar zor olsa da bir dereceye bağlı olarak tahminlerde bulunmak bulanık mantık içinde mümkündür. Bulanık mantıkta sadece belirsizlikler değil, kesinliklerde belirli bir dereceye bağlı olarak açıklanır [31].

Temelini yapay zekâ teorileri ve olasılık kuramı oluşturan bulanık mantık, gerçek olayların matematik modelleme ile yeniden canlandırılarak yorumlanmasını sağlar. Klasik mantık yaklaşımında bulunan açık/kapalı, yaşlı/genç, sert/yumuşak gibi katı geçişli değişkenler yerine bulanık mantık yaklaşımında; az açık/az kapalı, çok yaşlı/ergen, biraz sert/biraz yumuşak gibi açıklayıcı niteleyicilere belli üyelik dereceleri atanmaktadır. Bulanık mantık kullanılarak kurgulanan sistemlerle olaylar daha gerçekçi tanımlanabilmekte ve gerçek dünyayı daha iyi yansıtan sistemler oluşturulabilmektedir [32]. Bulanık mantık, sözel olarak ifade edilebilen fakat matematiksel olarak sembolize edilemeyen veya ifade edilmesi zor olan olayların matematiksel olarak anlaşılır olmasını sağlamak amacıyla kullanılır [33]. Bir başka deyişle, bulanık mantık için dünyanın cebirsel olarak ifade edilmesi denilebilir [34].

4.2. Bulanık Mantığın Bazı Uygulama Alanları ve Risk Analizinde Kullanımı

Günümüzde her alanda kendine kullanım alanı bulan bulanık mantık temeline oturmuş teoriler, bilim dünyası ile paylaşıldığı ilk zamanlarda doğrudan uygulaması olmadığı için yapılan tartışmalar daha çok felsefî seviyede kalmıştır. Bulanık mantık teorisi karşısında pek çok uygulama örneği ve kuvvetli teorik temelleri olan olasılık kuramı ve istatistiksel yöntemler ağır basmıştır. Özellikle, batı dünyasında bu kavramlar neredeyse tamamen ihmal edilmiştir. Ancak burada göz ardı edilen asıl nokta sözel bilgiler içeren değişkenler ile bir çıkarım yapılmak istendiğinde klasik istatistiksel yöntemlere kıyasla bulanık

yöntemlerin daha güvenilir sonuçlar vermemesidir. Klasik mantık savunucuları tarafından öne sürülen bayesci istatistik yöntemleri her ne kadar nitel verilerin de analize katılmasını mümkün kılarsa da bu yöntemlerin işleyişlerinde öncelikli olarak sağlanması gereken bazı temel varsayımlar pratikte gerçekleşmeyebilir [35].

Batı dünyasında oluşan bulanık mantık önyargısına karşın doğu bu konunun önemini daha erken kavramış ve üzerine eğilmiştir. 1973 yılında yayımlanan Zadeh'in gerçek sistemlerde bulanık kontrolörlerin uygulanmasını gösteren bir diğer çalışmasıyla birlikte bulanık mantık uygulamaları yaygınlaşmaya başlamıştır [36].

Kronolojik olarak bulanık mantık alanında yaşanan belli başlı gelişmeler ele alınacak olursa ilk adım 1975 yılında Mamdani ve Assilian tarafından buhar kazanının kontrolünü sağlamak amacıyla tasarlanan bir bulanık kontrolör uygulamasıdır [36]. Bulanık mantığın ilk sınıai uygulaması ise F.L. Smidth tarafından 1980 yılında bir çimento fabrikasında gerçekleştirilmiştir [37]. 1983'de Sugeno, bulanık mantık kullanarak kendi kendine park edebilen bir robot arabanın kontrolünü gerçekleştirmiştir [36]. 1987 yılında Hitachi firması Sendai Metro'sunda bir uygulama gerçekleştirmiş ve bu çalışma ile trenin metro istasyonlarında durma konumu iyileştirilerek %10 enerji tasarrufu sağlanmıştır. Yamaichi Securities tarafından 1988 yılında geliştirilen bir sistem ile Tokyo Borsasında yaşanan krizin sinyalleri 18 gün önceden tespit edilmiştir [37].

Bulanık mantık sistemlerinin uygulama sahasının şaşırtıcı sonuçlarından biri de Tokyo'da 1987 yılında Uluslararası Bulanık Sistemler Derneği tarafından düzenlenen bir konferansta yaşanmıştır. Bulanık mantık kullanılarak programlanmış bir robot, ince bir çubuğun üzerine bir çiçeği düşmeyecek şekilde bırakabilmiştir. Bunun üzerine seyirciden gelen bir talep üzerine sistemi tasarlayan mühendis, robotun sisteminden bir devreyi çıkarmış ve işlem tekrarlanmıştır. Deney sonucunda beklenmedik bir sonuç elde edilmiştir. İkinci denemede de robot aynı hassaslıkta çiçeği düşürmeden çubuğun üzerine bırakmıştır. Bu deneyden yola çıkarak bulanık mantık sistemlerinin sürece ilişkin yetersiz bilgi olması durumunda dahi bir tür sağduyu kullanarak analizi tamamlayabildiği sonucuna ulaşılmaktadır [38].

Pek çok alanda başarılı sonuçlar veren bulanık mantığa ilgi her geçen gün daha da artmış ve 1989 yılında Hitachi, IBM, Toshiba gibi dünyaca ünlü firmaların katılımıyla 51 şirket tarafından LIFE (Laboratory for Interchange Logic Systems Institute) laboratuvarları kurulmuştur. Diğer taraftan, bulanık mantığın otomotiv, elektronik ve üretim teknolojisi

alanında kullanımı ile ilgili çalışmalar yapan FLSI (Fuzzy Logic Systems Institue) adında farklı bir araştırma merkezi de kurulmuştur [37].

1990 yılında bulanık mantık günlük hayatımızda yer alan pek çok elektronik aletin çalışma prensibinde yerini almaya başlamıştır. Fotoğraf makinelerinden ev aletlerine, otomotiv sektöründen asansör denetimlerine ve ekonomi, üretim süreçleri, tıp gibi birçok değişik alanda kullanılmıştır. Panasonic firması çekim sırasındaki sarsıntıları ortadan kaldıran video kayıt cihazı, Subaru ve Nissan firmaları otomobil vites sisteminde araba kullanım tarzının ve motor kapasitesinin kestirilerek uygun dişli oranı seçiminin olduğu ve yine Nissan ABS fren sistemlerinin olduğu otomobiller üretmişlerdir. Fujitsu, Toshiba, Hiatchi ve Mitsubishi firmaları asansörlerde yolcu trafiğini bulanık mantık ile değerlendirip bekleme sürelerini azaltan asansör denetim sistemlerini geliştirmişlerdir [39].

Günlük hayatımızda kullandığımız teknolojik aletlerin büyük çoğunluğunda bulanık mantıktan faydalanılmakta ve daha iyi sonuçlar elde edilebilmektedir. Bulanık mantık kullanılarak geliştirilen televizyonlarda ekran parlaklıkları gözümüze daha uygun olarak ayarlanabilmekte ve böylece seyir kalitesi artırılmaktadır. Bu alanlar dışında insan davranışlarının modellenmesinde, tarım sektöründe, uzay ve havacılık alanında, stok kontrol sistemlerinde, arşivleme sistemlerinde, görüntü tanıma sistemlerinde, hastalık teşhisinde, deprem tahmininde, finansal ve operasyonel risklerin yönetiminde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Son dönemde risk analizi alanında da yaygın olarak kullanılan bulanık yöntemler ile risk seviyeleri belirlenmektedir. Rezaee ve Samueli [40] havaalanı risklerinin önceliklendirilmesi, Kumar vd. [41] bir LPG yakıt ikmal istasyonunda riskleri yönetmek ve bakım kararları vermek, Jamshidi vd. [42] bir diş hekimliği okulunun farklı bölümlerinde bulunan tozun sağlık riskini tahmin etmek, Dervishi [43] yoğun bakım ünitesinde bulunan hastaların fizyolojik durumunu tahmin etmek amacıyla uyguladıkları risk değerlendirmesi çalışmalarında bulanık mantık tabanlı yöntemlerden faydalanmıştır.

4.3. Bulanık Mantığın Sağladığı Avantajlar ve Dezavantajlar

Bulanık mantık kuramının başlangıçta anlaşılıp benimsenmesi bir önceki bölümde değinildiği üzere zaman almış olsa da, uygulamada elde edilen başarılar sonucunda hızla pek çok sektörde kullanılır hale gelmiştir. Bulanık mantığın sağladığı avantajları aşağıdaki gibi derleyebiliriz;

- Karmaşık ve yetersiz bilgi bulunan durumlara ilişkin çalışmalarda bile sağlıklı sonuçlara ulaşılmasını sağlayabilir [26].
- Tecrübe ile öğrenme sonucu elde edilen bilginin ve belirsiz alanların analizde sayısal olarak yer almasına imkân sağlar. Bu nedenle doğrusal olmayan sistemleri modellemek için uygun bir yöntemdir[44].
- Veride bulunan aykırılıklar analiz sonuçlarını klasik tahmin yöntemlerinde olduğu gibi etkilemez.
- Klasik istatistiksel yöntemlerdeki gibi verilerin gerçek hayatta karşılığı olmayan dağılımların gereklerini sağlaması gerekmez.
- Analizlerde yer alan değişkenler farklı ölçüm birimlerinde olabilirler. Analiz öncesinde değişkenlerin birimlerinden arındırılmasına gerek yoktur.
- Makinelere, insanların deneyimlerinden ve önsezilerinden yararlanarak öznel verileri işleyebilme ve çalışabilme yeteneği kazandırır [34].

Bulanık mantık konusuna, yukarıda verilen avantajlarının yanı sıra dezavantajları da eleştirilere sebep olmaktadır. Bunları kısaca şu şekilde sayabiliriz [45].

- Bulanık yöntemlerde kullanılan kurallar, deneyimlere çok bağıdırlar. Her çalışmada geçmiş deneyimler söz konusu olamamaktadır. Bu sorun, oldukça büyük çalışmalarda zaman ve maliyet problemi çıkarabilmektedir.
- Üyelik fonksiyonlarının seçiminde sistematik bir yöntem yoktur. En uygun fonksiyon, deneme yanılma yolu izlenerek belirlenir. Bu da analiz sürecinin uzamasına neden olabilir.
- Denetlenen bir sürecin kararlılık analizi yapılamamakta ve sürecin nasıl cevap vereceği önceden tahmin edilememektedir. Bu noktada izlenecek en iyi yol benzetim çalışması ile olası sorunları tahmin etmektir.

4.4. Bulanık Küme Teorisi

Günlük hayatımızda sınıflama yapma ihtiyacı duyduğumuz her konuda derecelendirme yaparak nesnelerin gruplar içindeki yerini açıklamaya çalışırız. Kesin sınırlar yerine az, biraz, çok, fazla gibi sözel değişkenler yardımıyla gruplar arasındaki sınırlara esneklik kazandırma çabası yapılan sınıflandırmanın gerçeğe daha yakın olmasını sağlamak içindir.

Teknolojinin hızlı ilerleyişiyle birlikte insanların kişisel verilerini işleyebilme ve onların deneyimlerinden ve önsezilerinden faydalanarak çalışabilme kabiliyeti makinelere bulanık mantık kuramı ile kazandırılmıştır. Bu yetenek geliştirilirken nicel veriler yerine nitel

veriler kullanılabilir ki bu nitel verilerin makinelerle aktarılması matematiksel bir süreçtir. Bulanık mantığın cebirsel temelini bulanık kümeler kuramı oluşturmaktadır [34].

Klasik küme kuramında nesneler bir kümenin ya tam olarak üyesidir ya da o küme ile hiçbir ilgisi yoktur. Oysa ki bulanık küme kuramı, kümeler arasındaki kesin çizgileri belirsizleştirerek gruplar arasında dereceli bir geçiş sistemi oluşturur. Bulanık kümelerde nesnelerin kümelere olan aitlikleri üyelik değerleri ile ifade edilir. Üyelik değerinin 0 olması nesnenin o kümenin elemanı olmadığını, 1 olması kesin olarak elemanı olduğunu, 0 ile 1 arasında aldığı değerler ise kısmen elemanı olduğunu gösterir.

Bulanık kümeler ile klasik kümelerin farklılıklarını göstermek için E evrensel kümesinde karakteristik fonksiyon f_A , bulanık olmayan bir A kümesi için aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$f_A : E \rightarrow \{0,1\} \quad 4.1$$

$$f_A(x) = 1 \text{ ise } x \in A$$

$$f_A(x) = 0 \text{ ise } x \notin A$$

Yani $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ değişkenleri A kümesinin elemanları ise, $A = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ eşitliği ile gösterilir. Bir başka deyişle $f_A(x)$ sadece 0 ve 1 değerlerini alan üyelik fonksiyonu olarak verildiğinde Eşitlik 4.1’de ifade edildiği gibi $f_A(x)$ fonksiyonu evrensel kümeden $\{0,1\}$ kümesine çalışan bir karakteristik fonksiyondur [37].

Evrensel kümede yer alan bir bulanık küme $\tilde{A}$ ise bulanık kümelerde, klasik kümelerdeki karakteristik fonksiyon yerini eşitlik 4.2’de verilen üyelik fonksiyonuna bırakır [27]. Burada $f_{\tilde{A}}(x)$, $\tilde{A}$ ’nın elemanlarının küme özelliklerini ne oranda sağladığını göstermektedir. Söz konusu elemanların yalnızca bir kümeye değil eşit veya farklı üyelik değerleri ile birden çok kümeye aitliği bulunabilmektedir.

$$f_{\tilde{A}}(x): E \rightarrow [0,1] \quad 4.2$$

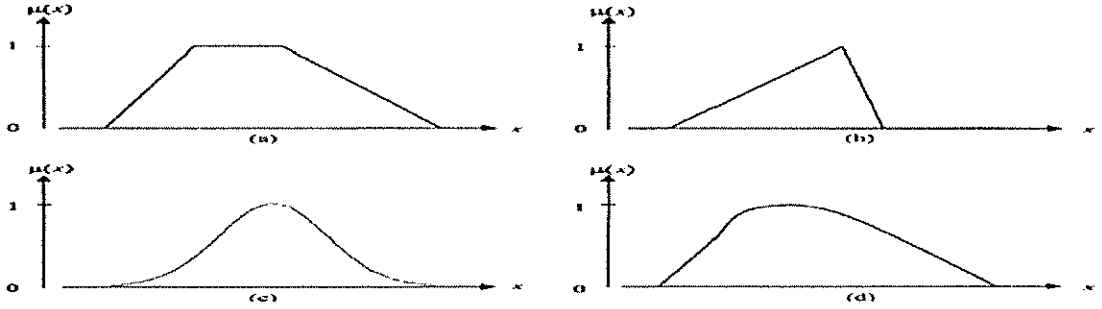
Bulanık kümeler kesikli ve sürekli olabilmektedir. Kesikli ve sürekli bulanık kümelerin cebirsel gösterimi Eşitlik 4.3’te ve Eşitlik 4.4’te verilmiştir.

$$\tilde{A} = \sum_{i=1}^n f_{\tilde{A}}(x_i) / x_i = f_{\tilde{A}}(x_1)/x_1 + f_{\tilde{A}}(x_2)/x_2 + \dots + f_{\tilde{A}}(x_n)/x_n \quad 4.3$$

$$\tilde{A} = \int_x f_{\tilde{A}}(x) / x \quad 4.4$$

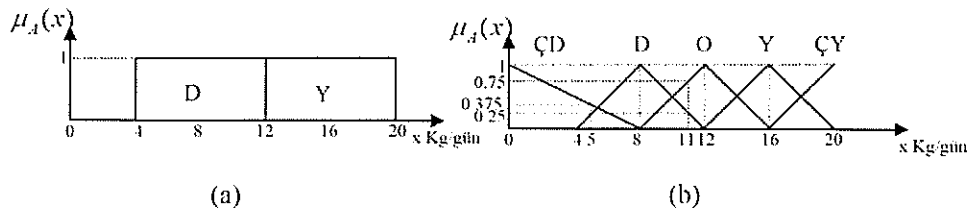
Eşitlik 4.3'te ve Eşitlik 4.4'te kesikli ve sürekli bulanık kümeleri ifade etmek için kullanılan sigma ve integral işaretleri bilinen matematiksel anlamlarının dışında burada birlikteliği ifade etmektedir [32].

