
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Gazi
1926

BİLGİ AĞLARINDA DİLSEL ÖZETLEME

Serkan GENÇ

DOKTORA TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EYLÜL 2016

Serkan GENÇ tarafından hazırlanan "BİLGİ AĞLARINDA DİLSEL ÖZETLEME" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Diyar AKAY
Endüstri Mühendisliği, Gazi Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum ...……

Başkan : Prof. Dr. Hadi GÖKÇEN
Endüstri Mühendisliği, Gazi Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum ……

Üye : Prof. Dr. M. Ali AKCAYOL
Bilgisayar Mühendisliği, Gazi Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum ...……..

Üye : Doç. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Endüstri Mühendisliği, Selçuk Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum ...……

Üye : Yrd. Doç. Dr. Gülesin Sena DAŞ
Endüstri Mühendisliği, Kırıkkale Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum ...……

Tez Savunma Tarihi: 30/09/2016

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

……

Prof. Dr. Hadi GÖKÇEN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

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

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

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

Serkan GENÇ
30/09/2016

BİLGİ AĞLARINDA DİLSEL ÖZETLEME

(Doktora Tezi)

Serkan GENÇ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Eylül 2016

ÖZET

Bilgi ağlarını analiz etmek için bağlantı tahmini, kümelenme, pozisyon analizi gibi çok sayıda teknik uygulanabilmesine rağmen az sayıda çalışma bilgi ağları verisini dilsel özet şeklinde bilgiye dönüştürmeye yönelmiştir. Ham veriden açık ve öz özetler elde edilmesini sağlayan dilsel özetleme insan bilişsel mekanizması ile daha uyumludur. Bu tez çalışmasında, tanımlayıcı veri madenciliği/bilgi keşfi yönetimlerinden biri olan dilsel özetlemenin bilgi ağlarına uygulanması, bilgi ağları için dilsel özet formları geliştirilmesi ve geliştirilen formlarla üretilen dilsel özetlerin doğruluk derecesi için değerlendirme yöntemleri önerilmesi amaçlandı. Bunları başarabilmek için literatürde ilk kez hem düğümlerin özelliklerini hem de aralarındaki bağıntıyı dikkate alan yineleme, ardıl gönderim, karşılıklılık ve dallanma temelli dilsel özet formları önerildi. Genelleştirilmiş niceleyiciler, özellikle yarı bulanık niceleyiciler ve polyadik niceleyicilerin avantajları alınarak önerilen dilsel özet formlarının doğruluk derecelerini değerlendirmek için yöntemler geliştirildi. Önerilen yöntemler uluslararası ticaret ağının dilsel özetlemesi için kullanılmıştır.

Bilim Kodu : 90607
Anahtar Kelimeler : Bilgi ağları, dilsel özetleme, bilgi keşfi, niceleyici cümleler
Sayfa Adedi : 135
Danışman : Doç. Dr. Diyar AKAY

LINGUISTIC SUMMARIZATION IN INFORMATION NETWORKS

(Ph. D. Thesis)

Serkan GENÇ

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

September 2016

ABSTRACT

Although a plenty of techniques such as link prediction, clustering, position analysis have been proposed to analyze social networks, few studies have been addressed to transform social networks data into the knowledge in the form of linguistic summaries. Linguistic summarization, capable of extracting explicit and concise summary from a collection of raw data, is more compatible with human cognitive mechanism. In this thesis, the application of linguistic summarization to information networks which is one of the descriptive data mining/knowledge discovery techniques, linguistic summary forms for information networks, and methods for evaluating the degree of truth of suggested linguistic summary forms are aimed. In order to do these, for the first time in the literature, iteration, resumption, reciprocal and branching processes based linguistic summary forms taking into account both the attributes of the nodes and the relations between them are proposed. Then, methods for evaluating the degree of truth of linguistic summary forms suggested by taking advantages of generalized quantifiers, especially semi-fuzzy quantifiers and polyadic quantifiers, are developed. Finally, the suggested methods are used for the linguistic summarization of the international trade network.

Science Code	:	90607
Key Words	:	Information networks, linguistic summarization, knowledge discovery, quantified sentences
Page Number	:	135
Supervisor	:	Assoc. Prof. Dr. Diyar AKAY

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla bana yol gösteren, bilgi ve önerileriyle bana destek olan danışmanım Doç. Dr. Diyar AKAY'a teşekkürü bir borç bilirim. Tez izleme komitesinde ve savunma jürisinde görev alan ve tezime katkı sağlayan saygıdeğer öğretim üyelerine teşekkür ederim. Ayrıca manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan değerli eşim, kızım ve aileme çok teşekkürü ederim. Son olarak, tez çalışmama maddi olarak destek sağlayan TÜBİTAK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iv

ABSTRACT v

TEŞEKKÜR vi

İÇİNDEKİLER vii

ÇİZELGELERİN LİSTESİ x

ŞEKİLLERİN LİSTESİ xii

SİMGELER VE KISALTMALAR xiv

1. GİRİŞ 1

2. GENEL BİLGİLER 5

2.1. Bulanık Kümeler 5

2.1.1. Genel tanımlar 5

2.1.2. Kesişim ve birleşim 8

2.1.3. Üyelik fonksiyonları 9

2.1.4. Bulanık C-ortalama algoritması 11

2.2. Bazı Temel Çizge Tanım ve Teoremleri 12

2.3. Çizgelerde Klik ve Bağlantılı Bileşen Bulma 16

2.3.1. Maksimal klik bulma 17

2.3.2. Güçlü bağlantılı bileşen bulma 18

2.3.3. Maksimal ikili klik bulma 18

3. KARMAŞIK AĞLAR 21

3.1. İstatistiksel Ağ Analiz Ölçütleri 21

3.1.1. Aktör seviyesinde ölçütler 22

3.1.2. Ağ seviyesinde ölçütler 27

3.2. Gerçek Dünya Ağları 31

Sayfa

3.2.1. Sosyal ağlar 31
3.2.2. Bilgi ağları 33
3.2.3. Teknolojik ağlar 34
3.2.4. Biyolojik ağlar 34
3.3. Karmaşık Ağların Özellikleri 36
3.3.1. Küçük dünya etkisi 36
3.3.2. Ölçeksizlik etkisi 36
3.3.3. Rastgele ağlar 36
3.3.4. Topluluk tespiti 37
4. DİLSEL ÖZETLEME 39
4.1. Dilsel Özet Değerlendirme Yöntemleri 40
4.1.1. Skalar kardinalite temelli değerlendirme yöntemleri 41
4.1.2. Bulanık kardinalite temelli değerlendirme yöntemleri 43
4.2. Dilsel Özet Değerlendirme Yöntemlerinin Karşılaştırılması 55
4.2.1. Tip-1 ve tip-2 cümle değerlendirme yöntemlerinin karşılaştırılması 55
4.2.2. Niceleyici bulanıklaştırma mekanizmalarının karşılaştırılması 58
5. BİLGİ AĞLARINDA DİLSEL ÖZETLEME 61
5.1. Sosyal Ağlarda Dilsel Özetleme ile ilgili Çalışmalar 61
5.1.1. Bazı tanımlamalar 62
5.1.2. Sosyal ağlarda dilsel özetleme 63
5.1.3. Literatür değerlendirmesi 66
5.2. Bulanık Bilgi Ağlarının Dilsel Özetlemesi için Önerilen Genel Çerçeve 67
5.2.1. Yineleme temelli dilsel özet formu 67
5.2.2. Ardıl gönderim temelli dilsel özet formu 69
5.2.3. Karşılıklılık temelli dilsel özet formu 70
5.2.4. Dallanma temelli dilsel özet formu 74

Sayfa

6. UYGULAMA: ULUSLARARASI TİCARET AĞI 77
6.1. Uluslararası Ticaret Ağı Literatürü 78
6.2. Veri ve Özet İstatistik 82
6.3. Bulanık Veri Ayrıklaştırma 92
6.4. Ağ Gösterimi 96
6.5. Uluslararası Ticaret Ağında Dilsel Özetleme 103
6.5.1. Çalışmada dikkate alınan niceleyiciler ve bağıntı türleri 103
6.5.2. Uluslararası ticaret ağında yineleme temelli dilsel özetleme 105
6.5.3. Uluslararası ticaret ağında karşılıklılık temelli dilsel özetleme 107
6.6. Genel Değerlendirme 111
6.6.1. Yineleme temelli dilsel özetlerin değerlendirmesi 111
6.6.2. Karşılıklılık temelli dilsel özetlerin değerlendirmesi 113
7. SONUÇ VE ÖNERİLER 119
KAYNAKLAR 121
ÖZGEÇMİŞ 135

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 2.1. T-norm ve t-konorm özellikleri 8

Çizelge 4.1. Birli yarı bulanık niceleyicilerin tanımı..... 48

Çizelge 4.2. İkili yarı bulanık niceleyicilerin tanımı 48

Çizelge 4.3. Üçlü yarı bulanık niceleyicilerin tanımı 49

Çizelge 4.4. Dörtlü yarı bulanık niceleyicilerin tanımı..... 50

Çizelge 4.5. Tip-1 niceleyici cümlelerin karşılaştırması 57

Çizelge 4.6. Tip-2 niceleyici cümlelerin karşılaştırması 57

Çizelge 4.7. Niceleyici bulanıklaştırma mekanizmaları için özellikler 59

Çizelge 6.1. Çalışmada dikkate alınan ülkeler..... 83

Çizelge 6.2. Örnek uluslararası ticaret analizi veri tabanı kaydı 85

Çizelge 6.3. Ülkelerin gelir grubuna göre dağılımı 89

Çizelge 6.4. EKİ en yüksek ve en düşük 5'er ülke 90

Çizelge 6.5. ÜKİ en yüksek ve en düşük 5'er ürün 91

Çizelge 6.6. Çalışmada dikkate alınan ülkelerin bölgelere göre dağılımı 91

Çizelge 6.7. Çalışmada dikkate alınan ülkelerin kıtalara göre dağılımı 92

Çizelge 6.8. Yineleme temelli dilsel özet formunda kullanılan niceleyici ve bağıntı türleri 105

Çizelge 6.9. Özellikler listesi..... 106

Çizelge 6.10. Bulanık UTA ve Bulanık ilk 10 UTA'da yineleme temelli dilsel özetlerin bazıları ve doğruluk dereceleri..... 107

Çizelge 6.11. Karşılıklılık temelli dilsel özetlerde kullanılan niceleyiciler ve bağıntı türleri 108

Çizelge 6.12. Bulanık UTA için karşılıklılık temelli dilsel özetlerin bazıları ve doğruluk dereceleri..... 109

Çizelge 6.13. Bulanık ilk 10 UTA için karşılıklılık temelli dilsel özetlerin bazıları ve doğruluk dereceleri..... 110

