



**ZAMAN SERİLERİNİN DİLSEL ÖZETLENMESİ: AVRUPA
BRENT PETROL SPOT PİYASA FİYATI ÜZERİNE BİR
UYGULAMA VE TÜRKİYE PERSPEKTİFİNDEN YORUMLAR**

Hakan HATİPOĞLU

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

NİSAN 2014

Hakan HATİPOĞLU tarafından hazırlanan “ZAMAN SERİLERİNİN DİLSEL ÖZETLENMESİ: AVRUPA BRENT PETROL SPOT PİYASA FİYATI ÜZERİNE BİR UYGULAMA VE TÜRKİYE PERSPEKTİFİNDEN YORUMLAR” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Diyar AKAY

Endüstri Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

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



Başkan: Prof. Dr. M. Ali AKCAYOL

Bilgisayar Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

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



Üye: Doç. Dr. Cüneyt ÇEVİK

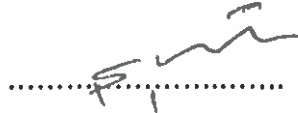
Analiz ve Fonksiyonlar Teorisi, Gazi Üniversitesi

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



Tez Savunma Tarihi: 22/4/2014

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



Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.



Hakan HATİPOĞLU

22/4/2014

**ZAMAN SERİLERİNİN DİLSEL ÖZETLENMESİ: AVRUPA BRENT PETROL SPOT
PIYASA FİYATI ÜZERİNE BİR UYGULAMA VE TÜRKİYE PERSPEKTİFİNDEN
YORUMLAR**

(Yüksek Lisans Tezi)

Hakan HATİPOĞLU

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Nisan 2014

ÖZET

Sanayinin büyümesi, nüfus artışı, teknolojik gelişmeler ve yaşam standartlarının yükselmesinin bir sonucu olarak dünya enerji tüketimi sürekli bir artış göstermektedir. Bu nedenle; kesintisiz, güvenilir bir şekilde ve uygun fiyatlarda enerji tedarik edebilmek, bir ülke için hayati önem taşımaktadır. Başta yenilenebilir enerji kaynakları olmak üzere, alternatif enerji kaynaklarındaki gelişmelere rağmen dünya enerji tüketiminin büyük kısmı hala fosil yakıtlarla karşılanmaktadır. Birincil enerji kaynaklarının %83'ünü oluşturan fosil yakıtların ana türleri ham petrol, doğal gaz ve kömürdür. Dünya enerji tüketiminin 2013 yılında birincil enerji kaynaklarına göre dağılımında, %33,1 ile petrol birinci sırada bulunmaktadır. Bu oran, Türkiye gibi yıllık petrol tüketiminin büyük kısmını ithal eden ülkelerde, petrol fiyatı zaman serilerinin gelecekteki davranışları ve dalgalanmalarını tahmin etmenin önemini göstermektedir. Ham petrol fiyatını öngörmek amacıyla geliştirilen tahmin edici modellerle karşılaştırıldığında tanımlayıcı (keşfedici) modeller; ham petrol fiyatı üzerinde etkili olan faktörler arasındaki ilişkileri keşfetmek bakımından ayrı bir önem taşımaktadır. Bu tezde; tanımlayıcı bir teknik olan zaman serilerinin dilsel özetlenmesi, Mayıs 1987-Temmuz 2013 tarihleri arasında elde edilen günlük ve aylık bazdaki, varil/dolar birimli Brent Petrol Fiyatı (BPF) verilerini özetlemek için kullanılmıştır. Türkiye gibi petrol ithalatçısı ülkeler için, petrol fiyatı zaman serilerinin gelecekteki davranışları ve dalgalanmalarını tahmin etmeye yardımcı olabilecek dilsel önermeler üretmede kullanılabilecek bir karar destek aracı oluşturulmasını amaçlayan bu tez; BPF zaman serilerinin dilsel özetlenmesi için literatürdeki ilk girişimdir. Yapılan dilsel özetleme çalışması sonucunda BPF trendlerinin ana özellikleri (süre, dinamiklik ve değişkenlik) hakkında oluşturulan dilsel önermeler Türkiye perspektifinden ekonomik olarak yorumlanmış ve Türkiye'nin petrol ithalatında, 1996-2012 yılları arasında yaklaşık 573,88 milyon dolarlık kısıntıya gidebileceğini gösteren bir tedarik stratejisi önerilmiştir.

Bilim Kodu : 906.1.071

Anahtar Kelimeler : enerji, Brent Petrol Fiyatı (BPF), zaman serileri, dilsel özetleme, bulanık kümeler

Sayfa Adedi : 65

Danışman : Doç. Dr. Diyar AKAY

LINGUISTIC SUMMARIZATION OF EUROPE BRENT SPOT PRICE TIME SERIES
ALONG WITH THE INTERPRETATIONS FROM THE PERSPECTIVE OF TURKEY

(M. Sc. Thesis)

Hakan HATİPOĞLU

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

April 2014

ABSTRACT

World energy consumption shows a steady increase as a consequence of rapid industrialization, population growth, technological developments and improvement of living standards. Therefore, being able to supply energy in a way that is uninterrupted, reliable and fair prices is crucial for a country. Despite the advances in alternative energy sources, especially in renewable energy, fossil fuels still meet the majority of the world energy consumption. 83% of the primary energy source of the world is fossil fuels whose main kinds are crude oil, natural gas and coal. Oil has the highest ratio with 33,1% in the distribution of world energy consumption according to primary energy sources in 2013. This ratio shows that estimation of future behaviors and fluctuations of oil price time series for countries such as Turkey that imports most of the oil consumption is significant. Compared to the predictive models for forecasting crude oil price, the descriptive (exploratory) models are also important for discovering the relations among factors that have influence on crude oil price. In this paper, linguistic summarization of time series, a descriptive technique, is used to summarize the Europe Brent Spot Price (EBSP) data (dollars per barrel) from May 1987 to July 2013 on daily and monthly base. This thesis is the first attempt in the literature for linguistic summarization of the EBSP time series, aim of which is to establish a decision support tool that can be used for generating linguistic propositions helping the estimation of future behaviors and fluctuations of oil price time series for oil importer countries such as Turkey. Economic interpretations of generated linguistic propositions about the main features of EBSP trends (duration, dynamics of change and variability) and a procurement strategy, indicating that Turkey could cut back on oil importation about 573,88 million dollars between 1996 and 2012, is suggested from the perspective of Turkey.

Science Code : 906.1.071

Key Words : energy, Europe Brent Spot Price (EBSP), time series, linguistic summarization, fuzzy sets

Page Number : 65

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Diyar AKAY

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Doç. Dr. Diyar AKAY'a, Bulanık Kümeler konusunda verdiği bilgiler ve çalışmalarından faydalandığım Arş. Gör. Dr. Fatih Emre BORAN'a ve MATLAB konusundaki değerli yardımları için Arş. Gör. Mustafa AVCI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜRDE PETROL FİYATLARININ ÖNGÖRÜLMESİ ÜZERİNE YÜRÜTÜLEN ÇALIŞMALAR	7
3. VERİ MADENCİLİĞİNDE TEMEL KAVRAMLAR	11
3.1. Veri Madenciliği	11
3.1.1. Sınıflandırma.....	12
3.1.2. Regresyon.....	12
3.1.3. Kümeleme	12
3.1.4. Birliktelik kuralları.....	13
3.1.5. Özetleme	13
3.1.6. Aykırı değer analizi.....	13
3.2. Zaman Serisi Veri Madenciliği	13
4. DİLSEL ÖZETLEME	15
4.1. Bulanık Kümeler	15
4.1.1. Bulanık kümelerde kesişim	18
4.1.2. Bulanık kümelerde birleşim	20
4.1.3. Kardinalite kavramı.....	21

	Sayfa
4.1.4. Genelleştirilmiş doğal sayı	21
4.2. Bulanık Dilsel Özetleme	22
4.2.1. Tip-1 niceleyici cümleler	23
4.2.2. Tip-2 niceleyici cümleler	24
4.3. Trend Kavramı ve Trend Analizi	25
4.3.1. Sklansky ve Gonzalez'in geliştirdiği algoritma	27
4.4. Zaman Serilerinin Dilsel Özetlenmesi	28
4.5. Dilsel Özetlerin Doğruluk Derecesinin Hesaplanması.....	31
4.5.1. Tip-I niceleyici cümlelerin değerlendirilmesi	33
4.5.2. Tip-II niceleyici cümlelerin değerlendirilmesi.....	34
4.5.3. Bulanık kardinalite temelli doğruluk derecesi	35
5. UYGULAMA	45
5.1. Günlük Bazda Yorumlar	49
5.2. Aylık Bazda Yorumlar	51
6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	55
KAYNAKLAR	57
ÖZGEÇMİŞ	65

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Dünya birincil enerji kaynakları 2012 dağılımı.....	1
Çizelge 1.2. 2009 - 2012 yılları arasında Türkiye petrol tüketimi.....	2
Çizelge 1.3. 2002 - 2011 yılları arasında Türkiye'nin ham petrol ithalatı için ödediği tutarlar.....	3
Çizelge 4.1. Dilsel özetlemede notasyonlar	23
Çizelge 4.2. Tip I niceleyici cümlelerin değerlendirilmesi için önerilen yöntemlerin sağladığı özellikler.....	42
Çizelge 4.3. Tip II niceleyici cümlelerin değerlendirilmesi için önerilen yöntemlerin sağladığı özellikler.....	42
Çizelge 5.1. Alternatif sonuçlar üretmek için kullanılan bulanık küme ve dilsel etiket seçenekleri.....	47
Çizelge 5.2. Günlük bazda üretilen ve zaman serisini temsil etme gücüne sahip dilsel özetler.....	48
Çizelge 5.3. Aylık bazda üretilen ve zaman serisini temsil etme gücüne sahip dilsel özetler.....	49
Çizelge 5.4. Finansal Karşılaştırmalar	53

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Veri madenciliği yöntemleri	12
Şekil 4.1. Farklı tipteki bulanık kümeler: (a) Kesikli bulanık küme (b) Sürekli bulanık küme.....	16
Şekil 4.2. Bulanık kümelerde öz, destek, sınır, geçiş noktaları ve yükseklik.....	17
Şekil 4.3. Üçgensel bulanık sayı	17
Şekil 4.4. Dilsel değişken örneği	18
Şekil 4.5. (a) “yaklaşık 3” mutlak niceleyicisi (b) “çoğu” göreceli niceleyicisi	25
Şekil 4.6. Düzgün ε - yaklaşımı algoritmasının gösterimi: (a) Konilerin kesişimi (gri alan) (b) p_3 noktasından yeni koninin başlaması.....	26
Şekil 4.7. Dinamikliğin görsel olarak gösterimi	28
Şekil 4.8. Yerel trendlerin bulunmasına ilişkin algoritma	29
Şekil 4.9. Değişimin süresi için “uzun” bulanık kümesinin gösterimi	30
Şekil 4.10. Yerel trendlerin süresi, dinamikliği ve değişkenliği.....	30
Şekil 4.11. Zaman serilerinin dilsel özetlenmesi yönteminin akış şeması.....	31
Şekil 5.1. (a) Günlük bazda BPF zaman serisi (b) 20 Mayıs 1987 ile 27 Temmuz 1987 arasındaki yerel trendlerin gösterimi.....	45
Şekil 5.2. (a) Aylık bazda BPF zaman serisi (b) Mayıs 1987 ile Eylül 1990 arasındaki yerel trendlerin gösterimi.....	46
Şekil 5.3. Kullanılan niceleyiciler: (a) çoğu (b) en az yarısı (c) neredeyse tamamı (d) yarısı.....	47
Şekil 5.4. (a) Yerel trendlerin dinamikliğini temsil eden bulanık kümeler (açı) (b) Yerel trendlerin süresini temsil eden bulanık kümeler (ay) (c) Yerel trendlerin değişkenliğini temsil eden bulanık kümeler (normalize edilmiş mesafe).....	50

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
X	Evrensel küme
A	Bulanık küme
A^{kesin}	Kesin küme
x_i	i. eleman
$\mu_A(x_i)$	x_i elemanın A kümesine aitlik derecesi
α	Alfa kesmesi
α^+	Güçlü alfa kesmesi
A_α	Elemanlarının üyelik dereceleri α 'ya eşit ya da büyük olan kesin küme
A_{α^+}	Elemanlarının üyelik dereceleri α 'dan büyük olan kesin küme
$ET(x)$	x değişkeninin etiket kümesi
G	Sözdizimsel kural
$\mathcal{M}$	Anlamsal kural
$\cap$	Kesişim operatörü
$\otimes$	t-norm operatörü
$\cup$	Birleşim operatörü
$\oplus$	t-konorm operatörü
Z	Bulanık sayı
N	Doğal sayılar kümesi
ϕ	Sonlu genelleştirilmiş doğal sayı
β	Sonlu genelleştirilmiş doğal sayı
C	Bulanık kardinalite
$\mathbb{D}$	Veritabanı
Y	Veritabanındaki tüm nesnelerin kümesi

Simgeler	Açıklama
y_m	Veritabanındaki m. nesne
v_k	k. özellik
X_k	v_k 'in tanım kümesi
$v_k(y_m)$	m. kayıtın k. özelliğine ait değeri
d_m	m. nesne için tüm özellikleri kapsayan kayıt
S_k	Özetleyici
$w_g(S_g)$	Öncül özetleyici
Q	Niceleyici
T	Doğruluk derecesi
$\forall$	Tümü niceleyicisi
$\exists$	En az biri niceleyicisi
$\emptyset$	Boş küme
$Y_Q(S)$	Tip-I niceleyici cümleler için OWA operatör temelli doğruluk derecesi
b_i	S bulanık kümesine ait elemanların üyelik dereceleri büyükten küçüğe sıralandığında i. en büyük değer
w_i	i. kalite ölçümüne ait ağırlık
$Z_Q(S)$	Tip-I niceleyici cümleler için Zadeh tarafından önerilen doğruluk derecesi
$C_Q(S)$	Tip-I niceleyici cümleler için Choquet İntegral temelli doğruluk dereceleri
$P(S w_s(S_s))$	$w_s(S_s)$ bulanık kümesinin S bulanık kümesine göre göreceli skalar kardinalitesi
$Z_Q(S w_s(S_s))$	Tip-II niceleyici cümleler için Zadeh tarafından önerilen doğruluk derecesi
$Y_Q(S w_s(S_s))$	Tip-II niceleyici cümleler için OWA operatör temelli doğruluk derecesi
e_j	$w_s(S_s)$ bulanık kümesinin j. en küçük elemanı
$G_Q(S)$	Tip-I niceleyici cümleler için G Tipi bulanık kardinalite temelli yöntem

Simgeler	Açıklama
t	Yerel trendin süresi
η	Yerel trendin x eksenineyle yaptığı açı
$E(S, i)$	S bulanık kümesinin i tane elemana sahip olmasının olabilirliği
$L(S, i)$	S bulanık kümesinin en az i tane elemana sahip olmasının olabilirliği
$GD_Q(S)$	Tip-I niceleyici cümleler için GD Tipi bulanık kardinalite temelli yöntem
$ED(S, i)$	S bulanık kümesinin i tane elemana sahip olmasının olabilirliği
$Z(S, i)$	S bulanık kümesinin i tane elemana sahip olmasının olabilirliği
$GD_Q(S w_s(S_s))$	Tip-II niceleyici cümleleri değerlendirmek için olasılık temelli yöntem
$ER(S w_s(S_s), c)$	S bulanık kümesinin $w_s(S_s)$ bulanık kümesine göre göreceli bulanık kardinalitesi
c	Göreceli bulanık kardinalitenin oranı
$ZS_Q(S w_s(S_s))$	Tip-II niceleyici cümleleri değerlendirmek için olabilirlik temelli yöntem
$ES(S w_s(S_s), c)$	S bulanık kümesinin $w_s(S_s)$ bulanık kümesine göre göreceli bulanık kardinalite

Kısaltmalar	Açıklama
ARCH	Oto-regresif koşullu değişen varyans
BK	Bulanık küme
BKA	Belirsizliğin kapladığı alan
BPF	Brent Petrol Fiyatı
BS	Bulanık sayı

ECM	Hata düzeltme modelleri
GARCH	Genelleştirilmiş ARCH
GDS	Genelleştirilmiş doğal sayı
GA	Genetik algoritma
KGDS	Konveks genelleştirilmiş doğal sayı
KS	Kısıtlama seviyesi
LinR	Doğrusal regresyon
OECD	Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
OPEC	Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü
SBK	Sonlu bulanık küme
TGARCH	Eşik değer GARCH
WTI	Batı Teksas petrolü
VAR	Vektör oto-regresyon
YSA	Yapay sinir ağları
ZSVM	Zaman serisi veri madenciliği

1. GİRİŞ

Sürdürülebilir yaşam konforu ve sosyo-ekonomik kalkınmanın temeli olan enerji arz güvenliği; sürekli bir şekilde, makul fiyatlarda, yüksek kaliteli enerjinin, yeterli miktarda elde edilmesidir [1]. Bu nedenle; kesintisiz, güvenilir bir şekilde ve uygun fiyatlarda enerji tedarik edebiliyor olabilmek, bir ülke için hayati önem taşımaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları başta olmak üzere alternatif enerji kaynaklarındaki ilerlemelere rağmen dünya enerji tüketiminin çoğunluğunu hala fosil yakıtlar karşılamaktadır. Birincil enerji kaynaklarının %83'ünü oluşturan fosil yakıtların ana türleri ham petrol, doğal gaz ve kömürdür. Dünya enerji tüketiminin 2012 yılında birincil enerji kaynaklarına göre dağılımı Çizelge 1.1'de verilmektedir. [2, 3].

Çizelge 1.1. Dünya birincil enerji kaynakları 2012 dağılımı

Tür	Oran
Petrol	%32,4
Kömür	%27,3
Doğal gaz	%21,4
Biofuels ve atıklar	%10,0
Nükleer	%5,7
Hidro	%2,3
Diğer	%0,9

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı için dünya çapında hükümetlerin uyguladığı teşviklere ve yeni yatırımlara rağmen; birincil enerji kaynakları arasında petrolün hala en büyük paya sahip olduğu açık olarak görülmektedir. Petrolün, dünya birincil enerji portföyünde baskın olan yakıt türü olarak kalacağı ve 2020 yılında dünya petrol talebi hacminin günlük yaklaşık 115 milyon varil olacağı öngörülmektedir [4]. Toplam enerji tüketiminde petrolün payının her geçen yıl daha da küçüldüğü gerçeğine rağmen, petrol tüketim miktarı artma eğilimi göstermektedir [5]. 2012 yılında, günde 89,15 milyon varile eşit olan dünya enerji talebinin %33'ü petrol ile karşılanmıştır [6, 7]. 2013 yılında ise bu rakam 90,38 milyon varil/gün olarak gerçekleşmiştir. 2014 yılı için beklenen miktar 91,6 milyon varil/gün olarak öngörülmektedir [7]. Ancak bu rakamlar, petrol talebinin tüm ülkelerde artış gösterdiği anlamına gelmemektedir. Petrol tüketim eğilimlerine göre ülkeler

iki kategoriye ayrılmaktadır: gelişmiş ülkelerde petrol tüketim oranı azalırken; gelişmekte olan ülkelerde ise petrol tüketim oranı artmaktadır [5].

Gelişmekte olan bir ülke olarak Türkiye; Avrupa ve Asya arasındaki köprü konumu sebebiyle büyük bir jeopolitik önem taşımakta olup, yıllık 500 milyar dolar ihracat hacmine ulaşarak, 2023 yılında dünyanın en büyük 10 ekonomisinden biri haline gelmeyi amaçlamaktadır [8]. Bu hedeflere ulaşılabilmesi için, Türkiye'nin dış ticaret açığını azaltması gerekmektedir. Büyük petrol ihracatçılarından biri olan Türkiye'de, nüfus artışı ve endüstriyel büyüme ile enerji tüketim miktarı ve doğru orantılı olarak petrol ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Türkiye'de birincil enerji kaynaklarına yönelik talebin son yıllardaki ekonomik büyümenin bir sonucu olduğu görülmektedir [9]. Petrole ödenen milyarlarca dolar, Türkiye'nin dış ticaret açığındaki en pahalı kalemlerden biridir. 2012 yılındaki birincil enerji kaynaklarına göre Türkiye'nin enerji tüketim dağılımı göz önüne alındığında, petrolün payı yaklaşık %26'dır [10]. 2009-2012 yılları arasındaki Türkiye petrol tüketimi Çizelge 1.2'de listelenmiştir [5].

Çizelge 1.2. 2009-2012 yılları arasında Türkiye petrol tüketimi

	2009	2010	2011	2012
Yerli Kaynaklar (ton)	2.237.221	2.538.317	2.433.408	2.324.230
İthal Edilen (ton)	14.192.524	16.836.785	18.092.206	19.484.875
Toplam İhtiyaç (ton)	16.429.745	19.375.102	20.525.614	21.809.105

Türkiye toplam ham petrol ithalatı 2009 yılında 16,43 milyon ton olarak gerçekleşmiş ve 2,95 milyon tonluk bir artışla 2010 yılında 19,38 milyon tona ulaşmıştır. 2011 yılında, ithal edilen ham petrol miktarı 20,53 milyon ton seviyesine yükselmiş olup 2012 yılında ise 21,8 milyon tona ulaşmıştır. 2012 verilerine göre, Türkiye'nin yıllık ham petrol talebinin yalnızca %10,6'lık (2.32 milyon ton) kısmı yerli üretimle tedarik edilmiş olup hemen hemen geri kalan tüm kısmı İran, Rusya, Suudi Arabistan, Irak ve Kazakistan'dan ithal edilmiştir. Bu rakamlar ham petrol ithalatına bağımlılığın çok yüksek olduğunu ve enerji arz güvenliğinin ithalata bağlı olduğunu göstermektedir. Türkiye 2011 yılında ithal petrol ürünleri için yaklaşık 18,5 milyar dolar harcamıştır. 2002 yılında bu rakam yaklaşık olarak 5,4 milyar dolar civarında olmuştur [11-13]. 2002-2011 yılları arasındaki Türkiye'nin yıllık petrol ithalat maliyetleri Çizelge 1.3'te verilmektedir.