Genel olarak çalışmalarda sürekli bulanık kümeler ve üyelik fonksiyonları için de matematiksel fonksiyonlar kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan üyelik fonksiyonlarının grafikleri Şekil 4.1'de verilmiştir [44].



Şekil 4.1 Yaygın olarak kullanılan üyelik fonksiyonları (a) Yamuk Şekilli (b) Üçgen Şekilli (c) Gauss Üyelik Fonksiyonu (d) Çan Şekilli

Bulanık kümelerde kısmi aitlik kavramını daha anlaşılır bir hale getirmek için bir örnekle açıklamak yerinde olacaktır. “D = {Düşük süt verimli inekler} olmak üzere bu kümenin alt sınırı ve üst sınırı kişiden kişiye değişebilecektir. Örneğin alt sınır 4 kg/gün, üst sınır 12 kg/gün kabul edildiğinde $D = [4-12]$ belirli aralığı elde edilir. Burada bazı problemler ortaya çıkmaktadır. Neden 11 kg/gün süt veren inek düşük süt verimlidir de, ondan 2 kg/gün fazla veren inek düşük süt verimli değildir? Veya 5 kg/gün süt veren inekle 11 kg/gün süt veren inek arasında 6 kg/gün fark olmasına karşın neden aynı sınıfta yer almaktadır? Bunlar yapısal problemlerdir. Üst sınır 12 kg/gün'den daha yukarı çekilse de aynı problemlerle yine karşılaşılacaktır. Bu yapısal problemi çözümlerin en kolay yolu düşük süt verimli ve düşük süt verimli olmayan arasındaki ayrımı esnetmektir. Yani “Çok Düşük (ÇD), Düşük (D), Orta (O), Yüksek (Y), Çok Yüksek (ÇY)” gibi ara sınıflar da tanımlanmalıdır [33].”



Şekil 4.2 İneklerin Süt Verimlerinin Klasik Küme (a) ve Bulanık Küme Teorisine Göre (b) Sınıflandırılması

Şekil 4.2’de klasik ve bulanık küme üyelikleri grafik yardımıyla açıklanmıştır. İlk sınıflandırmayı gösteren Şekil 4.2 (a)’da klasik kümenin gösterimi yer almaktadır. Bu grafiğe göre 4–12 kg/gün arasında verim veren tüm hayvanlar 1 üyelik derecesi ile düşük kümenin, 13-20 kg/gün arasında verim veren tüm hayvanlar 1 üyelik derecesi ile yüksek kümenin elemanıdır. Yani D kümesinde bulunan tüm elemanlar 1 üyelik değeri ile kümenin elemanı iken diğer elemanlar 0 üyelik değerine sahiptir. Şekil 4.2 (b)’de verilen bulanık kümelemeye göre ise bir eleman 0 ve 1 aralığında sonsuz sayıda değer alarak farklı sınıflara üye olabilmektedir. Grafikten de görüldüğü üzere 5 kg/gün süt veren bir inek 0.25 üyelik derecesi ile düşük verimli kümenin elemanı iken 0.375 üyelik derecesi ile çok düşük verimli kümenin elemanıdır. Benzer şekilde 11 kg/gün süt veren bir inek 0.25 üyelik derecesi ile düşük verimli kümenin elemanı iken 0.75 üyelik derecesi ile orta verimli kümenin elemanıdır [33].

4.5. Bulanık Kümelerin Temel Özellikleri

Üç farklı yapıda karşımıza çıkan bulanık kümelerin sahip olduğu farklı özellikler vardır. Bu bölümde normal bulanık kümeler, normal olmayan bulanık kümeler ve konveks bulanık kümeler hakkında bilgi verilmiştir [46].

- Normal Bulanık Küme: Bir bulanık kümede bulunan elemanlardan en az birinin üyelik değeri 1’e eşit ise bu bulanık kümenin normal olduğu söylenir [46].
- Normal Olmayan Bulanık Küme: Tüm elemanlarının üyelik derecesi 1’den küçük olan bulanık kümelere ise normal olmayan bulanık küme denir. Normal olmayan bir bulanık kümeyi en büyük üyelik fonksiyonu değeri, diğer üyelik fonksiyonu değerlerine bölünerek normal bir bulanık küme elde edilebilir [37].
- Konveks Bulanık Küme: $x < y < z$ bağıntısını sağlayan $\tilde{A}$ bulanık kümesinin x, y, z elemanları için $\mu_{\tilde{A}}(y) \geq \min \{\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{A}}(z)\}$ eşitliğini sağlıyorsa A kümesi bulanık konveks kümedir [46].

5. BULANIK KÜMELEME ANALİZİ

Gerçek hayatta karşılaştığımız sınıflama problemlerinde kesin aitlikler yerine belirsizlik kavramını da analize dâhil eden kısmi aitliklerin kullanılması gerçek durumların modellenmesinde daha başarılı sonuçlar verebilmekte ve yorum zenginliği sağlamaktadır. Örneğin öğrencilerin sınav notlarını başarı seviyelerine göre gruplamak isteyen bir araştırmacı, sınavdan 80 puan alan bir öğrencinin hem çok başarılı hem de başarılı öğrenciler grubunda yer alması gerektiğini düşünebilir. Bulanık kümeleme yöntemleri, küme sınırları kesin olarak belirlenemiyorsa veya kimi küme üyelerinin aitliği değişken karakterliyse elverişli bir analiz yöntemi olarak literatürde yer almaktadır. Bu şekilde kısmi üyelik dereceleri ile birden fazla sınıfa üye olmaya imkân tanıyan bulanık kümeleme analizleri oldukça değişik konularda sayısız araştırmada kullanılmaktadır.

Bulanık kümeler kullanılarak gerçekleştirilen ilk kümeleme analizi 1966 yılında Bellman, Kalaba ve Zadeh tarafından uygulanmıştır. Ruspini tarafından 1969, 1970 ve 1973 yıllarında yapılan çalışmalar ile veri setinin küme yapısını anlatmak için özel kriter fonksiyonları ile bulanık bölünme yapılmış ve optimum bulanık bölünmeyi hesaplamak için bir algoritma geliştirilmiştir. 1973 yılında bulanık kümeleme alanında yapılan çalışmalar hız kazanmıştır. Negoita (1973) bulanık kümeler için bir ayırma teoremi kullanmıştır. Dunn (1973,1974), minimum varyans kümeleme yöntemini bulanık ISODATA kümeleme yöntemine genelleştirir. Bezdek, Dunn'ın yaklaşımını genelleştirerek Bulanık C-Ortalamalar algoritmalarını elde etmiştir. 1975 yılında Dunn ve Bezdek tarafından yapılan bir çalışmada kümelerin şekillerindeki farklılıkları dikkate alan algoritmalar önerilmiştir [47].

Klasik kümeleme yöntemlerinde olduğu gibi bulanık kümelemede de uzaklık ölçüleri kullanılır. Küme yapısı ve kullanılan algoritma dikkate alınarak uzaklık ölçülerine karar verilir.

Bulanık kümeleme yöntemlerinin klasik kümeleme yöntemlerine göre avantajlı ve dezavantajlı olduğu durumlar vardır. Avantajlı olduğu durumlar şu şekilde sıralanabilir.

- Veri hakkında daha detaylı bilgi verir [48].
- Üyelik değerleri sayesinde yorum açısından zenginlik sağlar[49].
- Farklı uzaklık değerlerinden faydalanılması konusunda esnektir [49].
- Bazı üyelik değerlerinin bilinmesi halinde sayısal optimizasyonla birleştirilebilir [49].

Diğer taraftan bulanık kümeleme analizinin dezavantajları da mevcuttur [48].

- Çok sayıda birey ve küme olması durumunda çıktı sayısı çok fazla olacağından, bilginin özetlenmesi ve düzenlenmesi zordur.
- Bulanık kümeleme algoritmaları genellikle karmaşık yapıdadırlar ve daha çok belirsizlik söz konusu olduğunda kullanılmaları daha başarılı sonuçlar vermektedir.

Bulanık kümeleme yöntemleri, kümeleme içi bulanık ilişkilere dayalı ve amaç fonksiyonuna dayalı yöntemler olmak üzere iki gruba ayrılır. Küme üyeleri arasındaki ilişkisel yapıyı esas alan kümeleme yöntemlerinde ilişkiler, benzerlik veya benzemezlik ölçülerine göre hesaplanır ve çıkarımda bulunulur. İkinci yöntem olan amaç fonksiyonu temelli algoritmalar ise kümeleme problemini optimizasyon problemine çevirerek sonuca ulaşmayı hedefler. Küme içindeki benzersizliği ölçmek için kullanılan amaç fonksiyonu en küçüklenerek en iyi bölünme elde edilmeye çalışılır. Bu algoritmaların kullanılmasında karşılaşılan en büyük sorun, analiz başlangıcında küme sayısı ve prototiplerinin nasıl olacağının bilinmesi gereğidir. Ancak uygulamada bu bilgilerin elde edilmesi mümkün olamamaktadır. Bu durumda araştırmacı çeşitli değerleri deneyerek problemi en doğru şekilde çözmeye çalışır. Ayrıca bu tip algoritmalar, kümeleme sürecinin başlangıç değerlerine karşı oldukça duyarlıdır. Analiz sonuçları farklı küme sayıları için değişiklik gösterebilir. Burada araştırmacının konu hakkındaki önsel bilgisi veya uzman görüşleri, en uygun sayının belirlenmesinde çok önemli bir yer tutmaktadır [34].

Bulanık kümeleme yöntemlerinde, veri setinin ve kümelerin yapısını anlamayabilmek için üyelik değerleri kullanılır. Veri uzayındaki her nokta, bütün kümelere belirli ölçüde aittir. Veri setindeki her nokta için, bu aitlik derecelerini gösteren tüm üyelik değerlerinin toplamı 1'e eşittir.

Literatürde sıkça kullanılan bulanık kümeleme algoritmaları Şekil 5.1'de verilmektedir.



Şekil 5.1 Bulanık Kümeleme Algoritmaları

Geleneksel bulanık küme algoritmalarının çalışma prensibi amaç fonksiyonunun minimize edilmesine dayanmaktadır. Her kümeyi bu kümenin prototipi temsil etmekte ve küme prototipleri küme merkezi, kümenin şekli ve kümenin boyutu gibi küme hakkında bilgileri içermektedir. Uzaklık ölçüleri kullanılarak gerçekleştirilen kümeleme işleminde verilen bir noktanın hangi kümeye gireceğini gösteren üyelik dereceleri, veri noktası ile küme merkezi arasındaki uzaklık hesaplanarak bulunur. Üyelik derecesi hangi küme için daha büyükse veri noktası o küme merkezine daha yakındır. Genel olarak amaç, veriler ile küme merkezleri arasındaki uzaklığın minimum ve üyelik derecelerinin maksimum olmasını sağlamaktır [44].

Prototipi farklı geometrik şekle sahip kümeleme algoritmaları veri yapıları arasındaki ilişkilerin belirlenmesi esaslı çalışmaktadır. Birkaç küme çok karmaşık parça parça doğrusal ilişkileri içinde barındırabilmektedir. Bu bulanık kümeleme algoritmaları kullanılarak veriler arasındaki doğrusal bağımlılıklar belirlenmekte ve bu doğrusal ilişkileri tahmin etmek için bulanık kural tabanlı yapılar oluşturulabilmektedir. Bu bulanık kümeleme yöntemleri ile daire, elips ve parabol şekilli küme prototipleri de tespit edilebilmektedir [44].

Bu çalışmada geleneksel bulanık kümeleme algoritmaları arasında yer alan bulanık c-ortalamalar algoritması kullanılarak bir uygulama çalışması yapılmıştır. Bu nedenle ilerleyen bölümlerde geleneksel bulanık kümeleme algoritmaları hakkında bilgi verilmiş prototipi farklı geometrik şekle sahip kümeleme algoritmalarının detayına girilmemiştir.

5.1. Geleneksel Bulanık Kümeleme Algoritmaları

Bu bölümde bazı bilinen bulanık kümeleme algoritmaları hakkında kısa bilgi sunulmuştur.

5.1.1. Bulanık C-Ortalamalar (BCO) Algoritması

Bulanık c-ortalamalar algoritması, amaç fonksiyonu temelli tüm kümeleme yöntemlerinin çıkış noktasıdır. İlk defa Dunn tarafından bilim dünyasına sunulan bu yöntem 1981 yılında Bezdek tarafından yayımlanan çalışmada geliştirilmiştir [50]. Literatürde en çok kullanılan bulanık kümeleme yöntemidir [51].

“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” [34].

Kümeleme, $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ şeklinde verilen n elemanlı bir veri kümesinin, küme merkezleri $\{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ olan c tane alt kümeye ayrılması işlemidir. BCO algoritması en küçük kareler yönteminin genelleştirilmiş hali olup veri kümesini alt kümelere bölerken amaç fonksiyonunu minimize etmeye çalışır [50].

$$J_m(U, V) = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^c u_{ij}^m \|x_j - v_i\|^2, \quad 1 < m < \infty \quad 5.1$$

Eşitlik 5.1’de verilen fonksiyon en küçük kareler fonksiyonudur. $\|x_j - v_i\|$, j . gözlem olan x_j ile i . küme merkezi olan v_i arasındaki Öklid uzaklığını vermektedir. Fonksiyonda yer alan n parametresi veri setinde bulunan gözlem sayısını, c parametresi alt küme sayısını ve m parametresi de bulanıklık indeksini göstermektedir [34].

Bulanıklık indeksi m , BCO algoritması için önemli bir parametredir ve kaç kümenin üst üste geleceğini kontrol eder. Eğer $m=1$ alınırsa; Bulanık c -ortalamalar algoritması, Klasik k -ortalamalar algoritmasının genelleştirilmiş bir hali olacaktır. Aynı zamanda $m=1$ alındığı durumda BCO algoritmasının işleyişinde 0’a bölüm hatası ile karşılaşıldığından bulanıklık indeksi 1’den büyük bir değer olmalıdır [50]. Bulanıklık indeksi m değeri 1’den büyük tüm değerleri alabilmektedir. Ancak m değerinin çok büyük seçilmesi de analiz sonuçlarını olumsuz yönde etkilemektedir. Bulanıklık indeksinin değeri büyüdükçe veri noktalarının etkileri azalacak ve üyelik değerleri yaklaşık olarak $1/c$ olacaktır. Yapılan çalışmalar sonucunda m değerinin 2 olarak alınmasının uygun olacağı sonucuna varılmıştır [44].