Çizelge 6.14. Yineleme temelli dilsel özetlerin ağ türüne değişimi 111

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 6.15. Bulanık UTA ve bulanık ilk 10 UTA'da doğruluk derecesi 0,7'den büyük yineleme temelli dilsel özetlerin niceleyici türüne değişimi 112

Çizelge 6.16. Bulanık UTA ve bulanık ilk 10 UTA'da yineleme temelli dilsel özetlerin bağlantı türüne değişimi 112

Çizelge 6.17. Karşılıklılık temelli dilsel özetlerin ağ türüne değişimi 114

Çizelge 6.18. Bulanık UTA ve bulanık ilk 10 UTA için karşılıklılık temelli dilsel özetlerin bağlantı ve karşılıklılık türüne değişimi 115

Çizelge 6.19. Doğruluk derecesi 0,7'den büyük karşılıklılık temelli dilsel özetlerin bağlantı ve niceleyici türüne değişimi 116

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 2.1. Sıcaklık kümesi 5
Şekil 2.2. Sıcaklık için bulanık küme örneği 7
Şekil 2.3. Yaklaşık 2 için bulanık küme örneği 7
Şekil 2.4. (a) Üçgensel bulanık sayı (b) Yamuksal bulanık sayı 9
Şekil 2.5. S-eğrisi şeklinde bulanık sayı 10
Şekil 2.6. Dilsel etiketler 11
Şekil 2.7. (a) Yönsüz çizge (b) yönlü çizge (c) tam çizge (d) karışık çizge 13
Şekil 2.8. (a) Komşuluk matrisi (b) bitişiklik matrisi (c) komşuluk listesi 14
Şekil 2.9. (a) Çizge G (b) altçizge H 14
Şekil 2.10. (a) Bağlantılı çizge (b) bağlantısız çizge 15
Şekil 2.11. (a) Çizge G_1 (b) çizge G_2 (c) çizge G_3 (d) çizge G_4 16
Şekil 2.12. Maksimal klik için örnek çizge 17
Şekil 2.13. Güçlü bağlantılı bileşen için örnek çizge 18
Şekil 2.14. İkili klik için örnek çizge 19
Şekil 3.1. Örnek bir sosyal ağda derece merkeziliği 24
Şekil 3.2. Örnek bir sosyal ağda arasındalık merkeziliği 25
Şekil 3.3. Örnek bir sosyal ağda yakınlık merkeziliği 26
Şekil 3.4. Örnek bir sosyal ağda özvektör merkeziliği 27
Şekil 3.5. Karmaşık ağlarda bazı derece dağılımları 31
Şekil 3.6. Örnek bir sosyal ağ 32
Şekil 3.7. Örnek bir bilgi ağı 33
Şekil 3.8. Örnek bir teknoloji ağı 34
Şekil 3.9. Örnek bir biyolojik ağı 35
Şekil 4.1. (a) “Yaklaşık 3” mutlak niceleyicisi (b) “Çoğu” göreceli niceleyicisi. 40
Şekil 5.1. Güçlü teriminin bulanık altkümesi 63

Şekil **Sayfa**

Şekil 5.2. (a) Kısa yolun bulanık küme gösterimi (b) uzun ifadesini gösteren bulanık küme 63

Şekil 5.3. Farklı alt çizgeler 71

Şekil 6.1. Yıllar itibariyle dünya ve seçilen 121 ülkenin uluslararası ticareti 86

Şekil 6.2. 2010-2014 ortalama kişi başı GSYH 87

Şekil 6.3. 2010-2014 ortalama kişi başına GSYH (1000 Dolar) 93

Şekil 6.4. 2010-2014 ortalama kişi başına GSYH (1000 Dolar) bulanık dilsel etiketleri 93

Şekil 6.5. 2010-2014 ortalama ihracat (milyar Dolar) 94

Şekil 6.6. 2010-2014 ortalama ihracat (milyar Dolar) bulanık dilsel etiketleri 94

Şekil 6.7. 2010-2014 ortalama ithalat (milyar Dolar) 95

Şekil 6.8. 2010-2014 ortalama ithalat (milyar Dolar) bulanık dilsel etiketleri 95

Şekil 6.9. 2010-2014 ortalama EKİ 96

Şekil 6.10. 2010-2014 ortalama EKİ bulanık dilsel etiketleri 96

Şekil 6.11. Ülkeler arasındaki bağıntının bulanık küme ile gösterimi 98

Şekil 6.12. İlk 1 – İlk 25 arası ağdaki akışları dünya ticaretine oranı 98

Şekil 6.13. İlk 1 – İlk 25 arası ağdaki en yüksek akışlar 99

Şekil 6.14. İlk 1 – İlk 25 arası ağdaki en düşük akışlar 99

Şekil 6.15. İlk 10 ağda ülke akışları toplamının ülkenin toplam ihracatına oranı 100

Şekil 6.16. Bulanık UTA ilk 1 ağ gösterimi 101

Şekil 6.17. Bulanık UTA ilk 10 ağ gösterimi 102

Şekil 6.18. Bulanık UTA ağ gösterimi 102

Şekil 6.19. (a) Çoğu niceleyicisi (b) yaklaşık yarısı niceleyicisi (c) azı niceleyicisi (d) bazı niceleyicisi (e) yaklaşık yarısından fazlası niceleyicisi (f) yaklaşık üçte birinden fazlası niceleyicisi 103

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	**Açıklamalar**
E	Evrensel Küme
A	Bulanık Küme
$\mu_A(x_i)$	x_i elemanın A kümesine aitlik derecesi
α	Alfa kesmesi
α^+	Güçlü alfa kesmesi
A_α	Alfa kesmesi ile elde edilen kesin küme
A_{α^+}	Güçlü alfa kesmesi ile elde edilen kesin küme
$\otimes$	t-norm operatörü
$\oplus$	t-konorm operatörü
J_m	m. yineleme amaç fonksiyonu değeri
U_{ij}	U üyelik matrisinde x_i'nin j kümesine aitlik derecesi
c_j	j kümesinin merkezini
$G=(V, E)$	V düğüm ve E ayrıt kümelerinden oluşan G Çizgesi
D	Veri tabanı
Y	Nesneler kümesi
y_m	Veri tabanında m. nesne
V	Nesnelere ait özellikler kümesi
v_k	k. özellik
X_k	v_k özelliğinin tanım kümesi
$v_k(y_m)=v_k^m$	m. nesnenin k. özellik değeri
d_m	m. nesneye ait özellik değerleri
Q	Niceleyici
S	Özetleyici
$w_g S_g$	Niteleyici
T	Doğruluk Derecesi
F	Niceleyici bulanıklaştırma mekanizması
F^M	M niceleyici bulanıklaştırma mekanizması
$F^{M_{CX}}$	M_{CX} niceleyici bulanıklaştırma mekanizması
F^{owa}	OWA temelli niceleyici bulanıklaştırma mekanizması
F^{MD}	MD niceleyici bulanıklaştırma mekanizması
F^I	I niceleyici bulanıklaştırma mekanizması
F^{AD}	AD niceleyici bulanıklaştırma mekanizması
F^A	A niceleyici bulanıklaştırma mekanizması

Simgeler	Açıklamalar
R	Bulanık bağıntı
$\mathbf{It}(Q_1, Q_2)$	Yarı bulanık yineleme operatörü
$\mathbf{Res}^2(Q)$	Yarı bulanık ardıl gönderim operatörü
$\mathbf{Ram}_S(Q)$	Yarı bulanık güçlü karşılıklılık operatörü
$\mathbf{Ram}_I(Q)$	Yarı bulanık orta düzey karşılıklılık operatörü
$\mathbf{Ram}_W(Q)$	Yarı bulanık zayıf karşılıklılık operatörü
$\mathbf{Br}(Q_1, Q_2)$	Yarı bulanık dallanma operatörü

Kısaltmalar	Açıklamalar
AS	Armonize Sistem
BK	Bulanık Küme
EKİ	Ekonomik Karmaşıklık İndeksi
GSMG	Gayri Safi Milli Gelir
GSYH	Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
OECD	İktisadi İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı
UN COMTRADE	Birleşmiş Milletler Ticaret İstatistikleri Veri Tabanı
UTA	Uluslararası Ticaret Ağı
ÜKİ	Ürün Karmaşıklık İndeksi

1. GİRİŞ

Teknolojide yaşanan hızlı ilerlemeye bağlı olarak verinin elde edilmesi, saklanması ve ulaşılabilirliği oldukça kolaylaşırken hacmi ve çeşitliliği her geçen gün artmaktadır. Veriler, gelecekte kullanılmak üzere büyük veri tabanlarında saklanmasının yanı sıra karar verme süreçlerinde oldukça önemlidir. Karar verme sürecinde ham veri tek başına anlam ifade etmemektedir. Bu nedenle, ham verinin anlamlı bilgilere dönüştürülmesi gerekmektedir. Verinin bilgiye dönüştürülmesi sürecinde veri madenciliği/bilgi keşfi [1-4] son yıllarda önemli bir araştırma alanı olmuştur. Veri madenciliği/bilgi keşfinde kullanılan yöntemler tahmin yapma ve tanımlayıcı bilgiler ortaya çıkarmaya yöneliktir [3]. Tanımlayıcı yöntemler ile veri tabanında yer alan özellikler arasındaki ilişkileri özetleyen örüntüler elde edilmesi amaçlanmaktadır [5]. Dilsel özetleme, veri madenciliği/bilgi keşfinde kullanılan tanımlayıcı tekniklerden biri olup ilişkilerin ortaya çıkarılması ve insanlar tarafından daha kolay anlaşılabilen doğal dil ile verinin bilgiye dönüştürülmesini sağlar.

Dilsel özetleme için literatürde geliştirilen teknikler ve uygulama alanları incelendiğinde özetleme işleminin birbiri ile ilişkili olmayan nesneler için yapılabildiği görülmektedir. Örneğin, "çoğu çalışanın aylık kazancı yüksektir" gibi bir dilsel özeti düşünelim. Bu özette, çalışan bir nesne olarak düşünülmektedir ve çalışanlar arasında herhangi bir iş, arkadaşlık vb. ilişki incelenmemektedir. Facebook, LinkedIn gibi çevrimiçi karmaşık ağları ele aldığımızda kişiler hakkındaki bilgilerin yanı sıra kişilerin birbirleri ile etkileşimleri söz konusudur. Bu nedenle, söz konusu ağlardan insanların kolay anlayabileceği şekilde düğümler (insan, şirket vb.) ve aralarındaki ilişkiler hakkında kullanışlı bilgiler çıkarmak oldukça önemlidir.