Çizelge 1.3. 2002-2011 yılları arasında Türkiye'nin ham petrol ithalatı için ödediği tutarlar

Yıllar	Yıllık Petrol İthalat Tutarı (milyar dolar)
2002	5,411
2003	6,579
2004	8,636
2005	12,412
2006	16,608
2007	19,339
2008	27,034
2009	15,172
2010	20,941
2011	18,522

Çizelge 1.3'ten anlaşılacağı şekilde son 10 yılda, Türkiye'nin petrol ithalatı harcamaları endüstriyel büyüme ve nüfus artışı nedeniyle hızlı bir artış göstermiştir. Bu nedenle, petrol ithalat maliyetini öngörmek, yıllık petrol ihtiyacının yaklaşık %90'ını ithal eden Türkiye için kritik değerdedir [5]. Petrol ithalatına harcanan muazzam miktardaki döviz harcamasını finanse etmek ve ödeme planlarını hazırlamak için; fiyat trendlerini incelemek, varil başına petrol fiyatı dalgalanmalarını tahmin etmek ve geleceğe yönelik belirsizlikleri açıklığa kavuşturmak büyük önem taşımaktadır.

Dünya çapında yaygın olarak kullanılan petrol fiyatı sınıflandırmaları (referanslar veya benchmark olarak nitelendirilen); Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü (OPEC) Referans Sepet Fiyatları, BPF, Dubai Ham Petrol, Umman Ham Petrol ve Batı Teksas Petrolü'dür (WTI). Batı'ya ihraç edilmekte olan Avrupa, Afrika ve Ortadoğu petrolünü fiyatlandırmak amaçlı bir referans olarak BPF, uluslararası ticarete satılan ham petrolün üçte ikisini fiyatlandırmak için kullanılmaktadırlar. Bu nedenle, Türkiye örneğinde BPF verileri (varil başına dolar) temel alınarak dilsel özetleme çalışması gerçekleştirilmiştir [14].

İnsanlar günlük yaşamda daha az kesin olmasına rağmen rakamlar yerine doğal dili kullanmayı tercih etmektedirler. Çünkü karmaşık rakamlar yerine dilsel ifade biçimindeki bilgileri daha kolay hatırlamaktadırlar. Bu nedenle; dalgalanmaları incelerken, karmaşık

matematiksel ifadeler yerine dilsel ifadeler kullanmak daha net ve açıklayıcıdır. Bu tür dilsel önermeler türetme amacı ile doğal dil yardımıyla insanlar tarafından kolaylıkla anlaşılacak biçimde verilerin özetlenmesini sağlayan "Dilsel Özetleme" yöntemi ilk kez Yager tarafından ortaya atılmıştır [15]. Örneğin; elimizdeki bilgi, bir enerji kaynakları veritabanından alınan klasik istatistiksel bir ifade olan "2012 yılının son çeyreği için ortalama petrol fiyatı 112,117 dolardır" olsun. Bu türden sayısal ifadeleri anlamak kolay görünse dahi veri boyutu artıkcı rakam karmaşası artmakta ve insanlar genellikle "2012 yılının son çeyreği için ortalama petrol fiyatı yaklaşık olarak 110 dolardır" ya da "2012 yılının son çeyreği için ortalama petrol fiyatı yüksektir" gibi dilsel ifadeleri tercih edilmektedirler [16]. Burada kritik soru ise, "yaklaşık 110 dolar" ya da "yüksek" gibi ifadelerin nasıl ölçeklendirileceğidir.

Bu tür dilsel ifadeleri sayısal olarak modellemek için bilinen en iyi yöntem Zadeh tarafından ileri sürülen Bulanık Kümeler (BK) yöntemidir [17-20]. Farklı yaklaşımlarla çeşitli alanlarda uygulanan BK'ye dayalı dilsel özetleme üzerine birçok çalışma yürütülmüştür. Ana uygulama alanları şunlardır: zaman serilerinin dilsel özetlenmesi [21-25], karar destek sistemleri [26, 27], yazılı metinlerin sınıflandırılması (arşiv çalışmaları) [28], uzlaşma süreçleri [29], insan hareketlerinin ve davranışlarının analizi [30], sosyal ağlar [31, 32], internet trafik akışının izlenmesi [33], hata algılama [34], mali raporlar [35], sürüş ve trafik faaliyetleri [36, 37].

Dilsel özetlemenin en önemli uygulama alanlarından biri de süre, değişkenlik ve dinamiklik olmak üzere üç açıdan, zaman serisi trendleri arasındaki ilişkileri inceleyerek dilsel önermeler üreten zaman serisi veri madenciliğidir (ZSVM) [22-24, 38-43]. Zamana bağlı olarak verilerin özetlenmesi; sistemlerinin çoğunun dinamik olması ve verilerin zaman içinde değişmesi nedeniyle daha çok önem kazanmaktadır. Verilerin zamana bağlı davranışı, tutarlı bir şekilde dilsel özetleme ile ortaya konabilmektedir. Çalışmaların büyük çoğunluğu, zaman serilerinin farklı bakış açıları ile dilsel olarak özetlenmesi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Zaman genellikle saat, gün veya ay olarak gruplara ayrılmıştır. Literatürde yapılan ilk çalışmalarda, Kacprzyk ve ark. zaman serisinin yerel (kısmi) trendlerini tespit etmiş, daha sonra da zaman serisi özetlemelerine yönelik yerel trendlerin üç temel niteliği olan zamanı, değişkenliği ve dinamikliği dikkate alarak bu özellikleri BK'ler ile modellenen dilsel etiketler ile tanımlamışlardır [21-29, 41, 43-48]. Örneğin; "Değişkenliği çok yüksek olan trenlerin süresi çok uzundur." ifadesi dilsel özetleme ile

elde edilebilecek olan bir önermedir. Bu gibi önermelerin, gelecek planları yapılırken yüksek kademe karar vericiler için daha uygun ve kullanışlı olduğu açıktır. Örnek verilen önerme, "Eğer yüksek derecede değişkenliğe sahip bir trend içindeyse, bu çok uzun bir zaman alacaktır" şeklinde yorumlanarak, alınacak tedbirlerin zamanlaması konusunda sonuçlara varılabilir.

Ortega ve ark. [40, 49-51] dilsel özetleme alanındaki çalışmaları genişletmiş ve trendlerdeki yerel değişikliklerin derecesi bakımından iki farklı zaman serisini karşılaştırmışlardır. Önerilen yöntem, bir tıp merkezine hasta giriş sayısını ve New York ile Teksas perakende benzin fiyatlarının iki farklı zaman serisini karşılaştırmak için uygulanmıştır. Bu çalışmanın bir sonucu olarak, "2004 yılı günlerin en az %70'inde, benzer varyasyon ile yerel trendlerde bir değişiklik gözlemlenmektedir" gibi her iki serinin yerel trendleri arasındaki benzerliklere ilişkin önermeler üretilmiştir. Ancak, yerel trendlerin temel özellikleri (süre, dinamiklik ve değişkenlik) arasındaki ilişkiler araştırılmamıştır.

Batyrshin ve Sheremetov [39, 52-54] benzerlikleri, fonksiyon şekillerini ve trend özelliklerini dikkate alarak farklı zaman serilerini özetlemiş ve farklı zaman serilerinin trendlerindeki değişiklikler arasındaki ilişkileri "eğer-o halde" kural yapısı kullanılarak açıklamaya çalışmışlardır. Van der Heide ve Trivio [55] tip-I ve tip-II niceleyici cümleleri kullanarak dilsel olarak elektrik tüketimi verilerini özetlemiştir. Dilsel özetleme konusunda yürütülen çalışmalarda tip-1 ve tip-2 BK'ler ile modelleme yapılmasının yanı sıra, Boran ve Akay'ın yaptığı gibi aralıklı tip-2 BK'leri ele alan çalışmalar da bulunmaktadır [56].

Petrol fiyatları; petrol rezervleri, üretici devletlerin stok miktarı, petrol çıkartma (üretim) ve taşıma maliyetleri, mevsim koşulları, bölgesel ekonomik, politik, askeri faaliyetler ve benzeri birçok durumdan etkilenmektedir. Bu nedenle, petrol fiyatı zaman serilerinde çok fazla dalgalanma yaşanmakta, bu dalgalanmalar ise tahmin ve açıklama görevlerini oldukça zor bir hale getirmektedir. Bu tez çalışmasında, belirsiz ve kaotik bir yapının olduğu sistemlerde gelecek eğilimler hakkında herkes tarafından anlaşılabilir sonuçlar vereceği düşünülen dilsel özetleme yönteminin kullanılması uygun görülmüştür.

Bu tezin amacı, yıllık petrol tüketiminin %90'ını ithal eden Türkiye gibi ülkeler için petrol fiyatı zaman serilerinin gelecekteki davranışları ve dalgalanmalarını tahmin etmeye

yardımcı olan dilsel önermeler üretmede kullanılabilecek bir karar destek sistemi oluşturulmasıdır. BPF zaman serisinin dilsel özetlenmesi sayesinde, gelecekte ülkemizin enerji arz güvenliğini pekiştirecek önlemlerin planlanmasına yardımcı olacak önermeler ortaya konması ve elimizdeki sayısal ham veriden herkesin anlayabileceği, karar vericiye faydalı, özet bilgilerin üretilmesi amaçlanmaktadır. Tezde, Mayıs 1987-Temmuz 2013 tarihleri arasındaki BPF zaman serisi dilsel özetleme yöntemiyle günlük ve aylık bazda incelenmekte ve karar vericiye faydalı olacak dilsel önermeler türetilmektedir. Bu tez çalışması, BPF zaman serilerinin dilsel olarak özetlenmesi ve ekonomik açıdan yorumlanması için hazırlanan ilk girişimdir. Dilsel özetlemelerin üretilmesinden sonra, önermeler Türkiye perspektifinden incelenmiş ve Türkiye'nin gelecek BPF dalgalanmalarını öngörmesine yardımcı olacak özel yorumlar elde edilmiştir.

2. LİTERATÜRDE PETROL FİYATLARININ ÖNGÖRÜLMESİ ÜZERİNE YÜRÜTÜLEN ÇALIŞMALAR

Petrol fiyatı üzerine yapılan çalışmalar, tahmin edici ve tanımlayıcı olmak üzere genellikle iki biçimde sınıflandırılır. Literatürdeki çalışmaların büyük çoğunluğunda; tek faktörlü ve çok faktörlü zaman serisi modelleri olmak üzere iki kısma ayrılan tahmin edici yöntemler kullanılarak ham petrol fiyatları tahmin edilmeye çalışılmıştır. Tek faktörlü zaman serisi modellerinde, yalnızca zaman bağımsız bir değişken olarak düşünülerek geleceğe yönelik tahmin için zaman serisine dayalı matematiksel modeller inşa edilmektedir. Çok faktörlü modellerde ise; zaman dışında ekonomik, doğal afetler, siyasi ve askeri faaliyetler gibi petrol fiyatı üzerinde etkili başlıca faktörler de dikkate alınarak tahmin modelleri kurulmaktadır [57].

Tek faktörlü zaman serisi modelleri alanında;

- Doğrusal regresyon (LinR),
- Ko-entegrasyon analizi,
- Oto-regresif koşullu değişen varyans (ARCH),
- Genelleştirilmiş ARCH (GARCH),
- Eşik değer GARCH (TGARCH),
- Vektör oto-regresyon (VAR),
- Hata düzeltme modelleri (ECM)

gibi geleneksel istatistiksel ve ekonometrik tekniklerle yürütülen çok sayıda çalışma bulunmaktadır [57].

Ham petrol fiyatlarını tahmin etmek için Huntington tarafından özel bir ekonometrik model ileri sürülmüştür [58]. Morana, GARCH modeline dayalı, kısa vadeli petrol fiyat tahmini için yarı-parametrik istatistiksel bir yöntem önermiştir [59]. Gülen ise WTI fiyatını tahmin etmek için ko-entegrasyon analizi kullanmıştır [60]. Ye ve ark. Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) petrol stok seviyelerini kullanarak WTI fiyatlarının basit bir ekonometrik modelini çıkartmıştır [61]. Kaufman ve ark. petrol fiyatlarının analizi için ekonometrik bir model öne sürmüştür [62]. Mirmirani ve Li petrol fiyat seviyelerini tahmin etmek için VAR modelini kullanmıştır [63]. Lanza ve ark. ECM ile ham petrol ve petrol ürünleri fiyatlarını araştırmıştır [64]. Sadorsky, gelecek petrol fiyatlarındaki günlük

oyunamaları tahmin etmek amacıyla GARCH ve TGARCH gibi yöntemlerle tek değişkenli ve çok değişkenli istatistiksel modeller uygulamıştır [65]. Cheong ise ARCH modelleri ile ham petrol piyasalarını (WTI ve BPF) modellemek ve tahmin etmek için bir çalışma yürütmüştür [66].

Geleneksel zaman serisi tahmin modelleri doğrusal durumlarda iyi sonuçlara varmamızı sağlayabilirler. Ancak, gerçek hayat problemlerinde, ham petrol fiyatı zaman serilerine etki eden ve doğrusal olmayan pek çok faktör vardır [67]. Bu nedenle; doğrusallığı bozan etmenler ile başa çıkabilecek modeller geliştirmek gerekmektedir. Tüm bunlar göz önünde bulundurulduğunda, sadece zaman değil aynı zamanda sosyo-ekonomik faktörler gibi petrol fiyatları üzerinde etki sahibi diğer faktörler de tahmin sürecine katılmalıdır. Bu yüzden, araştırmacılar zamanın yanı sıra doğrusallığı bozan etmenleri ve diğer faktörleri de dikkate aldıkları araştırmalar yürütmüşlerdir.

Abramson ve Finizza, OPEC'in üretim ve kapasite politikaları başta olmak üzere petrol siyasetini de dikkate alarak ham petrol fiyatlarını tahmin edebilmek için inanç ağları modellerini kullanmışlardır [68]. Kaboudan, gerçek petrol fiyatları ile OPEC kapasite kullanım oranları ve kotalarını dikkate alarak ham petrol fiyatını tahmin etmek amacıyla genetik algoritma (GA) ile yapay sinir ağlarını (YSA) kullanmıştır [69]. Benzer şekilde, Shambora ve Rossiter [70] ile Yu ve ark. [71] ekonometrik parametreleri kullanarak ham petrol fiyatını tahmin etmek amacıyla YSA modeli kullanmışlardır. Tang ve Hammoudeh 1988-1999 dönemi için OPEC petrol fiyatını tahmin etmek amacıyla doğrusal olmayan bir regresyon modeli önermişlerdir [72]. Xie ve ark. ham petrol fiyatını tahmin etmek için destek vektör regresyonu modelini ileri sürmüşlerdir [73]. Fan ve ark. ham petrol fiyatlarını çok adımlı bir şekilde tahmin edebilmek için desen eşleştirme tekniği uygulamış ve GA'ya dayalı genelleştirilmiş desen eşleştirmeyi önermişlerdir [57].

Karar verme sürecinde tanımlayıcı modeller de en az tahmin modelleri kadar önemlidir. Tanımlayıcı modeller genellikle ham petrol fiyatı üzerinde etkisi olan faktörler arasındaki ilişkiyi kullanmaktadır. Tanımlayıcı modellerin temel amacı petrol fiyatını etkileyebilecek faktörlerin yorumlanmasıdır. Chai ve ark. ana faktörleri ve bunların petrol fiyatı üzerindeki dinamik etkilerini açıklamaya yönelik çalışmalarında; "path analizi" ve VAR ile zamanla değişen parametre modelini kullanarak küreselleşmenin etkileri ile petrol tedarikinin gecikmesi gibi temel faktörlerin dinamik etkilerini analiz etmişlerdir [74]. Özbek ve ark.

stokastik trendin bulunduğu ve küresel ekonomik koşullardan etkilenen konjonktürel dönemlerin petrol fiyatlarını analiz etmişlerdir [75]. Chevillon ve Riffart petrol fiyatlarını etkileyen pazarın parametrelerine odaklanarak, ham petrolün gerçek fiyatının belirleyicilerini araştırmışlardır. Yaptıkları çalışmada; petrol fiyat şokları, vadeli işlem sözleşmeleri, opsiyonlar, risk yönetimi ve diğer ilgili finansal türevler de dahil olmak üzere küresel mali piyasalarla ilgili verileri dikkate almışlardır [76]. Nandha ve Faff belirli bir süre için küresel sektördeki petrol fiyat şoklarının olumsuz etkilerini araştırmışlardır [77]. Penot ve ark. petrol fiyatı ve dolar arasındaki ilişkiyi değerlendirmişlerdir [78]. Coleman; finansal piyasalar, küresel ekonomik büyüme, petrol talebi ve tedariki ile jeopolitik önlemleri de kapsayan temel piyasa parametrelerinin aylık veri setlerini kullanarak 1984-2007 dönemindeki petrol fiyatlarını analiz etmiştir [79]. Stevens, arz ve talep eğrilerinin etkileşimine dayalı olarak uluslararası petrol fiyatlarının belirlenmesini açıklamak için teorik bir çerçeve öne sürmüştür [80]. Kaufmann ve ark. petrol piyasası gelişmeleri ve risklerini analiz etmek için kullanılabilecek, dünya petrol piyasasının yapısal-ekonometrik modelini ortaya koymuşlardır [81]. Kaufmann'ın bir diğer çalışmasında ise piyasa temelleri ve spekülasyonların fiyat değişiklikleri üzerindeki rolü araştırılmıştır [82].

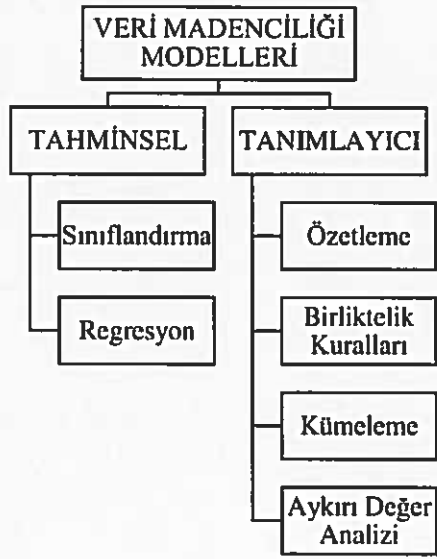
Yapılan literatür incelemesi; geleceğe yönelik sağlıklı planlamaların yapılması, karar verme ortamındaki belirsizliklerin modellenmesi ve belirsizlikten kaynaklanan risklerin yönetilmesi için hala yeni ve kapsamlı çalışmalara ihtiyaç olduğu gerçeğini ortaya koymaktadır. Tezde önerilen çalışmanın yeniliği ve özgünlüğü, söz konusu alandaki boşluklardan birini doldurma kapasitesine sahiptir.

3. VERİ MADENCİLİĞİNDE TEMEL KAVRAMLAR

3.1. Veri Madenciliği

20. yüzyılın sonlarında bilişim teknolojilerinde kaydedilen önemli gelişmeler sonucunda veriye ulaşmak son derece kolay hale gelmiştir. Günümüzde çok büyük boyutlu veri, çok kolay bir şekilde saklanabilmekte ve paylaşılabilmektedir. Fakat; yalnızca ham veriye sahip olmak, insanları sadece veri zengini yapabilir. Önemli olan bilgi zengini olmaktır. Çünkü veri hacminin ve çeşitliliğinin fazla olmasından ziyade bu veriden elde edilebilecek kullanım değeri olan bilgi daha değerlidir. Veriyi bilgiye dönüştürebilen algoritmalar; eğilimleri (trendleri) belirleyebilir, daha önce fark edilmemiş örüntü (pattern) ve ilişkileri keşfedebilirler. Böylelikle yeni fırsatlar oluşturarak, rekabet avantajı yaratmış olurlar [83]. Bu nedenle bilgi keşfi ya da veri madenciliği olarak adlandırılan yaklaşım giderek önemi artan bir araştırma alanı haline gelmiştir [84, 85]. Veri madenciliği; verinin elde edilmesi ve işlenmesinin ardından çeşitli algoritmalar ve teknikler kullanılarak anlamlı ve faydalı bilginin çıkarılması ve elde edilen bilginin kullanılarak bir eylemin gerçekleşmesine kadar geçen süreci ifade etmek için kullanılır [86].

Veri madenciliğinde iki temel amaç söz konusudur. Bunlardan birincisi tahmin yapmak, ikincisi ise tanımlayıcı bilgileri ortaya çıkarmaktır [85]. Veri madenciliğinde tahmin, kısaca veritabanında yer alan belirli bir özelliğin değerinin diğer özelliklerin değerlerine dayanarak öngörülmesidir. Tahmin edilecek özellik hedef ya da bağımlı değişken, tahmin yapmak için kullanılan değişkenler ise açıklayıcı ya da bağımsız değişkenler olarak adlandırılır. Tahmin modellemesinde sınıflandırma ve regresyon olmak üzere iki tip kategori vardır. Sınıflandırmada tahmin edilecek olan hedef değişken kategorik değer alırken, regresyonda ise sürekli ya da kategorik değer alabilmektedir. Veri madenciliğindeki ikinci model tanımlayıcı modellerdir. Veritabanlarında oldukça fazla sayıda özelliğe ait büyük hacimli verinin tutulması, çeşitli özellikler arasında var olan ilişkilerin ortaya çıkarılmasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, veri madenciliğinde tanımlayıcı modeller geliştirilmiştir. Bu modellerdeki amaç, veritabanında yer alan özellikler arasında var olan ilişkileri özetleyen örüntülerin elde edilmesidir [87]. Şekil 3.1’de veri madenciliğinde kullanılan modeller sınıflandırılmıştır.