Daha öncede belirtildiği gibi BCO algoritmasında hedef, amaç fonksiyonunu en küçükleme. Bu doğrultuda Eşitlik 5.1’de verilen fonksiyonun v_i ’lere göre birinci dereceden türevi alınıp 0’a eşitlenirse c ’nin her değeri için amaç fonksiyonu minimize edilmiş olur. Buradan hareketle Eşitlik 5.2’de BCO algoritmasının prototipi verilmiştir [51].

$$u_{ij} = \left[\sum_{k=1}^c \left(\frac{\|x_j - v_i\|^2}{\|x_j - v_k\|^2} \right)^{\frac{1}{m-1}} \right]^{-1}, \quad 1 \leq i \leq c; 1 \leq j \leq n \quad 5.2$$

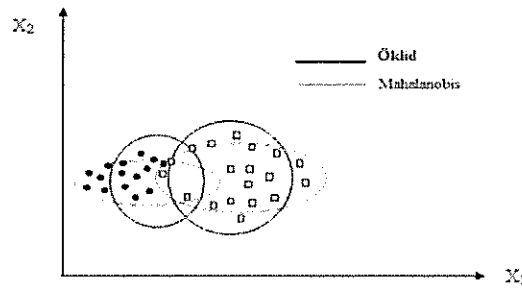
Analiz sonucunda veri setinde yer alan gözlemlerin hangi kümeye ait oldukları üyelik derecelerine bakılarak belirlenir. BCO uygulamasında gözlemler farklı üyelik dereceleri ile birden fazla kümeye aittirler. Her bir gözlemin üyelik değerinin maksimum olduğu noktaya bakılır ve o kümenin elemanı olarak ele alınır. BCO’da analiz tekrar tekrar çalıştırılarak küme merkezleri ve her bir gözlem için üyelik dereceleri yeniler. Analiz, gözlemlerin

küme merkezlerine en yakın uzaklıkları elde edinceye kadar küme merkezlerinin yeri değiştirilerek sürdürülür [51].

Süreç başlangıcında rasgele üretilen değerler BCO uygulaması sonuçlarının güvenilirliğine etki etmektedir. Geliştirilen farklı algoritmalar ile rasgelelikten kaynaklanan sorunların önüne geçilmeye çalışılmaktadır. Bu algoritmalarından faydalanmak veya BCO algoritmasını farklı başlangıç değerleri için birçok kez çalıştırarak bir sonuca varmak, analiz çıktılarından elde edilecek bilgilerin güvenilirliğine katkı sağlayacaktır.

5.1.2. Gustafson-Kessel (GK) Algoritması

Bulanık c-ortalamlar yöntemi ile küresel şekilli kümelerin tespiti yapılabilmekte ancak elips şeklindeki kümelerin belirlenmesi noktasında yöntem aynı verimle çalışmamaktadır. Bunun üzerine elips şeklindeki kümeleri tespit etmek amacıyla 1979 yılında Gustafson ve Kessel tarafından kümeleme işlemi Öklid uzaklığı yerine Mahalanobis uzaklığını kullanarak yapan Gustafson-Kessel algoritması geliştirilmiştir [52].



Şekil 5.2 Öklid ve Mahalanobis Uzaklık Ölçülerine Göre Kümelemenin Küresel ve Eliptik Olarak Değişimi

Bulanık c-ortalamlar algoritmasıyla karşılaştırıldığında Gustafson-Kessel algoritmasında, küme merkezlerinin yanında, 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 neden olur. Bu matrislerin rasgele olarak alınması, uzaklıkların küçük olmasına yol açabilir. Amaç fonksiyonunun, girişleri yaklaşık olarak sıfır olan matris tarafından minimize edilmesini önlemek için, $\det(A)=1$ olacak şekilde sabit hacimli kümeler gerekmektedir. Bu yöntemde yalnızca küme biçimleri değişkenlik gösterir, küme büyüklükleri değişmez [44].

Gustafson-Kessel algoritmasının amaç fonksiyonu aşağıda verilmiştir [34].

$$J_m(X, U, V) = \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^N u_{ik}^m (x_k - v_i)^T A_i (x_k - v_i) \quad 5.3$$

Burada $(x_k - v_i)^T A_i (x_k - v_i)$ k. gözlemile i.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 matrisidir [34].

$$F_i = \frac{\sum_{k=1}^N u_{ik}^m (x_k - v_i)(x_k - v_i)^T}{\sum_{k=1}^N u_{ik}^m} \quad 5.4$$

Amaç fonksiyonu en küçüklendiğinde küme prototipleri Eşitlik 5.4'deki gibi elde edilir [50].

$$v_i = \frac{\sum_{k=1}^N u_{ik}^m x_k}{\sum_{k=1}^N u_{ik}^m}, \quad 1 \leq i \leq c \quad 5.5$$

5.1.3. Gath-Geva (GG) Algoritması

1989 yılında geliştirilen Gath-Geva algoritması, kümelerin şeklini, yoğunluğunu ve boyutlarını da dikkate alan Gustafson-Kessel algoritmasının daha gelişmiş bir versiyonudur. BCO ve GK algoritmalarının temeli amaç fonksiyonu minimize etmeye dayanmaktadır. Ancak bu algoritmada bulanık maksimum olabilirlik tahmini yapılarak kümeler elde edilir. Bulanık maksimum olabilirlik tahmini yapılırken Öklid uzaklığı yerine üstel bir uzaklık fonksiyonun tercih edilmesinin nedeni üstel uzaklık ölçüsünün elips şeklindeki kümelerin tespitinde daha başarılı olmasıdır [44].

Gath-Geva yönteminin ana düşüncesi, veri noktalarının p-boyutlu normal dağıldığının varsayılmasıdır [44].

Bulanık maksimum benzerlik tahmincisi uzaklık fonksiyonu Eşitlik 5.5'de verilmiştir [53].

$$D_{ij} = \frac{\sqrt{\det(F_i)}}{a_i} \exp\left(\frac{1}{2} (x_k - v_i)^T F_i^{-1} (x_k - v_i)\right) \quad 5.6$$

F_i bulanık kovaryans matrisi Gustafson-Kessel yönteminde olduğu gibi hesaplanır ve küme merkezleri Eşitlik 5.7'deki gibi elde edilir.

$$F_i = \frac{\sum_{j=1}^N u_{ij}^m (x_j - v_i)(x_j - v_i)^T}{\sum_{j=1}^N u_{ij}^m} \quad 5.7$$

$$v_i = \frac{\sum_{j=1}^N u_{ij}^m x_j}{\sum_{j=1}^N u_{ij}^m}, \quad 1 \leq i \leq c \quad 5.8$$

Gath-Geva algoritması olasılık temelli düşük yoğunluklu ve geniş bir alana yayılmış kümeleri kolayca teşhis edebilen bir yöntemdir. Bu yöntem, bulanık c-ortalamalar ve Gustafson-Kessel algoritmalarının tespit ettiği bütün örnekleri başarıyla kümelemektedir [44]. Kümelerin oluşturulmasında başarılı sonuçlar verse de uzaklık fonksiyonunun içinde

bulunan üstel fonksiyon nedeniyle veri seti iki ana gruba ayrışmakta, sistem karmaşıklığa ve optimuma takılma ihtimali artmaktadır [54].

5.2. Bulanık Kümeleme Algoritmalarında En Uygun Küme Sayısı

Birçok kümeleme algoritmasında küme sayısı giriş parametresi olarak kullanılmakta ve araştırmacıların konu özelinde bilgilerinin bulunmadığı durumlarda küme sayısının belirlenmesi önemli bir problem haline gelmektedir. Analiz sonucunda anlamlı ve güvenilir bilgilere erişmek için küme sayısının doğru olarak belirlenmesi elzemdir. Eğer küme sayısı gerçek küme sayısından daha az olarak alınırsa, bazı kümeler birleşecek ve içinde heterojenlik barındıracaktır. Aynı şekilde küme sayısının gerçek küme sayısından daha fazla belirlenmesi durumunda da benzer özelliklere sahip veriler farklı kümelere konumlanacaktır. Oysaki kümeleme analizinde amaç benzer özellikteki veri noktalarını bir araya toplayarak küme içi homojenliği, kümeler arasında ise heterojenliği artırmaktır. Bu nedenle küme sayısının doğru tespiti analizin başarıya ulaşmasındaki en önemli etkenlerden biridir.

Literatürde küme geçerliliği (cluster validity) olarak geçen en uygun küme sayısının belirlenmesi için geliştirilmiş pek çok metot bulunmaktadır. Analiz sonuçlarının verinin gerçek yapısını temsil edip etmediğini doğrulamak için bu indekslerden yararlanılabilir [55]. Küme bölünmelerinin uygunluğunu değerlendirmek için kullanılan küme geçerlilik indekslerinden, elde edilen bölünmelerin doğruluğunu ve bu bölünmelerin doğruluğunun nasıl ölçüleneceğini göstermek için faydalanılabilir [54].

Kümeleme işleminde amaçlanan benzer gözlemleri bir arada tutmaktır. Buradan hareketle en uygun küme sayısına karar verilirken iki farklı kriterden söz edilebilir. Bunlardan ilki küme elemanları arasındaki uzaklıkları dikkate alan yoğunluk kriteri, diğeri de iki küme arasındaki mesafeyi ölçen ayrılma kriteridir. Veri boyutu arttıkça veri dağılımını görsel olarak yorumlayarak çıkarımda bulunmak zorlaşmaktadır. Bunun yanında araştırmacının küme sayısına karar vermedeki öznelliğini en aza indirmek için küme geçerlilik indeksleri kullanılmaktadır [56].

En uygun küme sayısını belirlemek için iki temel yaklaşım esas alınabilir [57]:

- Uyumlu kümeleri birleştirme olarak bilinen ilk yaklaşımda, önceden belirlenen büyük bir küme sayısı ile analize başlanır ve her aşamada benzer kümeler birleştirilerek küme sayısı azaltılabilir.

- Farklı küme sayıları için kümeleme algoritmaları uygulanır ve daha sonrasında küme geçerlilik indeksleri kullanılarak belirlenen bölünmelerin başarıları değerlendirilebilir.

“Bazı karmaşık yapılar içeren verilerde, küme üyeliklerindeki karasızlıklar nedeniyle, küme geçerlilik indeksleri en uygun küme sayısını belirlemede birbirleri ile çelişen sonuçlar verebilmektedir. Ayrıca hangi indeksin en uygun küme sayısını belirlediğini ortaya koyan bir ölçüt de bulunmamaktadır” [56]. Aşağıda literatürde yer alan küme geçerlilik indekslerinin bazıları verilmektedir.

i.Bölünme Katsayısı (Partition Coefficient-PC)

1981 yılında Bezdek tarafından tanıtılan ve yaygın olarak kullanılan bölünme katsayısı indeksi, iki bulanık kümenin üst üste gelme miktarını ölçer [58].

İndeksin hesaplanma yöntemi Eşitlik 5.8’de verilmiştir.

$$PC = \frac{\sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^n (\mu_{ij})^2}{n} \quad 5.9$$

Eşitlik 5.8’de c küme sayısını göstermektedir. PC indeksinin alacağı değerler $[1/c, 1]$ aralığında olup indeks değerinin 1’e yaklaşması daha iyi bir kümeleme yapıldığını ifade eder.

Bölünme katsayısı geçerlilik indeksinin dezavantajı yalnızca üyelik derecelerini esas alması sebebiyle veriyle doğrudan bir ilişkisinin bulunmaması ve küme sayısına göre sürekli azalan bir fonksiyona sahip olmasıdır [59].

ii.Sınıflandırma Entropisi (Classification Entropy-CE)

Sınıflandırma Entropisi İndeksi de Bezdek (1981) tarafından küme bölünmelerindeki bulanıklığı ölçmek amacıyla geliştirilmiştir. Eşitlik 5.9’a göre hesaplanan CE indeksi 0’a ne kadar yakınsa kümeleme işleminin o kadar doğru yapıldığı söylenir. Bu indekste bölünme katsayısı indeksinde olduğu gibi monoton bir eğilim göstermektedir. Bu indeksin dezavantajı olarak küme sayısı artarken indeksin sürekli artan bir eğilimde olması gösterilebilir [59].

$$CE = - \frac{\sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^n \mu_{ij} \ln(\mu_{ij})}{n} \quad 5.10$$

iii.Bölünme İndeksi (Partition Index-SC)

Bölünme indeksi kümelerdeki yakınlık ve uzaklık toplamalarının oranlanması ile elde edilir. Bu indeks küme sayısı eşit olan farklı kümeleme algoritmalarını kıyaslamak için kullanılır. SC değerinin düşük olduğu algoritmanın, veri setini kümelemede daha başarılı olduğu söylenir [57].

$$SC = \sum_{i=1}^c \frac{\sum_{j=1}^k (\mu_{ij})^m \|x_j - v_i\|^2}{n_i \sum_{j=1}^c \|v_j - v_i\|^2} \quad 5.11$$

iv.Ayrılma İndeksi (Seperation Index-S)

Ayrılma indeksi, en uygun küme sayısının tespitinde en küçük uzaklıklarla gerçekleştirilen bölünmeleri verir ve indeksin en küçük değeri esas alınır [59].

$$S = \frac{\sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^n (\mu_{ij})^2 \|x_j - v_i\|^2}{n \cdot \min_{ij} \|v_j - v_i\|^2} \quad 5.12$$

v.Fukuyama - Sugeno İndeksi (FS)

Fukuyama ve Sugeno tarafından 1989 yılında geliştirilen bu indekste yoğunluk ve ayrılma kavramlarından yola çıkılmıştır. İndeksin en küçük değeri en uygun küme sayısını vermekte olup formülde yer alan J_m yoğunluk ölçüsünü, K_m ise kümeler arasındaki ayrılmanın derecesini temsil etmektedir [60].

$$FS = J_m(U, V; X) - K_m(U, V; X) \quad 5.13$$

$$FS = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^c (\mu_{ij})^m \|x_j - v_i\|^2 - \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^c (\mu_{ij})^m \|v_i - \bar{v}\|^2 \quad 5.14$$

vi.Xie-Beni İndeksi (XB)

Xie ve Beni tarafından 1991 yılında geliştirilen bu indeks, üyelik dereceleri ile verideki geometrik yapıyı birleştirir. Yoğunluk ve ayrılma geçerlilik fonksiyonu olarak da bilinen indeksin küçük değerleri, analiz sonucunda kümelerin birbirinden daha ayırık ve küme içi gözlemlerin birbirine daha yakın olduğu anlamını taşımaktadır. Optimum küme sayısı, bu indeksin minimum değerine karşılık gelen küme sayısıdır. Küme sayısı c olmak üzere, en uygun küme sayısına Xie-Beni İndeksi en küçükleterek ulaşılır [61].