Genellikle sosyal ağlar, bilgi ağları, teknolojik ağlar ve biyolojik ağlar olarak dört ana kategoride [6] değerlendirilen karmaşık ağlar, düğümler (insan, bitki, kurum, depo) ve düğümler arasındaki bağlantıları (arkadaşlık, akrabalık, iş ilişkisi, kaynak ve ürün akışı vb.) göstermektedir. Karmaşık ağları analiz etmek için çok sayıda analiz yöntemi geliştirilmiştir. Bu teknikler genellikle, ağda bir düğümün öneminin belirlenmesi, pozisyon ve rol analizi, ağın yüksek yoğunluklu parça veya kısımlarının belirlenmesi, bir düğümün diğer bir düğüme etkisi vb. hakkında bilgi sağlar [7].

Klasik bakış açısında, karmaşık ağlar, iki düğüm bağlantılı ise aralarında bağ olduğu anlamına gelen ikili bağıntı olarak modellenir. Ancak, bu ağlara dayalı analiz teknikleri bağlantının yoğunluğunu ihmal ettiğinden insan bakış açısını tam olarak yansıtmaz. Bulanık küme teorisi veri tabanından bilgi çıkarma sürecinde insan bakış açısıyla analiz sağlar. Kesin olmayan ve belirsiz bilgiyi ve dilsel ifadeleri ele alabilen bulanık küme teorisi bireyler, belirsiz ifadeler ve gruplar arasındaki kesin olmayan ilişki ve bağlantıyı modelleme ve analiz etme yeteneğine sahiptir [8]. Bu nedenle, karmaşık ağ türü olan sosyal ağ analizinde bulanık küme temelli yöntemler son yıllarda popüler olmaya başlamıştır. Bulanık küme temelli yöntemler şu şekildedir: bulanık sosyal ağlar [9-16], bulanık sosyal ağlarda kümelenme ve topluluk tespiti [17-24], bulanık bağlantı tahmini [25], bulanık sosyal ilişkisel ağlarda veri tabanı kavramı [26-29] ve diğer teknikler [30-32].

Bulanık sosyal ağlarda az sayıda çalışma veri madenciliği/bilgi keşfi, özellikle dilsel özetleme alanıyla ilgilidir. Yager [27] ilk olarak, kelimelerle hesaplama [33-35] ve tanecikli hesaplamada [36] Zadeh'in bulanık küme paradigmasına dayalı bazı konuları tartışmıştır. Söz konusu kavramlar, düğümün önemi, kümelenme, liderlik gibi kavramlarda dilsel ifadelerin kullanımı açısından önemlidir ve insan benzeri çıkarım ve muhakeme [27] ve bulanık değerle ile düğümler arasındaki bağlantının gösterilmesini sağlar. Yager [28] bulanık bağıntı fikri ve ağırlıklandırılmış sosyal ağları modellemede rolünü tartıştı ve bileşenleri düğümün özellik değeri olan vektör değerli düğüm olarak sosyal ağları tanımladı. Bu yapı, sosyal ağ veri tabanı ve Zadrożny, De Tré, De Caluwe ve Kacprzyk [37] tarafından geliştirilen bulanık sorgu teknikleri kullanarak veri tabanının analiz, araştırma ve sorgulanmasında kullanıldı. Ayrıca, Yager [28] sıralı ağırlıklı ortalama operatörünü kullanarak niceleyici içeren karmaşık sorguları değerlendirmek için bir yöntem önerdi. Yager ve Yager [26] sosyal ağ veri tabanındaki gömülü bilginin ortaya çıkarılması için dilsel özetlerin kullanımını gösterdi. Rickard ve Yager [38], Yager [27, 28] tarafından geliştirilen kavramları aralıklı tip-2 bulanık kümeye genişletti. Casasús-Estellés ve Yager [39] küçük dünya özelliği gösteren ağlarda lider olarak bir düğümün belirlenmesi için bu kavramları kullandı. Chen, Randyanto ve Cheng [29] düğümler arasındaki bağlantı derecelerinin sezgisel bulanık değerler [40], yani düğümler arasında pozitif, nötr ve negatif ilişkiler ile gösterildiği sezgisel bulanık sosyal ağları tanımlayarak Yager [28] tarafından geliştirilen bulanık sorgu tekniklerini sezgisel bulanık sorgu tekniklerine geliştirmiştir.

Bu tez çalışmasının amacı, bilgi ağlarına veri madenciliği/bilgi keşfi yönetimi olan dilsel özetlemenin uygulanarak bilgi ağları için dilsel özet formları geliştirmek ve geliştirilen formlarla üretilen dilsel özetlerin doğruluk derecesi için değerlendirme yöntemleri önermektir. Bu tez çalışmasının hem teorik hem de uygulamaya yönelik olarak literatüre katkıları aşağıda belirtilmiştir:

- Bilgi ağları gibi karmaşık ağlarda dilsel özetlemenin kullanılabileceğini gösterilerek ağ yapılarının insanlar tarafından daha kolay anlaşılabilmesini sağlayacak şekilde bilgi ağlarından değerli bilgilerin elde edilmesi sağlanmıştır.
- Hem düğümler arasındaki bağlantıları hem de düğümler hakkındaki özellik değerlerini kullanan dilsel özet formları literatürde ilk kez geliştirilmiştir.
- Polyadik niceleyicilerdeki bazı süreçleri yarı bulanık niceleyiciler aracılığıyla bulanık kümeye genişleterek dilsel özet formları için özgün değerlendirme yöntemleri geliştirilmiştir.
- Önerilen değerlendirme yöntemleri ile ilişkisel verinin dilsel özetlenmesine yönelik yeni çalışma ve uygulama alanları açılmıştır.
- Uluslararası ticarette ülkeler arasındaki ticaret ilişkisi bulanık sayılarla ifade edilerek ilk kez Uluslararası Ticaret Ağının bulanık gösterimi geliştirilmiştir.
- Uluslararası Ticaret Ağında ilk kez sosyal ağ analiz teknikleri dışına çıkılarak veri madenciliği/bilgi keşfi yöntemi olan dilsel özetleme yöntemi kullanılmıştır.

Yukarıda belirtilen amaca ulaşmak için tez çalışması 7 bölüme ayrılmıştır. Bölüm 2'de bulanık kümelere ilişkin bazı genel tanımlar verildikten sonra kesişim ve birleşim işlemleri, üyelik fonksiyonları, bulanık c-ortalama algoritması sunulmuştur. Ayrıca, karmaşık ağ analizinde kullanılmak üzere çizge teoremine ilişkin bazı matematiksel temel tanımlar ve sonrasında maksimal klik, güçlü bağlantılı bileşen ve maksimal ikili klik bulma algoritmaları incelenmiştir. Bölüm 3'te istatistiksel ağ analiz ölçütleri, gerçek dünya ağ türleri ve karmaşık ağların özelliklerine yer verilmiştir. Bölüm 4'te dilsel özetlemenin temel tanımları ve dilsel özetlerin doğruluk derecesinin ölçülmesi için önerilen literatürdeki mevcut çalışmalara yer verilmiştir. Bölüm 5'te sosyal ağlarda dilsel özetleme ile ilgili önerilen mevcut çalışmalar ve bunların dezavantajları ile eksiklikleri tartışılarak bulanık bilgi ağları için bazı dilsel özet formları ve bu özet formlarını değerlendirmek için yöntemler önerilmiştir. Bölüm 6'da uluslararası ticaret ağı literatürdeki mevcut çalışmalar incelendikten sonra uygulamada kullanılan veriler açıklanmıştır. Söz konusu veriler,

bulanık c-ortalama tekniği kullanılarak ayrıklaştırılmıştır. Uluslararası ticaret ağının bulanık gösterimi sağlandıktan sonra uluslararası ticaret ağı dilsel olarak özetlenmiş ve elde edilen dilsel özetler değerlendirilmiştir. Bölüm 7'de tez çalışması genel olarak değerlendirilmiş ve gelecekte yapılabilecek çalışmalara yer verilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

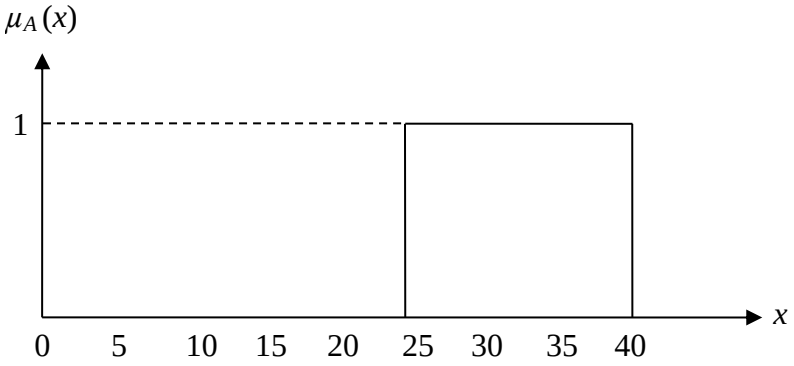
Bu bölümde, sırasıyla, bulanık kümeler (BK) hakkında bazı temel bilgi ve tanımlar, bazı temel çizge tanım ve teoremleri ile çizgelerde klik ve bağlantılı bileşen bulma algoritmaları incelenmiştir.

2.1. Bulanık Kümeler

Bu alt bölümde, BK'lere ilişkin bazı genel tanımlar verildikten sonra kesişim ve birleşim işlemleri, üyelik fonksiyonları, bulanık c-ortalama algoritması hakkında bilgiler verilecektir.

2.1.1. Genel tanımlar

Klasik küme teorisinde E evrensel kümesindeki bir x elemanın aynı evrensel kümenin bir alt kümesi olan A kümesine üye olma derecesi 0 ya da 1 değeri alan $\mu_A(x)$ üyelik fonksiyonu ile gösterilir. $\mu_A(x)=1$ ise x, A kümesinin elemanıdır ($x \in A$) ve $\mu_A(x)=0$ ise x, A kümesinin elemanı değildir ($x \notin A$). Şekil 2.1'de klasik kümelere bir örnek verilmiştir. x sıcaklık değerini ve $\mu_A(x)$, x sıcaklık değerinin A sıcak kümesine üye olma derecesini gösterir. 24-40°C arasındaki sıcaklık değerleri sıcak kümesine ait iken 24°C'den küçük ve 40°C'den büyük sıcaklıklar ise sıcak kümesine ait değildir.