Şekil 3.1. Veri madenciliği yöntemleri

Veri madenciliğinde kullanılan yöntemlere ilişkin açıklamalar aşağıda verilmektedir:

3.1.1. Sınıflandırma

Sınıflandırmada, verilerin özelliklerine göre sınıflar oluşturulup her bir sınıf için ayrı bir model kurulur. Sınıflandırma işlemi ile bir karar ağacı ya da sınıflandırma kurallarının bir kümesi oluşturur. Örneğin, ön belirtiler ve çeşitli komplikasyonlara göre hastalıkların sınıflandırılması işlemi hastalık teşhislerinde karar vericiye kolaylık sağlar [83-86, 88].

3.1.2. Regresyon

Bağımsız değişkenler yardımıyla bağımlı değişkenin değerinin kestirilmesidir. Diğer bir deyişle; bazı eksik verilerin muhtemel değerlerini ya da nesnelerin özelliklerinin değer dağılımını, benzer verilerin kümesini temel alarak tahmin eden yöntemdir [83-86, 88].

3.1.3. Kümeleme

Tanımlanan veriler ışığında, nesnelerin birbirlerine olan benzerlik ve farklılıklarına göre verilerin kümelenmesi işlemidir. Aynı küme içerisinde yer alan küme elemanlarının olabildiğince birbirine benzer (homojen), farklı küme elemanlarının ise olabildiğince birbirinden farklı (heterojen) olarak gruplandırılması esastır [83-86, 88].

3.1.4. Birliktelik kuralları

Birliktelik kuralları, eş zamanlı olarak gerçekleşen ilişkilerin tanımlanmasında kullanılır. Bir alışveriş sırasında veya birbirini izleyen alışverişlerde müşterinin hangi mal veya hizmetleri satın almaya eğilimli olduğunun belirlenmesi, “Müşteriler gömlek satın aldığı anda, %75 ihtimalle kravat da satın alırlar.” gibi ifadelerin türetilmesi birliktelik kurallarına örnektir [83-86, 88].

3.1.5. Özetleme

Özetleme işlemi veri madenciliğinde kullanılan tanımlayıcı yöntemlerden biridir. Bu işlemde amaç veriden bilgi çıkarımıdır. Özetleme işlemiyle ilgili yapılan ilk çalışmalar istatistik temellidir [6]. İstatistik temelli özetlemelerde özelliklerin ortalaması, standart sapması ve medyanı gibi değerler hesaplanarak basit bir formda özetleme işlemi yapılabilir. Fakat bu durumda elde edilen bilgi sınırlıdır ve insanlar tarafından kolay bir şekilde anlaşılamamaktadır. Bu nedenle, Yager [6] verinin doğal dil yardımıyla insanlar tarafından kolaylıkla anlaşılabilecek biçimde özetlenmesini sağlayan “Dilsel Özetleme” yöntemini önermiştir.

3.1.6. Aykırı değer analizi

Bir veritabanı, verinin modeliyle veya genel yapısıyla uyuşmayan örnekler içerebilir. Veri kümesinden tamamen farklı veya onunla tutarsızlık gösteren bu tür örneklerle aykırı değerler denir. Aykırı değerleri tespit etme çalışmasına aykırı değer analizi denilir [83-86, 88].

3.2. Zaman Serisi Veri Madenciliği (ZSVM)

Zaman serileri, kronolojik olarak yapılmış gözlemlerin toplamıdır. Diğer bir deyişle; zamanın periyodik noktalarında, bir cevap değişkeni gözlemlenmesi yoluyla toplanan verilerin oluşturduğu sete zaman serisi adı verilir [89].

Zaman serilerinin artan kullanımı veri madenciliği alanında büyük bir araştırma girişimi başlatmıştır. Zaman serisi içindeki gizli bilgileri çekip çıkarma işlemine ZSVM denilir.

Amaç, ham veriden faydalı çıkarım kuralları elde etmek ve bu çıkarımları karar vericinin kullanabileceği bilgilere dönüştürmektir. Bu faydalı çıkarım kuralları çok sayıda veri içinde derinlere gizlenmiş olabilir [90].

ZSVM, karar verme için gerekli bilgiyi çekme ve ham verilerin derininde gizli olabilen yararlı kuralları çekmeye yönelik istekten kaynaklanmaktadır [54, 91, 92]. Başlıca ZSVM yöntemleri; segmentasyon, kümeleme, sınıflandırma, indeksleme, aykırılık tespiti, motif keşfi, tahmin, birliktelik kuralları ve dilsel özetlemedir [54]. Dilsel özetleme yöntemi sistemin önemli niteliklerine ilişkin özü (kısa özeti) çıkartma amacını gütmektedir [39].

4. DİLSEL ÖZETLEME

4.1. Bulanık Kümeler

Klasik küme teorisinde elemanların üyelik dereceleri, evrensel kümenin alt kümesi olan A^{kesin} gibi bir kümeye ait olmaları durumunda 1 değerini alırken, kümeye ait olmamaları durumunda ise 0 değerini almaktadır. Üyelik dereceleri kesin sınırlarla belirli olup, bir elemanın A^{kesin} kümesine ait olması 0-1 üyelik fonksiyonuyla gösterilir. Belirsizliğin olduğu gerçek dünya problemlerinin iki değerli 0-1 mantıkla açıklanması yeterli olmamaktadır. Bu nedenle Zadeh; klasik küme kavramının özellikle insanları içeren karmaşık sistemlerdeki gerçek dünya problemlerinde yetersiz kalmasından yola çıkarak, küme elemanlarının ikili üyelik fonksiyonuyla ifade edildiği klasik kümeler yerine, dereceli üyelik fonksiyonlarıyla küme elemanlarının tanımlandığı BK'leri önermiştir [17].

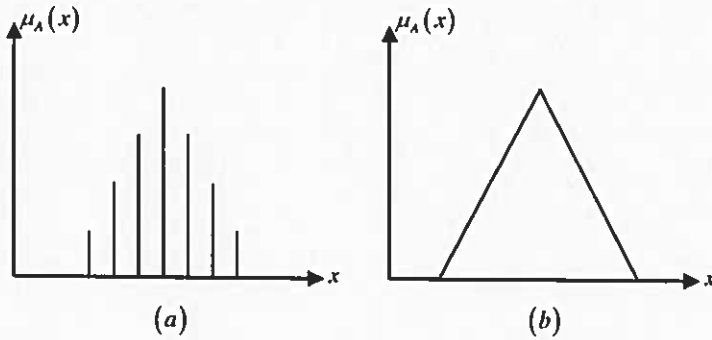
A kümesi, X evrensel kümesinde bir bulanık kümedir. Bu durumda A BK'sinin üyelik fonksiyonu $\forall x \in X$ için $\mu_A(x): X \rightarrow [0,1]$ şeklinde tanımlanır. Evrensel küme kesikli ise A BK'sı Eş. 4.1'deki gibi gösterilir.

$$A = \left\{ \frac{\mu_A(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_A(x_2)}{x_2} + \dots + \frac{\mu_A(x_n)}{x_n} \right\} = \left\{ \sum_{i=1}^n \frac{\mu_A(x_i)}{x_i} \right\} \quad (4.1)$$

$\mu_A(x_i)$, x_i elemanının A kümesine aitlik derecesini ifade eder. Eğer evrensel küme sürekli ve sonsuz ise A BK'si Eş. 4.2'deki gibi gösterilir.

$$A = \left\{ \int_x \frac{\mu_A(x)}{x} \right\} \quad (4.2)$$

Şekil 4.1'de bir BK'ye ait elemanların üyelik fonksiyonlarının kesikli ve sürekli formda gösterimleri verilmektedir [93].



Şekil 4.1. Farklı tipteki BK'ler: (a) Kesikli BK (b) Sürekli BK

BK'lerde önemli kavramlardan iki tanesi alfa (α) kesmesi ve güçlü alfa (α^+) kesmesidir. X evrensel kümesinde A bir BK ve $\alpha \in [0,1]$ olmak üzere α kesmesi ve α^+ kesmesi sırasıyla Eş.4.3 ve Eş.4.4'te gösterilmiştir [93, 94].

$$\tilde{A}_\alpha = \{x \in X \mid \mu_A(x) \geq \alpha\} \quad (4.3)$$

$$\tilde{A}_{\alpha^+} = \{x \in X \mid \mu_A(x) > \alpha\} \quad (4.4)$$

X evrensel kümesindeki bir bulanık A kümesinin özü, desteği, sınırı, geçiş noktaları ve yüksekliği Eş.4.5 ile Eş.4.9 arasındaki eşitliklerde ve Şekil 4.2'de gösterilmiştir [93, 94].

$$\text{Öz}(A) = \{x \in X \mid \mu_A(x) = 1\} \quad (4.5)$$

$$\text{Destek}(A) = \{x \in X \mid \mu_A(x) > 0\} \quad (4.6)$$

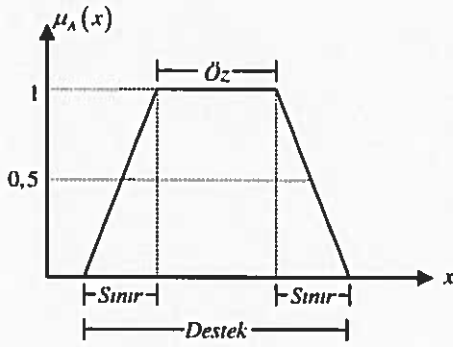
$$\text{Sınır}(A) = \{x \in X \mid 0 < \mu_A(x) < 1\} \quad (4.7)$$

$$\text{Geçiş Noktaları}(A) = \{x \in X \mid \mu_A(x) = 0,5\} \quad (4.8)$$

$$\text{Yükseklik}(A) = \sup_{x \in X} \{\mu_A(x)\} \quad (4.9)$$

X evrensel kümesinde bir bulanık A kümesinin konveks olması için Eş. 4.10'da verilen şartı sağlaması gerekmektedir [93, 94].

$$\mu_A(\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2) \geq \min(\mu_A(x_1), \mu_A(x_2)) \quad \forall x_1, x_2 \in X, \lambda \in [0,1] \quad (4.10)$$

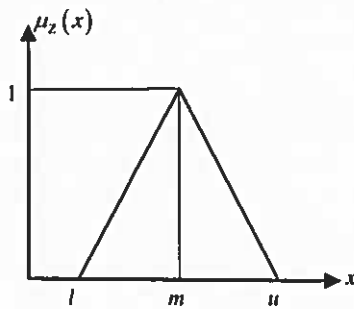


Şekil 4.2. Bulanık kümelerde öz, destek, sınır, geçiş noktaları ve yükseklik

X evrensel kümesinde bir bulanık A kümesinin normal olması için Eş. 4.11'de verilen şartı sağlaması gerekir [93, 94].

$$\text{Yükseklik}(A) = \sup_{x \in X} \{\mu_A(x)\} = 1 \quad (4.11)$$

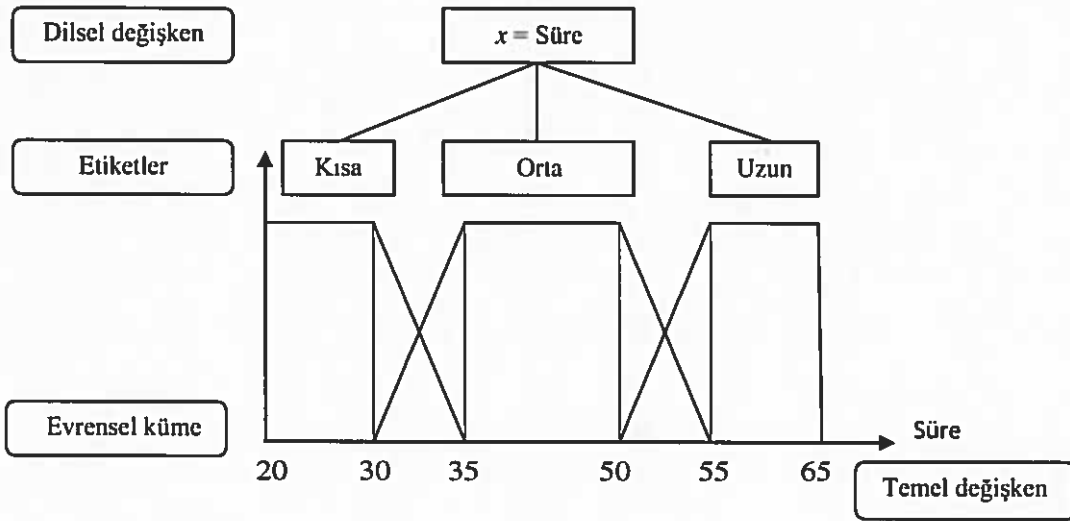
Z bulanık sayısının (BS) X evrensel kümesinde bir bulanık alt küme olabilmesi için konveks ve normal olması gerekir. Gerçek sayılar kümesinde tanımlanan BS'ler çeşitli BK tipleri içerisinde özel öneme sahip alt kümelerdir. BS'ler, verilen gerçekte sayıya yaklaşık sayıların kümesi olduğu için belirsizliğin olduğu mühendislik uygulamalarında ve karar vermede sıklıkla kullanılmaktadır. BS'ler üyelik fonksiyonlarının şekillerine göre isimlendirilir. Literatürde çok sayıda üyelik fonksiyonu tanımlanmakla birlikte işlem yükünün az olması nedeniyle en fazla kesikli, üçgen, gauss ve yamuk fonksiyonlar kullanılmaktadır. Şekil 4.3'te üçgensel BS'nin gösterimi verilmiştir. Üçgensel BS için üyelik fonksiyonu Eş. 4.12'de tanımlanmıştır [94].



Şekil 4.3. Üçgensel BS

$$\mu_z(x) = \begin{cases} 0 & x < l \\ (x-l)/(m-l) & l \leq x \leq m \\ (u-x)/(u-m) & m \leq x \leq u \\ 0 & x > u \end{cases} \quad (4.12)$$

Bir dilsel değişken $(x, ET(x), X, G, \mathcal{M})$ fonksiyonuyla tanımlanabilir. Burada x dilsel değişkenin adını; $ET(x)$, x değişkeninin etiket kümesini ve X evrensel kümeyi göstermektedir. G sözdizimsel kuraldır ve $ET(x)$ kümesinde yer alan etiketleri üretir. $\mathcal{M}$ anlamsal kuraldır ve her A etiketinin (BK) anlamını gösterir. $\mathcal{M}(A)$ ise X uzayındaki bir BK'yı gösterir. Örneğin Şekil 4.4'te; "süre" değişkeni x ile temsil edilmektedir. Bu değişkenin $ET(x)$ etiket kümesi ise "kısa", "orta" ve "uzun" dilsel etiketlerinden oluşabilir. Dilsel terimler temel değişken olan süreye göre atanan BS'lerle ifade edilirler. Süre için tanımlanan "kısa" "orta" ve "uzun" etiketlerinin gösterimi Şekil 4.4'te verilmiştir [94, 95].



Şekil 4.4. Dilsel değişken örneği

4.1.1. Bulanık kümelerde kesişim

A_1 ve A_2 , X evrensel kümesinde tanımlanmış BK'ler ve bu kümelerin üyelik fonksiyonları $\mu_{A_1}(x)$ ve $\mu_{A_2}(x)$ ile gösterilsin. A_1 ve A_2 BK'lerinin kesişimi $A_1 \cap A_2$ şeklinde ifade

edilirken; üyelik fonksiyonu olan $\mu_{A_1 \cap A_2}(x)$, $\otimes: [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$ ifadesi Eş. 4.13'teki gibi tanımlanır.

$$\mu_{A_1 \cap A_2}(x) = \otimes(\mu_{A_1}(x), \mu_{A_2}(x)) \quad \forall x \in X \quad (4.13)$$

BK'lerde kesişim işleminde kullanılan $\otimes$ operatörü t-norm olarak adlandırılır. Bir operatörün t-norm olabilmesi için, $\forall x_1, x_2, y_1, y_2 \in [0,1]$ ifadesi tarafından aşağıdaki şartların sağlanmasını gerekir:

- Sınır şartı: $\otimes(x_1, 1) = x_1$
- Monotonluk şartı: $y_1 \leq y_2$ olduğu takdirde $\otimes(x_1, y_1) \leq \otimes(x_1, y_2)$
- Simetri şartı: $\otimes(x_1, y_1) = \otimes(y_1, x_1)$
- Birleşme şartı: $\otimes(x_1, \otimes(x_2, y_2)) = \otimes(\otimes(x_1, x_2), y_2)$

Literatürde kullanılan t-normlar ve tanımları Eş. 4.14-Eş.4.18 arasında verilmektedir:

$$\text{- Minimum} \rightarrow \otimes_{\min}(x_1, y_1) = \min(x_1, y_1) \quad (4.14)$$

$$\text{- Çarpım} \rightarrow \otimes_{\text{car}}(x_1, y_1) = x_1 y_1 \quad (4.15)$$

$$\text{- Lukasiewicz} \rightarrow \otimes_{\text{luk}}(x_1, y_1) = \max\{0, x_1 + y_1 - 1\} \quad (4.16)$$

$$\text{- Drastik} \rightarrow \otimes_{\text{dra}}(x_1, y_1) = \begin{cases} x_1, & \text{Eğer } y_1 = 1 \\ y_1, & \text{Eğer } x_1 = 1 \\ 0, & \text{d.d.} \end{cases} \quad (4.17)$$

$$\text{- Hamacher} \rightarrow \otimes_{\text{ham}}(x_1, y_1) = \begin{cases} 0, & \text{Eğer } x_1 = y_1 = 0 \\ \frac{x_1 y_1}{x_1 + y_1 - x_1 y_1}, & \text{d.d.} \end{cases} \quad (4.18)$$

4.1.2. Bulanık kümelerde birleşim

A_1 ve A_2 , X evrensel kümesinde tanımlanmış BK'ler olsun ve bu kümelerin üyelik fonksiyonları $\mu_{A_1}(x)$ ve $\mu_{A_2}(x)$ ile gösterilsin. A_1 ve A_2 BK'lerinin birleşimi $A_1 \cup A_2$ iken, üyelik fonksiyonu olan $\mu_{A_1 \cup A_2}(x)$, $\oplus: [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$ ifadesi Eş.4.19'daki gibi tanımlanır.

$$\mu_{A_1 \cup A_2}(x) = \oplus[\mu_{A_1}(x), \mu_{A_2}(x)] \quad \forall x \in X \quad (4.19)$$

BK'lerde birleşim işleminde kullanılan $\oplus$ operatörü t-konorm olarak adlandırılır. Bir operatörün t-konorm olabilmesi, $\forall x_1, x_2, y_1, y_2 \in [0,1]$ ifadesinin aşağıdaki şartları sağlanmasını gerektirir:

- Sınır şartı: $\oplus(x_1, 0) = x_1$
- Monotonluk şartı: $y_1 \leq y_2$ olduğu takdirde $\oplus(x_1, y_1) \leq \oplus(x_1, y_2)$
- Simetri şartı: $\oplus(x_1, y_1) = \oplus(y_1, x_1)$
- Birleşme şartı: $\oplus(x_1, \oplus(x_2, y_2)) = \oplus(\oplus(x_1, x_2), y_2)$

Literatürde kullanılan Maksimum ($\oplus_{\text{maks}}$), Çarpım ($\oplus_{\text{Çar}}$), Lukasiewicz ($\oplus_{\text{Luk}}$) ve Drastik ($\oplus_{\text{Dra}}$) operatörleri t-konorm olup, Eş. 4.20-Eş. 4.23'te gösterildiği şekilde tanımlanmaktadırlar:

$$\text{- Maksimum} \rightarrow \oplus_{\text{maks}}(x_1, y_1) = \text{maks}(x_1, y_1) \quad (4.20)$$

$$\text{- Çarpım} \rightarrow \oplus_{\text{Çar}}(x_1, y_1) = x_1 + y_1 - x_1 y_1 \quad (4.21)$$

$$\text{- Lukasiewicz} \rightarrow \oplus_{\text{Luk}}(x_1, y_1) = \min(1, x_1 + y_1) \quad (4.22)$$

$$\text{- Drastik} \rightarrow \oplus_{\text{Dra}}(x_1, y_1) = \begin{cases} x_1, & \text{Eğer } y_1 = 0 \\ y_1, & \text{Eğer } x_1 = 0 \\ 1, & \text{d.d.} \end{cases} \quad (4.23)$$

4.1.3. Kardinalite kavramı

X evrensel kümesinde tanımlanmış bir A BK'sinin kardinalitesi Eş.4.24'de sürekli formda, Eş.4.25'de kesikli formda tanımlanmıştır [93, 94].

$$\text{kard}(A) = \int_X \mu_A(x) dx \quad (4.24)$$

$$\text{kard}(A) = \sum_x \mu_A(x) \quad (4.25)$$

4.1.4. Genelleştirilmiş doğal sayı

Genelleştirilmiş doğal sayı (GDS $\phi: \mathbb{N} \rightarrow [0,1]$), $\mathbb{N}$ 'de tanımlı bir BK'dir. Eğer GDS sonlu bulanık kümelerde (SBK) tanımlanıyor ise sonlu GDS olarak adlandırılır. Eğer GDS $\phi(k) \geq \phi(i) \otimes \phi(j)$, $i \leq k \leq j$ şartını sağlıyor ise konveks GDS (KGDS) olmaktadır. ϕ ve β sonlu GDS olsun. ϕ ve β sonlu GDS'lerin genişletilmiş toplamı Eş. 4.26'da verilmiştir.

$$\phi \boxplus \beta(k) = \oplus \{ \phi(i) \otimes \beta(j); i + j = k \} \quad (4.26)$$

n tane GDS'nin genişletilmiş toplamı Eş. 4.27'de verilmiştir.

$$(\phi \boxplus \dots \boxplus \phi_n)(k) = \oplus \{ \phi(i_1) \otimes \dots \otimes \phi_n(i_n); i_1 + \dots + i_n = k \} \quad (4.27)$$

$\mathbb{C}$ fonksiyonu $\mathbb{C}: SBK(X) \rightarrow KGDS$ aşağıdaki özellikleri sağladığı takdirde bulanık kardinalitedir.