$$XB = \frac{\sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^n (\mu_{ij})^m \|x_j - v_i\|^2}{n \cdot \min_{ij} \|v_j - v_i\|^2} \quad 5.15$$

vii.K İndeksi

Kwon tarafından 1998 yılında tanıtılan bu indekste Xie ve Beni İndeksinin zayıf yönü olan küme sayısının veri sayısına yakın olması eğilimi giderilmeye çalışılmıştır. İndeksin en küçük değeri en uygun küme sayısını vermektedir [62].

$$K = \frac{\sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^c \mu_{ij}^2 \|x_j - v_i\|^2 + \frac{1}{c} \sum_{i=1}^c \|v_i - \bar{v}\|^2}{\min_{i \neq k} \|v_i - v_k\|^2} \quad 5.16$$

viii.KT İndeksi

2013 yılında Kesemen ve Tezel tarafından önerilen bu indekste küme içi benzerliklerin yanında kümeler arasındaki farklılıklarda göz önünde bulundurulmaktadır. μ_{ij} i. kümede yer alan j. gözlemin o kümeye olan aitlik derecesini gösterdiğine ve bir gözlemin tüm kümelere olan aitlik derecelerinin toplamı 1 olduğuna göre $1 - \mu_{ij}$ değeri i. kümede j. gözlemin bulunmamasının derecesini vermektedir. Bir gözlemin bir kümeye ait olma ve olmama derecelerinin oranlanması ile elde edilen indekzin en yüksek değeri, en uygun küme sayısına karşılık gelmektedir. İndekzin hesaplamasında yer alan I' parametresinin en iyi değerini bulmak için [1,6] aralığı Eşitlik 5.16'da denenmiş ve en iyi sonucun 2 değeri ile elde edildiği belirlenmiştir [63].

$$KT = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^c \left(\frac{\mu_{ij}^2}{(I' - \mu_{ij})^2} \right) \quad 5.17$$

ix.Dunn İndeksi (DI)

Yoğun ve iyi ayrılmış kümeleri tanımlamak için kullanılan Dunn indeksi gözlem ve küme sayısının arttığı durumlarda sayısal işlem yoğunluğu nedeniyle dezavantajlı duruma düşmektedir [57].

$$DI = \min_{i \in c} \left\{ \min_{j \in c, i \neq j} \left\{ \frac{\min_{x \in c_i, y \in c_j} d(x, y)}{\max_{k \in c} \left\{ \max_{x, y \in c} d(x, y) \right\}} \right\} \right\} \quad 5.18$$

x.Alternatif Dunn İndeksi (ADI)

İki küme arasındaki uzaklık ölçüsü olarak üçgen eşitsizliği kullanarak Dunn indeksindeki hesaplamayı daha basit hale getirmek amacıyla geliştirilmiştir. Eşitlik 5.18'de verilen üçgen eşitsizliğinde v_j , j. kümenin merkezi olmak üzere Alternatif Dunn İndeksi Eşitlik 5.19 yardımıyla bulunur [57].

$$d(x, y) \geq |d(y, v_j) - d(x, v_j)| \quad 5.19$$

$$AID = \min_{i \in c} \left\{ \min_{j \in c, i \neq j} \left\{ \frac{\min_{x_j \in c_i, y_j \in c_j} |d(y, v_j) - d(x, v_j)|}{\max_{k \in c} \left\{ \max_{x, y \in c} d(x, y) \right\}} \right\} \right\} \quad 5.20$$

En uygun küme sayısının belirlenmesinde kullanılan küme geçerlilik indeksleri özelliklerine göre Çizelge 5.1’de özetlenmiştir.

Çizelge 5.1 Küme Geçerlilik İndekslerinin Özellikleri

Geçerlilik İndeksi	Kullanım Yeri	Küme Sayısı	Dezavantaj
Bölünme Katsayısı	Kümelerin çakışma miktarını ölçer	Maksimum Değer	Yalnızca üyelik değerlerini esas alması ve monoton azalan olması
Sınıflandırma Entropisi	Küme bölünmesindeki bulanıklığın tespiti	Minimum Değer	Monoton artan olması
Bölünme İndeksi	Küme sayısı eşit olan farklı kümeleme algoritmalarını kıyaslar	Minimum Değer	
Ayrılma İndeksi	En küçük uzaklıklarla gerçekleştirilen bölünme	Minimum Değer	
Fukuyama-Sugeno İndeksi	Küme yoğunluk ve ayrılmaları	Minimum Değer	
Xie-Beni İndeksi	Üyelik dereceleri ile verideki geometrik yapıyı birleştirir	Minimum Değer	Küme sayısının veri sayısına yakın olması eğilimi vardır.
K İndeksi	Xie ve Beni İndeksinin geliştirilmiş hali	Minimum değer	Hesaplama zorluğu
KT İndeksi	Küme içi benzerlikler ile kümeler arası farklılıkları dikkate alır	Maksimum değer	Küme sayısı arttıkça güvenilirlik azalmaktadır.
Dunn İndeksi	İyi ayrılmış kümeleri tanımlar	Minimum değer	Çakışan kümelerde güvenilir sonuç vermez.
Alternatif Dunn İndeksi	Üçgen eşitsizliği ile DI’ya hesaplama kolaylığı sağlar	Minimum değer	Çakışan kümelerde güvenilir sonuç vermez.

6. UYGULAMA

Her alanda yapılan çalışmanın veya sürecin risklerinin doğru bir şekilde belirlenmesi önemli olmuştur. Pek çok farklı yöntem bu amaçla analizlerde kullanılmakta eldeki verilerden anlamlı sonuçlar çıkarılarak gerekli önlemleri zamanında alabilmenin yolları araştırılmaktadır.

Piyasa gözetimi ve denetimi faaliyetleri oldukça geniş bir kapsama sahiptir. Bölüm 3’de detaylı olarak yer verildiği gibi PGD, sanayi ürünlerinden, yiyeceklere, oyuncaklardan kırtasiye ürünlerine, otomobillerden yapı malzemelerine kadar günlük hayatımızda kullandığımız tüm ürünlerin normal kullanım süreleri ve kullanım koşulları altında canlı sağlığına ve çevreye zarar vermemesinin teminatı olarak kurgulanmıştır. PGD faaliyetlerinin kapsamının çok geniş olması nedeniyle farklı kurum ve kuruluşlar görev alanlarına giren ürünleri denetlemekle sorumlu tutulmuştur. Yine de her bir PGD kuruluşunun sorumluluk alanında binlerce ürün yer almakta ve hepsinin düzenli olarak denetiminin yapılması mümkün olamamaktadır. Denetim personeli, denetim aracı, test ücretleri, zaman gibi sınırlı kaynakların etkin kullanımı adına denetim planlarının oluşturulması ve öncelikle denetlenmesi gereken ürünlerin belirlenmesi önemlidir. Bu noktada risk analizi yöntemlerinden faydalanılmakta ve sağlıklı bir değerlendirme sonucunda en riskli ürünlerin denetim planlarında yer almasına çalışılmaktadır.

Bu çalışmada sanayi ürünlerinin %70’inin denetiminden sorumlu olan Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Sanayi Ürünleri Güvenliği ve Denetimi Genel Müdürlüğü’nün görev alanına giren ürün grupları esas alınmıştır. Asansörlerden elektrikli ekipmanlara, otomobillerden ATEX³ ürünlerine, basınçlı gaz tüplerinden makinelere kadar özellikleri bakımından birbirinden çok farklı ve oldukça geniş bir ürün yelpazesine sahip olan SÜGDGM’ nün denetim planında yer alacak ürünlerin belirlenmesine katkı sağlayacak olan bir risk analizi çalışması yapılmıştır. Çizelge 6.1’de SÜGDGM’nün denetimi ile sorumlu olduğu ürün grupları yer almaktadır [64].

³ Yanıcı maddelerin gaz, buhar, sis ve tozlarının atmosferik şartlar altında hava ile oluşturduğu ve herhangi bir tutuşturucu kaynakla temasında tümüyle yanabilen ürünlerdir.

Çizelge 6.1 SÜGDGM Görev Alanında Bulunan Ürün Grupları

ÜRÜN GRUBU	ÖRNEK ÜRÜNLER
Asansörler	Asansör Bakım ve Servis Firmaları, Hidrolik Asansör, Elektrikli Asansör
Aerosol Kaplar	Parfüm, Deodorant, vb. ürünlerin kapları
ATEX Ürünleri	Maden Ocakları Gibi Muhtemel Patlayıcı Ortamlarda Kullanılan Cihazlar, Benzin İstasyonları
Basınçlı Ekipmanlar	Düdüklü Tencere, Basınçlı Depolama Tankları, Çek Valfler, Eşanjörler, Hidroforlar, Basınçlı Pişiriciler, Kompresörler, Vanalar, Yangın Söndürme Cihazları, Manometreler
Düzenlenmemiş Alan	Bakır, Bakır İletkenler ve Bakır Teller, Kontaktörler-Yüksek Gerilim Alternatif Akım, Subaplar
Elektrikli Ekipmanlar	Aydınlatma Cihazları ve Ekipmanları, Beyaz Eşyalar, Endüstriyel Ürünler, Fişler ve Prizler, Küçük Ev Aletleri, Klimalar, Tüketim Cihazları gibi AC 50-1000 Volt ile DC 75-1500 Volt Arasında Çalışan Cihazlar, Elektrikli Kişisel Bakım Ürünleri,
Enerji Verimliliği	Aspiratör, Bulaşık Makinesi, Buzdolabı, Çamaşır Makinesi, Devirdaim Pompası, Elektrik Motorları, Elektrik Süpürgesi, Elektrikli Fırın, Klima, Lambalar, Televizyon
Gaz Yakan Cihazlar	Kombiler, Tava ve Fritözler, Ocak ve Fırınlr, Sobalar, Gazla Çalışan Izgara, Şofbenler ve Termosifonlar
Kazanlar	Gaz, Sıvı, Katı Yakıtlı Kazanlar (Kalorifer Kazanı, Buhar Kazanı, vb..)
Makineler	Yürüyen Merdiven ve Yürüyen Platformlar, Takım Tezgâhları, Tarım Makineleri, Tekstil Makineleri, Gıda İşleme Makineleri, İş ve İnşaat Makineleri, Ağaç İşleme Makineleri, Matbaa ve Kırtasiye Makineleri, Sanayi Makineleri,
Otomotiv	Traktörler, Motorlu Araç ve Aksamları, Motosikletler, Römorklar, Oto Yedek Parça,
Pil ve Akümülatör	Piller, Akümülatörler
Sivil Kullanım Amaçlı Patlayıcı Maddeler	Jel, Bulamaç Tip Patlayıcılar, Elektrikli ve Elektriksiz Kapsüller, Adi Kapsüller, ANFO, Emniyetli Fitiller, Patlayıcı Nitratlar, Güçlendirilmiş ANFO İnfilaklı Fitiller, Emülsiyon Hacimli Patlayıcılar Yemleme Patlayıcılar, Karabarutlar, Dinamitler, Emülsiyon,
Taşınabilir Basınçlı Ekipmanlar	Sanayi Tüpleri (Karbondiyoksit Tüpleri, Oksijen Tüpleri vb..), LPG Mutfak Tüpü Tehlikeli Madde Taşıyan Tanklar
Teleferik	Finiküler, Gondol, Telesiyej, Teleski

Çalışmanın amacı sonuç odaklı politikalar üretebilmek için bahsi geçen ürünlerin risk seviyelerine göre gruplanmasıdır. Öncelikle bu amaçla kullanılacak veri kaynakları araştırılmıştır. Analiz için gerekli olan verilerin ağırlıklı olarak sözel değişkenlerden oluştuğu görülmüş ve dilsel etkilerin analize dahil edilmesinde daha başarılı olan bulanık mantık temelli yöntemlere yönelilmiştir. Ürünlerin risk seviyelerine göre sınıflanmasında bulanık mantık kümeleme algoritmalarından olan bulanık c-ortalamlar yönteminden faydalanılmıştır.

Bu bölümde ilk olarak analizde kullanılan değişkenler hakkında kısaca bilgi verilmiş ve veri yapısı incelenmiştir. Daha sonra MATLAB paket programı kullanılarak bulanık c-ortalamlar kümeleme yöntemi uygulanarak ürünlerin risk seviyelerine göre gruplanması sağlanmıştır. Klasik kümeleme yöntemlerinden k-ortalamlar yöntemi ile kümeleme sonuçları kıyaslanmıştır. Son olarak, BCO ve k-ortalamlar yöntemlerinin veri setini

kümeleme başarısını test etmek amacıyla küçük bir örneklem seçilerek yöntemler tekrar işletilmiş ve küme üyeleri incelenmiştir.

6.1. Uygulamada Kullanılan Değişkenler

Analizde “ürünlerin geçmiş yıllar aykırılık oranı”, “ihbar ve şikâyetler sonucu gerçekleştirilen denetimlerdeki uygunsuzluk oranı”, “ürünün önerilme oranı”, “ürünün piyasada kullanımının yaygınlığı” ve “tehlikenin boyutu” olmak üzere 5 farklı değişken esas alınmış ve ürünler risk seviyelerine göre kümelenmiştir. Uygulamada kullanılan değişkenlerin elde edilişi ve hesaplama yöntemlerinin ayrıntısı aşağıda verilmiştir.

i. Ürünün Geçmiş Yıllardaki Aykırılık Oranı Kriteri

Bu değişken, güvensizlik riski yüksek olan ürünlere odaklanması açısından oldukça önemlidir. Ürünlerin geçmiş yıllarda yapılmış olan denetimlerde ne ölçüde aykırı çıktığı, Sanayi Ürünleri Güvenliği ve Denetimi Genel Müdürlüğü tarafından denetim faaliyetlerinin işlenmesi, derlenmesi ve değerlendirilmesi amacıyla kullanılan Ürün Güvenliği Bilgi Sistemi aracılığı ile elde edilmiştir. Veri tabanının faaliyete geçtiği 2015 yılı ile 2017 yılı sonuna kadar olan veriler esas alınmıştır. Değişken, bir ürünün 2015-2017 arasında gerçekleştirilen tüm denetimlerden aykırı olarak sonuçlananların sayının o ürünün toplam denetim sayısına oranlanması ile oluşturulmuştur.

ii. İhbar–Şikâyet Sonucu Gerçekleştirilen Denetimlerdeki Uygunsuzluk Oranı

Analizde tüketici görüşlerinin yer alması açısından önemli bir değişkendir. Bu değişken, yine SÜGDGM Ürün Güvenliği Bilgi Sisteminden elde edilen ihbar-şikâyet verileri doğrultusunda hesaplanmıştır. Bir ürüne ait ihbar-şikâyet kaynaklı tüm denetimler içinde aykırı olarak sonuçlananların oranı dikkate alınmıştır.

iii. Ürünün Önerilme Oranı

Bu değişken sürecin tüm aktörlerinin görüşlerinin analize dâhil edilmesi amacıyla oluşturulmuştur. Dernekler, STK’lar, tüketici örgütleri, uygunluk değerlendirme kuruluşları, sanayi odaları, Bakanlık İl Müdürlükleri ve Genel Müdürlük teknik şubelerinden gelen görüşler çerçevesinde oluşturulan bir değişkendir. Burada riskli ürünlere yönelik her görüş ürün grubu bazında ayrıca değerlendirilmiştir. Örneğin; yangın tüplerinin denetlenmesinin uygun olacağı yönündeki bir görüş, yangın tüplerinin yer aldığı üst ürün grubu olan basınçlı ekipmanlar ürün grubu kapsamında ele alınmıştır. Basınçlı ekipmanlar ürün grubu için gelen tüm öneri sayıları içinde yangın tüpü önerisinin oranıdır.

iv.Ürünün Piyasada Kullanımının Yaygınlığı

Denetim yapılacak ürünün belirlenmesinde bir ürünün dolaşımında yaygın olarak kullanılıp kullanılmadığı önemli bir faktördür. Yaygın olarak piyasada bulunan bir ürünün güvensizlik oluşturmaması durumunda etki alanı daha geniş olacağı için meydana gelecek hasar da daha büyük olacaktır.