Şekil 2.1. Sıcaklık kümesi

Klasik küme teorisinde bir elemanın ilgili kümeye ait olması, kümenin elemanıdır ya da elemanı değildir şeklinde ifade edildiğinden dolayı klasik kümeler kesin kümeler olarak da

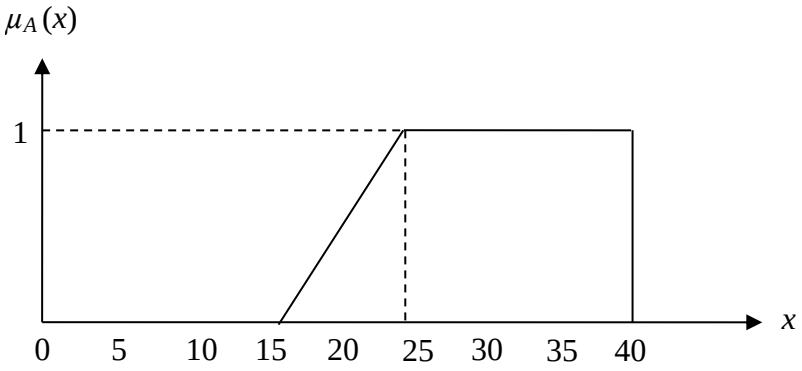
adlandırılır. Fakat gerçek hayatta belirsizlik ve kesinsizlik olduğundan dolayı her şeyi kümenin elemanıdır ya da elemanı değildir şeklinde kesin ifadelerle açıklamak tam anlamıyla doğru değildir. Örneğin, sıcak kümesinin sınırları kesin ifadelerle çizildiği takdirde sıcak olarak hissedilen 23,9 °C sıcaklık değeri sıcak kümesine ait olmayacaktır. Bu nedenle, klasik küme kavramı insan faaliyetlerini içeren karmaşık gerçek dünya uygulamalarında yetersiz kalmaktadır. Bu yoldan hareketle, Zadeh üyelik fonksiyonlarını, $\{0,1\}$ şeklinde iki değer ile ifade eden klasik kümeler yerine $[0,1]$ arasında sonsuz değer kullanarak ifade eden BK'lerin kullanılmasını önermiştir [41]. BK, klasik kümenin genelleştirilmiş halidir. E evrensel kümesinde tanımlı, A bulanık kümesi için üyelik fonksiyonu $\mu_A(x)$: $E \to [0,1]$ şeklinde ifade edilir. $\mu_A(x)$, x elemanının A kümesine üye olma derecesini gösteren üye olma fonksiyonudur. A bulanık kümesi evrensel kümenin kesikli ve sürekli olmasına göre sırasıyla Eş. 2.1 ve Eş. 2.2 ile gösterilir.

$$A = \{\mu_A(x), x\} = \left\{ \frac{\mu_A(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_A(x_2)}{x_2} + \cdots + \frac{\mu_A(x_n)}{x_n} \right\} = \left\{ \sum_{i=1}^{n} \frac{\mu_A(x_i)}{x_i} \right\} \tag{2.1}$$

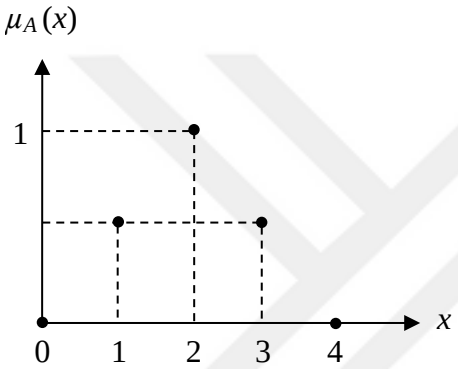
$$A = \{\mu_A(x), x\} = \int \frac{\mu_A(x)}{x} \tag{2.2}$$

Eş. 2.1 ve Eş. 2.2'de toplama, sigma ve integral işaretleri elemanların birleşimini ifade etmektedir. Şekil 2.1'de verilen klasik sıcaklık kümesini, Şekil 2.2'deki BK ile ifade etmek mümkündür. Burada, 24-40°C derece arasındaki sıcaklık değerlerinin yanı sıra 15-24°C derece arasındaki sıcaklık değerleri de sıcak bulanık kümesine aittir. 24-40°C derece arasındaki sıcaklık değerleri sıcak bulanık kümesine 1 üye olma derecesi ile üye iken 15-24°C derece arasındaki sıcaklık değerleri bu kümeye $[0,1]$ arasında değişen üye olma derecesi ile üyedir.

Şekil 2.2'de sıcaklık değerlerini gösteren bulanık küme sıcaklık değerlerinin gerçek sayılarla gösterilmesi durumunda sürekli olarak ifade edilirken Şekil 2.3'de gösterilen yaklaşık 2 bulanık kümesi tam sayılar için kesikli olarak gösterilebilmektedir.



Şekil 2.2. Sıcaklık için bulanık küme örneği



Şekil 2.3. Yaklaşık 2 için bulanık küme örneği

Bulanık kümeler alfa (α) kesmeleri aracılığı ile kesin kümelere dönüştürülebilmektedir. Alfa kesmesinde bir elemanın üyelik derecesi belirli bir alfa değeri ve üzerinde ise A_α ile gösterilen kesin kümeye aitlik derecesi 1 olmaktadır. Güçlü alfa kesmesinde ise sadece alfa değerinin üzerindekilerin A_{α^+} ile gösterilen kesin kümeye aitlik derecesi 1 olmaktadır. Eş. 2.3 ve Eş. 2.4 sırasıyla alfa ve güçlü alfa kesmelerinin gösterimini ifade etmektedir [42, 43].

$$A_\alpha = \left\{ x \in X \,\middle|\, \mu_A(x) \geq \alpha \right\} \tag{2.3}$$

$$A_{\alpha^+} = \left\{ x \in X \,\middle|\, \mu_A(x) > \alpha \right\} \tag{2.4}$$

Bulanık sayılar evrensel küme üzerinde bir bulanık altküme olabilmesi için Eş. 2.5 ile gösterilen konveks ve Eş. 2.6 ile gösterilen normal olma şartını sağlamalıdır [43].

$$\mu_A\left(\lambda x_1+(1-\lambda)x_2\right)\geq \min\left(\mu_A(x_1),\mu_A(x_2)\right)\quad \forall x_1,x_2\in X,\ \lambda\in[0,1] \tag{2.5}$$

$$\sup \mu_A(x)=1 \tag{2.6}$$

2.1.2. Kesişim ve birleşim

Bulanık kümelerde kesişim ve birleşim operatörleri sırasıyla Eş. 2.7 ve Eş. 2.8 ile tanımlanmaktadır [42, 43].

$$\mu_{X_1\cap X_2}(x)=\otimes\left(\mu_{X_1}(x),\mu_{X_2}(x)\right)\quad \forall x\in X \tag{2.7}$$

$$\mu_{X_1\cup X_2}(x)=\oplus\left[\mu_{X_1}(x),\mu_{X_2}(x)\right]\quad \forall x\in X \tag{2.8}$$

Kesişim operatörü $\otimes$ ve birleşim operatörü $\oplus$ $[0,1]\times[0,1]\rightarrow[0,1]$ üzerinde bir fonksiyon olarak tanımlanır. Bulanık kümede kesişim ve birleşim için çeşitli operatörler tanımlanmıştır. Kesişim ve birleşim için tanımlanan operatörler, Çizelge 2.1'deki sınır şartı, monotonluk, simetri ve birleşme özelliklerini sağlaması halinde sırasıyla t-norm ve t-konorm olarak adlandırılır [42, 43].

Çizelge 2.1. T-norm ve t-konorm özellikleri

Özellik	T-norm	T-konorm
Sınır	$\otimes(x_1,1)=x_1$	$\oplus(x_1,0)=x_1$
Monotonluk	$y_1\leq y_2$ için $\otimes(x_1,y_1)\leq\otimes(x_1,y_2)$	$y_1\leq y_2$ için $\oplus(x_1,y_1)\leq\oplus(x_1,y_2)$
Simetri	$\otimes(x_1,y_1)=\otimes(y_1,x_1)$	$\oplus(x_1,y_1)=\oplus(y_1,x_1)$
Birleşme	$\otimes(x_1,\otimes(x_2,y_2))=\otimes(\otimes(x_1,x_2),y_2)$	$\oplus(x_1,\oplus(x_2,y_2))=\oplus(\oplus(x_1,x_2),y_2)$

Kesişim için tanımlanan sırasıyla Eş. 2.9, Eş. 2.10 ve Eş. 2.11'de gösterilen minimum, çarpım ve Lukasiewicz operatörleri t-norm, birleşim için tanımlanan sırasıyla Eş. 2.12, Eş. 2.13 ve Eş. 2.14'de gösterilen maksimum, çarpım ve Lukasiewicz operatörleri t-konormdur [42, 43].

$$\otimes_{\min}(x_1, y_1) = \min(x_1, y_1) \tag{2.9}$$

$$\otimes_{Çar}(x_1, y_1) = x_1 y_1 \tag{2.10}$$

$$\otimes_{Luk}(x_1, y_1) = \text{maks}\{0, x_1 + y_1 - 1\} \tag{2.11}$$

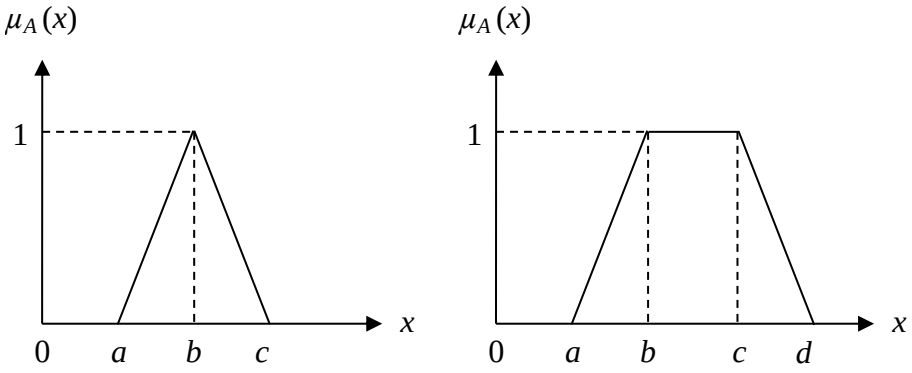
$$\oplus_{maks}(x_1, y_1) = \text{maks}(x_1, y_1) \tag{2.12}$$

$$\oplus_{Çar}(x_1, y_1) = x_1 + y_1 - x_1 y_1 \tag{2.13}$$

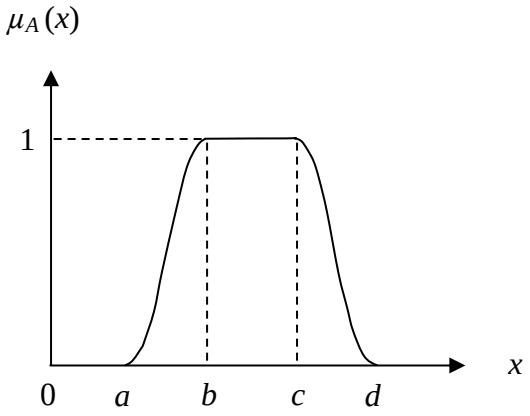
$$\oplus_{Luk}(x_1, y_1) = \min\{1, x_1 + y_1\} \tag{2.14}$$

2.1.3. Üyelik fonksiyonları

Bulanık kümelerde değerler üyelik fonksiyonları aracılığıyla bulanık sayılara dönüştürülebilmektedir. Literatürde çeşitli üyelik fonksiyonları tanımlanmakla birlikte en sık kullanılan üyelik fonksiyonları Şekil 2.4 ve Şekil 2.5'te gösterilen üçgen, yamuk ve S-eğrisi şeklindedir.