- Toplanabilirlik: A_1 ve A_2 , X evrensel kümesinde tanımlanmış BK'lerdir. $A_1 \cap A_2 = \emptyset$ olduğu takdirde $\mathbb{C}(A_1 \cup A_2) = \mathbb{C}(A_1) \boxplus \mathbb{C}(A_2)$ şartını sağlar.
- Değişkenlik: A_1 ve A_2 , X evrensel kümesinde tanımlanmış BK'lerdir. $i > |destek A_1|$ ve $j > |destek A_2|$ olduğu takdirde $\mathbb{C}(A_1)(i) = \mathbb{C}(A_2)(j)$ ' dir.

- Tutarlılık: A_i , X evrensel kümesinde kesin bir küme ise $C(A_i)(i) \in \{0,1\}$, $\forall i \in \mathbb{N}$ 'dir ve eğer $n = |\text{destek } A_i|$ ise $C(A_i)(n) = 1$ olur.
- Monotonluk: Eğer $x \in X$, $y \in X$, $a \in [0,1]$, $b \in [0,1]$ ve $a \leq b$ ise;

$$C(a/x)(0) \geq C(b/y)(0)$$

$$C(a/x)(1) \leq C(b/y)(1)$$

Yukarıda verilen şartları sağlayan bulanık kardinalite örnekleri Eş. 4.28-Eş. 4.30 arasında verilmektedir [96, 97]:

1) FGCount (A) ifadesi A BK'sının en az i tane elemana sahip olması anlamına gelir.

$$FGCount(A) = [A]_i = \bigotimes \{ \alpha \in [0,1] \mid |A_\alpha| \geq i \}; i \in \mathbb{N} \quad (4.28)$$

2) FLCount(A) ifadesi A BK'sının en fazla i tane elemana sahip olması anlamına gelir.

$$FLCount(A) = 1 - [A]_{i+1}; i \in \mathbb{N} \quad (4.29)$$

3) FECount (A) ifadesi A BK'sının i tane elemana sahip olması anlamına gelir.

$$FECount(A) = [A]_i \bigotimes 1 - [A]_{i+1}; i \in \mathbb{N} \quad (4.30)$$

4.2. Bulanık Dilsel Özetleme

İlk kez Yager tarafından, verinin doğal dil yardımıyla insanlar tarafından kolaylıkla anlaşılacak biçimde özetlenmesini sağlayan "Dilsel Özetleme" yöntemi önerilmiştir. Özetleme işlemi veri madenciliğinde kullanılan tanımlayıcı yöntemlerden biridir. Bu işlemde amaç veriden bilgi çıkarımıdır [15, 98].

Dilsel özetleme işleminde veritabanı $\mathbb{D}$ ile gösterilir. Veritabanını oluşturan nesnelerin kümesi $Y = \{y_1, y_2, y_3, \dots, y_M\}$ olarak tanımlanır. Nesnelere ait özelliklerin kümesi ise $V = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_K\}$ ile gösterilir. Özellikler kümesinin tanım kümesi ise $X_k (k=1,2,3,\dots,K)$ olmaktadır. $v_k(y_m) \equiv v_k^m \in X_k$ ifadesi; m . nesnenin k . özelliğine ait değeri göstermektedir. Veritabanı $\mathbb{D}$ (Eş. 4.31), Y kümesine ait nesnelerle ilgili verilerin

toplamından oluşmaktadır. Çizelge 4.1'de dilsel özetleme işleminde kullanılan notasyonlar verilmektedir.

$$\mathbb{D} = \{\langle v_1^1, v_2^1, \dots, v_K^1 \rangle, \langle v_1^2, v_2^2, \dots, v_K^2 \rangle, \dots, \langle v_1^M, v_2^M, \dots, v_K^M \rangle\} \equiv \{d_1, d_2, \dots, d_M\} \quad (4.31)$$

Çizelge 4.1. Dilsel özetlemede notasyonlar

Sembol	Açıklama	Örnek
D	Veritabanı	İnsan kaynakları veritabanı
Y	Veritabanındaki tüm nesnelerin kümesi	Çalışanlar
y_m	Veritabanındaki m. nesne	Veritabanındaki m. çalışan
v_k	k. özellik	Yaş, aylık kazanç
X_k	v_k 'in tanım kümesi	[35-65] yaş, [5-10] bin TL aylık kazanç için
$v_k(y_m)$	m. kaydın k. özelliğine ait değeri	m. çalışanın yaşı
d_m	m. nesnenin tüm özellikleri kapsayan kayıt	<35 yaş, 5 bin TL,...>
S_k	Özetleyici	Genç, orta, vb
Q	Niceleyici	Çoğu, yarısı, hepsi, vb
$w_g(S_g)$	Niteleyici	Genç, orta, vb
T	Doğruluk derecesi	[0,1] aralığında bir değer

Dilsel Özetlemede temel olarak kullanılan iki cümle kurulum yapısı bulunmaktadır. Bunlar tip-I ve tip-II niceleyici cümle olarak adlandırılır.

4.2.1. Tip-I niceleyici cümleler

Bu özet yapısı aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

$$“Q Y (nesneler) S = \{S_1, S_2, S_3, \dots, S_K\} \text{ dir. } [T]”$$

Yukarıdaki ifadede; Q notasyonu tip-1 BK ile modellenen dilsel niceleyici (yaklaşık yarısı, çoğu, hepsi vb.), Y nesneler kümesi, S özetleyiciler kümesi ve T özetin doğruluk derecesidir. Doğruluk derecesi veri setinin özeti ne derece desteklediğini göstermektedir. T değeri büyüdükçe daha fazla veri özeti desteklemektedir. T değeri Eş. 4.32’de verilen

eşitlikle hesaplanmaktadır. Eş. 4.33 ve Eş. 4.34'te tanımlanan r ve R değerleri elde edilip r/R oranı hesaplanır. Q dilsel niceleyicisinde bu orana ait üyelik fonksiyonu değeri özetin doğruluk derecesidir. Bu formdaki özetlemeye “Çoğu çalışan gençtir [0,6]” ifadesi örnek olarak verilebilir. Bu örnekte “çoğu” dilsel niceleyici, “çalışan” nesne, “genç” özetleyici ve “0,6” özetin doğruluk derecesini göstermektedir.

$$T_1 = \mu_Q \left(\frac{r}{R} \right) \quad (4.32)$$

$$r = \sum_{m=1}^M \mu_S(d_m) \quad (4.33)$$

$$R = \begin{cases} M, & \text{Göreceli niceleyici (çoğu)} \\ 1, & \text{Mutlak niceleyici (100'den fazla)} \end{cases} \quad (4.34)$$

4.2.2. Tip-II niceleyici cümleler

Bu özet yapısı aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

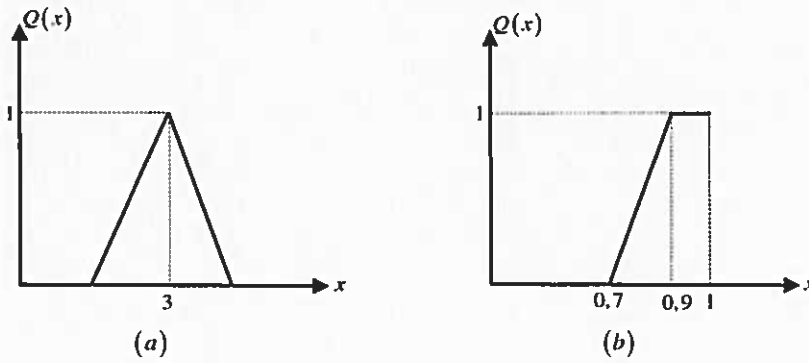
$$“Q \ w_g(S_g) \ Y(nesneler), \ S = \{S_1, S_2, S_3, \dots, S_K\} \ dir. [T]”$$

Yukarıdaki ifadede; $w_g(S_g)$, $S = \{S_1, S_2, S_3, \dots, S_K\}$ kümesi üzerinde tanımlanmış öncül özetleyicidir ve niteleyici olarak isimlendirilir. Bu durumda doğruluk derecesi Eş. 4.35 ile tanımlanır.

$$T_1 = \mu_Q \left(\frac{r}{\sum_{m=1}^M \mu_{w_g}(v_g^m)} \right) \quad (4.35)$$

Bu özet yapısında sadece göreceli niceleyici kullanılabilir. Tip-II niceleyici cümleye “Çoğu genç çalışanın aylık kazancı ortadır [0,7]” ifadesi örnek olarak verilebilir. Bu ifadede “çoğu” dilsel niceleyici, “çalışan” nesne, “genç” öncül özetleyici (niteleyici), “aylık kazancı ortadır” özetleyici ve “0,7” özetin doğruluk derecesini göstermektedir. Bu cümlelerde yer alan “Çoğu” ifadesi niceleyicidir. Literatürde farklı niceleyiciler

tanımlanmıştır. Genel anlamda evrensel niceleyiciler “tümü ($\forall$)” ve “var ($\exists$)” niceleyicileridir. Dilsel özetleme işleminde mutlak ve göreceli olarak adlandırılan iki farklı tip niceleyici kullanılmaktadır. Bu niceleyiciler negatif olmayan tamsayı ya da $[0,1]$ aralığında olabilirlik dağılımı olarak tanımlanır. Mutlak niceleyiciler negatif olmayan bulanık tamsayı ya da bir aralığı tanımlamada kullanılır. Bu tip niceleyicilere “yaklaşık 3”, “2 ile 4 arasında” örnek olarak verilebilir. Şekil 4.5a’da “yaklaşık 3” mutlak niceleyicisi gösterilmiştir. Göreceli niceleyiciler ise bulanık oranı göstermektedir. Şekil 4.5b’de “çoğu” göreceli niceleyicisi gösterilmiştir. Bu tip niceleyicilere “çoğu”, “yaklaşık yarısı” örnek olarak verilebilir. “Genç” ifadesi ise dilsel etiket olup bulanık kümelerle modellenmektedir.



Şekil 4.5. (a) “yaklaşık 3” mutlak niceleyicisi (b) “çoğu” göreceli niceleyicisi

4.3. Trend Kavramı ve Trend Analizi

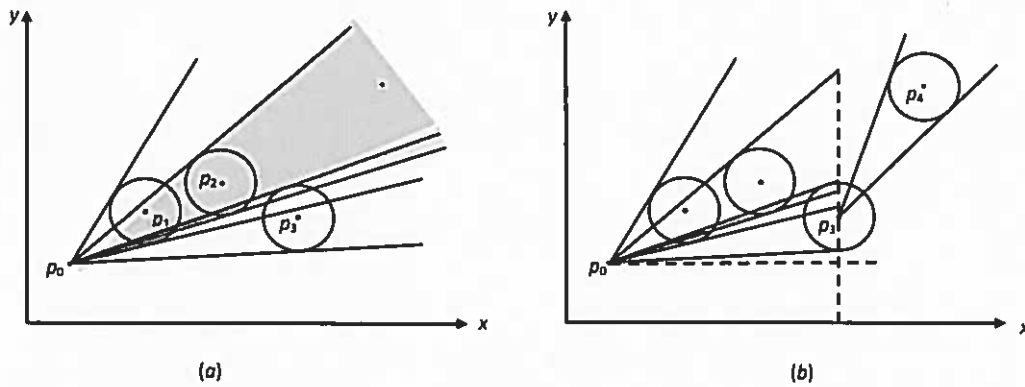
Zaman serilerinin çözülmesinde kullanılan anahtar özelliklerden biri trend kavramıdır. Çünkü ZSVM'nin amaçlarından biri, zaman serisinin belli bir yönde göstermiş olduğu eğilimi tespit etmektir. Bu eğilim trend olarak adlandırılır. Trend kavramı, bir büyüklüğün zaman boyunca ölçülen değerlerinde anlamlı bir azalma ya da artmanın meydana geldiği veya anlamlı şekilde sabit kaldığı dönemleri ifade eder [99]. Trend analizi; elimizde bulunan zaman serisi verilerinden bilgiler çekip çıkarmaya ve bunları niteliksel ya da yarı niceliksel olarak sembolik bir biçimde ifade etmeye yarayan faydalı bir yaklaşımdır [100]. Trendler kural tabanlı uzman sistemlerde ve veri madenciliği yöntemlerinde girdi olarak kullanılabilirler. Bu tezde trend analizinden elde edilen sonuçlar "Dilsel Özetleme" prosedürünün girdisini teşkil edecektir. Zaman serisi doğrusal olarak artan, sabit kalan ya da doğrusal olarak azalan parçalı doğrusal fonksiyonlar şeklinde ifade edilebilir. Bunlar global trend gibi davranan yerel (kısmi) trendler olup, tüm zaman aralığını veya belli bir

kısmını etkileyebilmektedir. Zaman serisinin parçalı doğrusal segmentlerini yani trendleri çekmek için farklı algoritmalar türetilmiştir. En çok kullanılan yöntemlerden biri Sklansky ve Gonzalez'in geliştirdiği algoritmadır [101].

Zaman serisinin değerleri (x_i, y_i) ile gösterilsin. f , zaman serisinin düzgün ε yaklaşım fonksiyonu olsun. $\varepsilon > 0$ olduğu takdirde, Eş. 4.36'de verilen şartın her bir yerel trend tarafından sağlanması gerekir.

$$\forall i \quad |f(x_i) - y_i| \leq \varepsilon \quad (4.36)$$

Bir zaman serisinde yerel trendlerin Sklansky ve Gonzales tarafından önerilen yöntemle nasıl bulunduğu Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Şekil 4.6a'da görüldüğü gibi, zaman serisinin p_0 noktasından sonra gelen p_{0+j} ($j=1,2,3$) noktaları merkez olacak şekilde ε yarıçapındaki çemberler çizilir. Daha sonra p_0 noktasından bu çemberlere iki tane teğet çizilerek koniler oluşturulur. Oluşturulan konilerin kesişimleri boş küme olana kadar bu işleme devam edilir. p_0 noktasından çizilen konilerin kesişimi boş küme olduğunda yerel trend bulunmuştur. Şekil 4.6a'da ilk yerel trend p_0, p_1, p_2, p_3 noktalarını kapsamaktadır. Şekil 4.6b'de ikinci yerel trendin bulunması gösterilmiştir. p_3 noktasından sonra gelen noktaların her biri merkez olacak şekilde ε yarıçapında çemberler çizilir. Daha sonra p_3 noktasından bu çemberlere teğetler çizilerek yeni koniler oluşturulur [102]. Bu işlem tüm yerel trendler bulunana kadar devam eder. Yerel trendler, Şekil 4.6a'da konilerin kesişimi ile oluşturulan alan içinde bir doğrudur. Yapılan çalışmalarda bu alanı sınırlayan koninin açıortayı yerel trend olarak kabul edilmiştir [103, 104].



Şekil 4.6. Düzgün ε yaklaşımı algoritmasının gösterimi : (a) Konilerin kesişimi (gri alan) (b) p_3 noktasından yeni koninin başlaması

4.3.1. Sklansky ve Gonzalez'in geliştirdiği algoritma

Söz konusu algoritmada kullanılan notasyonlar ve adımlar şu şekildedir:

x_i = Gözlem yapılan zaman dilimleri (Zaman serisinin x eksen değeri)

y_i = Gözlem değeri (Zaman serisinin y eksen değeri)

γ_i = Alt teğetin x eksen ile yapmış olduğu açı

β_i = Üst teğetin x eksen ile yapmış olduğu açı

0) Her "i" değeri için: $|f(x_i) - y_i| \leq \varepsilon$ şartını sağlayacak şekilde bir ε değeri belirlenir.

1) P_0 noktası belirlenir. Başlangıç noktası P_0 olarak alınır. İlk P_0 değeri, zaman serisinin ilk gözlem değeridir. $P_0(X_0, Y_0)$

2) P_i noktasından itibaren ε yarıçaplı çemberler çizilir. P_0 noktasından ise bu çemberlere alt ve üst teğetler çizilir.

Aşağıdaki formüllerde "i" noktası teğet çizilen çemberin merkezini ifade eder.

$\Delta X = X_0 - X_i$ $\Delta Y = Y_0 - Y_i$ olmak üzere;

γ_i = Alt teğetin x eksen ile yapmış olduğu açı

$$\arctan \left(\frac{\Delta x \cdot \Delta y - \varepsilon \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 - \varepsilon^2}}{(\Delta x)^2 - \varepsilon^2} \right)$$

β_i = Üst teğetin x eksen ile yapmış olduğu açı

$$\arctan \left(\frac{\Delta x \cdot \Delta y + \varepsilon \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 - \varepsilon^2}}{(\Delta x)^2 - \varepsilon^2} \right)$$

3) Açı kesişimlerinin belirlenmeye başlandığı adımdır. "K" açıların en son kesişimini ifade etmektedir. Aşağıdaki biçimde hesaplanmaktadır.

$$K = [\max(\gamma_{K-1}, \gamma_i); \min(\beta_{K-1}, \beta_i)] = (\gamma_K, \beta_K)$$

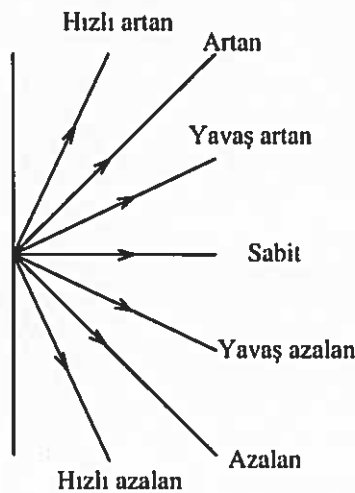
Eğer; $\min(\beta_{K-1}, \beta_i) \leq \max(\gamma_{K-1}, \gamma_i)$ ise; K = Boş Küme

Kesişimin boş küme olması durumunda aşağıdaki işlemler yapılır:

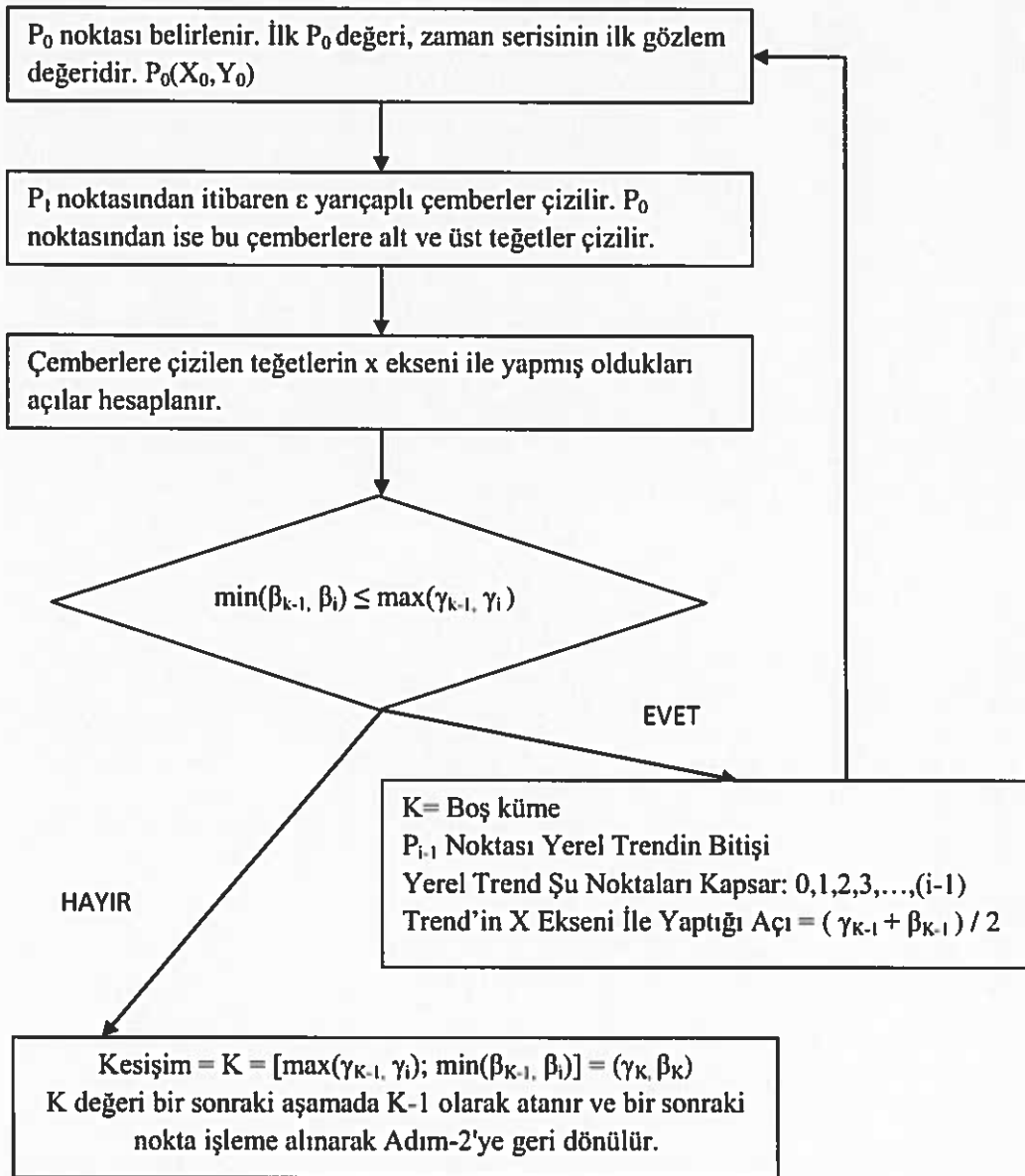
- P_{i-1} noktası yerel trendin bitişi olarak alınır.
- Yerel trend şu noktaları kapsar: $0, 1, 2, 3, \dots, (i-1)$
- Yerel trendin x eksenine ile yaptığı açı $= (\gamma_{K-1} + \beta_{K-1}) / 2$
- Yerel trendin x eksenine ile yaptığı açı bulunduktan sonra Adım-1'e geri dönülür ve P_{i-1} noktası yeni P_0 noktası olarak düşünülerek algoritma tekrarlanır.
- Eğer $\min(\beta_{K-1}, \beta_i) > \max(\gamma_{K-1}, \gamma_i)$ ise; $K = [\max(\gamma_{K-1}, \gamma_i); \min(\beta_{K-1}, \beta_i)] = (\gamma_K, \beta_K)$ olmaktadır. Kesişim değeri bir sonraki aşamada $K-1$ olarak atanır ve bir sonraki nokta işleme alınarak Adım-2'ye geri dönülür. Yerel trendlerin nasıl bulunduğunu gösteren algoritma Şekil 4.8'de gösterilmektedir.