Değinilmesi gereken bir başka konu da; belirli özelliklere sahip işler için tasarlanmış özel ürünlerin yaygınlığı azdır ve ürün hakkında bilgi sahibi olan eğitimli kullanıcılar tarafından kullanılmaktadır. Bu ürünler herhangi bir güvensizlik durumunda oluşacak zararın boyutu düşünüldüğünde riskli kabul edilebilecek iken kullanıcısı göz önünde bulundurulduğunda bu risk hafifleyebilmektedir. Tüm bu yönler açısından ürünlerin yaygınlığının değerlendirmeye katılması önemlidir.

Bu değişken Genel Müdürlük teknik şubelerinin değerlendirmeleri doğrultusunda puanlama yapılarak oluşturulmuştur. Bu puanlamada 1 ile 10 arasında değerler kullanılmaktadır. Belirli puan aralıklarının temsil ettiği yaygınlık durumları aşağıda açıklanmıştır.

1-4: Piyasadaki yaygınlığı az ya da profesyonel kullanıcılar tarafından kullanılan ürünlere değerlendirmeye göre 1 ile 4 arasında bir sayı verilebilir. Sivil kullanım amaçlı patlayıcılar bu gruba örnek olabilir.

5-7: Piyasadaki yaygınlığı orta seviyede yani profesyonellik gerektirmeyen fakat herkes tarafından da kullanılmayan ürünlere 5 ile 7 arasında bir sayı verilebilir. Yangın tüpü bu aralığa örnek olabilir.

8-10: Piyasadaki yaygınlığı fazla yani herkes tarafından kullanılan ürünlere 8 ile 10 arasında bir sayı verilebilir. Buzdolabı bu aralığa örnek verilebilir.

v. Tehlikenin Boyutu

Bu değişken, bir ürünün çevreye veya kullanıcıya verebileceği zararın boyutunu ifade eder. Güvensizlik riskinin yüksek olması o ürünün denetlenmesi gerektiğini gösterir.

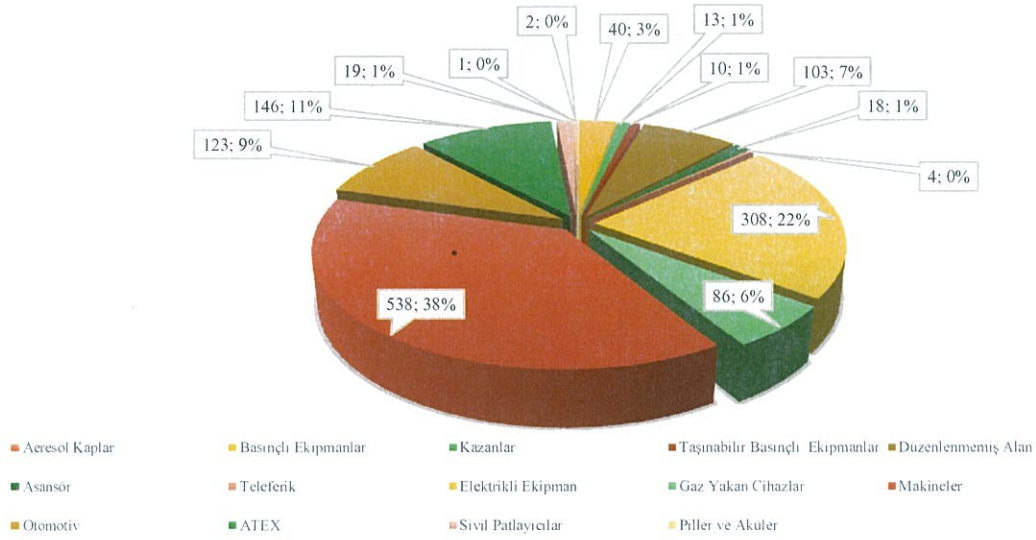
1-4: Ürünün herhangi bir güvensizlik durumunda oluşturacağı tehlikenin boyutu düşük olarak değerlendiriliyorsa 1 ile 4 arasında derecelendirilebilir.

5-7: Ürünün herhangi bir güvensizlik durumunda oluşturacağı tehlikenin boyutu orta olarak değerlendiriliyorsa 5 ile 7 arasında derecelendirilebilir.

8-10: Ürünün herhangi bir güvensizlik durumunda oluşturacağı tehlikenin boyutu yüksek olarak değerlendiriliyorsa 8 ile 10 arasında derecelendirilebilir.

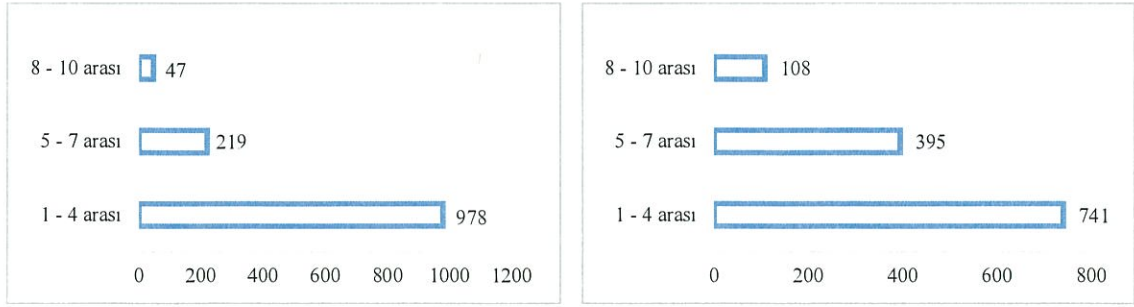
6.2. Veri Setinin Genel Değerlendirmesi

Çalışmada kullanılan veri setinde toplam 1411 ürün bulunmaktadır. Bu ürünlerin ürün grupları bazında dağılımı Şekil 6.1’de verilmiştir.



Şekil 6.1 Ürünlerin, Ürün Gruplarına Göre Dağılımı

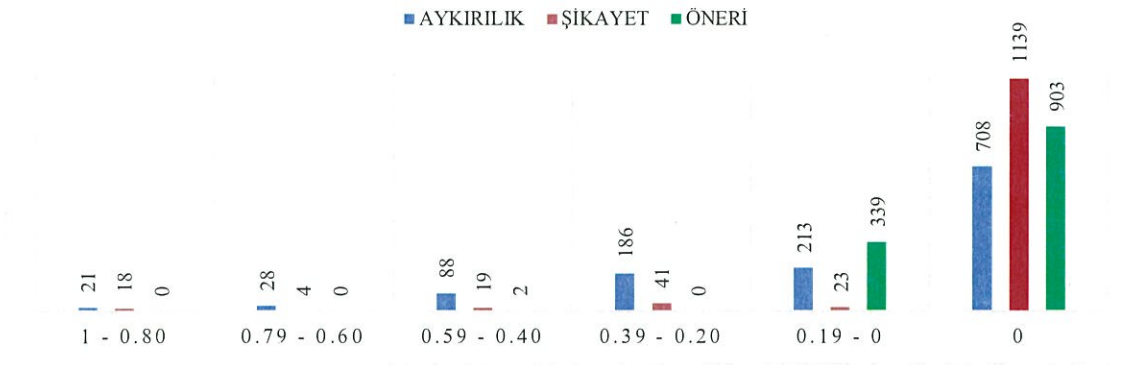
Ürün dağılımı incelendiğinde en geniş ürün grubunun makineler olduğu ve onu elektrikli ekipmanlar ürün grubunun takip ettiği görülmektedir. Bu iki ürün grubu veri setinin %60'ını temsil etmektedir. Veri setinin %11'i ATEX ürünlerinden oluşturmakta olup, bu ürün grubunda bulunan ürünler özel kullanım koşulları altında kullanılmakta ve ülke genelinde sınırlı sayıda bulunmaktadır. Muhtemel patlayıcı ortamlarda kullanılan bu ürünlerin ve sistemlerin madenler ve taş ocakları gibi yerlerde denetimleri gerçekleştirilmekte olup her yıl bu alanda kullanılan tüm ürünlerin denetimi yapılmaktadır. Aynı şekilde sivil kullanım amaçlı patlayıcı maddeler ile piller ve aküler de her yıl denetim planında yer alan ürünlerdir. Risk analizi çalışmaları denetim planlarına katkı sunmak amacıyla gerçekleştirildiğinden ATEX, sivil patlayıcılar, piller ve aküler ürün grupları analiz dışı tutularak yapılan değerlendirmenin daha doğru olacağı düşünülmektedir. Bu ürün grupları çıkarıldığında veri setinde bulunan gözlem sayısı 1244'e düşmüştür. Analizde kullanılan verinin değişkenler bazında dağılımı aşağıda verilmiştir.



Şekil 6.2 Ürünlerin Yaygınlıklarına Göre Dağılımı – Ürünlerin Tehlike Boyutlarına Göre Dağılımı

Veri setinde bulunan ürünlerin yaygınlık indeksine göre dağılımından %78'inin piyasada sıkça karşımıza çıkan ürünler olmadığı anlaşılmaktadır. Ürünlerin sadece %3'ü hemen hemen hepimizin hayatında yer alan ürünlerdir. Tehlikenin boyutu değişkenine göre ürünlerin dağılımı incelendiğinde veri setinde yer alan ürünlerin yaklaşık %60'ının güvensizlik durumunda kullanıcısına ve çevreye verdiği zararın boyutu düşük olarak değerlendirilmektedir. Yalnızca veri setinde yer alan ürünlerden %8'inin güvensizlik durumunda vereceği zararın boyutu yüksek olarak öngörülmektedir.

Analizde kullanılan oran değişkenleri 0 ile 1 aralığında 5 gruba ayrılarak dağılımları aşağıdaki grafikte verilmiştir. Değeri 0 olan ürünler ayrı bir grup içinde toplanmıştır.



Şekil 6.3 Oran Değişkenlerinin Dağılımı

Şekil 6.3'ten de anlaşıldığı üzere veri tabanı kullanılarak elde edilen geçmiş yıllar aykırılık oranı değişkeni için ürünlerin %56'sı, ihbar-şikâyet sonucu aykırılık oranı değişkeni için ürünlerin %91'i için veri bulunmamaktadır. Süreç paydaşlarının görüşleri doğrultusunda oluşturulan önerilme oranı değişkeni için de ürünlerin %72'sinin öncelikli olmadığı değerlendirilmiştir. Değerlendirmede yer alan ürünlerin yaklaşık %26'sının aykırılık oranı %20'nin üzerindedir. Bu ürünlerin %25'inin aykırılığı, ihbar ve şikâyet sonucu gerçekleştirilen denetimler sonucunda tespit edilmiştir.

Analizde kullanılan 5 değişkenin 1244 gözlem için tanımlayıcı istatistikleri aşağıdaki Çizelge 6.2’de özetlenmiştir.

Çizelge 6.2 Değişkenlere İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler

Değişken	Ortalama	Varyans	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
Yaygınlık İndeksi	2.910	4.084	2.021	1	10
Risk Şiddeti	3.840	5.703	2.388	1	10
Geçmiş Yıllar Aykırılık Oranı	0.124	0.040	0.200	0	1
İhbar-Şikâyet Sonucu Aykırılık Oranı	0.034	0.020	0.142	0	1
Önerilme Oranı	0.004	0.001	0.023	0	0.54

Değişkenler arasındaki ilişki yapıları korelasyon katsayısı yardımıyla incelenmiştir. Değişkenler normal dağılmadığı için ilişki katsayısı olarak Spearman Sıra Korelasyonu kullanılmıştır.

Çizelge 6.3 Değişkenler Arasındaki İlişki

Değişkenler	Yaygınlık	Tehlike	Aykırılık	Şikâyet	Öneri
Yaygınlık	1	0.546	0.211	0.216	0.469
Tehlike		1	0.168	0.183	0.276
Aykırılık			1	0.316	0.238
Şikâyet				1	0.300
Öneri					1

Çizelge 6.3’te verilen değişkenler arasındaki ilişki katsayıları incelendiğinde genel olarak güçlü bir doğrusal ilişki olmadığı görülmüştür. Genel olarak değişkenler arasında zayıf pozitif yönlü ilişki vardır.

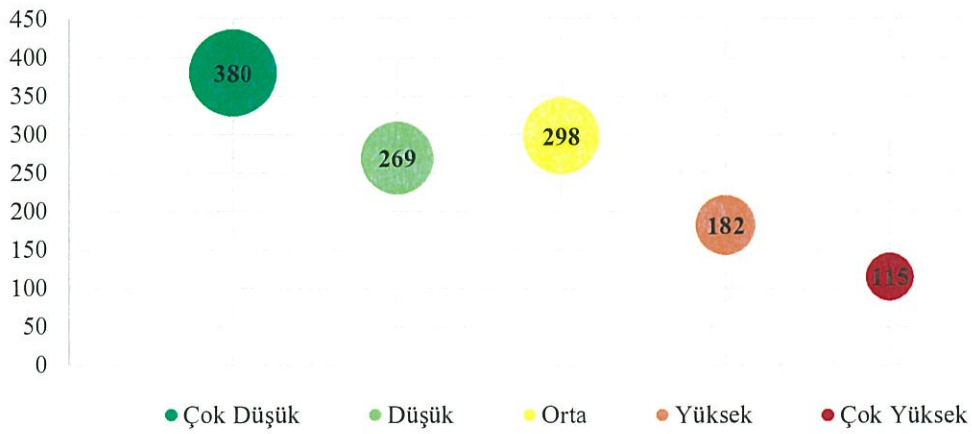
6.3. Bulanık C-Ortalamlar Yönteminin PGD Verisine Uygulanması

Kümeleme çalışmalarının ilk ve en önemli adımı küme sayısının belirlenmesidir. Küme sayısının az belirlenmesi küme içinde homojenliğin azalmasına sebep olurken, gerekenden fazla küme olması ise benzer özelliklere sahip grupların oluşmasına neden olur. Bu amaçla geliştirilmiş indekslerden yararlanılabildiği gibi çalışma özelinde araştırmacının kararı doğrultusunda da küme sayısı belirlenebilmektedir.

Avrupa Birliği PGD otoritelerince kullanılan risk analizi yöntemlerinde 3 ile 10 arasında farklı risk grubu kullanılmaktadır. Buradan hareketle gruplar arasında kademeli bir geçiş olduğu göz önünde bulundurularak likert ölçek mantığı ile 5 düzeyli olmak üzere çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek şeklinde risk seviyelerinin oluşturulmasının uygun olacağı düşünülmüştür.