Şekil 2.4. (a) Üçgensel bulanık sayı (b) Yamuksal bulanık sayı



Şekil 2.5. S-eğrisi şeklinde bulanık sayı

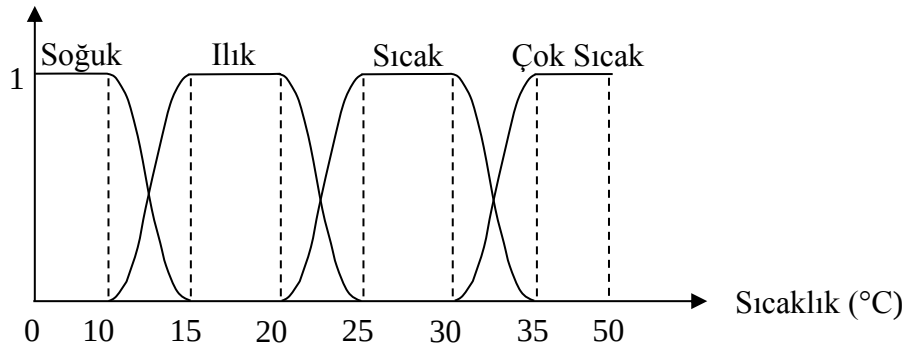
Üçgen, yamuk ve S-eğrisi şeklinde üyelik fonksiyonları sırasıyla Eş. 2.15, Eş. 2.16 ve Eş. 2.17 ile tanımlanır.

$$Tr_{a,b,c}(x)=\begin{cases}0 & x\le a\\ (x-a)/(b-a) & a<x\le b\\ (c-x)/(c-b) & b<x\le c\\ 0 & c<x\end{cases} \tag{2.15}$$

$$T_{a,b,c,d}(x)=\begin{cases}0 & x\le a\\ (x-a)/(b-a) & a<x\le b\\ 1 & b<x\le c\\ (d-x)/(d-c) & c<x\le d\\ 0 & d<x\end{cases} \tag{2.16}$$

$$S_{a,b}(x)=\begin{cases}0 & x\le a\\ 2\left(\dfrac{(x-a)}{(b-a)}\right)^2 & a<x\le \dfrac{a+b}{2}\\ 1-2\left(\dfrac{(x-b)}{(b-a)}\right)^2 & \dfrac{a+b}{2}<x\le b\\ 1 & b<x\le c\end{cases} \tag{2.17}$$

Bulanık kümeleri dilsel değişkenler ile ifade etmek mümkündür. Şekil 2.6 sıcaklık bulanık kümesinin dilsel etiketler ile gösterimini ifade etmektedir [42, 44]. Soğuk, ılık, sıcak ve çok sıcak sıcaklık değişkeni dilsel etiketleri göstermektedir.



Şekil 2.6. Dilsel etiketler

Dilsel etiketlerin uzmanlar tarafından doğrudan sübjektif olarak belirlenebileceği gibi veri üzerinden algoritma kullanılarak objektif olarak tespit edilebilir. Tez çalışmasında bulanık c-ortalama algoritması ile dilsel etiketlerin belirlenmesi önerilmiştir (Bkz. Bölüm 2.1.4).

2.1.4. Bulanık C-ortalama algoritması

Bulanık c-ortalama algoritması [45, 46] en yaygın kullanılan kümeleme tekniklerinden biridir. Teknikte bir verinin kümelere aitlik derecesi $[0,1]$ arasında bir değer alır. Veri, kümelere aitlik dereceleri toplamı 1 olacak şekilde birden fazla kümeye ait olabilir. Algoritma uzaklık temelli olduğundan bir küme merkezine yakın değerlerin o kümeye aitlik derecesi yüksektir. Algoritma, Eş. 2.18'de gösterilen amaç fonksiyonunu minimize etmeye çalışır [46].

$$J_m = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{C} U_{ij}^{m} \left\| x_i - c_j \right\|^2, 1 \le m < \infty \tag{2.18}$$

U_{ij}, x_i değerinin j kümesine aitlik derecesini, c_j, j kümesinin merkezini ve m ise yineleme sayısını ifade eder. U üyelik matrisi rastgele atanarak algoritma başlar. Sonrası Eş. 2.19 ile küme merkez vektörleri hesaplanır [46].

$$c_j = \frac{\sum_{i=1}^{N} U_{ij}^{m} x_i}{\sum_{i=1}^{N} U_{ij}^{m}} \tag{2.19}$$

Küme merkez vektörleri hesaplandıktan sonra *U* üyelik matrisi Eş. 2.20 ile yeniden hesaplanır [46].

$$u_{ij} = \frac{1}{\sum_{k=1}^{C} \left(\frac{\|x_i - c_j\|}{\|x_i - c_k\|} \right)^{\frac{2}{m-1}}} \tag{2.20}$$

U üyelik matrisi yeniden hesaplanınca durma koşulu sağlanmamışsa algoritma sonraki yinelemeye geçerek Eş. 2.18, Eş. 2.19 ve Eş 2.20'yi tekrar hesaplar. Algoritmanın durma koşulu ise önceden belirlenen bir yineleme sayısına gelinmesi veya son iki amaç fonksiyonu değerindeki farkın belirli bir sınırın altında olmasıdır. Algoritma durduğunda *U* üyelik matrisi bulanık değerle gösterilen kümelere aitlik derecelerinin sonucunu vermektedir. Ayrıca küme merkezleri değerleri de elde edilir.

2.2. Bazı Temel Çizge Tanım ve Teoremleri

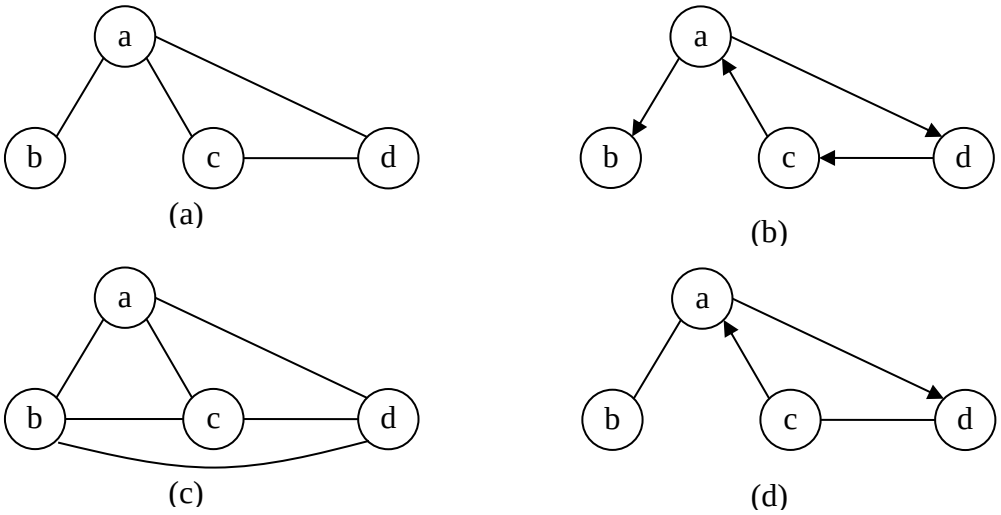
Birbirine bağlı bileşenlerden oluşan sistemleri, bileşenleri gösteren düğümler ve bu bileşenler arasındaki ilişkiyi gösteren ayrıtlardan oluşan elemanlarla ifade etmek mümkündür. Sistemin varlıklarını gösteren düğümler ve varlıklar arasında bir çeşit bağlantıya işaret eden bağlardan (ayrıt) oluşan şematik gösterim çizge olarak adlandırılmaktadır [47].

Çizge teorisinin temeli, 1736 yılında Euler [48] tarafından yayınlanan çalışmaya dayanmaktadır. Euler çalışmasında, nehir ile 4 ana parçaya bölünen ve 7 köprüden oluşan Königsberg kentinde, köprülerden yalnızca bir kez geçmek ve başlanılan noktaya geri dönmek koşuluyla bir rota düzenlenip düzenlenemeyeceği sorusuna çözüm aramıştır. Problemin çözümünde şematik bir gösterim kullanmıştır. Çizge kelimesi ilk kez 1878 yılında James J. Sylvester [49] "Kimya ve Cebir" adlı makalesinde geçmektedir [47]. Sonraki iki yüzyılda, bu konuda çok sayıda çalışma yapılmış ve Biggs, Lloyd ve Wilson [50] 1736-1936 yapılan çalışmaları yayınladıkları kitapta özetlemiştir. Günümüze kadar gelen süreçte çok sayıda teorik ve uygulamaya yönelik çalışma yapılmış ve birçok problemin çözümünde çizge teoremi kullanılmıştır.

Bu alt bölümde, ilerleyen bölümlerde karmaşık ağ analizinde kullanılmak üzere çizge teoremine ilişkin bazı matematiksel temel tanımlar sunulmuştur. Çizge teoremi ile ilgili detaylı bilgi için literatürdeki [50-66] kaynaklardan yararlanılabilir.

Çizge $G=(V,E)$ sıralı ikilisinden oluşur. Burada, $V=\{v_1,v_2,...,v_n\}$ sonlu bir düğüm kümesini ve $E=\{e_1,e_2,...,e_n\}$ ise sonlu bir ayrıt kümesini gösterir. Ayrıtlar düğüm çiftlerinden oluşur ve $e_k=(v_i,v_j)$ şeklinde gösterilir. *G* çizgesinin sırası toplam düğüm sayısı, genişlik ise toplam ayrıt sayısıdır ve sırasıyla $|V(G)|=n$, $|E(G)|=m$ olarak hesaplanır.

Çizgeler yönlü ve yönsüz olmak üzere ikiye ayrılırlar. Yönlü ve yönsüz çizgeler için tipik çizge örnekleri Şekil 2.7'de gösterilmiştir. Yönsüz çizgelerin maksimum ayrıt sayısı $n(n-1)/2$ iken yönlü çizgelerde en fazla $n(n-1)$ ayrıt olabilir. Çizgeler maksimum ayrıt sayısına sahip ise, yani her düğüm ile diğer bütün düğümler arasında bir ayrıt mevcutsa bu çizgeler, tam çizgeler olarak adlandırılır. Yönlü ve yönsüz çizgelerin bir arada bulunduğu çizgeler ise karışık çizgeler olarak adlandırılmaktadır. Şekil 2.7 (c) ve (d)'de tam çizge ve karışık çizge örnekleri gösterilmiştir.