4.4. Zaman Serilerinin Dilsel Özetlenmesi

Zaman serilerinde yerel trendler bulunduktan sonra, trendlerin üç özelliği dikkate alınarak özetleme işlemi yapılır. Bunlar; dinamiklik, süre ve değişkenliktir. Dinamiklik, trendin değişim hızıyla ilgilidir. Trendi gösteren doğrunun x eksenine ile yaptığı açının eğimiyle ifade edilir. Açı değeri $\eta(-90^\circ, 90^\circ)$ arasında değişmektedir. Bu değer dilsel özetleme işleminde doğrudan kullanımı oldukça zordur. Bu nedenle trendin değişimi dilsel olarak ifade edilir. Şekil 4.7'de trendin dinamikliğini ifade etmede kullanılan dilsel etiketler verilmiştir [39, 52-54].



Şekil 4.7. Dinamikliğin görsel olarak gösterimi

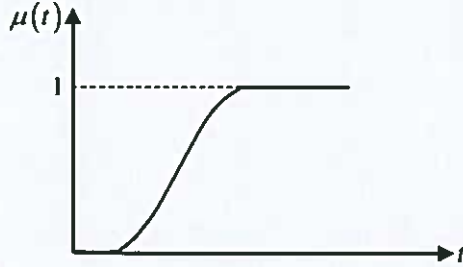


Şekil 4.8. Yerel trendlerin bulunmasına ilişkin algoritma

Değişim süresi yerel bir trend sırasında geçen zamandır. Bu süre dilsel değişken aracılığıyla tanımlanır. Dilsel değişkeni ifade etmede dilsel etiketler kullanılır. Dilsel etiketlerin her biri BK'ler ile modellenmektedir. Şekil 4.9'da trendin uzunluğu "uzun" BK'si ile tanımlanmıştır.

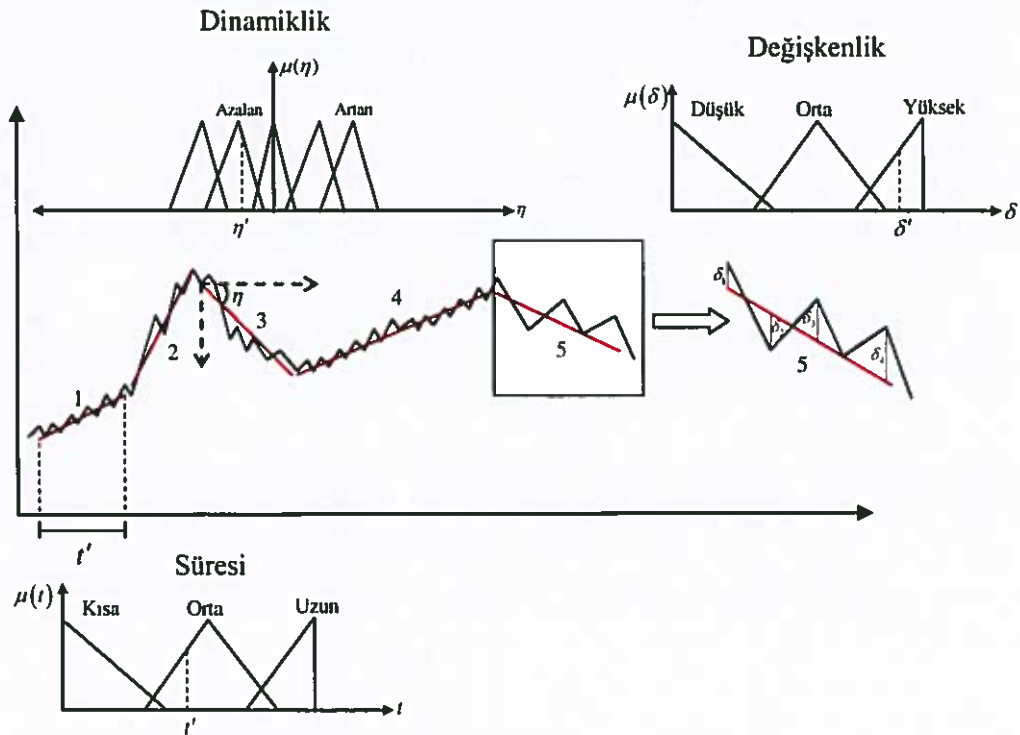
Değişkenlik, veri grubunun nasıl yayıldığı hakkında bilgi verir. Değişkenlikle ilgili elde edilen sonuçların normalize edilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde yanlış sonuçlar ortaya çıkabilir. Konunun daha iyi anlaşılabilmesi için trendlerin davranışını belirlemek için

kullanılan dinamiklik, süre ve değişkenlik özelliklerinin nasıl bulunduğu Şekil 4.10 üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Değişimin süresi için "uzun" bulanık kümesinin gösterimi

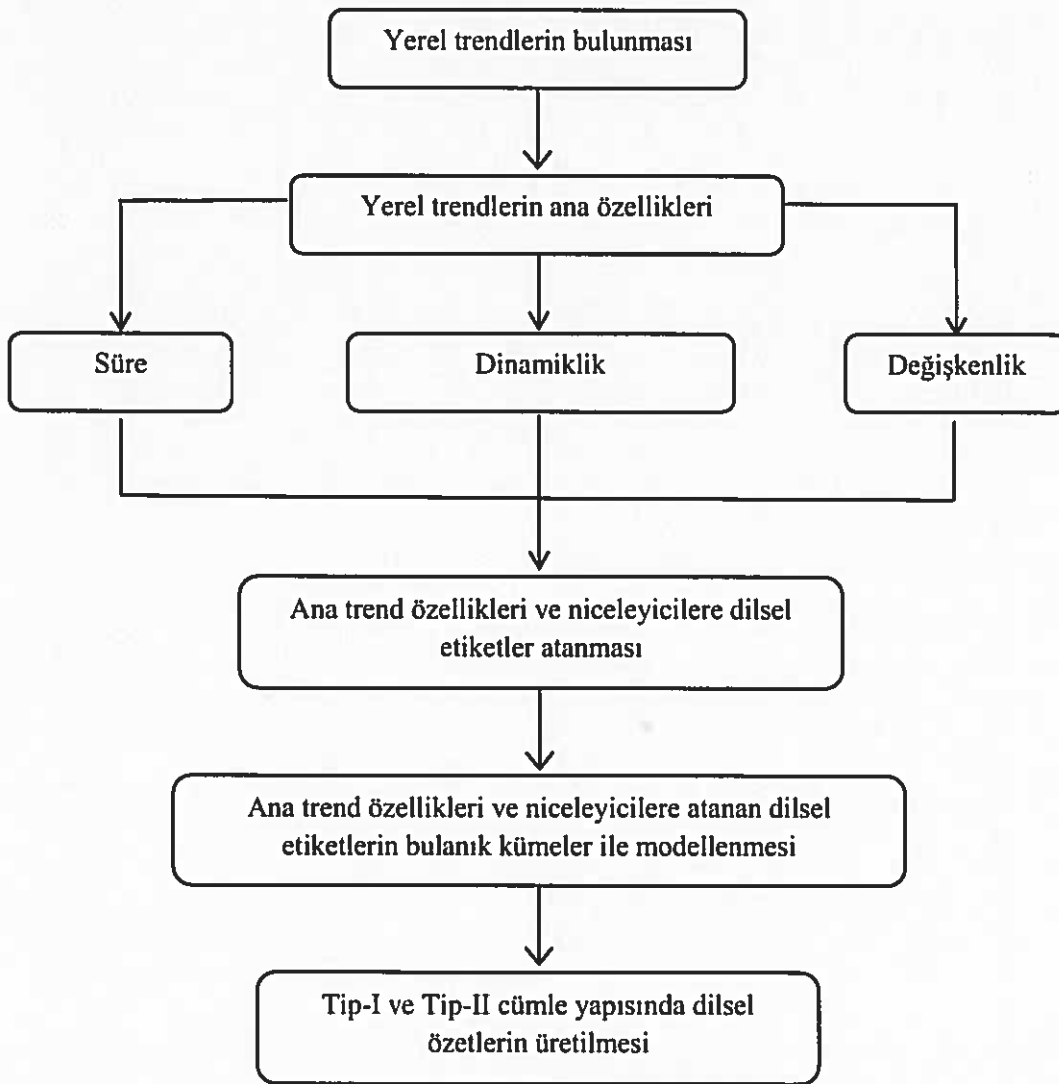
Şekil 4.10'da birinci trendin süresi t' ile gösterilmiştir. Trendin süresi kısa, orta ve uzun tip-1 BK'leri ile modellenmiştir. Trendin dinamikliğinin bulunması, üçüncü trend üzerinde, Şekil 4.10'da gösterilmiştir. İlk olarak trendin x eksenine ile yaptığı açı (η) bulunur. Daha sonra trendlerin dinamikliği Şekil 4.10'da gösterilen tip-1 BK'ler ile dilsel olarak etiketlenir. Dinamikliği gösteren η açısının ilgili tip-1 BK'lere aitlik dereceleri elde edilerek dilsel özetleri değerlendirmede kullanılır.



Şekil 4.10. Yerel trendlerin süresi, dinamikliği ve değişkenliği

Değişkenlik Şekil 4.10'da beşinci yerel trendin üzerinde gösterilmiştir. Yerel trendler ile zaman serisinin değerleri arasındaki farklılık ölçülerek δ değerinin ortalaması bulunur. Şekil 4.10'da yerel trendle zaman serisinin değerleri arasındaki fark düşük, orta ve yüksek tip-1 BK'leri ile etiketlenmiştir.

Zaman serisindeki bilgilerin özetlenmesi için Şekil 4.11'deki algoritma türetilmiştir.



Şekil 4.11. Zaman serilerinin dilsel özetlenmesi yönteminin akış şeması

4.5. Dilsel Özetlerin Doğruluk Derecesinin Hesaplanması

Dilsel özetleme işleminin en önemli adımı özetlerin değerlendirilmesidir. Çünkü özetler doğruluk derecesinin hesaplanmasıyla değerlendirilmekte ve doğruluk derecesi güvenilir

olarak hesaplanmayan özetler hatalı çıkarımlar yapılmasına neden olmaktadır [103]. Doğruluk derecesinin hesaplanmasında skalar kardinalite kullanımı bazı durumlarda tutarsız sonuçlar üretmektedir [105]. Bu nedenle doğruluk derecesinin hesaplanmasında skalar kardinalite yerine bulanık kardinaliteyi kullanan yöntemler önerilmiştir. Aşağıdaki örnekte skalar kardinalite temelli yöntemin tutarsızlığı gösterilmektedir [106, 107]:

$w_s(S_s)$ ve S kümeleri, $Y = \{y_1, y_2\}$ evrensel uzayında iki bulanık küme olsun ve şu şekilde ifade edilsin:

$$w_s(S_s) = \left\{ \frac{1}{y_1}, \frac{0}{y_2} \right\}, S = \left\{ \frac{0}{y_1}, \frac{1}{y_2} \right\}$$

T-norm operatörü olarak minimum kullanıldığında bu kümelerin kesişimi olan $S \cap w_s(S_s)$ aşağıda gibi olmakta ve $T = 0$ sonucu ortaya çıkmaktadır.

$$S \cap w_s(S_s) = \left\{ \frac{0}{y_1}, \frac{0}{y_2} \right\}$$

Bir diğer durumda ise $w_s(S_s)$ ve S kümeleri $Y = \{y_1, y_2, y_3, \dots, y_{1000}\}$ evrensel uzayında iki bulanık küme olsun [106, 107]:

$$w_s(S_s) = \left\{ \frac{1}{y_1}, \frac{0.01}{y_2}, \frac{0.01}{y_3}, \dots, \frac{0.01}{y_{1000}} \right\}$$

$$S = \left\{ \frac{0.01}{y_1}, \frac{1}{y_2}, \frac{0.01}{y_3}, \dots, \frac{0.01}{y_{1000}} \right\}$$

Minimum operatörü, t-norm olarak kullanıldığında bu kümelerin kesişimi olan $S \cap w_s(S_s)$ aşağıda verilmiştir:

$$S \cap w_s(S_s) = \left\{ \frac{0.01}{y_1}, \frac{0.01}{y_2}, \frac{0.01}{y_3}, \dots, \frac{0.01}{y_{1000}} \right\}$$

$w_s(S_s)$ ve S farklı kümeler olmalarına rağmen $T = 0.91$ gibi büyük bir değer çıkmaktadır. Bu durum skalar kardinalitenin tutarsızlığını göstermektedir. Üyelik

derecelerindeki 0,01'lik küçük bir değişim, doğruluk derecesi üzerinde 0,91 gibi büyük ve tutarsız bir değişime yol açmıştır.

Delgado ve ark. tip-I ve tip-II niceleyici cümlelerin değerlendirilmesinde kullanılan doğruluk derecesinin bazı özellikleri sağlaması gerektiğini belirtmişlerdir. Bu özellikler aşağıda başlıklarda verilmiştir [106].

4.5.1. Tip-I niceleyici cümlelerin değerlendirilmesi

1) (Kesin durum) S kesin küme ve Q göreceli niceleyici ise, doğruluk derecesi Eş. 4.37'de verilen ifadeye eşit olmalıdır.

$$Q\left(\frac{|S|}{|Y|}\right) \quad (4.37)$$

Q mutlak niceleyici ise Eş. 4.38'de verilen ifadeye eşit olmalıdır.

$$Q(|S|) \quad (4.38)$$

2) Kullanılan niceleyicinin "tümü ($\forall$)" ve "var ($\exists$)" olduğu durumlarda, değerlendirme işlemi bulanık mantıkla tutarlı olmalıdır. Niceleyicinin $Q = \exists$ olduğu " $Q Y$ (nesneler) $S = \{S_1, S_2, S_3, \dots, S_K\}$ dir." ifadesi Eş. 4.39 ile gösterilebilmeli ve değerlendirilebilmelidir.

$$\bigoplus_{m=1}^M \mu_S(d_m) \quad (4.39)$$

BK'lerde birleşim işlemi için t-konorm operatörleri kullanılmaktadır. Niceleyicinin $Q = \forall$ olduğu " $Q Y$ (nesneler) $S = \{S_1, S_2, S_3, \dots, S_K\}$ dir." ifadesi Eş. 4.40 ile gösterilebilmeli ve değerlendirilebilmelidir.

$$\bigotimes_{m=1}^M \mu_S(d_m) \quad (4.40)$$

3) Değerlendirme işleminin sonucu, kullanılan niceleyicilerin kapsama durumuyla tutarlı olmalıdır. Örneğin, $Q \subseteq Q'$ olduğu durumda, doğruluk derecelerinin değerlendirme işleminin sonucu $T("Q Y(nesneler) S' dir.") \leq T("Q' Y(nesneler) S' dir.")$ şeklinde olmalıdır.

4) Değerlendirme işleminin hesaplama karmaşıklığı (kompleksitesi); $O(M)$ ile $O(M \log M)$ arasında olmalıdır.

5) Değerlendirme işlemi katı olmamalıdır. $H = \{p / q \mid p \in \{0, \dots, n\}, q \in \{1, \dots, n\}\}$ kümesi üzerinde tanımlı bir niceleyici, $Q \neq \emptyset$ ve $Q \neq H$ olduğu durumda bir "S" BK'si varsa; doğruluk derecesi $\{0,1\}$ 'e eşit olmamalıdır.

6) Değerlendirme işleminde herhangi bir niceleyici kullanılabilmelidir. Negatif olmayan tamsayılar ya da $[0,1]$ aralığı üzerinde herhangi bir olabilirlik dağılımı bu duruma örnektir.

4.5.2. Tip-II niceleyici cümlelerin değerlendirilmesi

1) (Kesin durum) Eğer $w_s(S_s)$ ve S kesin kümeler ve Q göreceli niceleyici ise, doğruluk derecesi Eş. (4.41)'de tanımlanmıştır.

$$Q \left(\frac{|(S \cap w_s(S_s))|}{|w_s(S_s)|} \right) \quad (4.41)$$

2) Göreceli niceleyiciler kullanıldığında ve $w_s(S_s) = Y$ olduğu durumda değerlendirme işleminde kullanılan doğruluk derecesi, tip-I cümlelerin değerlendirmesinde kullanılan doğruluk derecesine dönüşmektedir. Bu durumda tip-I niceleyici cümlelerin değerlendirilmesinde kullanılan doğruluk derecesinin, tip-II niceleyici cümlelerin değerlendirilmesinde kullanılan doğruluk derecesinin özel bir hali olduğu görülmektedir.

3) Değerlendirme işleminin hesaplama karmaşıklığı (kompleksitesi) $O(M)$ ile $O(M \log M)$ arasında olmalıdır.

4) Eğer $w_g(S_g) \subseteq S$ ve $w_g(S_g)$ normal BK ise, doğruluk derecesi $Q(1)$ 'e eşit olur.

5) Eğer $w_g(S_g) \cap S = \emptyset$ ise, doğruluk derecesi $Q(0)$ 'a eşit olur.

6) Niceleyicinin “tümü” ve “var” olduğu durumlarda, değerlendirme işlemi bulanık mantıkla tutarlı olmalıdır. Niceleyici $Q = \exists$ olduğu takdirde Eş. 4.42'te gösterildiği biçimde tanımlanmalıdır.

$$\bigoplus_{m=1}^M \left(\bigotimes_{k \in \{K\} \setminus g} \mu_{S_k}(v_k^m) \bigotimes \mu_{w_g(S_g)}(v_g^m) \right) \quad (4.42)$$

BK'larda birleşim işlemi için t-konorm operatörleri kullanılır. Eğer niceleyici $Q = \forall$ ise Eş. 4.43 ile gösterilebilmelidir.

$$\bigotimes_{m=1}^M \left(\mu_{w_g(S_g)}(v_g^m) \rightarrow \bigotimes_{k \in \{K\} \setminus g} \mu_{S_k}(v_k^m) \right) \quad (4.43)$$

Kesişim işlemi için t-norm, $\rightarrow$ işlemi için bulanık koşullu önerme operatörleri kullanılır.

7) Değerlendirme işleminde herhangi bir niceleyici kullanılabilirdir. $[0,1]$ aralığı üzerinde herhangi bir olabilirlik dağılımı bu duruma örnektir.

8) Değerlendirme işlemi katı olmamalıdır. $H = \{p/q \mid p \in \{0, \dots, n\}, q \in \{1, \dots, n\}\}$ kümesi üzerinde tanımlı bir niceleyici, $Q \neq \emptyset$ ve $Q \neq H$ olduğu durumda S ve $w_g(S_g)$ BK'leri varsa; doğruluk derecesi $\{0,1\}$ 'e eşit olmamalıdır.

4.5.3. Bulanık kardinalite temelli doğruluk derecesi

Tip-I niceleyici cümleler

Bu bölümde tip-I niceleyici cümleleri değerlendirmede kullanılan bulanık kardinalite temelli yöntemler incelenmiştir. Bu yöntemler sırasıyla G tipi bulanık kardinalite temelli

yöntem, GD tipi bulanık kardinalite temelli yöntem ve ZS tipi bulanık kardinalite temelli yöntemlerdir.