Veri seti bulanık c-ortalamlar yöntemi kullanılarak 5 kümeye ayrılmıştır. Tüm ürünlerin farklı üyelik dereceleri ile her kümeye aitliği mevcuttur. Genel olarak küme yapılarını

belirlemek için en yüksek üyelik dereceleri dikkate alınarak küme büyüklükleri belirlenmiştir. Şekil 6.4'ten de anlaşıldığı üzere çok yüksek risk grubunda 115, yüksek risk grubunda 182, orta risk grubunda 298, düşük risk grubunda 269 ve çok düşük risk grubunda 380 ürün olmak üzere 1244 ürünün risk seviyelerine göre dağılımı gerçekleştirilmiştir. Çok düşük ve düşük risk seviyesine sahip ürünler kitlenin %52'sini oluşturmaktadır. Bir başka deyişle ürünlerin %52'sinin kabul edilebilir risk seviyesine sahip olduğu söylenebilir. Çok yüksek risk grubunda yer alan ürünler ise kitlenin yalnızca %9'udur. Çok yüksek risk grubu yüksek risk grubu ile birlikte ele alındığında odaklanılacak ürünler kitlenin %23'üne denk gelmektedir.



Şekil 6.4 Bulanık C-Ortalamalar Yöntemine Göre Küme Büyüklükleri

Kümeleri yapısal olarak daha detaylı inceleyebilmek amacıyla her risk seviyesi için 5 örnek ürün aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 6.4 Çok Yüksek Risk Grubunda Yer Alan Ürün Örnekleri

ÜRÜN	Yaygınlık İndeksi	Tehlikenin Boyutu	Aykırlık Oranı	İhbar ve Şikâyet Oranı	Önerilme Oranı
Yürüyen Merdiven	8	7	0.73	0	0.02
Elektrikli Asansör	10	10	0.59	0.58	0.54
Et Dilimleme Makinesi	7	8	0.29	0	0.02
Çocuk Koltukları	8	9	0.09	0	0.01
Saç Kurutma Makinesi	7	6	0.06	0	0.01

Çizelge 6.5 Yüksek Risk Grubunda Yer Alan Ürün Örnekleri

ÜRÜN	Yaygınlık İndeksi	Tehlikenin Boyutu	Aykırlık Oranı	İhbar ve Şikâyet Oranı	Önerilme Oranı
Kablo	6	6	0.32	0.47	0.01
Ev Tipi Klimalar	5	5	0.38	0	0.02
Kelebek Vana	6	5	0.16	0	0.01
Çaycı	6	6	0.07	0.2	0.01
Düdüklü Tencere	7	2	0.06	0	0.03

Çizelge 6.6 Orta Risk Grubunda Yer Alan Ürün Örnekleri

ÜRÜN	Yaygınlık İndeksi	Tehlikenin Boyutu	Aykırlık Oranı	İhbar ve Şikâyet Oranı	Önerilme Oranı
Merdivenli Veya Yükseltilebilen Platformlu Taşıtlar	4	6	0.96	0.97	0.01
Sınai Gaz Tüpleri	3	6	0.57	0.20	0.48
Sac Kesme Makinesi	3	5	0.72	0	0
Havalı Testere	2	8	0.35	0	0
Giyotin Makas	2	7	0.17	0.20	0.01

Çizelge 6.7 Düşük Risk Grubunda Yer Alan Ürün Örnekleri

ÜRÜN	Yaygınlık İndeksi	Tehlikenin Boyutu	Aykırlık Oranı	İhbar ve Şikâyet Oranı	Önerilme Oranı
Solunum Tüpü	4	2	0.96	0	0
Aspiratörler	3	2	0.50	0	0
Lastik Supapları	2	4	0.38	0.09	0
Taşınabilir Elektrikli Fırın	3	3	0.16	0.25	0.05
Karşı Ağırlık	3	2	0.46	0.20	0

Çizelge 6.8 Çok Düşük Risk Grubunda Yer Alan Ürün Örnekleri

ÜRÜN	Yaygınlık İndeksi	Tehlikenin Boyutu	Aykırlık Oranı	İhbar ve Şikâyet Oranı	Önerilme Oranı
Ev Tipi Çöp Öğütücü	1	1	0.67	0	0
Laboratuvar Test Cihazları	1	2	0.5	0	0
Termostat	1	1	0.5	0	0.01
Kapı Güvenlik Sistemi	1	1	0.75	0	0
Lenf Drenaj Cihazı	1	1	0.46	0	0

Yukarıdaki tablolar incelendiğinde çok yüksek risk seviyesini her yaştan kullanıcıya hitap eden ve günlük hayatımızda sıkça kullandığımız ürünlerin oluşturduğu görülmektedir. Bu ürünlerde meydana gelecek herhangi bir güvensizlik sonucunda, kullanıcının ve/veya çevresinin maruz kalacağı zararın boyutu da oldukça yüksek olacaktır. Yüksek risk seviyesi grubunda yer alan ürünlerde yine yaygın kullanımı olan ve güvensizlik durumunda ciddi risk oluşturabilecek ürünlerdir. Orta risk seviyesi grubunda yer alan ürünlerde aykırılık oranı yüksek olmakla birlikte ağırlıklı olarak bu grupta yer alan ürünler, ürünün kullanımı hakkında detaylı bilgiye veya eğitime sahip olan profesyonel kullanıcılar tarafından kullanılan özelleşmiş ürünlerdir. Risk seviyesi düşük ve çok düşük olan ürün gruplarında da diğer gruplara kıyasla profesyonel kullanıcılar tarafından kullanılan özel ürünler daha fazladır. Ancak aykırılık oranlarından da anlaşılabacağı üzere bu ürünlerin de belirli aralıklarla denetlenmesinin uygun olacağı değerlendirilmektedir.

Çizelge 6.9 BCO Yöntemine Göre Küme Merkezleri

	Yaygınlık İndeksi	Tehlikenin Boyutu	Aykırılık Oranı	İhbar ve Şikâyet Oranı	Önerilme Oranı
Çok Yüksek	7.124	7.715	0.164	0.067	0.022
Yüksek	5.126	4.521	0.156	0.050	0.006
Orta	2.215	6.082	0.133	0.031	0.004
Düşük	2.243	3.668	0.115	0.014	0.001
Çok Düşük	1.347	1.186	0.090	0.014	0.001

Çizelge 6.9’da değişkenlere göre küme merkezleri verilmiştir. Kümelerin oluşumunda tüm değişkenlerin etkili olduğu gözlenmiştir. Ancak yaygınlık indeksi ve tehlikenin boyutu değişkenlerinin küme üyeliklerinin belirlenmesinde etkin rol oynadığı söylenebilir.

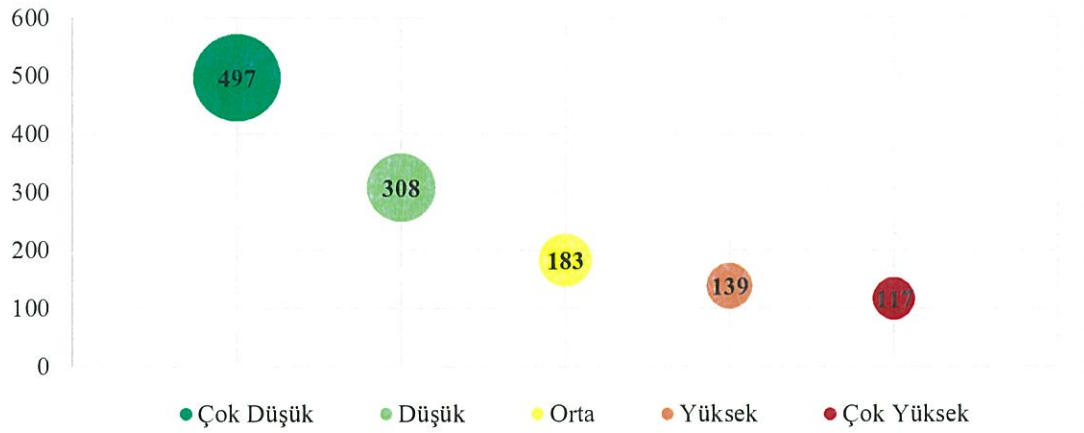
6.4. K- Ortalamalar Yönteminin PGD Verisine Uygulanması

Kümeleme analizi birbirine çok benzeyen birimleri önceden belirlenen seçim kriterlerine göre aynı küme içinde toplar. Analiz sonucunda bir kümeyi oluşturan elemanlar birbirine benzerken diğer kümelerin elemanlarından farklılaşır. Yani kümeler arasında heterojenlik, kümeler içinde ise homojenlik artırılmalıdır [65].

Klasik kümeleme yöntemleri hiyerarşik kümeleme ve hiyerarşik olmayan kümeleme teknikleri şeklinde iki temel başlık altında incelenir. Hiyerarşik kümeleme yöntemleri daha az gözlem içeren çalışmalarda kullanılır ve kümelerin oluşturulmasında ağaç diyagramlarından faydalanılır. İlk adımda tüm gözlem değerleri tek bir kümeyi oluştururken analiz adımları ilerledikçe gözlemler ağacın dallarına dağılır. Bu yöntemlerde küme sayısı analiz sonucunda tespit edilir [66].

Hiyerarşik olmayan kümeleme teknikleri veri setlerini önceden belirlenmiş küme gruplarına ayırır. Büyük veri setleri ile çalışırken hiyerarşik yöntemler sonucunda elde edilen grafiklerden küme sayısına karar vermek oldukça güçtür. Bu nedenle büyük veri setlerinin kümelenmesi durumunda hiyerarşik olmayan yöntemler tercih edilir. Bu yöntemlerin, aşamalı hiyerarşik yöntemlerden en büyük farkı küme sayısının araştırmacı tarafından analizin başında belirlenmesidir. Hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemlerinden en sık kullanılanları k-ortalamlar tekniği ile en çok olabilirlik tekniğidir [67].

Bu çalışmada k-ortalamlar yöntemi kullanılarak veri seti 5 kümeye ayrılmıştır. K-ortalamlar yöntemine göre belirlenen küme büyüklükleri aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.



Şekil 6.5 K-Ortalamlar Yöntemine Göre Küme Büyüklükleri

K-ortalamlar kümeleme yöntemine göre çok yüksek risk grubunda 117, yüksek risk grubunda 139, orta risk grubunda 183, düşük risk grubunda 308 ve çok düşük risk grubunda 497 ürün olmak üzere 1244 ürünün risk seviyelerine göre dağılımı gerçekleştirilmiştir. Çok düşük ve düşük risk seviyesine sahip ürünler kitlenin %65'ini oluşturmaktadır. Bir başka deyişle bu yöntemle göre ürünlerin %65'inin kabul edilebilir risk seviyesine sahip olduğu söylenebilir. Çok yüksek risk grubunda yer alan ürünler ise kitlenin yalnızca %9'udur. Çok yüksek risk grubu yüksek risk grubu ile birlikte ele alındığında odaklanılacak ürünler kitlenin %20'sine denk gelmektedir.

Çizelge 6.10 K-Ortalamlar Yöntemine Göre Küme Merkezleri

	Yaygınlık İndeksi	Tehlikenin Boyutu	Aykırılık Oranı	İhbar ve Şikâyet Oranı	Önerilme Oranı
Çok Yüksek	7.265	7.530	0.167	0.087	0.024
Yüksek	3.129	7.101	0.182	0.077	0.009
Orta	5.082	3.519	0.145	0.053	0.005
Düşük	1.977	4.808	0.121	0.012	0.001
Çok Düşük	1.612	1.571	0.094	0.017	0.001

Küme merkezleri incelenecek olursa risk seviyesi çok yüksek olarak belirlenen grupta yer alan ürünlerin piyasada yaygın olarak bulunduğu, her tipte kullanıcıya hitap ettiği ve herhangi bir güvensizlik durumunda meydana gelen tehlikenin boyutunun oldukça yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Bu grupta yer alan ürünlerle ilgili geçmiş yıllarda yapılan denetimlerde %15'in üzerinde aykırılık tespit edilmiştir. PGD aktörleri tarafından da bu ürünlerin denetlenmesinin öncelik olarak görüldüğü, önerilme oranı kriterinin küme merkezi değerinin bu kümede diğerlerine göre belirgin olarak yüksek olmasından yola çıkılarak söylenebilir. Yüksek risk seviyesine sahip ürünler için geçmiş yıllar aykırılık oranının yüksek olduğu ve bu ürünler için tüketicilerden yoğun olarak ihbar ve şikâyet

geldiği düşünülebilir. Bu grupta yer alan ürünlerin piyasada dolaşımı daha az olsa da herhangi bir güvensizlik durumunda kullanıcısına ve çevreye vereceği zararın boyutu büyüktür.

6.5. Kümeleme Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Veri setine uygulanan bulanık ve klasik kümeleme yöntemlerinin küme oluşumundaki farklılıklarını belirlemek amacıyla öncelikle BCO ve k-ortalamlar yöntemine göre ürünlerin risk gruplarına dağılımını özetleyen Çizelge 6.11 oluşturulmuştur.

Küme boyutları bakımından yöntemler arasında belirgin farklılıklar bulunmaktadır. BCO yöntemine göre küme genişlikleri daha dengelidir. BCO yönteminde en fazla üyesi bulunan küme ile en az üyesi bulunan küme arasındaki fark 265'dir. K-ortalamlar yönteminde bu fark 380'dir.

Çizelge 6.11 Bulanık ve Klasik Küme Dağılımları

		K- Ortalamalar					Toplam
		Çok Yüksek	Yüksek	Orta	Düşük	Çok Düşük	
Bulanık C-Ortalamlar	Çok Yüksek	102	13	0	0	0	115
	Yüksek	15	9	158	0	0	182
	Orta	0	117	0	181	0	298
	Düşük	0	0	25	127	117	269
	Çok Düşük	0	0	0	0	380	380
Toplam		117	139	183	308	497	1244

Her iki yöneme göre risk seviyesi çok riskli olarak belirlenen benzer sayıda ürün yer almaktadır. BCO yöntemine göre çok yüksek risk seviyesine sahip ürünlerin %88,6'sı k-ortalamlar yöntemine göre de çok riskli bulunurken %11,4'ü yüksek riskli bulunmuştur.

Çok düşük risk grubunda yer alan ürünler incelenecek olursa k-ortalamlar yöntemine göre bu risk seviyesinde yer alan ürünler BCO yöntemine göre çok düşük risk seviyesinde olan ürünleri kapsamaktadır. Ancak k-ortalamlar yönteminde risk seviyesi çok düşük olarak belirlenen ürünlerin %23'ünün risk seviyesi BCO yöntemine göre düşük olarak tespit edilmiştir.

BCO yöntemi ile risk seviyesi düşük olarak belirlenen ürünler k-ortalamlar yönteminde 3 farklı risk seviyesine dağılmıştır. Bu ürünlerin %47'si k-ortalamlar yöntemine göre de düşük riskli ürünler kümesinde yer almıştır. Ancak, %43'ü bir alt grup olan çok düşük risk seviyeli olarak belirlenirken %10'u bir üst grup olan orta risk seviyesi kümesinde yer almıştır.

Küme elemanlarının dağılımı yüksek ve orta seviyeli risk grubunda yöntemlere göre farklılaşmıştır. BCO yöntemi ile yüksek riskli olarak belirlenen ürünlerin %87'si k-ortalamar yöntemi ile orta riskli olarak değerlendirilmiştir.