Şekil 2.7. (a) Yönsüz çizge (b) yönlü çizge (c) tam çizge (d) karışık çizge

Yönsüz çizgelerde, iki düğüm arasında bir ayrıt tanımlanmışsa iki düğüm birbiriyle komşu olarak adlandırılır. Diğer bir değişle iki düğüm e_k ayrıtı ile çakışık ya da bitişiktir. Yönlü

çizgelerde ise *i* düğümünden *j* düğümüne yönlü bir ayrıt $e_k = (v_i, v_j)$ tanımlanmışsa *i* düğümü *j* düğümünün komşusudur. Şekil 2.7 (a)'da, a ve b düğümleri komşudur ve ab ayrıtı ile bitişiktir. Şekil 2.7 (b)'de, a düğümü b düğümüne komşudur, ancak b düğümü a düğümüne komşu değildir.

Çizgeler, liste (komşuluk ve bitişiklik listeleri) ve matris (komşuluk ve bitişiklik matrisleri) yapılar ile temsil edilebilir. Listeleme yönteminde komşu düğüm çiftleri dizi şeklinde gösterilir. Matris yapılar ise komşuluk matrisi A_{nxn} ve bitişiklik matrisi A_{nxm} ile gösterilir. Şekil 2.8'de, Şekil 2.7 (b) için komşuluk matrisi, bitişiklik matrisi ve komşuluk listesi gösterilmiştir.

Düğüm	a	b	c	d
a	-	1	0	1
b	0	-	0	0
c	1	0	-	0
d	0	0	1	-

(a)

Düğüm	ab	ac	ad	ba	bc	bd	ca	cb	cd	da	db	dc
a	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
b	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
c	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
d	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1

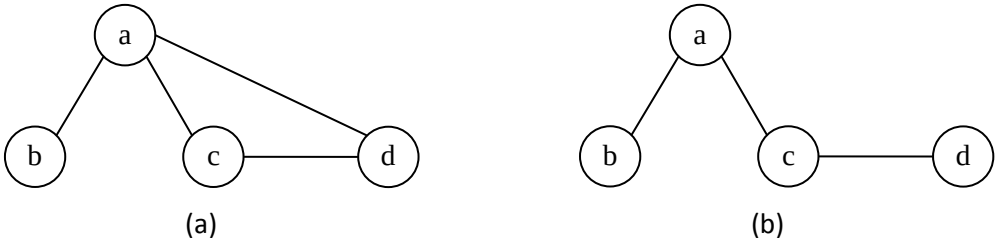
(b)

Düğüm	Düğüm
a	b
a	d
c	a
d	c

(c)

Şekil 2.8. (a) Komşuluk matrisi (b) bitişiklik matrisi (c) komşuluk listesi

Çizgenin bazı düğüm veya ayrıtlarının çıkarılmasıyla oluşan yeni çizgeye alt çizge adı verilmektedir. V_G ve E_G, *G* çizgesinin, V_H ve E_H, ise *H* altçizgesinin düğüm ve ayrıt kümelerini göstersin. Bu durumda, $V_H \subseteq V_G$ ve $E_H \subseteq E_G$'dir. Şekil 2.9'de *G* çizgesinin bir altçizgesi olan *H* çizgesi gösterilmektedir.



Şekil 2.9. (a) Çizge *G* (b) altçizge *H*

Çizgenin iki düğümü arasında ayrıtları kullanarak oluşturulan bağlantı, yürüyüş olarak adlandırılmaktadır. Başlangıç ve bitiş düğümleri aynı olan yürüyüş kapalı yürüyüştür.

Kapalı yürüyüşün bütün ayrıt ve düğümleri birbirinden farklı ise çevrim oluşur. Şekil 2.9 (a)'da, sırasıyla c, a, b, a, d ve c düğümleri ziyaret edilerek oluşturulan cabadc rotası, kapalı bir yürüyüştür. c, d, a ve c düğümleri ile oluşturulan cdac kapalı yürüyüşü ise bir çevrimdir.

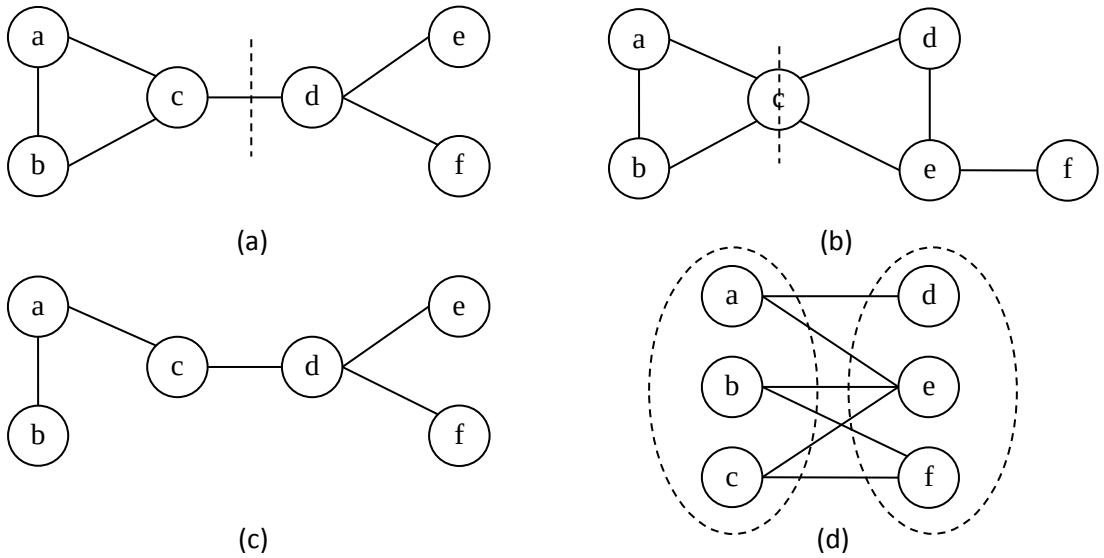
Yürüyüşteki düğümler tekrar etmiyorsa bu yürüyüş yol olarak adlandırılmaktadır. Yürüyüş ya da yol için kullanılan ayrıt sayısı yürüyüşün ya da yolun uzunluğudur. Örneğin, Şekil 2.9 (a)'da için dc, ca, ve ab ayrıtları kullanarak dcab yolu elde etmek mümkündür. Burada yolun uzunluğu 3'tür. Düğümler arasındaki uzaklık en kısa yol uzunluğu ile ifade edilir.

İki düğüm arasında bir yol varsa söz konusu düğümler bağlantılıdır. Çizgenin bütün düğüm çiftleri arasında bir yol varsa çizge bağlantılıdır, yoksa bağlantısızdır (Şekil 2.10). Çizgenin bütün bağlantılı alt çizgeleri bağlantılı bileşen olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 2.10. (a) Bağlantılı çizge (b) bağlantısız çizge

Bağlantılı bir çizgenin bir ayrıtının kaldırılması çizgeyi bağlantısız hale gelmesine neden oluyorsa o ayrıt köprü olarak adlandırılır. Yine benzer mantıkla bir düğümün kaldırılması bağlantısız hale gelmesine neden oluyorsa o düğüme kesi düğümü, birden fazla düğümün kaldırılması durumunda ise kesi kümesi denilmektedir. Şekil 2.11 (a)'da, cd ayrıtının, (b)'de ise c düğümünün kaldırılması G_1 ve G_2 çizgelerini iki alt bileşene ayırmaktadır.



Şekil 2.11. (a) Çizge G_1 (b) çizge G_2 (c) çizge G_3 (d) çizge G_4

Çevrim içermeyen bağlantılı çizgeler ağaç olarak adlandırılır. Ağaç özelliği gösteren çizgede her bir ayrıt köprüdür. Şekil 2.11 (c)'de, çevrim içermeyen G_3 çizgesi bir ağaçtır.

Bir çizgenin düğüm kümesini aynı altkümedeki düğümler birbirine komşu olmayacak şekilde iki alt kümeye parçalamak mümkünse bu çizge iki parçalı olarak adlandırılır. İki parçalı çizgelerde ayrıtların bir düğümü bir altkümeye diğer düğümü ise diğer altkümeye aittir. Benzer şekilde bir çizge k alt kümeye ayrılabiliyorsa k parçalı olarak adlandırılır. Şekil 2.11 (d)'de G_4 çizgesi iki parçalı bir çizgedir.

Çizgenin tümleyeni, tam çizgeden çizgedeki ayrıtların çıkarılmasıyla elde edilir. Hiçbir ayrıt içermeyen çizgeye boş çizge denir ve tümleyeni tam çizgedir.

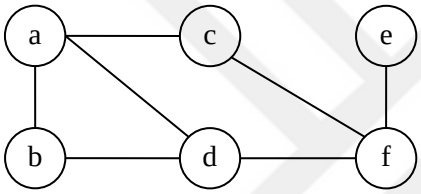
Bir çizge, herhangi iki ayrıt bir birini kesmeyecek şekilde oluşturulabiliyorsa düzlemsel çizge olarak adlandırılır.

2.3. Çizgelerde Klik ve Bağlantılı Bileşen Bulma

Bu alt bölümde, Bölüm 5.2'de önerilen karşılıklılık ve dallanma temelli dilsel özet formları için önerilen yöntemlerde kullanılan maksimal klik, güçlü bağlantılı bileşen ve maksimal ikili klik bulma algoritmaları incelenecektir.

2.3.1. Maksimal klik bulma

Bir çizgede bütün elemanları birbirine bağlı olan alt çizgeler klik olarak adlandırılmaktadır. Maksimal klik, başka tam bağlı alt çizgeler tarafından içerilmeyen tam bağlı alt çizge olarak tanımlanmaktadır [67]. Herhangi bir klikte yer alan düğümlere, bu klikte yer almayan başka bir düğüm dahil edildiğinde klik elde edilemiyorsa söz konusu klik maksimal klik olarak adlandırılmaktadır. Başka bir değişle, içinde alt klik bulunan en büyük klik olarak düşünülebilir. Örneğin, Şekil 2.12'de a, b ve c düğümlerinden oluşan alt çizge bir maksimal kliktir. Bu kliğe c ve/veya f düğümleri eklenirse oluşan çizge klik özelliğini yitirecektir. Düğüm a, b ve c'den oluşan maksimal klik a-b, a-d ve b-d olmak üzere 3 klikten oluşmaktadır.