G tipi bulanık kardinalite temelli yöntem

Delgado ve ark. mutlak niceleyicilerle modellenen tip-I niceleyici cümlelerin değerlendirilmesi için Eş. 4.44'de verilen bulanık kardinalite temelli yöntemi önermişlerdir [106].

$$G_Q(S) = \bigoplus_{i \in \{0, \dots, M\}} (E(S, i) \otimes Q(i)) \quad (4.44)$$

Eğer tip-I niceleyici cümle göreceli niceleyicilerle modellenirse, doğruluk derecesinin hesaplanması için Eş. 4.45'te tanımlanan eşitlik kullanılır.

$$G_Q(S) = \bigoplus_{i \in \{0, \dots, M\}} (E(S, i) \otimes Q(i/M)) \quad (4.45)$$

Eş. 4.44'de tanımlanan $E(S, i)$ ifadesi; S BK'sinin i tane elemana sahip olmasının olabilirliğini ifade etmekte olup Eş. 4.46'da tanımlanmıştır [107].

$$E(S, i) = L(S, i) \otimes \overline{L(S, i+1)} \quad (4.46)$$

$L(S, i) = b_i$, S BK'sının en az i tane elemana sahip olmasının olabilirliğini ifade etmekte olup, Eş. 4.47'de tanımlanmaktadır [107].

$$L(S, i) = \begin{cases} 1, & i = 0 \\ 0, & i > M \\ \bigoplus_{(l_1, \dots, l_i) \in I_i} (S(y_{l_1}) \otimes \dots \otimes S(y_{l_i})), & 1 \leq i \leq M \end{cases} \quad (4.47)$$

I_i ifadesi i tane elemana sahip indislerin kümesi olup aşağıdaki biçimde tanımlanır:

$$I_i = \{(l_1, \dots, l_i) | l_1 < l_2 < \dots < l_i, l_j \in \{1, \dots, M\} \forall j \in \{1, \dots, i\}\}$$

T-konorm olarak maksimum operatörü, t-norm olarak minimum operatörü kullanıldığı takdirde Eş. 4.48 elde edilir. Eş. 4.48'te verilen b_i ifadesi, S BK'sine ait elemanların üyelik dereceleri büyükten küçüğe sıralandığında i . en büyük değerdir.

$$L(S, i) = b_i \quad \forall i \in \{1, \dots, M\} \quad (4.48)$$

GD tipi bulanık kardinalite temelli yöntem

Bu yöntem bir önceki yöntemde kullanılan E tipi bulanık kardinalitenin özel bir hali olan ED tipi bulanık kardinaliteye dayanmaktadır. Delgado ve ark. mutlak niceleyicilerle modellenen tip-I cümlelerin değerlendirilmesi için Eş. 4.49'da tanımlanan ED tipi bulanık kardinalite temelli yöntemi önermişlerdir [106].

$$GD_Q(S) = \sum_{i=0}^M ED(S, i) \times Q(i) \quad (4.49)$$

Eğer tip-I niceleyici cümle göreceli niceleyicilerle modellenirse, doğruluk derecesinin hesaplanması için Eş. 4.50'de tanımlanan eşitlik kullanılır.

$$GD_Q(S) = \sum_{i=0}^M ED(S, i) \times Q\left(\frac{i}{M}\right) \quad (4.50)$$

ED bulanık kardinalitesi, E tipi bulanık kardinalitenin özel halidir. t-konorm operatörü maksimum, t-norm operatörü minimum olduğu takdirde $L(S, i) = b_i$ 'ye eşit olmaktadır. Eş. 4.46'da $L(S, i) = b_i$ ifadesi yerine konulursa Eş. 4.51 ortaya çıkar.

$$E(S, i) = b_i \otimes 1 - b_{i+1} \quad (4.51)$$

T-norm olarak Lukasiewicz operatörü kullanılırsa Eş. 4.52 elde edilir [107].

$$E(S, i) = \max \{b_i + 1 - b_{i+1} - 1, 0\} = b_i - b_{i+1}$$

$$ED(S, i) = b_i - b_{i+1} \quad (4.52)$$

ZS tipi bulanık kardinalite temelli yöntem

Delgado ve ark. mutlak niceleyicilerle modellenen tip-I niceleyici cümlelerin değerlendirilmesinde için Eş. 4.53'te tanımlanan, Zadeh tarafından bulunan bulanık kardinalite temelli yöntemi önermişlerdir [106].

$$ZS_Q(S) = \max_{i \in \{0, \dots, M\}} \min(Z(S, i), Q(i)) \quad (4.53)$$

Eğer tip-I niceleyici cümle göreceli niceleyiciyle modellenirse, değerlendirme işleminde doğruluk derecesinin hesaplanması için Eş. 4.54'te tanımlanan eşitlik kullanılır.

$$ZS_Q(S) = \max_{i \in \{0, \dots, M\}} \min(Z(S, i), Q(i/M)) \quad (4.54)$$

Zadeh tarafından önerilen bulanık kardinalite $Z(S, i)$ Eş. 4.55'te tanımlanmıştır [20].

$$Z(S, i) = \begin{cases} 0, & \text{Eğer } \alpha \mid |S_\alpha| = i \text{ yok ise} \\ \sup \{ \alpha \mid |S_\alpha| = i \}, & \text{d.d.} \end{cases} \quad (4.55)$$

Tip-II niceleyici cümleler

Bu bölümde tip-II niceleyici cümleleri değerlendirmede kullanılan bulanık kardinalite temelli yöntemler incelenmiştir. Bu yöntemler sırasıyla olasılık temelli yöntem ve olabilirlik temelli yöntemdir.

Tip-II niceleyici cümleleri değerlendirmek için olasılık temelli yöntem

Delgado ve ark. tip-II cümlelerin değerlendirilmesi için Eş. 4.56'da tanımlanan göreceli bulanık kardinalitenin hesaplanmasına dayanan olasılık temelli yöntemi önermişlerdir [106].

$$GD_Q(S \mid w_g(S_g)) = \sum_{c \in CR(S \mid w_g(S_g))} ER(S \mid w_g(S_g), c) \times Q(c) \quad (4.56)$$

$ER(S|w_g(S_g), c)$ ifadesi, S BK'sinin $w_g(S_g)$ bulanık kümesine göre göreceli bulanık kardinalite olup Eş. 4.57'de tanımı verilmiştir.

$$ER(S|w_g(S_g), c) = \sum_{c=C(S|w_g(S_g), \alpha_i)} (\alpha_i - \alpha_{i+1}) \quad \forall c \in CR(S|w_g(S_g)) \quad (4.57)$$

c , göreceli bulanık kardinalitenin oranını göstermektedir. Bu oranın bulunabilmesi için $C(S|w_g(S_g), \alpha_i)$ ve $CR(S|w_g(S_g))$ kümelerinin bilinmesi gerekir. Bu kümeler Eş. 4.58 ve Eş. 4.59'da tanımlanmıştır.

$$C(S|w_g(S_g), \alpha_i) = \frac{|(S \cap w_g(S_g))_{\alpha_i}|}{|w_g(S_g)_{\alpha_i}|} \quad (4.58)$$

$$CR(S|w_g(S_g)) = \left\{ \frac{|(S \cap w_g(S_g))_{\alpha}|}{|w_g(S_g)_{\alpha}|}, \text{ öyleki } \alpha \in \Gamma(S|w_g(S_g)) \right\} \quad (4.59)$$

Eş. 4.59'da verilen $\Gamma(S|w_g(S_g))$; $S \cap w_g(S_g)$ ve $w_g(S_g)$ kümelerinde bulunan elemanların üyelik derecelerinin birleşimiyle oluşan bir kümedir. $w_g(S_g)$ BK'si normal BK olmak zorundadır. Eğer normal BK değilse normalize edilir. Normalizasyonda kullanılan katsayıyla $S \cap w_g(S_g)$ kümesi de normalize edilmelidir.

$$\Gamma(S|w_g(S_g)) = \Gamma(S \cap w_g(S_g)) \cup \Gamma(w_g(S_g)) \quad (4.60)$$

$\Gamma(S|w_g(S_g)) = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m\}$ kümesi, α kesmelerinden oluşan bir küme olup $1 = \alpha_1 > \alpha_2 > \dots > \alpha_m > \alpha_{m+1} = 0$ şartını sağlamaktadır. $\Gamma(S|w_g(S_g))$ kümesinin nasıl bulunduğu aşağıdaki örnekte açıklanmıştır:

$w_g(S_g)$ ve S , $Y = \{y_1, y_2, y_3\}$ evrensel uzayında iki BK olsun ve şu şekilde ifade edilsin:

$$w_g(S_g) = \left\{ \frac{0,3}{y_1}, \frac{0,5}{y_2}, \frac{0,8}{y_3} \right\} \quad S = \left\{ \frac{0,2}{y_1}, \frac{0,4}{y_2}, \frac{0,6}{y_3} \right\}$$

Minimum operatörü t-norm olarak kullanıldığında bu kümelerin kesişimi olan $S \cap w_g(S_g)$ aşağıda verilmiştir.

$$S \cap w_g(S_g) = \left\{ \frac{0,2}{y_1}, \frac{0,4}{y_2}, \frac{0,6}{y_3} \right\}$$

$w_g(S_g)$ kümesi normal BK değildir. Bu nedenle $w_g(S_g)$ ve $S \cap w_g(S_g)$ kümelerinin normalize edilmeleri gerekmektedir. Normalizasyon katsayı 0,8' dir. Normalizasyon işlemi sonrası şu sonuçlar elde edilir:

$$w_g(S_g) = \left\{ \frac{0,375}{y_1}, \frac{0,625}{y_2}, \frac{1}{y_3} \right\}$$

$$S \cap w_g(S_g) = \left\{ \frac{0,25}{y_1}, \frac{0,5}{y_2}, \frac{0,75}{y_3} \right\}$$

$$\Gamma(S|w_g(S_g)) = \{1; 0,75; 0,625; 0,5; 0,375; 0,25\}$$

Eş. 4.56'da verilen eşitlikte gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra Eş. 4.61 bulunur.

$$GD_Q(S|w_g(S_g)) = \sum_{\alpha_i \in \Gamma(S|w_g(S_g))} (\alpha_i - \alpha_{i+1}) \times Q \left(\frac{|(S \cap w_g(S_g))_{\alpha_i}|}{|w_g(S_g)_{\alpha_i}|} \right) \quad (4.61)$$

Tip-II niceleyici cümleleri değerlendirmek için olabilirlik temelli yöntem

Delgado ve ark. tip-II niceleyici cümleleri değerlendirmede göreceli bulanık kardinalitenin hesaplanmasına dayanan Eş. 4.62'de verilen olabilirlik temelli yöntemi önermişlerdir [106].

$$ZS_Q(S|w_g(S_g)) = \max_{c \in CR(S|w_g(S_g))} \min(ES(S|w_g(S_g), c), Q(c)) \quad (4.62)$$

$ES(S|w_g(S_g), c)$; S BK'sinin, $w_g(S_g)$ BK'sine göre göreceli bulanık kardinalitesi olup Eş. 4.63'te verilmiştir.

$$ES(S|w_g(S_g), c) = \max \left\{ \alpha \in \Gamma(S|w_g(S_g)) \mid c = \frac{|(S \cap w_g(S_g))_\alpha|}{|w_g(S_g)_\alpha|} \right\} \quad (4.63)$$

$w_g(S_g)$ BK'si normal BK olmak zorundadır. Eğer normal BK değilse normalize edilmelidir. Normalizasyonda kullanılan katsayıyla ayrıca $S \cap w_g(S_g)$ kümesi de normalize edilmelidir. Eş. 4.62'de verilen eşitlikte gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra Eş. 4.64 elde edilmektedir.

$$ZS_Q(S|w_g(S_g)) = \max_{\alpha \in \Gamma(S|w_g(S_g))} \min \left(\alpha, Q \left(\frac{|(S \cap w_g(S_g))_\alpha|}{|w_g(S_g)_\alpha|} \right) \right) \quad (4.64)$$

Tip-I niceleyici cümlelerin değerlendirilmesinde kullanılan yöntemlerden birisi olan $GD_Q(S)$, Yager tarafından önerilen OWA temelli yöntemin geliştirilmiş halidir. Yager tarafından önerilen OWA temelli yöntemde sadece tutarlı niceleyiciler kullanılabilirken bu yöntemde tutarlı ve tutarsız tüm niceleyiciler kullanılabilir [108]. $ZS_Q(S)$, Sugeno integralinin kullanıldığı yöntemin geliştirilmiş halidir. Bu yöntemde de tüm niceleyiciler kullanılabilir. Tip-II niceleyici cümlelerin değerlendirilmesi için olasılık temelli $GD_Q(S|w_g(S_g))$ ve olabilirlik temelli $ZS_Q(S|w_g(S_g))$ yöntemleri önerilmiştir. Tip-I ve tip-II niceleyici cümlelerin değerlendirilmesi için önerilen yöntemlerin sağladığı özellikler Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3'te verilmiştir. Çizelgede; sağlandığı ispat edilen özellikler (✓), sağlanmadığı ispat edilen özellikler (×), henüz kanıtlamayan özellikler ise (?) ile gösterilmektedir.

Çizelge 4.2. Tip I niceleyici cümlelerin değerlendirilmesi için önerilen yöntemlerin sağladığı özellikler

	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6
$Z_Q(S)$	✓	×	✓	$O(M)$	×	✓
$Y_Q(S)$	✓	✓	✓	$O(M \log M)$	✓	×
$GD_Q(S)$	✓	✓	✓	$O(M \log M)$	✓	✓
$ZS_Q(S)$	✓	✓	✓	$O(M \log M)$	✓	✓

(✓:Özellğin sağlandığı ispat edilmiştir × : Özellğin sağlanmadığı ispat edilmiştir)

Çizelge 4.3. Tip II niceleyici cümlelerin değerlendirilmesi için önerilen yöntemlerin sağladığı özellikler

	3.7	3.8	3.9	3.10	3.11	3.12- $\exists$	3.12- $\forall$	3.13	3.14
$Z_Q(S w_s(S_s))$	✓	✓	$O(M)$	✓	✓	×	×	✓	×
$Y_Q(S w_s(S_s))$	✓	✓	$O(M \log M)$	×	×	×	✓	×	×
$GD_Q(S w_s(S_s))$	✓	✓	$O(M \log M)$	✓	✓	✓	?	✓	✓
$ZS_Q(S w_s(S_s))$	✓	✓	$O(M \log M)$	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Örneğin, $Y = \{y_1, y_2\}$ evrensel uzayında tanımlanan iki BK şu şekildedir:

$$w_s(S_s) = \left\{ \frac{1}{y_1}, \frac{0,99}{y_2} \right\} \quad S = \left\{ \frac{1}{y_1}, \frac{0,01}{y_2} \right\}$$

$Q = \forall$ olduğu varsayımı altında, t-norm olarak minimum operatörü kullanıldığında yukarıda verilen iki BK'nin kesişimi $S \cap w_s(S_s)$ olmaktadır.

$$S \cap w_s(S_s) = \left\{ \frac{1}{y_1}, \frac{0,01}{y_2} \right\}$$

Problem olasılık ve olabilirlik temelli bulanık kardinalite yöntemleriyle çözüldüğü takdirde $GD_{\forall}(S|w_s(S_s)) = 0,02$ ve $ZS_{\forall}(S|w_s(S_s)) = 1$ sonuçları elde edilir. Sonuçlardan görüldüğü gibi iki durum arasındaki fark oldukça yüksektir. Bu örnekte görüldüğü gibi $ZS_{\forall}(S|w_s(S_s)) = 1$ sonucu tutarlı bir sonuç değildir. Çünkü bu yöntemde maksimum ve minimum operatörlerinin kullanılmasıyla $w_s(S_s)$ ve S kümelerinde bulunan bazı elemanlar hakkındaki bilgiler göz ardı edilmektedir [105].

Bir diğer örneğimizde ise $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_{1000}\}$ evrensel uzayında tanımlanan iki alt küme aşağıdaki gibi olsun [42, 43]:

$$w_g(S_g) = \left\{ \frac{1}{y_1}, \frac{0.01}{y_2}, \frac{0.01}{y_3}, \dots, \frac{0.01}{y_{1000}} \right\} \quad S = \left\{ \frac{0.01}{y_1}, \frac{1}{y_2}, \frac{0.01}{y_3}, \dots, \frac{0.01}{y_{1000}} \right\}$$

Minimum operatörü t-norm olarak kullanıldığında bu kümelerin kesişimi şu şekilde olur:

$$S \cap w_g(S_g) = \left\{ \frac{0.01}{y_1}, \frac{0.01}{y_2}, \frac{0.01}{y_3}, \dots, \frac{0.01}{y_{1000}} \right\}$$

Yukarıda verilen kümelere ait veri kullanılarak doğruluk derecesi bulanık kardinalite temelli yöntemler ve diğer yöntemlerle çözüldüğünde aşağıdaki sonuçlar elde edilmektedir:

$$ZS_Q(S|w_g(S_g)) = 0,01 \quad GD_Q(S|w_g(S_g)) = 0,01 \quad Y_Q(S|w_g(S_g)) = 0,91$$

S ve $w_g(S_g)$ farklı kümeler olmalarına rağmen $Y_Q(S|w_g(S_g)) = 0,91$ gibi büyük bir değer çıkmıştır. Diğer yöntemler kullanıldığında ise sonuç daha tutarlı biçimde 0,01 çıkmaktadır. Bu durum GD_Q veya ZS_Q kullanmanın daha iyi bir alternatifi olduğunu kanıtlamaktadır.

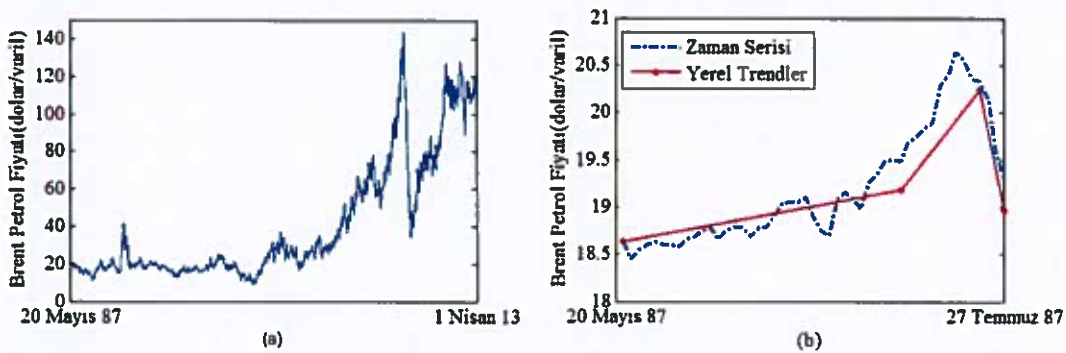
Bu tez çalışmasında Mayıs 1987-Temmuz 2013 tarihleri arasındaki BPF verilerine ait yerel trendler Sklansky ve Gonzales tarafından önerilen yöntem ile bulunduktan sonra, yerel trendlere ait dinamiklik, süre ve değişkenlik özellikleri bulanık kümeler ile modellenmiştir. Ardından tip-1 ve tip-2 yapısında özet cümleler türetilmiş ve Eş 4.61'de verilen bulanık kardinalite temelli GD yöntemi ile özetlerin doğruluk dereceleri hesaplanmıştır. Tüm bu işlemlerin gerçekleştirilmesinde MATLAB'dan faydalanılmıştır.

5. UYGULAMA

Bu tez çalışmasında Kacprzyk ve ark. tarafından önerilen yöntem kullanılarak dilsel özetleme işlemi gerçekleştirilmiştir [22]. Zaman serisinin parçalı doğrusal fonksiyonlara bölünmesinde ise Sklansky ve Gonzales [102] tarafından önerilen yöntem kullanarak zaman serisinin yerel trendleri bulunmuştur. Yerel trendlerin davranışlarını özetlemek için trendlerin dinamikliği, süresi ve değişkenliği dikkate alınmıştır.

Günlük bazdaki BPF zaman serisi (varil başına dolar), Şekil 5.1a'da gösterildiği gibi, 20 Mayıs 1987-1 Nisan 2013 tarihleri arasındaki iş günleri olarak en küçüğü ile en yükseği sırasıyla 9,1 \$ ve 143,95 \$ olan 6625 gözlemi içermektedir [109]. Dilsel özetlemedeki ilk adım yerel trendlerin çıkartılmasıdır. Şelik 4.8'deki algoritma $\varepsilon = 0,34$ alınarak uygulandığında, 1529 yerel trend çıkartılmıştır

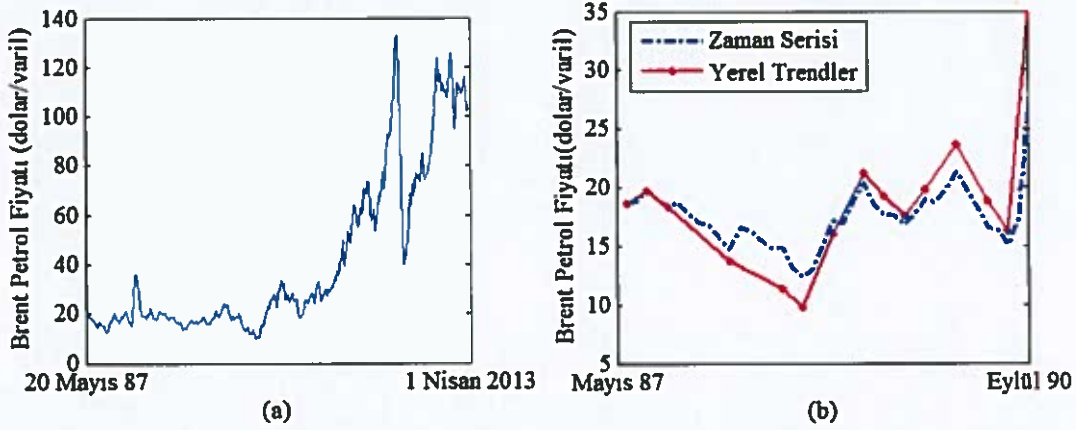
Şekil 5.1b'de 20 Mayıs 1987 ile 27 Temmuz 1987 tarihleri arasında bulunan yerel trendler gösterilmiştir. En uzun yerel trend 42 gün sürerken, en kısa trendler 2 gün sürmüştür. Trend açıları -80° ve 83° arasında değişmektedir. Yerel trendler ile zaman serilerinin orijinal değerleri arasındaki normalize edilmiş mesafe %0 ile %100 arasında değişen yüzdeler ile tanımlanmıştır.



Şekil 5.1. (a) Günlük bazda BPF zaman serisi (b) 20 Mayıs 1987-27 Temmuz 1987 arasındaki yerel trendlerin gösterimi

Farklı bir zaman penceresinden dilsel özetler elde etmek amacıyla, aylık bazda da BPF zaman serisi incelenmiştir. Aylık bazda BPF zaman serisi, Şekil 5.2a'da gösterildiği gibi, Mayıs 1987-Nisan 2013 arasında aylık olarak, fiyat bazında en düşüğü ve en yükseği

sırasıyla 9,82 \$ ve 132,72 \$ olan 314 ay içermektedir. Aylık veriler için, 123 yerel trend elde edilmiştir. Mayıs 1987-Eylül 1990 arasındaki yerel trendler Şekil 5.2b'de gösterilmektedir. En uzun trend 6 ay sürerken; en kısa trend 2 ay sürmüştür. Trendlerin açıları -87° ile 84° arasında değişmektedir.