BCO yöntemi ile orta riskli olarak belirlenen ürünlerin k- ortalamar yöntemi kullanılarak %39'u yüksek riskli %61'i ise düşük riskli olarak belirlenmiştir. Yani her iki yöntemle göre orta risk grubunda yer alan ortak ürünler bulunmamaktadır.

Yöntemlere göre bu farklılıkların neden kaynaklandığını belirlemek amacıyla BCO yöntemine göre orta riskli fakat k- ortalamar yönteminde yüksek riskli bulunan 8 ürün incelenmiştir.

Çizelge 6.12 BCO-Orta Risk Grubu/K-Ortalamar Yüksek Risk Grubu

Ürün Adı	Yaygınlık İndeksi	Tehlikenin Boyutu	Aykırılık Oranı	İhbar ve Şikâyet Oranı	Önerilme Oranı
Sınai Gaz Tüpleri	3	6	0.572	0.207	0.489
Kamping Soba	3	7	0.000	0.000	0.000
Termosifon	3	8	0.000	0.000	0.056
Patinaj Zincirleri	3	8	0.000	0.000	0.011
Kemik Kesme Makinası	2	7	0.174	0.000	0.000
Dokuma Makinaları	2	7	0.000	0.000	0.000
Giyotin Makas	2	7	0.176	0.200	0.004
Fırınlı Ocak	1	8	0.073	0.100	0.000

Çizelge 6.12'de yer alan ürünlerin yaygınlık indeksi 1 ile 4 arasında değişmekte olup profesyonel kullanıcılar tarafından kullanılan spesifik ürünleri işaret etmektedir. Bu ürünlere ilişkin tehlike boyutu her ne kadar yüksek olsa da yaygınlık indeksi ve diğer oran değişkenleri ile değerlendirildiğinde diğer ürünlere göre öncelik sıralaması gerilere düşmektedir.

BCO yönteminde ürünler tek bir kümenin üyesi değil tüm kümelere farklı üyelik dereceleri ile aittir göstermektedir. Çizelge 6.12'de yer alan ürünlerin üyelik değerleri 0.70 ve üzerinde orta dereceli risk grubunu göstermektedir. BCO yönteminde orta risk seviyesinin yaygınlık indeksi değişkenine göre küme merkezi 2.215 iken k-ortalamar yönteminde bu değer 5.082'dir. Tehlikenin boyutu değişkeni için tam tersi bir durum vardır. BCO yönteminde tehlikenin boyutu değişkeni için 6.082 olan orta risk kümesinin merkezi k-ortalamar yönteminde 3.519 olarak belirlenmiştir.

Yöntemler arasında orta ve yüksek risk sınıfları belirlenirken meydana gelen farklılığı küme merkezleri incelenerek açıklamak mümkündür. Her iki yöntem için de çok yüksek risk grubu için değişkenlere göre küme merkezleri benzer değerleri almıştır. Aynı durum çok düşük risk grubu için de geçerlidir. BCO yönteminde risk seviyesi düştükçe yaygınlık

indeksi, geçmiş yıllar aykırılık oranı, ihbar-şikâyet oranı ve önerilme oranı değişkenlerinin merkez noktasını gösteren değer azalmıştır. Tehlikenin boyutu değişkeni için yüksek riskli olarak belirlenen ürünlerin küme merkezi değeri (4.521) orta riskli ürünlere (6.082) göre daha düşüktür. Ancak tüm değişkenler bir arada değerlendirildiğinde piyasada yaygın olarak bulunan ve her tipte kullanıcı tarafından kullanılan ürünlere ilişkin risk değerinin oran değişkenlerinin de etkisiyle yüksek çıkmasının denetimin odak noktası belirlenirken doğru bir yaklaşım olduğu düşünülmektedir. K- ortalamalar yönteminde ise kümelerin oluşumunda en ağırlıklı değişkenin tehlikenin boyutu olduğu görülmüştür.

Veri setinin yöntemlere göre kümelerle ayrılma başarısını kıyaslamak için her risk seviyesinde yer alan ürünler rasgele alınarak 100 gözlemlili bir örneklem elde edilmiştir. Her risk grubunda farklı sayıda gözlem bulunmaktadır. Bu örnekleme her iki yöntemde tekrar uygulanmış ve küme üyelikleri kıyaslanmıştır.

Çizelge 6.13 Bulanık C- Ortalamalar Yönteminin Kümeleme Başarısı

		Örnekleme Çalışması					Toplam
		Çok Yüksek	Yüksek	Orta	Düşük	Çok Düşük	
İlk Uygulama	Çok Yüksek	17	0	0	0	0	17
	Yüksek	0	9	0	0	0	9
	Orta	0	15	0	0	0	15
	Düşük	0	0	11	23	0	34
	Çok Düşük	0	0	1	0	24	25
Toplam		17	24	12	23	24	100

BCO uygulamasıyla yapılan ilk çalışmada çok yüksek ve yüksek risk gruplarında yer alan ürünlerin örnekleme çalışması sonucunda da yine aynı risk seviyesi altında yer aldıkları görülmüştür. İlk uygulamada orta risk seviyesinde yer alan ürünler örnekleme çalışmasında yüksek risk seviyeli bulunurken, örnekleme çalışmasında orta risk grubunda yer alan ürünler ilk uygulamada düşük ve çok düşük risk grubunda yer almaktadır. Düşük risk grubunda her iki uygulamada aynı grupta yer alan ürünlerin oranı %67 iken çok düşük risk grubu için bu oran %96'dır. BCO yönteminin genel kümeleme başarısı %73 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 6.14 K-Ortalamlar Yönteminin Kümeleme Başarısı

		Örnekleme Çalışması					Toplam
		Çok Yüksek	Yüksek	Orta	Düşük	Çok Düşük	
İlk Uygulama	Çok Yüksek	17	0	0	0	0	17
	Yüksek	0	11	0	13	0	24
	Orta	0	0	11	0	0	11
	Düşük	0	23	0	0	0	23
	Çok Düşük	0	0	1	0	24	25
Toplam		17	34	12	13	24	100

K-ortalamlar uygulamasıyla yapılan ilk çalışmada çok yüksek ve orta risk gruplarında yer alan ürünlerin örnekleme çalışması sonucunda da yine aynı risk seviyesi altında yer aldıkları görülmüştür. İlk uygulamada düşük risk seviyesinde yer alan ürünler örnekleme çalışmasında yüksek risk seviyeli bulunurken, örnekleme çalışmasında düşük risk grubunda yer alan ürünler de ilk uygulamada yüksek risk grubunda yer almıştır. Çok düşük risk grubunda her iki uygulamada aynı risk seviyesinde yer alan ürünlerin oranı %96'dır. K- ortalamlar yönteminin genel kümeleme başarısı %63 olarak elde edilmiştir.

Genel olarak bu veri seti için, her iki yöntemde de kümelerin oluşturulmasında tehlikenin boyutu ve yaygınlık indeksi değişkenlerinin ağırlığının fazla olduğunu söylemek mümkündür. Ancak oran değişkenleri geçmiş yıllar deneyimlerinin objektif olarak analize katılmasını sağlamaktadır. Bu değişkenlerin etkisinin sonuçlar üzerine etkisi bulanık yaklaşımda daha fazla gözlenmiştir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde büyük veri kitlelerini daha anlaşılır bir hale dönüştürmek için çeşitli analiz yöntemlerinden faydalanılmaktadır. Karar alma ve politika oluşturma süreçlerinde verilerin indirgenmesi, belirli özellikleri açısından gruplanması yol haritalarının daha güvenilir bir şekilde çizilmesini sağlamaktadır.

Kümeleme analizleri, verilerin benzerliklerine göre gruplanması amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu analizlerde küme içi benzerliği en yüksek seviyede, kümeler arası benzerliği de tam tersi en düşük seviyede tutarak gruplama sağlamak amacıyla pek çok yöntem geliştirilmiştir.

Klasik kümeleme yöntemleri olarak bilinen hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemlerinin yanında son dönemde değişik veri yapıları ile çalışma kolaylığı sağlayan bulanık kümeleme yöntemlerinden faydalanılmaktadır. Ayrıca kümeler arası geçişli bir yapının olması analiz sonuçlarının yorumlanmasına zenginlik katmaktadır.

Bu çalışmada kapsamında, bir risk analizi uygulamasında bulanık c-ortalamlar yönteminin kullanımı gösterilmiştir. Uygulama alanı olarak piyasa gözetimi ve denetimi konusu çalışılmıştır.

Piyasa gözetimi ve denetimi kavramı ülkemiz gündemine 1995 yılında Avrupa Birliği ile kurulan Gümrük Birliği neticesinde girmiştir. 3 Ekim 2005'te başlayan AB'ye katılım müzakereleri 35 fasıl altında değerlendirilmekte olup PGD, malların serbest dolaşımı faslı altında yer almaktadır. Avrupa Birliği içerisinde malların serbest dolaşımının tek istisnası, dolaşımdaki ürünlerin kamu sağlığı ve güvenliğini tehdit etmesidir. Bu nedenle hem ticarete konu olan ürünlere ilişkin özelliklerin AB üyesi tüm ülkelerce kabul edilecek şekilde tespit edilmesini sağlamak adına hem de kendi piyasalarını korumak isteyen ülkelerin kullanabileceği en önemli araç PGD faaliyetleri olmuştur.

PGD faaliyetlerinin etkili ve verimli uygulanması durumunda piyasaya arz edilen ürünleri kullanmakta olan tüketicilerin ve diğer tüm kullanıcıların can ve mal güvenliği ile sağlığını korumak, yasal düzenlemelerini göz önünde bulundurarak üretim yapan üreticiyi koruyarak haksız rekabeti önlemek, Türkiye menşeli ürünlerin yurt dışında serbest dolaşımı önündeki kısıtlamaları kaldırmak için oldukça önemli bir role sahiptir.

Ülkemizde güvensiz ürünlerden kaynaklanacak zararlardan tüketicilerin ve kullanıcıların korunmasının yanında düşük maliyetli güvensiz ithal mallara karşı yerli ürünlerin korunması ve yerli ürünlerin güvenli hale getirilmesi amacıyla on farklı kamu kuruluşu

tarafından yürütülen piyasa gözetimi ve denetimi faaliyetleri için göz ardı edilemeyecek miktarda kaynak kullanılmaktadır. PGD faaliyetleri için ayrılan bu kaynağın etkin kullanımı ancak iyi bir planlama ile sağlanabilir.

Planlama çalışmalarının ilk adımı ürünlerin önceliklendirilmesini sağlayan risk analizi yöntemlerini kullanmaktadır. PGD faaliyetlerinde etkinliğin ve verimliliğin sağlanmasına katkı sağlayan risk analizi yöntemleri, pek çok ülkenin PGD kuruluşu tarafından kullanılmaktadır. Bunun yanında PGD kuruluşları tarafından üzerinde mutabakata varılmış bir risk analizi yöntemi bulunmamaktadır. Ortak bir yöntem kullanan AB üye ülkeleri haricinde PGD kuruluşları genel olarak kendi veri kaynaklarına uygun farklı teknikler uygulamaktadır. Ülkemizde de PGD faaliyetlerinden sorumlu kurumlarca kullanılan ortak bir risk analizi yöntemi bulunmamaktadır.

Bu çalışmada Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Sanayi Ürünleri Güvenliği ve Denetimi Genel Müdürlüğünün uyguladığı risk analizi yöntemi değerlendirilmiş ve görev alanına giren ürün grupları esas alınarak bir uygulama yapılmıştır. Analizde, Genel Müdürlükçe 2017 yıl sonu itibariyle gerçekleştirilmiş denetim verilerinden faydalanılmıştır. Analizde;

- Ürünün piyasadaki yoğunluğunu belirten yaygınlık indeksi,
- Ürünün herhangi bir güvensizlik durumunda çevreye vereceği zararın boyutunu belirten tehlikenin boyutu,
- Geçmiş yıllarda yapılmış denetimler sonucunda ürünün aykırı çıkma ihtimalini belirten geçmiş yıllar aykırılık oranı,
- Geçmiş yıllarda ihbar ve şikâyet üzerine denetlenmiş ürünlerden denetimin aykırı sonuçlanması ihtimalini belirten ihbar-şikâyet oranı,
- Süreç aktörlerinin görüşlerinin analizde yer bulmasını sağlayan önerilme oranı

olmak üzere beş farklı değişken kullanılarak ürünler risk seviyelerine göre kümelenmiştir. Kümeleme işlemi hem bulanık bir yöntem olan bulanık c-ortalamlar yöntemi hem de klasik bir yöntem olan k-ortalamlar yöntemi ile yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Küme sayısını belirlemek amacıyla literatürde yer alan indeksler denenmiş ancak veri setinin çok geniş olması nedeniyle 5'li likert ölçek şeklinde risk gruplarının çok yüksek, yüksek, orta, düşük, çok düşük olarak oluşturulmasının uygun olacağına karar verilmiştir.

Bulanık c-ortalamlar yöntemine göre belirlenen küme genişlikleri ile k-ortalamlar yöntemine göre belirlenen küme genişlikleri oldukça farklı gerçekleşmiş ve kümeler

detaylı olarak incelenerek bulanık c-ortalamlar yöntemi ile elde edilen sonuçlara tüm değişkenlerinin katkısının daha fazla olduğu tespit edilmiştir. K-ortalamlar yöntemine göre gerçekleştirilen kümeleme işleminde yaygınlık indeksi ve tehlikenin boyutu değişkenlerinin baskınlığı görülmüştür.

Özet olarak sürece ilişkin genel bir değerlendirme yapılacak olursa verilerin analizinde bulanık c-ortalamlar yönteminin daha başarılı olduğu söylenebilir. Bulanık mantık ile yapılan sınıflama esnek bir yapıdadır. Klasik mantık ile ürünlerin risk düzeyleri kesin bir şekilde ayrılırken, bulanık mantık kullanılarak yapılan sınıflamada ürünlerin risk seviyeleri ciddi riskli, riskli, düşük riskli, güvenli, çok güvenli şeklinde gruplar arasında kesin ayrımların olmadığı geçişli bir yapıya olanak tanıyarak gruplanmıştır. Bu derecelendirme sistem içerisinde politika oluşturmakla görev yapanlar ile denetim sonucunda yaptırım uygulayacak kişilere büyük kolaylıklar sağlamak ve kaynakların etkinliğini artırmaktadır. Böylelikle oluşturulan gruplardaki nesnelerin benzerlikleri artırılmakta ve uygulanacak yaptırımlar öznelendirilebilmektedir. Örneğin bulanık kümeleme yöntemi kullanılarak sınıflandırılmış ürünlerden asansörler %95 üyelik değeri ile ciddi risk grubunda yer almakta ve denetimler sonucunda aykırı bulunan ürünlere kullanım dışı bırakılması yaptırımını uygulanırken %75 üyelik değeri ile orta riskli ürünler grubunda yer alan ampuller için üreticiye düzeltici faaliyet yaptırılması yeterli olmaktadır. Ürün gruplarının risk seviyelerine göre sağlıklı bir şekilde gruplanması öncelik verilecek alanların belirlenmesinin yanında bu alanlara ilişkin oluşturulacak eğitim, doküman ve kaynak ihtiyacının da üst yönetimce daha doğru bir şekilde planlanmasına katkı sunacaktır.