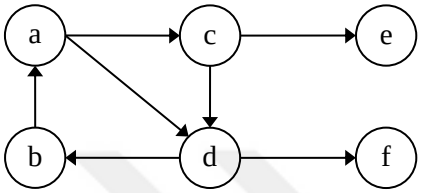
Şekil 2.12. Maksimal klik için örnek çizge

Yönsüz ağlarda maksimal kliklerin bulunması için Bron ve Kerbosch algoritması [67] önerilmiştir. BK_R muhtemel klikte yer alan düğümler kümesi; BK_P, BK_R kümesindeki mevcut düğüme bitişik düğümler kümesi ve BK_X başka klikte yer alan düğümler kümesi olsun. Algoritmanın yalancı kodu aşağıdaki gibidir [67]:

```
BronKerbosch (BK_R, BK_P, BK_X)
    Eğer BK_P ve BK_X her ikiside boş küme ise
        BK_R'yi maksimal klik bildir
    BK_P'deki her v düğümü için
        BronKerbosch (BK_R ∪ {v}, BK_P ∩ N(v),  BK_X ∩ N(v))
        BK_P := BK_P \ {v}
        BK_X := BK_X ∪ {v}
```

2.3.2. Güçlü bağlantılı bileşen bulma

Bir alt çizgede her düğümden diğer bütün düğümlere ulaşılabiliyorsa bu alt çizge güçlü bağlantılı bileşen olarak adlandırılır. Başka bir değişle, alt çizgede yer alan düğümler arasında bir yol vardır. Şekil 2.13'de a-b-c-d düğümleri arasında bir yol vardır ve bu düğümlerden oluşan alt çizge güçlü bağlantılı bileşendir. Düğüm e ve f ise tek düğümlü güçlü bağlantılı bileşendir.

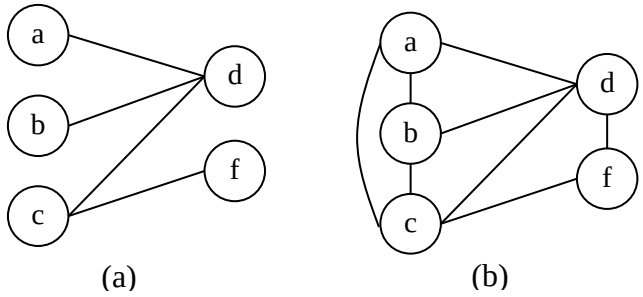


Şekil 2.13. Güçlü bağlantılı bileşen için örnek çizge

Güçlü bağlantılı bileşenlerin bulunması için en bilenen algoritma Tarjan'ın güçlü bağlantılı bileşen algoritmasıdır [68]. Algoritmanın temel fikri keyfi olarak seçilen bir düğümden başlayarak öncelikle derinlik araştırması yapılmasına dayanır. Algoritma çizgenin bütün düğümlerini yalnızca bir kez ziyaret eder.

2.3.3. Maksimal ikili klik bulma

İki parçalı çizgelerde klik bulma problemi ikili klik bulma olarak adlandırılmaktadır. Bir alt çizgenin ikili klik olabilmesi için birinci kümedeki her bir elaman ile ikinci kümedeki her bir elaman arasında bağlantı olmalıdır. Örneğin, Şekil 2.14 (a)'da birinci kümenin elamanları a, b ve c ile ikinci kümenin elemanı d arasında karşılıklı bağlantı söz konusudur. Bu dört düğümden oluşan alt çizge ikili kliktir. İkili klik bulma algoritmasına örnek modüler girdi uzlaşı algoritmasıdır [69]. İki parçalı çizgede her parçanın elemanları arasında Şekil 2.14 (b) olduğu gibi bağlantı eklenerek ikili klik bulma problemi klik bulma problemine indirgenebilir ve Bron ve Kerbosch algoritması [67] kullanılabilir. Tez çalışmasında ilgili işlem yapılarak Bron ve Kerbosch algoritması [67] kullanılmıştır.



Şekil 2.14. İkili klik için örnek çizge

3. KARMAŞIK AĞLAR

Gerçek dünyada karşılaşılan birçok durum noktalar ve bunlar arasında bağlardan oluşan diyagramlarla gösterilebilir [55, 64]. Uygulama alanlarına bağlı olarak noktalar insan, hayvan, bitki, kurum, depo, ürün, bilgisayar, web sayfası, kimyasal element gibi farklı nesneleri gösterdiği yerde bağlar ise bu nesneler arasında arkadaşlık, akrabalık, iş ilişkisi, kaynak ve ürün akışı, bilgisayar ağı, elementler arası bağ gibi birbirinden farklı ilişki türlerine işaret edebilir. Noktalar ve bu noktalar arası bağlar, çizge teorisinin alanına girmektedir. Ağ ve çizge kavramları literatürde birbirine yakın olarak tanımlanmaktadır, ancak çizge kavramının matematikte soyut olarak kullanıldığı ve ağ kavramının ise uygulama alanlarında kullanıldığı görülmüştür.

Karmaşık gerçek dünya problemlerinin çözümünde kullanıldığı için karmaşık ağlar olarak da adlandırılan ağlar, birçok farklı bilimin dalına uygulanmıştır. Genel olarak, ağları sosyal ağlar, bilgi ağları, teknolojik ağlar ve biyolojik ağlar olarak dört ana kategoride değerlendirilmektedir [6]. Bu bölümde, karmaşık ağ analizine yönelik istatistiksel ölçümler, gerçek dünya ağları ve karmaşık ağların özellikleri hakkında bilgiler sunulmuştur.

3.1. İstatistiksel Ağ Analiz Ölçütleri

Matematik karmaşık ağları göstermek için kullanılırken istatistik ise daha çok onları analiz etmede kullanılmaktadır. Karmaşık ağ analizinde kullanılan ölçütler, ağın grafiksel gösterimi olmaksızın yapısı hakkında bize bir bakış açısı sağlar. Ağın yapısının incelenmesi sistemin davranışlarını anlama noktasında oldukça önemlidir [70].

Ağın sayısallaştırılmasını sağlayan birçok ölçüt bulunmaktadır. Bu ölçütleri, ağın genel yapısı (ağ seviyesinde ölçütler) ve ağdaki belli aktörlerin (düğüm) ağ içerisindeki konumlarının önemi hakkında bilgi veren (aktör seviyesinde ölçütler) ölçütler olarak ikiye ayırabiliriz.

3.1.1. Aktör seviyesinde ölçütler

Bir ağa bakıldığında ulaşılmak istenen en önemli bilgilerden biri hiç şüphesiz hangi aktör ya da aktörlerin daha önemli olduğudur. Ağ analizinde, önem kavramı aktörün ağ yapısı içerisindeki konumu ve merkeziliği ile ilgili bir kavramdır [71]. Önemli aktörler genellikle ağda stratejik bir konumda bulunurlar [72].

Merkezilik, bir düğümün diğer düğümler ile doğrudan iletişim kurabilme yeteneğini, diğer düğümlere yakınlığını, herhangi iki düğüm ağda iletişim kurarken belli bir düğüme ne kadar ihtiyaç duyduğunu göstermektedir [47]. Ayrıca, belli bir düğümün ağdan çıkarılmasının ağının geneli yapısını ne kadar etkileyebileceğinin de bir göstergesidir.

Düğümün merkeziliğini farklı ağ yapılarda farklı yorumlamak mümkündür. Sosyal ağlarda, ağdaki en popüler ve ilgi odağı olan kişiyi belirleme; bilgi ağlarında konuyla ilgili en temel ve önemli yayının hangisi olduğunu belirleme; biyolojik ağlarda hangi genin sisteminin bütününü düzenlemede kritik bir rol oynadığını belirleme ve teknolojik ağlarda ise hangi altyapının sisteminin devamlılığı açısından önemli olduğunu belirleme merkezilik kavramı ile ilgilidir.

Prestij olarak da adlandırılan merkezilik ölçütü birçok farklı şekilde hesaplanabilir. En çok kullanılan merkezilik ölçütleri Freeman [73] tarafından önerilen derece, arasındalık, yakınlık ve Bonacich [74] tarafından önerilen özvektör yakınlıklığıdır.

Derece

Ağdaki bir düğümün derecesi o düğümün bağlantılı olduğu düğüm sayısı, diğer bir değişle komşularının sayısı olarak hesaplanır. Ağdaki *i* düğümünün derecesi k_i olarak gösterilsin, bu durumda *i* düğümünün derecesi Eş. 3.1 ve Eş. 3.2 ile ifade edilir.

$$k_i = \sum_{j=1}^{n} a_{ij}, \qquad 0 < k_i < n \tag{3.1}$$

veya

$$k_i = |N_i|, \qquad 0 < k_i < n \tag{3.2}$$

Yönlü ağlarda derece, iç ve dış olmak üzere iki değişkenle gösterilmektedir. İç derece belli bir düğüme gelen bağlantı sayısı, dış derece ise çıkan bağlantı sayısı olarak ifade edilir. İç ve dış derece sırasıyla Eş. 3.3 ve Eş. 3.4 ile elde edilir.

$$k_i^+ = \sum_{j=1}^{n} a_{ji} \tag{3.3}$$

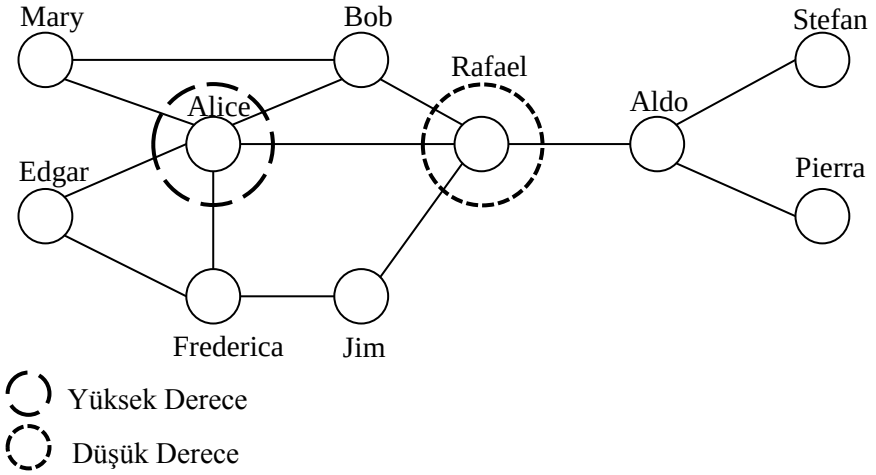
$$k_i^- = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} \tag{3.4}$$

Ağırlıklandırılmış ağlarda derece belli bir düğüm ile komşularını bağlayan ayrıtların ağırlıkları toplamı olarak Eş. 3.5 ile hesaplanır.

$$k_i^w = \sum_{j=1}^{n} a_{ij}^w \tag{3.5}$$

Bir düğümün derecesinin diğer bir düğümden fazla olmasını, ağ içerisinde daha merkezi bir konumda olduğu ve ağa etkisinin daha yüksek olduğu şeklinde yorumlamak mümkündür. Merkezilik ölçüleri içerisinde hesaplaması en kolay olan ölçüttür. Ancak, ağın bütün yapısını dikkate almaz.

Şekil 3.1 örnek bir sosyal ağda derece merkeziliğini göstermektedir. Alice en yüksek derece merkeziliğine sahiptir. Bu durum, Alice'in sosyal ağda oldukça aktif olduğu anlamına gelmektedir. Alice her ne kadar 6 kişiyle doğrudan bağlantılı olsa da Aldo, Stefan ve Pierra ile doğrudan bağlantılı değildir. Bu kişiler ile olan bağlantısı Rafael aracılığı gerçekleşmektedir.