Şekil 5.2. (a) Aylık bazda BPF zaman serisi (b) Mayıs 1987-Eylül 1990 arasındaki yerel trendlerin gösterimi

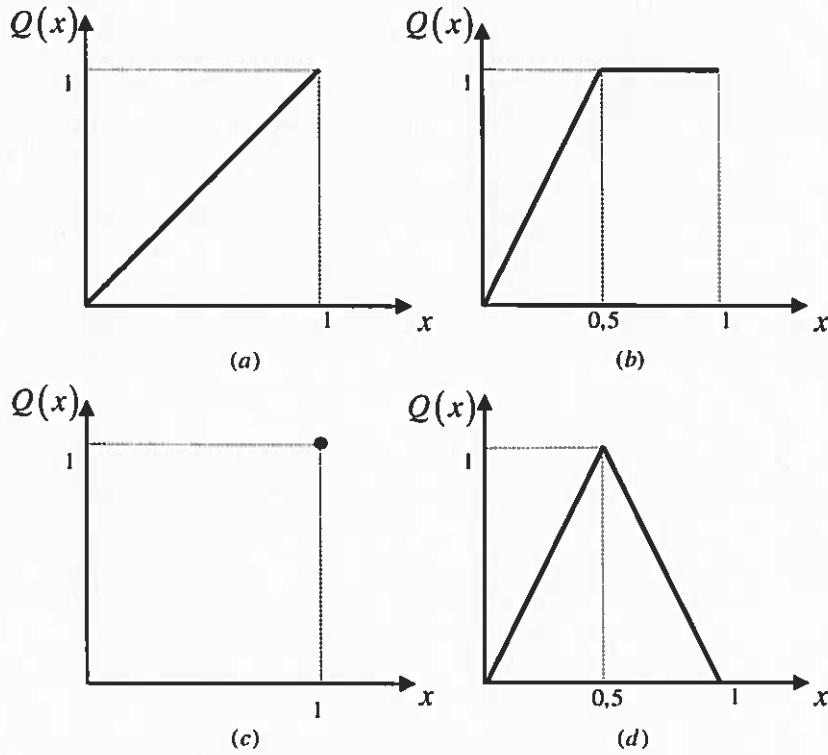
Yerel trend çıkarımlarını takiben; süre, değişkenlik ve dinamiklik özellikleri bulanık kümeler ile modellenmiştir. Farklı alternatifler elde edebilmek için; farklı sayılarda dilsel etiketler ile tanımlanan niteleyiciler ve niceleyiciler, farklı bulanık küme tipleri ile modellenmiştir (Çizelge 5.1). Buna ek olarak; Şekil 5.3'te gösterildiği gibi *yarısı*, *çoğu*, *en az yarısı* ve *hemen hemen hepsi* olmak üzere dört farklı niceleyici kullanılmıştır.

Önceki bölümde Şekil 4.11'de verilen algoritmadaki adımları uygulayarak dilsel önermeler türetmek ve GD yöntemi ile doğruluk derecelerinin hesaplanabilmesi için bir MATLAB kodu yazılmıştır.

Çizelge 5.1 ve Şekil 5.3'te belirtilen farklı kombinasyonlar için çalıştırılan MATLAB programı sonucunda, tip-I ve tip-II niceleyici cümleler elde edilmiş ve bunlara ilişkin doğruluk dereceleri hesaplanmıştır.

Çizelge 5.1. Alternatif sonuçlar üretmek için kullanılan bulanık küme ve dilsel etiket seçenekleri

Bulanık Küme Tipi	Etiket Sayısı	Süre	Dinamiklik	Değişkenlik
Üçgensel ve Yamuk	3	Uzun Orta Kısa	Artan Sabit Azalan	Yüksek Orta Düşük
	5	Çok uzun Uzun Orta Kısa Çok kısa	Artan Yavaşça artan Sabit Yavaşça azalan Azalan	Çok yüksek Yüksek Orta Düşük Çok düşük
	7		Hızlıca artan Artan Yavaşça artan Sabit Yavaşça azalan Azalan Hızlıca azalan	



Şekil 5.3. Kullanılan niceleyiciler: (a) çoğu (b) en az yarısı (c) neredeyse tamamı (d) yarısı

Doğruluk derecesi 0,7'nin üzerinde olan özetler, sistemi temsil eden önermeler olarak günlük ve aylık veriler için ayrı ayrı tespit edilmiş ve Çizelge 5.2 ve Çizelge 5.3'te sunulmuştur.

Çizelge 5.2. Günlük bazda zaman serisini temsil etme gücüne sahip dilsel özetler

Niceleyici	Günlük Bazda Özetler	TD_{GD_0}
En az yarısı	Trendlerin en az yarısı çok kısadır	1
	Artan trendlerin en az yarısı çok kısadır	0,8493
	Azalan trendlerin en az yarısı çok kısadır	0,9889
	Uzun trendlerin en az yarısı sabittir	1
	Uzun trendlerin en az yarısı çok düşük değişkenliğe sahiptir	1
Yarısı	Azalan trendlerin yarısı çok düşük değişkenliğe sahiptir	0,8241
	Çok düşük değişkenliğe sahip trendlerin yarısı sabittir	1
	Çok kısa trendlerin yarısı düşük değişkenliğe sahiptir	1
	Trendlerin yarısı sabittir	0,8065
	Trendlerin yarısı çok düşük değişkenliğe sabittir	1
Çoğu	Azalan trendlerin çoğu çok kısadır	1
	Artan trendlerin çoğu çok kısadır	1
	Yüksek değişkenliğe sahip trendlerin çoğu çok kısadır	0,8493
	Uzun trendlerin çoğu sabittir	0,9159
	Uzun trendlerin çoğu çok düşük değişkenliğe sahiptir	0,8239
Neredeyse tamamı	Uzun trendlerin neredeyse tamamı sabittir	1
	Çok yüksek değişkenliğe sahip trendlerin neredeyse tamamı çok kısadır	0,7847
	Artan trendlerin neredeyse tamamı çok kısadır	1
	Yavaşça artan trendlerin neredeyse tamamı çok kısadır	0,8836
	Yavaşça azalan trendlerin neredeyse tamamı çok kısadır	0,8909

Sonuçlara bakıldığında, sistemi en iyi temsil eden özetlerde temel özelliklerin 5 dilsel etiket ile tanımlandığı ve yamuk bulanık kümelerin kullanıldığı gözlemlenmiştir.

- Dinamik için beş dilsel etiket: *artan*, *yavaşça artan*, *sabit*, *yavaşça azalan* ve *azalan* (Şekil 5.4a)
- Süre için beş dilsel etiket: *çok uzun*, *uzun*, *orta*, *kısa* ve *çok kısa* (Şekil 5.4b)

- Değişkenlik için beş dilsel etiket: *çok yüksek, yüksek, orta, düşük ve çok düşük* (Şekil 5.4c)

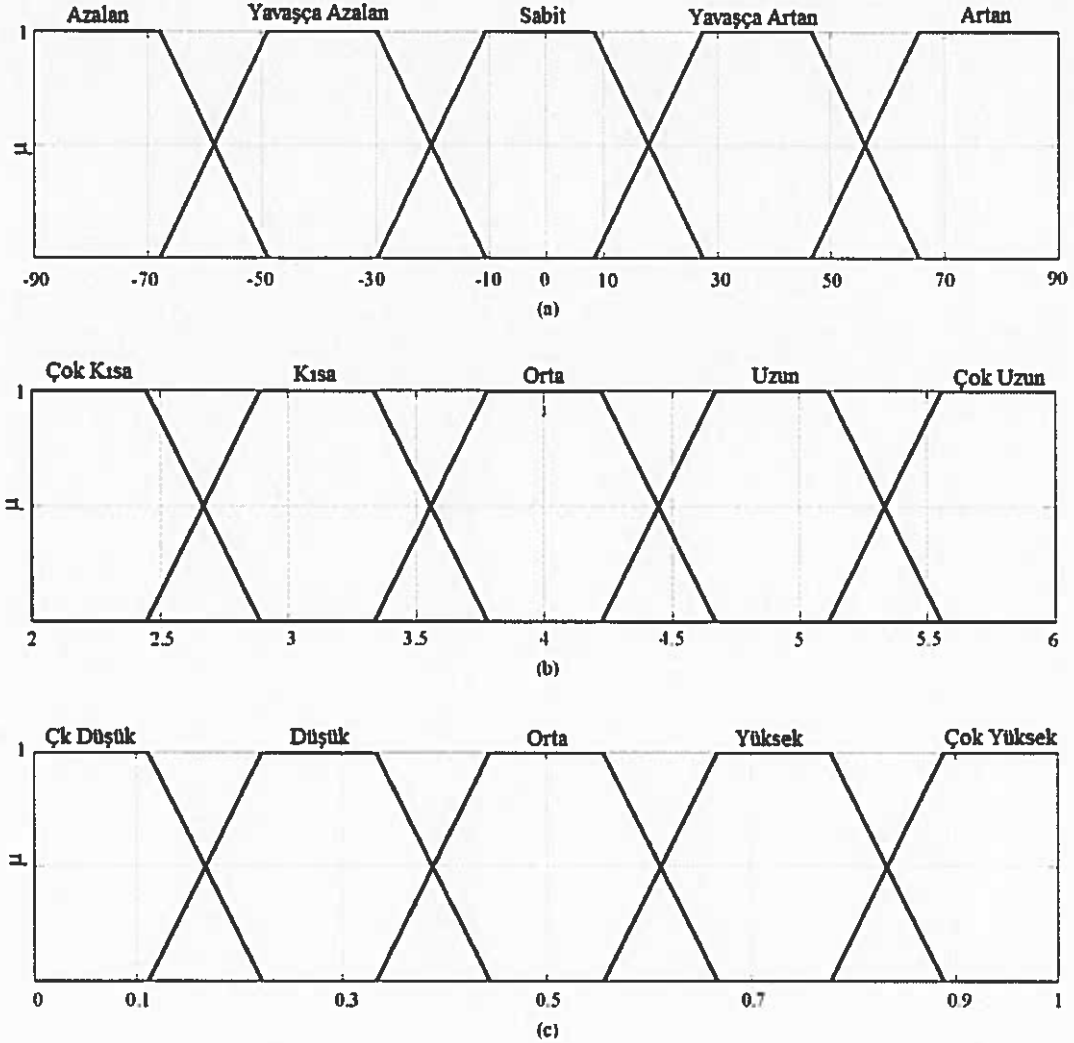
Çizelge 5.3. Aylık bazda zaman serisini temsil etme gücüne sahip dilsel özetler

Niceleyici	Aylık Bazda Özetler	TD_{GD_0}
En az yarısı	Çok yüksek değişkenliğe sahip olan trendlerin en az yarısı artar	1
	Trendlerin en az yarısı çok düşük değişkenliğe sahiptir	1
	Trendlerin en az yarısı çok kısadır	1
	Azalan trendlerin en az yarısı çok kısadır	1
	Sabit trendlerin en az yarısı çok düşük değişkenliğe sabittir	1
Yansı	Trendlerin en az yarısı çok kısadır	0,8293
	Çok uzun trendlerin yansı azalma eğilimi gösterir	1
	Yavaşça artan trendler çok düşük değişkenliğe sahiptir.	0,9379
	Artan trendlerin yansı çok kısadır	0,9239
	Orta süreli trendlerin yansı artma eğilimi gösterir	1
Çoğu	Çok düşük değişkenliğe sahip trenlerin çoğu çok kısadır	1
	Çok yüksek değişkenliğe sahip trenlerin çoğu çok uzundur	1
	Azalan trendlerin çoğu çok kısadır	1
	Yavaşça azalan trendlerin çoğu çok kısadır	1
	Sabit trendlerin çoğu çok düşük değişkenliğe sahiptir	1
Neredeyse tamamı	Çok yüksek değişkenliğe sahip trendlerin neredeyse tamamı çok uzundur	1
	Yüksek değişkenliğe sahip trendlerin neredeyse tamamı uzundur	1
	Orta süreli trendlerin neredeyse tamamının değişkenliği ortadır	1
	Kısa trendlerin neredeyse tamamının değişkenliği düşüktür	1
	Çok kısa trendlerin neredeyse tamamının değişkenliği çok düşüktür	1

5.1. Günlük Bazda Yorumlar

BPF zaman serisi günlük bazda incelendiğinde trendlerin büyük çoğunluğunun oldukça kısa olduğu görülmektedir: "Trendlerin en az yarısı çok kısadır [$TD = 1$]". Eğer sıra dışı biçimde gerçekleşen ekonomik, siyasi ve askeri faaliyetler yoksa BPF zaman serisi hafifçe artış eğilimi gösterir. Bu nedenle trendlerin çoğu, dinamiklik açısından sabit olarak yorumlanabilir: "Uzun trendlerin en az yarısı sabittir, [$TD = 1$]". Ardışık trendlerin en az yarısı çok düşük sapmalar göstermektedir. Bu durum değişkenliğin düşüklüğüne işaretir.

Örneğin: "Uzun eğilimlerin en az yarısı çok düşük değişkenliğe sahiptir, $[TD = 1]$," ifadesi bu sonucu desteklemektedir. Ayrıca, artan ve yavaş yavaş artan eğilimler çok kısadır. Bu durum, eğer ülkenin yeterli petrol stokları varsa artan ya da yavaşça artan bir trendin içinde olduğumuz dönemin sonuna kadar Türkiye'nin ithalat için bekleyebileceği şeklinde yorumlanabilir.



Şekil 5.4. (a) Yerel trendlerin dinamikliğini temsil eden bulanık kümeler (açı) (b) Yerel trendlerin süresini temsil eden bulanık kümeler (ay) (c) Yerel trendlerin değişkenliğini temsil eden bulanık kümeler (normalize edilmiş mesafe)

Özetlerden, dinamiklik ne olursa olsun değişkenliğin genellikle düşük ya da çok düşük olduğu sonucu çıkartılır. Bu da, özel durumlar dışında trendlerdeki sapmaların çok düşük olduğunu göstermektedir. Sonuçlar, petrol fiyatlarının temel değişim özelliklerini doğrulamaktadır. Olağandışı etkili faktörler olmadığı sürece, değişim dinamikleri neredeyse sabittir ve değişkenlik düşüktür.

5.2. Aylık Bazda Yorumlar

Aylık sonuçlar, trendlerin değişkenliği ve süresi arasında bir korelasyon olduğunu göstermektedir. Değişkenlik her ne kadar yüksek olursa süre de o kadar uzun olur ve değişkenlik ne derece az ise trendin süresi de o derece kısa olur. Bu bilgilerin ışığında, geçmiş BPF verilerinden mali yorumlar elde edebiliriz. Aylık verilerden elde edilen yerel trendleri incelediğimizde: "Azalan trendlerin çoğu çok kısadır, $[TD = 1]$ " ve "Yavaşça azalan trendlerin çoğu çok kısadır, $[TD = 1]$ " sonuçları görülür. Azalan ve yavaşça azalan trendlerin çok kısa olduğu, trendin ilk ayında trendin ikinci ayına göre daha düşük fiyatların hakim olduğu gözlemlenmektedir. 1996-2012 arasında bu yoruma uygun düşen 18 yerel trend vardır. Türkiye petrol ithalatı için her yıl milyarlarca dolar harcamaktadır. Azalan ve yavaşça azalan trendlerin çok kısa olduğu görülmektedir. Bu yüzden, azalan ya da yavaşça azalan trendlerin olması halinde, hızlı tepki göstermek ve yüksek miktarda petrol ithal etmek uygun olacaktır. Çünkü trendler uzun olmayacak ve görece düşük fiyattan faydalanmak için fazla zaman kalmayacaktır. Petrol varil fiyatındaki azalma çok hafif bile olsa, Türkiye gibi ithalat miktarının yüksek olduğu ülkelerde toplam maliyette önemli bir değişiklik görülecektir.

Çizelge 5.4'teki finansal karşılaştırmalar, önermelerden türetilen sonuçları göstermektedir. 1 varil 158,98 litreye eşit olup, petrolün 1 litresi 0.88 kilogram ağırlığında olacak şekilde 0,88 özgül ağırlığa sahiptir. Bu durumda, 1 varil 139,9024 kilogram ($158,98 * 0.88$) ve 0,1399 ton ağırlığındadır. Son olarak, 1 ton 7,14 varile eşittir. Örneğin; Haziran 1996'da BPF varil başına 18,46 dolarken Temmuz 1996'da 19,57 dolar olmuştur. Bu iki ay arasında fark varil başına 1,11 dolardır. Türkiye, Temmuz 1996'da 14.210.656 varile eşit olmak üzere 1.990.228 ton ham petrol ithal etmiştir ($1.990.228 * 7,14$). Şayet; Türkiye 1996 Temmuz ayının ihtiyacını 1996 Haziran ayında ithal etmiş ve stoklamış olsa idi, aylık ithalat maliyetinde 15,77 milyon dolarlık tasarruf sağlanabilirdi. ($1,11 * 14.210.656$).

Sonuç olarak; dilsel özetlemelerden elde edilen çıkarımlar ışığında, Türkiye'nin petrol ithalatında, trendlerin ikinci ayının ithalatının trendlerin ilk ayında gerçekleştirilmesi durumunda, 1996 ve 2012 yılları arasında yaklaşık 573,88 milyon dolarlık tasarruf sağlanabileceği gösterilmiştir.

Çizelge 5.4'teki ifadelerin açıklamaları şu şekildedir:

- (A) Azalan ya da yavaşça azalan trendlerin başlangıç tarihleri
- (B) Azalan ya da yavaşça azalan trendlerin başlangıç tarihindeki BPF (dolar/varil)
- (C) Azalan ya da yavaşça azalan trendlerin ikinci ayları
- (D) Azalan ya da yavaşça azalan trendlerin ikinci aylarındaki BPF (dolar/varil)
- (E) Azalan ya da yavaşça azalan trendlerin birinci ve ikinci ayları arasındaki BPF (dolar/varil) farkı
- (F) Türkiye'nin azalan ya da yavaşça azalan trendlerin ikinci ayında yapmış olduğu petrol ithalatı (ton)
- (G) Türkiye'nin azalan ya da yavaşça azalan trendlerin ikinci ayında yapmış olduğu petrol ithalatı (varil)
- (H) Azalan ya da yavaşça azalan trendlerin ikinci ayında yapılan ithalatın söz konusu trendin ilk ayında yapılması durumunda yapılacak tasarruf (milyon dolar)

Çizelge 5.4. Finansal Karşılaştırmalar

A	B	C	D	E	F	G	H
Haziran 1996	18,46	Temmuz 1996	19,57	1,11	1.990.288	14.210.656	15,77
Nisan 1997	17,56	Mayıs 1997	19,02	1,46	1.881.577	13.434.459	19,61
Ağustos 1998	11,91	Eylül 1998	13,34	1,43	2.125.246	15.174.256	21,69
Ocak 2001	25,62	Şubat 2001	27,50	1,88	1.801.723	12.864.302	24,18
Mart 2001	24,50	Nisan 2001	25,66	1,16	1.630.844	11.644.226	13,50
Temmuz 2001	24,61	Ağustos 2001	25,68	1,07	2.115.987	15.108.147	16,16
Haziran 2002	24,08	Temmuz 2002	25,74	1,66	1.912.587	13.655.871	22,66
Nisan 2003	25,00	Mayıs 2003	25,86	0,86	1.928.476	13.769.318	11,84
Aralık 2004	39,60	Ocak 2005	44,51	4,91	1.723.994	12.309.317	60,43
Kasım 2005	55,24	Aralık 2005	56,86	1,62	1.803.468	12.876.761	20,86
Mart 2006	62,06	Nisan 2006	70,26	8,20	2.149.684	15.348.743	125,85
Ekim 2006	57,81	Kasım 2006	58,76	0,95	2.344.105	16.736.909	15,90
Aralık 2008	39,95	Ocak 2009	43,44	3,49	1.306.316	9.327.096	32,55
Haziran 2010	74,76	Temmuz 2010	75,58	0,82	1.637.342	11.690.621	9,58
Haziran 2011	113,83	Temmuz 2011	116,97	3,14	1.921.459	13.719.217	43,07
Ekim 2011	109,55	Kasım 2011	110,70	1,15	1.493.087	10.660.641	12,25
Haziran 2012	95,16	Temmuz 2012	102,62	7,46	1.454.385	10.384.308	77,46
Aralık 2012	109,49	Ocak 2013	112,96	3,47	1.231.883	8.795.644	30,52
Toplam							573,88

6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu tez çalışması literatürde, BPF zaman serilerinin dilsel özetlenmesi ve özetlerden finansal yorumlar çıkartılmasına yönelik olarak dilsel özetleme tekniğinin günlük ve aylık bazda Mayıs 1987-Temmuz 2013 arasındaki BPF verilerine uygulandığı ilk girişimdir. Bu tez çalışmasının amacı; Türkiye gibi petrol ithalatçısı ülkeler için petrol fiyatı zaman serilerinin gelecekteki davranışları ve dalgalanmalarını tahmin etmeye yardımcı olabilecek dilsel önermeler üretmek için kullanılabilecek bir karar destek aracı oluşturmaktır. Bu çalışmada, ilk önce yerel trendler çıkartılmış, daha sonra ise yerel trendlerin temel özellikleri (süre, değişkenlik ve dinamiklik) ve niceleyiciler (yarım, en az yarısı, çoğu, hemen hemen hepsi) bulanık kümeler ile modellenen dilsel etiketlerle tanımlanmışlardır. Doğruluk derecesi 0,70'in üzerinde olan tip-I ve tip-II dilsel özetler finansal yorumlar için dikkate alınmışlardır.