Analizde yaygınlık indeksi ve tehlikenin boyutu değişkenlerinin baskın bir ağırlığı vardır. Çalışmada objektifliği sağlamak adına bu değişkenler farklı katılımcıların görüşlerini içerecek şekilde çalışma grupları kurularak belirlenebilir. Ya da tüm aktörlerin görüşlerini yansıtacak şekilde ürün grubu bazlı anket çalışmaları yürütülerek bu değerler tespit edilebilir.

Değişkenlere ilişkin bir diğer öneri de değişkenlerin ağırlıklandırılmasıdır. Geçmiş yıllar aykırılık indeksi piyasanın durumunu objektif verilerle ifade etmektedir. Buradan hareketle analizdeki etkisini artırmak amacıyla belirli bir katsayı ile çarpılarak değişkenin sonuçlar üzerindeki etkisi artırılabilir.

Bu çalışmada uygulanan risk analizi yöntemi ile PGD alanında kişisel deneyime dayalı çözüm yerine sistematik bir yaklaşım kullanılmıştır. Ayrıca, yapılan çalışmanın bu alanda

Çalışma yürütmek isteyen kurumlara ve araştırmacılara değişken seçimi ve yöntem tespiti noktasında yol göstereceği umulmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Jacqueline, J., *Risk Management 10 Principles*, Butterworth Heinemann, Oxford, **2002**.
- [2] Vose D., *Risk Analysis: A Quantitative Guide*, 3.d Edition, John Wiley and Sons, Ltd, New York, **2008**.
- [3] Tefvik, T. A., *Risk Analizine Giriş*, Alfa Basım Yayım Dağıtım A.Ş., Yayın No : 337, İstanbul, **1997**.
- [4] Karacan, A. İ., *Bankacılık ve Kriz*, Creative Yayıncılık, İstanbul, **2000**.
- [5] Ababneh, W., *An Integrated Approach Of Construction Risk Management and Evaluation*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, **2000**.
- [6] Çıtak, S., Geleneksel Risk Yönetiminden Programlanmış Menkul Kıymet İşlemlerine, Dünya Yayıncılık, Ekonomi Dizisi:7, İstanbul, **1999**.
- [7] Şakar,S., Proje Yönetimi, http://members.tripod.com/war_project/projeler/proje2.html, Ocak **2018**.
- [8] Muslu, D., *Sigortacılık Sektöründe Risk Analizi: Veri Madenciliği Uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, **2009**.
- [9] Karabacak B., Soğukpınar İ., Risk Analizi ve Yönetimi Süreçleri, *A New Electronic Journal in Computer Science*, III, **2003**.
- [10] Ridley, J., Channing, J., *Workplace Safety*, Butterworth Heinemann, UK, **1999**.
- [11] Öney, R.,G., *Süt Ürünleri Üretim Proseslerinde Risk Analizleri*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2012**.
- [12] Ringdahl, L.H., *Safety Analysis Principles and Practice in Occupational Safety*, Taylor&Francis, 55-149, New York, **2001**.
- [13] Uzuntaş, F., *Proje Yönetiminde Risk Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, **2010**.
- [14] Carr V., Tah J.H.M., *A Fuzzy Approach to Construction Project Risk Assessment and Analysis: Construction Project Risk Magement System Advances in Engineering Software*, 847-857, **2001**.
- [15] Arıkan, A.E., Dikmen, İ., Birgönül, M.T., *Bütünleşik Bir Risk Yönetim Karar Destek Sistemi*, 3.Yapı İşletmesi Kongresi, 2005, İzmir, pp.90-101, **2005**.
- [16] European Commission, Best Practice Techniques in Market Surveillance, <http://www.prosafe.org/index.php/best-practice/item/best-practices-techniques-in-market-surveillance>, Şubat **2018**.
- [17] Canada, J. R., *Intermediate Economic Analysis for Management and Engineering*, Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, **1971**.
- [18] Kaman, Z., *Piyasa Gözetimi ve Denetiminde Performans Değerlendirmesine İstatistiksel Bir Yaklaşım*, Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Uzmanlık Tezi, Ankara, **2015**.
- [19] Aslan, O., *Piyasa Gözetimi ve Denetimi Faaliyetlerinde İdari Yaptırım ve Yargısal Denetim*, Bilim,Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Uzmanlık Tezi, Ankara, **2014**.
- [20] Gök, O.E., *Piyasa Gözetimi ve Denetiminde (PGD) İyi Uygulama Örneklerinin İncelenmesi: Yeni Yaklaşımlar Çerçevesinde AB Ülke Modelleri İle Türkiye Modelinin Kıyaslanması*, Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Uzmanlık Tezi, Ankara, **2014**.
- [21] Kolat, D., *Piyasa Gözetimi ve Denetiminde (PGD) Uluslararası ve Ulusal Düzeyde Kullanılan Bilgi Sistemlerinin İncelenmesi*, Bilim,Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Uzmanlık Tezi, Ankara, **2014**.

- [22] Canpolat, Ö., *Ürün Güvenliği ve Denetimi*, Presmat Matbaacılık, 2. Baskı, Ankara, **2010**.
- [23] Ekonomi Bakanlığı, *Ürün Güvenliği Genel Müdürlüğü*, https://www.ekonomi.gov.tr/portal/faces/home/urun-guvenligi/urun-guvenligi-genel-bilgi?_afzLoop=24161310500164019&_afzWindowMode=0&_afzWindowId=174y5bxfmo&_adf.ctrl-state=owxoujolo_454#!%40%40%3F_afzWindowId%3D174y5bxfmo%26_afzLoop%3D24161310500164019%26_afzWindowMode%3D0%26_adf.ctrl-state%3Dowxoujolo_458, Ocak **2018**.
- [24] Armağan, N., Malların Serbest Dolaşımı, *TÜİÇ Akademi Bülteni*, Ankara, **2011**.
- [25] Ulusal Piyasa Gözetimi ve Denetimi Strateji Belgesi 2015-2017, Ekonomi Bakanlığı, **2015**.
- [26] Şen, Z., *Bulanık Mantık İlkeleri ve Modelleme*, Üçüncü Baskı, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, **2009**.
- [27] Baykal, N., Beyan, T., *Bulanık Mantık İlke ve Temelleri*, Birinci Baskı, Bıçaklar Kitapevi, Ankara, **2004**.
- [28] Zadeh, L.A., Fuzzy Sets, *Inform and Control*, 8, 338-353, **1965**.
- [29] Türkşen, İ.B., Bulanık Kümeler Kuramı ve Uygulamaları, *Yöneylem Araştırmaları Dergisi*, Sayı:4, **1985**.
- [30] Elmas, Ç., *Bulanık Mantık Denetleyiciler*, Seçkin Yayıncılık, Ankara, **2003**.
- [31] Zadeh, L.A., Fuzzy Logic, *IEEE Computer*, 21(4): 83-92, **1988**.
- [32] Karanfil, S., *Fuzzy Logic Problemlerinde Üyelik Fonksiyonunun Belirlenmesinde DeneySEL Verilere Dayanarak Bir Yöntem Geliştirilmesi*, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, **1997**.
- [33] Görgülü, Ö., *Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) Teorisi ve Tarımda Kullanım Olanakları Üzerine Bir Araştırma*, Doktora Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootekni Anabilim Dalı, Hatay, **2007**.
- [34] Erilli, N.A., *Bulanık Sayıların Bulanık Kümeleme Analizinde Kullanımı ve Satranç Oyuncularının Sınıflandırılması*, Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, **2012**.
- [35] Şen, Z., *Mühendislikte Bulanık (Fuzzy) Mantık ile Modelleme Prensipleri*, Su Vakfı Yayınları, 8-9, İstanbul, **2004**.
- [36] Çınar, Ş., *Bir Ürün Üretim Sürecine Ait Risklerin Bulanık Modelleme ile Ölçülmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri, **2013**.
- [37] İçen, D., *Bulanık Doğrusal Regresyon Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstatistik Anabilim Dalı, Ankara, **2010**.
- [38] Karataş, İ., *Bulanık Mantık*, Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Felsefe ve Din Bilimleri Ana Bilim Dalı Mantık Bilim Dalı, Diyarbakır, **2012**.
- [39] Özkan, C. G., *Fuzzy Lineer Programlamanın Bir Üretim Problemine Uygulanması*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, **1999**.
- [40] Rezaee, M.J., Yousefi, S., An Intelligent Decision Making Approach for Identifying and Analyzing Airport Risks, *Journal of Air Transport Management*, 68, 14-27, **2018**.
- [41] Kumar, A.M., Rajakarunakaran, S., Pitchipoo, P., Vimalasan, R., Fuzzy Based Risk Prioritisation in An Auto LPG Dispensing Station, *Safety Science*, 101, 231-247, **2018**.

- [42] Jamshidi, H. R., Karimi, A., Haghshenas, M., Risk Assessment of Particulate Matters in A Dentistry School Using Fuzzy Inference Systems, *Measurement*, 116,257-263, **2018**.
- [43] Dervishi, A., Fuzzy Risk Stratification and Risk Assessment Model for Clinical Monitoring in The ICU, *Computers in Biology and Medicine*, 87, 169-178, **2017**.
- [44] Güler, N., *Bulanık Kümeleme Analizi ve Bulanık Modellemeye Uygulamaları*, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Ana Bilim Dalı, Muğla, **2006**.
- [45] Yaralıoğlu, K., *Uygulamada Karar Destek Yöntemleri*, İlkem Ofset, İzmir, **2004**.
- [46] Şentürk, S., *Deney Planlamasında Bulanık Mantık Yaklaşımı*, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilim Dalı, Eskişehir, **2006**.
- [47] Ulutagay, G., *Bulanık C-Ortalamalar Kümeleme Analizi ve Uygulamaları*, Ege Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, **2004**.
- [48] Şahinli F., *Kümeleme Analizine Fuzzy Set Teorisi Yaklaşımı*, Gazi Üniversitesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara, **1999**.
- [49] Naes, T., Mevik, T.H., The Flexibility of Fuzzy Clustering Illustrated by Examples, *Journal of Chemo-Metrics*, **1999**.
- [50] Höppner, F., Klawonn, F., Rudolf, K., Runkler, T., *Fuzzy Cluster Analysis*, Wiley & Sons, UK, **1999**.
- [51] Eğrioğlu, E., Aladağ, Ç.H., Yolcu, U., Fuzzy Time Series Forecasting with A Novel Hybrid Approach Combining Fuzzy C- Means and Neural Networks, *Expert Systems with Applications*, 40, 854-857, **2013**.
- [52] Türkşen, B., An Ontological and Epistemological Perspective of Fuzzy Set Theory, Amsterdam, *Oxford: Elsevier*, p.123-143, **2005**.
- [53] Atal, S., *Bulanık Kümeleme Analizi ve OECD Ülkelerinin Gelişmişlik Bakımından Kümelendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstatistik Anabilim Dalı, Eskişehir, **2015**.
- [54] Azar, A., El-Said, S., Hassanien, A., Fuzzy and Hard Clustering Analysis for Thyroid Disease, *Computer Methods and Programme in Biomedicine*, 111 (1), 1-16, **2013**.
- [55] Tezel, Ö., *Yönel Verilerin Kümeleneğinde Bulanık C-Ortalamalar Algoritması*, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Anabilim Dalı, Trabzon, **2014**.
- [56] Alpaslan, F., Erilli, N. A., Yolcu, U., Eğrioğlu, E., ve Aladağ, Ç. H., Bulanık Kümelemede En Uygun Küme Sayısının Yapay Sinir Ağları ve Diskriminant Analizi İle Belirlenmesi, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 475-488, **2011**.
- [57] Abonyi, J., Feil, B., *Cluster Analysis for Data Mining and System Identification*, Springer Science & Business Media, p.1-45, **2007**.
- [58] Bezdec, J.C., *Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms*, Plenum Press, New York, **1981**.
- [59] Grekousis, G., Thomas, H., Comparison of Two Fuzzy Algorithms in Geodemographic Segmentation Analysis: The Fuzzy C-Means and Gustafson-Kessel Methods, *Applied Geography*, 34, 125-136, **2012**.
- [60] Fukuyama, Y., Sugeno, M., *A New Method of Choosing The Number of Clusters for The Fuzzy C-Means Method*, Proceedings of The Fifth Fuzzy Systems Symposium, s. 247-250, **1989**.
- [61] Xie, X. L., Beni, G., *A Validity Measure for Fuzzy Clustering*, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 841-847, **1991**.

- [62] Kwon, S. H., *Cluster Validity Index for Fuzzy Clustering*, Electronics Letters, 2176-2177, **1998**.
- [63] Kesemen, O., Tezel, Ö., *Küme Sayısının Optimal Olarak Belirlenmesinde Yeni Bir Yaklaşım*, Uluslararası 8. İstatistik Kongresi, Antalya, **2013**.
- [64] Sanayi Ürünleri Güvenliği ve Denetimi Genel Müdürlüğü İnternet Sayfası, <https://sug.sanayi.gov.tr/sayfa.html?sayfald=b66340b1-cc58-47fa-9114-73ff0b97ef99>, Nisan, **2018**.
- [65] Kalaycı,Ş., *SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri*, Asil Yayın Dağıtım, Ankara, **2010**.
- [66] Ünlükaplan, Y., *Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemlerin Peyzaj Ekolojisi Araştırmalarında Kullanımı*, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, **2008**.
- [67] Tatlıdil, H., *Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz*, Akademi Matbaası, 329, Ankara, **2002**.

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : Zeynep KAMAN
Doğum Yeri : Ankara
Medeni Hali : Bekar
E-Posta : kamanzeynep@gmail.com
Adres : Altay Mahallesi 27. Sokak Taşlıca Apt. No:94/5 Eryaman/ANKARA

Eğitim

Lise : 1997 - 2001 Nermin-Mehmet Çekiç Anadolu Lisesi
Lisans : 2007 - 2012 Hacettepe Üniversitesi İstatistik Bölümü
Yüksek Lisans: 2014 - 2018 Hacettepe Üniversitesi İstatistik Bölümü Tezli Yüksek Lisans Programı

Yabancı Dil ve Düzeyi : İngilizce / İyi

İş Deneyimi

2013 - 2017 Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı - Sanayi ve Teknoloji Uzmanı
2017 - Savunma Sanayii Müsteşarlığı - Sanayi ve Teknoloji Uzmanı

Deneyim Alanları

Piyasa Gözetimi ve Denetimi
Maliyet Analizi
Proje Takip ve Değerlendirme

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

-

Tezden Üretilmiş Yayınlar

-

Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar

-



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İSTATİSTİK ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 04/07/2018

Tez Başlığı: Risk Analizinde Bulanık Mantığın Kullanılmasına Yönelik Bir Uygulama Çalışması

Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 70 sayfalık kısmına ilişkin, 04/07/2018 tarihinde tez danışmanım tarafından *Turnitin* adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinalite raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 7 'dir.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar dahil
- 3- 5 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları dahil

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orijinalite Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

04/07/2018

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Zeynep KAMAN
Öğrenci No: N14127420
Anabilim Dalı: İstatistik Anabilim Dalı
Programı: İstatistik
Statüsü: ☒ Y.Lisans ☐ Doktora ☐ Bütünleşik Dr.

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

Doç. Dr. Çağdaş Hakan ALADAĞ