Oluşturulan dilsel özetlerin yorumlarına dayalı olarak Türkiye perspektifinden somut finansal yorumlar yapılmıştır. Sonuç olarak, dilsel özetlerden elde edilen çıkarımlar ışığında, Türkiye'nin petrol ithalatında, trendlerin ikinci ayının ithalatının trendlerin ilk ayında gerçekleştirilmesi durumunda 1996 ve 2012 yılları arasında yaklaşık 573,88 milyon dolarlık tasarruf sağlanabileceği gösterilmiştir.

KAYNAKLAR

1. İnternet: International Energy Agency (IEA). (2013). Energy Security. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.iaa.org%2Ftopics%2Fenergysecurity%2Fanddate=2014-05-07>, Son Erişim Tarihi: 07.05.2014.
2. International Energy Agency (IEA). (2013). Key World Energy Statistics 2012; IEA. *Paris*, 6-47.
3. International Energy Agency (IEA). (2014). Key World Energy Statistics 2013; IEA. *Paris*, 6-35.
4. International Energy Agency (IEA). (2001). Energy Outlook 2000; IEA. *Paris*, 21-60.
5. Türkiye Cumhuriyeti Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK). (2013). Petroleum Market Sector Report 2012; EPDK. *Ankara*, 1-12.
6. Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO). (2012). 2011 Yılı Ham Petrol ve Doğalgaz Sektör Raporu; TPAO. *Ankara*, 2-10.
7. U.S. Energy Information Administration (EIA). (2014). Short-term Energy Outlook; EIA. *U.S.A.*, 24-45.
8. Türkiye Cumhuriyeti Ekonomi Bakanlığı. (2013). 2023 Türkiye İhracat Stratejisi; Ekonomi Bakanlığı. *Ankara*, 1.
9. Akay, D., and Atak, M. (2007). Grey prediction with rolling mechanism for electricity demand forecasting of Turkey. *Energy*, 32(9), 1670-1675.
10. Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). (2013). Mavi Kitap; ETKB. *Ankara*, 9-14.
11. Türkiye Cumhuriyeti Maliye Bakanlığı. (2010). Yıllık Ekonomik Rapor 2009; Maliye Bakanlığı. *Ankara*, 177-192.
12. Türkiye Cumhuriyeti Maliye Bakanlığı. (2011). Yıllık Ekonomik Rapor 2010; Maliye Bakanlığı. *Ankara*, 63-72.
13. Türkiye Cumhuriyeti Maliye Bakanlığı. (2012). Yıllık Ekonomik Rapor 2011; Maliye Bakanlığı. *Ankara*, 70-75.
14. İnternet: Brent Petrol. Brent Petrol Hakkında. (2013). URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.brentpetrol.com%2Fanddate=2014-05-07>, Son Erişim Tarihi: 07.05.2014.
15. Yager, R.R. (1982). A new approach to the summarization of data. *Information Sciences*, 28(1), 69-86.

16. Niewiadomski, A. (2008). Imprecision measures for Type-2 fuzzy sets: applications to linguistic summarization of databases. In *Artificial Intelligence and Soft Computing–ICAISC 2008*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 285-294.
17. Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and control*, 8(3), 338-353.
18. Zadeh, L. A. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning. *Information sciences*, 8(3), 199-249.
19. Zadeh, L. A. (1978). PRUF: a meaning representation language for natural languages. *International Journal of Man-Machine Studies*, 10(4), 395-460.
20. Zadeh, L. A. (1983). A computational approach to fuzzy quantifiers in natural languages. *Computers and Mathematics with Applications*, 9(1), 149-184.
21. Kacprzyk, J., Wilbik, A., and Zadrozny, S. (2007). Linguistic summarization of time series under different granulation of describing features. In *Rough Sets and Intelligent Systems Paradigms*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 230-240.
22. Kacprzyk, J., Wilbik, A., and Zadrozny, S. (2008). Linguistic summarization of time series using a fuzzy quantifier driven aggregation. *Fuzzy Sets and Systems*, 159(12), 1485-1499.
23. Kacprzyk, J., and Wilbik, A. (2008). Linguistic summarization of time series using fuzzy logic with linguistic quantifiers: a truth and specificity based approach. In *Artificial Intelligence and Soft Computing–ICAISC 2008*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 241-252.
24. Kacprzyk, J., and Wilbik, A. (2008, June). Linguistic summarization of time series using linguistic quantifiers: augmenting the analysis by a degree of fuzziness. In *Fuzzy Systems, 2008. FUZZ-IEEE 2008.(IEEE World Congress on Computational Intelligence). IEEE International Conference on*. IEEE. pp. 1146-1153.
25. Kacprzyk, J., and Zadrozny, S. (2010). Modern data-driven decision support systems: the role of computing with words and computational linguistics. *International Journal of General Systems*, 39(4), 379-393.
26. Kacprzyk, J., and Zadrozny, S. (2009). Supporting Decision Making via Verbalization of Data Analysis Results Using Linguistic Data Summaries. In *Recent Advances in Decision Making*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 121-143.
27. Kacprzyk, J., and Zadrozny, S. (2005). Fuzzy Linguistic Summaries in Text Categorization for Human-Consistent Document-Driven Decision Support Systems. In *Computational Intelligence, Theory and Applications*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 271-279.
28. Kacprzyk, J., Zadrozny, S., and Wilbik, A. (2006). Linguistic summarization of some static and dynamic features of consensus reaching. In *Computational intelligence, theory and applications*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 19-28.

29. Ros, M., Pegalajar, M., Delgado, M., Vila, A., Anderson, D. T., Keller, J. M., and Popescu, M. (2011, June). Linguistic summarization of long-term trends for understanding change in human behavior. In *Fuzzy Systems (FUZZ), 2011 IEEE International Conference on*. IEEE, pp. 2080-2087.
30. Yager, R. R. (2010). Concept representation and database structures in fuzzy social relational networks. *Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans, IEEE Transactions on*, 40(2), 413-419.
31. Yager, R.R. (2012). Fuzzy soft social network modeling and marketing in customer relationship. In A. Meier and L. Donzé (Eds.), *Fuzzy Methods for Customer Relationship Management and Marketing: Applications and Classifications*. IGI Global, pp. 16-40.
32. Pouzols, F. M., Barriga, A., Lopez, D. R., and Sánchez-Solano, S. (2008, June). Linguistic summarization of network traffic flows. In *Fuzzy Systems, 2008. FUZZ-IEEE 2008.(IEEE World Congress on Computational Intelligence). IEEE International Conference on*. IEEE, pp. 619-624.
33. Anderson, D., Luke, R. H., Keller, J. M., Skubic, M., Rantz, M., and Aud, M. (2009). Linguistic summarization of video for fall detection using voxel person and fuzzy logic. *Computer Vision and Image Understanding*, 113(1), 80-89.
34. Mendez-Nunez, S., and Triviño, G. (2010, July). Combining semantic web technologies and computational theory of perceptions for text generation in financial analysis. In *Fuzzy Systems (FUZZ), 2010 IEEE International Conference on*. IEEE, pp. 1-8.
35. Eciolaza, L., Trivino, G., Delgado, B., Rojas, J., and Sevillano, M. (2011, April). Fuzzy linguistic reporting in driving simulators. In *Computational Intelligence in Vehicles and Transportation Systems (CIVTS), 2011 IEEE Symposium on*. IEEE, pp. 30-37.
36. Alvarez-Alvarez, A., Sanchez-Valdes, D., Trivino, G., Sánchez, Á., and Suárez, P. D. (2012). Automatic linguistic report of traffic evolution in roads. *Expert Systems with Applications*, 39(12), 11293-11302.
37. Kacprzyk, J., and Wilbik, A. (2009, July). Using Fuzzy Linguistic Summaries for the Comparison of Time Series: an application to the analysis of investment fund quotations. In *IFSA/EUSFLAT Conf.* (pp. 1321-1326).
38. Batyrshin, I., Sheremetov, L., and Herrera-Avelar, R. (2007). Perception based patterns in time series data mining. In *Perception-based Data Mining and Decision Making in Economics and Finance*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 85-118.
39. Castillo-Ortega, R., Marín, N., and Sánchez, D. (2011). Linguistic query answering on data cubes with time dimension. *International Journal of Intelligent Systems*, 26(10), 1002-1021.

40. Kacprzyk, J., Wilbik, A., and Zadrozny, S. (2006, September). Using a genetic algorithm to derive a linguistic summary of trends in numerical time series. In *Evolving Fuzzy Systems, 2006 International Symposium on* (pp. 137-142).
41. Kacprzyk, J., Wilbik, A., and Zadrozny, S. (2007, March). Mining time series data via linguistic summaries of trends by using a modified Sugeno integral based aggregation. In *Computational Intelligence and Data Mining, 2007. CIDM 2007. IEEE Symposium on* (pp. 742-749).
42. Wilbik, A., and Kacprzyk, J. (2010, January). A multi-criteria evaluation of linguistic summaries of time series via a measure of informativeness. In *Artificial Intelligence and Soft Computing*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 105-113.
43. Kacprzyk, J., Wilbik, A., and Zadrozny, S. (2006, July). Linguistic summarization of trends: a fuzzy logic based approach. In *Proceedings of the 11th International Conference Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-based Systems* (pp. 2166-2172).
44. Kacprzyk, J., and Zadrozny, S. (2003, May). Linguistic summarization of data sets using association rules. In *Fuzzy Systems, 2003. FUZZ'03. The 12th IEEE International Conference on* (Vol. 1, pp. 702-707).
45. Kacprzyk, J., and Yager, R. R. (2001). Linguistic summaries of data using fuzzy logic. *International Journal of General System*, 30(2), 133-154.
46. Zadrozny, S., Kacprzyk, J., and Tre, G. D. (2009, September). A concept of bipolar queries in textual information retrieval. In *Proceedings of the 2009 IEEE/WIC/ACM International Joint Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology-Volume 03* (pp. 175-178).
47. Zadrozny, S., and Kacprzyk, J. (2007). Bipolar queries using various interpretations of logical connectives. In *Foundations of Fuzzy Logic and Soft Computing*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 181-190.
48. Castillo-Ortega, R., Marin, N., and Sánchez, D. (2011, June). Linguistic local change comparison of time series. In *Fuzzy Systems (FUZZ), 2011 IEEE International Conference on* (pp. 2909-2915).
49. Castillo-Ortega, R., Marín, N., and Sánchez, D. (2010). Time series comparison using linguistic fuzzy techniques. In *Computational Intelligence for Knowledge-Based Systems Design*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 330-339.
50. Catillo-Ortega, R. M., Marín, N., and Sánchez, D. (2011). A Fuzzy Approach to the Linguistic Summarization of Time Series. *Journal of Multiple-Valued Logic and Soft Computing*, 17(2-3), 157-182.
51. Batyrshin, I., and Sheremetov, L. (2005). Perception based time series data mining with MAP transform. In *MICAI 2005: Advances in Artificial Intelligence*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 514-523.

52. Batyrshin, I., and Sheremetov, L. (2006). Time series pattern recognition based on MAP transform and local trend associations. In *Progress in Pattern Recognition, Image Analysis and Applications*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 910-919.
53. Batyrshin, I. Z., and Sheremetov, L. B. (2008). Perception-based approach to time series data mining. *Applied Soft Computing*, 8(3), 1211-1221.
54. Van der Heide, A., and Trivio, G. (2009, November). Automatically Generated Linguistic Summaries of Energy Consumption Data. In *Intelligent Systems Design and Applications, 2009. ISDA'09. Ninth International Conference on* (pp. 553-559).
55. Boran, F. E., and Akay, D. (2013). A generic method for the evaluation of interval type-2 fuzzy linguistic summaries. *IEEE Transactions on Cybernetic*, 2168-2267.
56. Fan, Y., Liang, Q., and Wei, Y. M. (2008). A generalized pattern matching approach for multi-step prediction of crude oil price. *Energy Economics*, 30(3), 889-904.
57. Huntington, H. G. (1994). Oil price forecasting in the 1980s: What went wrong?. *The Energy Journal*, 15(2), 1-22.
58. Morana, C. (2001). A semiparametric approach to short-term oil price forecasting. *Energy Economics*, 23(3), 325-338.
59. Gülen, S. G. (1998). Efficiency in the crude oil futures market. *Journal of Energy Finance and Development*, 3(1), 13-21.
60. Ye, M., Zyren, J., and Shore, J. (2005). A monthly crude oil spot price forecasting model using relative inventories. *International Journal of Forecasting*, 21(3), 491-501.
61. Kaufmann, R. K., Dees, S., Karadeloglou, P., and Sanchez, M. (2004). Does OPEC Matter? An Econometric Analysis of Oil Prices. *Energy Journal*, 25(4), 67-90.
62. Mirmirani, S., and Li, H. C. (2005). A comparison of VAR and neural networks with genetic algorithm in forecasting price of oil. *Advances in Econometrics*, 19, 203-223.
63. Lanza, A., Manera, M., and Giovannini, M. (2005). Modeling and forecasting cointegrated relationships among heavy oil and product prices. *Energy Economics*, 27(6), 831-848.
64. Sadorsky, P. (2006). Modeling and forecasting petroleum futures volatility. *Energy Economics*, 28(4), 467-488.
65. Cheong, C. W. (2009). Modeling and forecasting crude oil markets using ARCH-type models. *Energy policy*, 37(6), 2346-2355.
66. Yu, L., Wang, S., and Lai, K. K. (2008). Forecasting crude oil price with an EMD-based neural network ensemble learning paradigm. *Energy Economics*, 30(5), 2623-2635.

67. Abramson, B., and Finizza, A. (1995). Probabilistic forecasts from probabilistic models: a case study in the oil market. *International Journal of forecasting*, 11(1), 63-72.
68. Kaboudan, M. A. (2001). Compumetric forecasting of crude oil prices. In *Evolutionary Computation, 2001. Proceedings of the 2001 Congress on* (Vol. 1, pp. 283-287).
69. Shambora, W. E., and Rossiter, R. (2007). Are there exploitable inefficiencies in the futures market for oil?. *Energy Economics*, 29(1), 18-27.
70. Yu, L., Lai, K. K., Wang, S., and He, K. (2007). Oil price forecasting with an EMD-based multiscale neural network learning paradigm. In *Computational Science-ICCS 2007*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 925-932.
71. Tang, L., and Hammoudeh, S. (2002). An empirical exploration of the world oil price under the target zone model. *Energy Economics*, 24(6), 577-596.
72. Xie, W., Yu, L., Xu, S., and Wang, S. (2006). A new method for crude oil price forecasting based on support vector machines. In *Computational Science-ICCS 2006*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 444-451.
73. Chai, J., Guo, J. E., Meng, L., and Wang, S. Y. (2011). Exploring the core factors and its dynamic effects on oil price: An application on path analysis and BVAR-TVP model. *Energy policy*, 39(12), 8022-8036.
74. Özbek, L., and Özlale, Ü. (2010). Analysis of real oil prices via trend-cycle decomposition. *Energy Policy*, 38(7), 3676-3683.
75. Chevillon, G., and Riffart, C. (2009). Physical market determinants of the price of crude oil and the market premium. *Energy Economics*, 31(4), 537-549.
76. Nandha, M., and Faff, R. (2008). Does oil move equity prices? A global view. *Energy Economics*, 30(3), 986-997.
77. Bénassy-Quéré, A., Mignon, V., and Penot, A. (2007). China and the relationship between the oil price and the dollar. *Energy Policy*, 35(11), 5795-5805.
78. Coleman, L. (2012). Explaining crude oil prices using fundamental measures. *Energy Policy*, 40, 318-324.
79. Stevens, P. (1995). The determination of oil prices 1945–1995: A diagrammatic interpretation. *Energy Policy*, 23(10), 861-870.
80. Dees, S., Karadeloglou, P., Kaufmann, R. K., and Sanchez, M. (2007). Modelling the world oil market: Assessment of a quarterly econometric model. *Energy Policy*, 35(1), 178-191.
81. Kaufmann, R. K. (2011). The role of market fundamentals and speculation in recent price changes for crude oil. *Energy Policy*, 39(1), 105-115.

82. Göral, M. A. (2007). *Kredi kartı başvuru aşamasında sahtecilik tespiti için bir veri madenciliği modeli*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 29-37.
83. Sumathi, S. and Sivanandam, S. N. (2006). Introduction to data mining and its applications. *Springer*.
84. Han, J., Kamber, M., and Pei, J. (2006). Data mining: concepts and techniques. *Morgan Kaufmann*.
85. Vercellis, C. (2009). Business intelligence: data mining and optimization for decision making (pp. i-xviii). *John Wiley and Sons, Ltd*.
86. Pang-Ning, T., Steinbach, M. and Kumar, V. (2006). Introduction to data mining. *WP Co*.
87. Boran, F. E. (2013). *Aralıklı tip-2 bulanık kümelerle dilsel özetleme*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
88. Sincich, T. (1996). Business statistics by example (Vol. 5). *Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall*.
89. Chiang, D. A., Chow, L. R. and Wang, Y. F. (2000). Mining time series data by a fuzzy linguistic summary system. *Fuzzy sets and Systems*, 112(3), 419-432.
90. Esling, P. , Agon, C. (2012). Time-series data mining. *ACM Computing Surveys*, 45(1), 1-34.
91. Fu, T.C. (2011). A review on time series data mining. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 24(1), 164-181.
92. Ross, T.J. (2010). Fuzzy logic with engineering applications (3 ed.). *John Wiley and Sons*.
93. Klir, G.J. and Yuan, B. (1995). Fuzzy sets and fuzzy logic: theory and applications. *River, NJ, USA: Prentice Hall*.
94. Zadeh, L. A. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning—I. *Information sciences*, 8(3), 199-249.
95. Wygralak, M. (2001). Fuzzy sets with triangular norms and their cardinality theory. *Fuzzy Sets and Systems*, 124(1), 1-24.
96. Casasnovas, J. and Torrens, J. (2003). An axiomatic approach to fuzzy cardinalities of finite fuzzy sets. *Fuzzy Sets and Systems*, 133(2), 193-209.
97. Yager, R. R. (1991). Fuzzy quotient operators for fuzzy relational data bases. *Fuzzy Engineering toward Human Friendly Systems*, 1, 13-15.

98. Arabacı, Ö. (2007). *Makroekonomik zaman serisi analizi ve yapay sinir ağı uygulamaları*, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa, 4.
99. Charbonnier, S. and Gentil, S. (2007). A trend-based alarm system to improve patient monitoring in intensive care units. *Control Engineering Practice*, 15(9), 1039-1050.
100. Kacprzyk, J., and Wilbik, A. (2008, June). Linguistic summarization of time series using linguistic quantifiers: augmenting the analysis by a degree of fuzziness. In *Fuzzy Systems, 2008. FUZZ-IEEE 2008.(IEEE World Congress on Computational Intelligence). IEEE International Conference on* (pp. 1146-1153).
101. Sklansky, J. , Gonzalez, V. (1980). Fast polygonal-approximation of digitized-curves. *Pattern Recognition*, 12(5), 327-331.
102. Kacprzyk, J., Wilbik, A., and Zadrozny, S. (2008). Linguistic summarization of time series using a fuzzy quantifier driven aggregation. *Fuzzy Sets and Systems*, 159(12), 1485-1499.
103. Kacprzyk, J., Wilbik, A., and Zadrozny, S. (2010). An approach to the linguistic summarization of time series using a fuzzy quantifier driven aggregation. *International Journal of Intelligent Systems*, 25(5), 411-439.
104. Delgado, M., Sánchez, D., and Miranda, M. A. V. (1999). A survey of methods for evaluating quantified sentences. In *EUSFLAT-ESTYLF Joint Conf.* (pp. 279-282).
105. Delgado, M., Sánchez, D., & Vila, M. A. (2000). Fuzzy cardinality based evaluation of quantified sentences. *International Journal of Approximate Reasoning*, 23(1), 23-66.
106. Delgado, M., Sánchez, D., Martín-Bautista, M. J., & Vila, M. A. (2002). A probabilistic definition of a nonconvex fuzzy cardinality. *Fuzzy Sets and Systems*, 126(2), 177-190.
107. Yager, R.R. (1988). On Ordered Weighted Averaging Aggregation Operators in Multicriteria Decision-Making. *Ieee Transactions on Systems Man and Cybernetics*, 18(1), 183-190.
108. Shen, Y. (2009). Fuzzy association rules in soft conceptual hierarchies. In *NAFIPS 2009-2009 Annual Meeting of the North American Fuzzy Information Processing Society* (pp. 1-6).
109. Martin, T., Shen, Y. and Majidian, A. (2010). Discovery of time-varying relations using fuzzy formal concept analysis and associations. *International Journal of Intelligent Systems*, 25(12), 1217-1248.
110. İnternet: U.S. Energy Information Administration (EIA). Spot Prices (Crude Oil in Dollars per Barrel, Products in Dollars per Gallon). (2013). URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.eia.gov%2Fdnv%2Fpet%2Fpet_pri_spt_s1_d.htm&date=2014-05-11, Son Erişim Tarihi: 07.05.2014.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : Hakan, HATİPOĞLU
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 16.05.1987, Ankara
 Medeni hali : Bekâr
 Telefon : 0 (538) 695 96 01
 Faks : 0 (312) 215 35 96
 E-Posta : hhatipoglu@enerji.gov.tr



Eğitim

Derece	Okul/Program	Mezuniyet tarihi
Yüksek Lisans	Gazi Üniversitesi/Endüstri Mühendisliği	2014
Lisans	Gazi Üniversitesi/Endüstri Mühendisliği	2009
Lise	Mehmet Akif Ersoy Lisesi (YDAL)	2005

İş Deneyimi

Yıl	Çalıştığı Yer	Görev
2010-2011	Türk Silahlı Kuvvetleri	Yedek Subay
2011-2012	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı	Mühendis
2012-halen	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı	Uzman Yardımcısı

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

-

Hobiler

Sinema, Satranç, Kitap



GAZİ GELECEKTİR..