Şekil 3.1. Örnek bir sosyal ağda derece merkeziliği [75]

Arasındalık

Arasındalık merkeziliği, belli bir düğümün ağdaki diğer düğüm çiftlerinin arasında kalmasının bir ölçütüdür. Benzer bir ifadeyle, bir düğümün ağdaki diğer düğüm çiftleri arasındaki en kısa yol üzerinde olup olmadığını ifade eder. Arasındalık merkeziliği belli bir düğümün, ağ içerisinde komşu olmayan düğümlerin birbirleriyle iletişim kurmasını sağlayıp sağlamadığını gösterir. Ağdaki bilgi akışını kontrol ettiğinden dolayı arasındalık merkeziliği yüksek olan düğüm(ler) kritik öneme sahiptir. Arasındalık merkeziliği Eş. 3.6 ile hesaplanmaktadır.

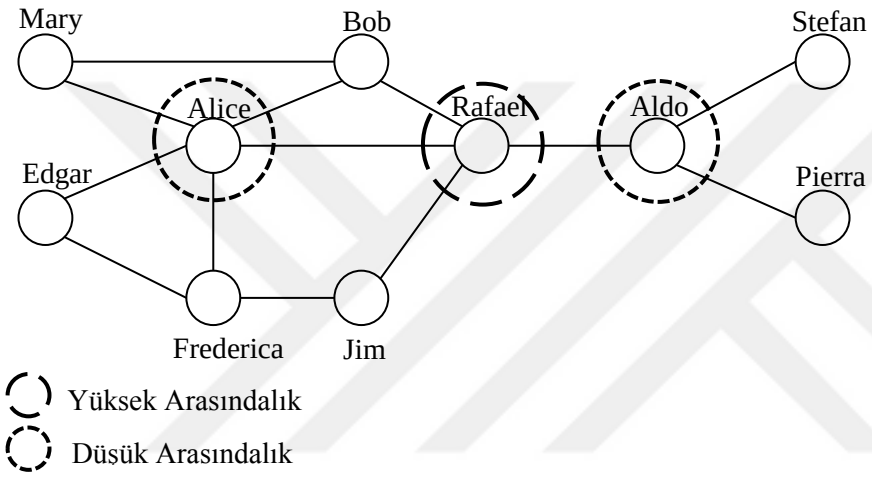
$$b_v = \sum_{s,t \in V(G)/v} \frac{\sigma_{st}(v)}{\sigma_{st}} \tag{3.6}$$

burada, σ_{st}, *s* ve *t* düğümleri arasındaki en kısa yolların sayısını, $\sigma_{st}(v)$ ise *v* düğümünden geçen en kısa yolların sayısını ifade eder.

Arasındalık merkeziliği düğüm seviyesinde hesaplanabileceği gibi aynı zamanda ayrıtlar içinde hesaplanabilir. Bu durumda, belli bir ayrıtın arasındalık merkeziliği, ayrıtın ağdaki düğüm çiftleri arasındaki en kısa yol üzerinde olup olmadığını gösterir. $\sigma_{uv}(e)$, *e* ayrıtından geçen en kısa yolların sayısını gösterdiği yerde ayrıt arasındalık merkeziliği Eş. 3.7 ile hesaplanır.

$$b_e = \sum_{u,v \in V(G)} \frac{\sigma_{uv}(e)}{\sigma_{uv}} \tag{3.7}$$

Şekil 3.2 örnek bir sosyal ağda arasındalık merkeziliğini göstermektedir. Söz konusu ağda, Rafael'in doğrudan bağlantılı olduğu 3 kişi bulunmasına rağmen Aldo ve Alice gibi diğer kişilerle doğrudan temasta bulunabilecek kişilerin arasında olması yüksek bir arasındalık merkeziliğine sahip olmasını sağlamıştır. Alice, derece merkeziliği açısından önemli bir konumda iken, Rafael arasındalık merkeziliği açısından daha önemli bir konumdadır.



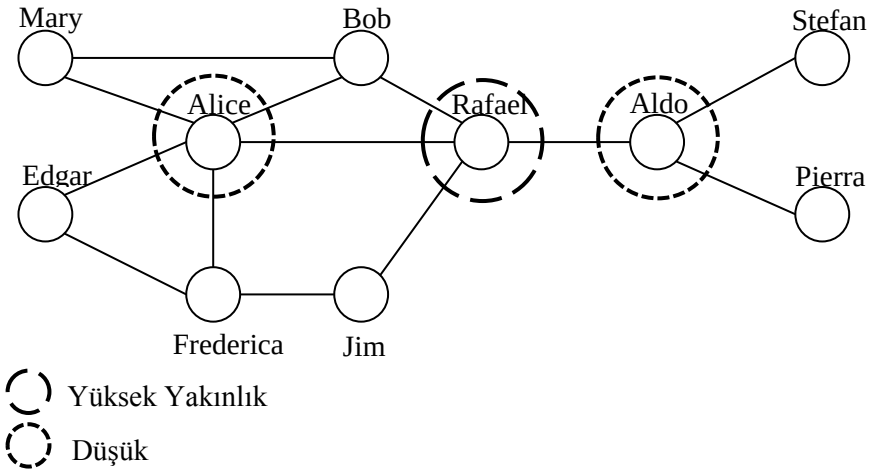
Şekil 3.2. Örnek bir sosyal ağda arasındalık merkeziliği [75]

Yakınlık

Yakınlık merkeziliği, bir düğümden diğer düğümlere ulaşmanın ne kadar süreceği hakkında bilgi verir [70]. Belli bir düğümün ağ içerisindeki diğer düğümlere verilen bir bilgiyi mümkün olduğunca çabuk ulaştırması o düğümün ağ yapısı içerisinde daha merkezi bir konumda olduğu şeklinde yorumlanır. Yakınlık merkeziliği, bir düğümden diğer düğümlere olan yakınlıklarının ortalaması olarak Eş. 3.8 ile hesaplanır:

$$Cl_v = \frac{n-1}{\sum_{u \in V(\mathrm{G})/v} d(\mathrm{u},\mathrm{v})} \tag{3.8}$$

Şekil 3.3 örnek bir sosyal ağda yakınlık merkeziliğini göstermektedir. Rafael konumu itibariyle yüksek yakınlık merkeziliğine sahiptir.



Şekil 3.3. Örnek bir sosyal ağda yakınlık merkeziliği [75]

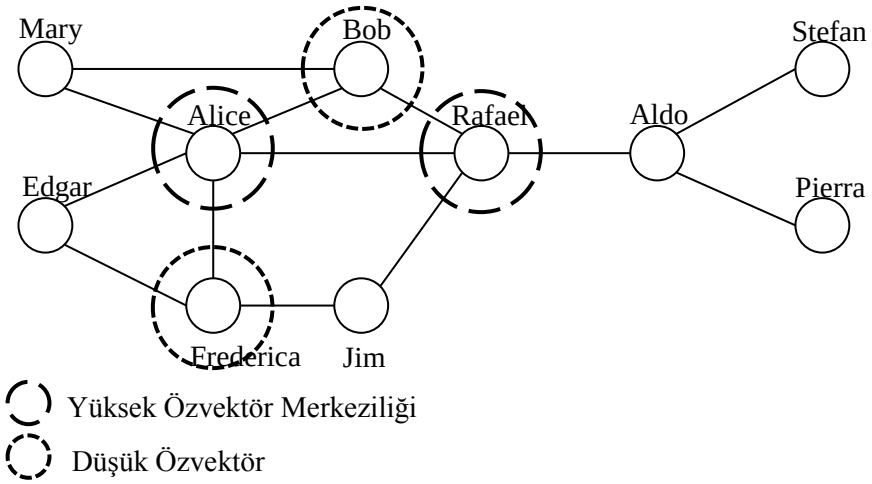
Özvektör

Özvektör merkeziliği, derece merkeziliğin daha geniş bir versiyonudur ve sadece bağlantıların sayısı değil aynı zamanda bağlantıların kalitesini dikkate alır [70]. Bu anlamda, ağ yapısı içerisinde daha merkezi konumda olan komşulara sahip olmak merkezi konumda olmayan bağlantılara kıyasla daha önemlidir. Özvektör merkeziliğinde, belli bir düğümün merkeziliği onun bağlantılı olduğu komşularının merkeziliğinin toplamı olarak Eş. 3.9 ile ifade edilir.

$$x_i = \frac{1}{\lambda}\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \tag{3.9}$$

burada, x_i ve x_j sırasıyla i ve j düğümlerinin merkeziliğini, a_{ij}, i ve j düğümlerinin biri ile bağlantılı olup olma durumunu (i ve j düğümleri bağlantılı ise $a_{ij} = 1$, değilse $a_{ij} = 0$) ve λ, **A** komşuluk matrisinin en büyük özdeğerini göstermektedir.

Şekil 3.4 örnek bir sosyal ağda özvektör merkeziliğini göstermektedir. Alice ve Rafael ağ içerisinde yüksek özvektör merkeziliğine sahiptir. Bob ve Frederica ise Alice ve Rafael'e göre daha düşük bir özvektör merkeziliğine sahiptir.



Şekil 3.4. Örnek bir sosyal ağda özvektör merkeziliği [75]

3.1.2. Ağ seviyesinde ölçütler

Ağ seviyesindeki ölçütler, ağdaki tüm düğüm ve onların bağlantılarının birlikte analiz edildiği ölçütlerdir. Ağın geneli hakkında bilgi sahibi olunmasını sağlar.

Çap ve yarıçap

Belli bir düğüm ile ağdaki diğer düğümler arasındaki uzaklık değerlerinin en büyük olanı dış merkezlik olarak adlandırılmaktadır. Dış merkezlik ağdaki her bir düğüm için hesaplanır ve diğer düğümlere olan en kısa mesafeler içerisindeki en büyük değerdir. Dış merkezlik değerleri içerisinde en büyük olanı çap, en küçük olanı ise yarıçap olarak adlandırılmaktadır. Dış merkezilik, çap ve yarıçap sırasıyla Eş. 3.10, Eş. 3.11 ve Eş. 3.12 ile hesaplanır.

$$\in_v = \max_{i \in V(G)/v} d(v,i) \tag{3.10}$$

$$D = \max\{\in_v : v \in V\} \tag{3.11}$$

$$R = \min\{\in_v : v \in V\} \tag{3.12}$$

Çap ve yarıçap ölçütleri, ağdaki düğümlerin birbirine ne kadar sıkı bağlantı içerisinde olduğunu gösterir. Birbirleriyle tam bağlı ağlardan seyrek bağlı ağlara doğru ölçütlerin değeri artar.

Yoğunluk

Ağın geneli hakkında bilgi veren en önemli ölçütlerden biri olan yoğunluk, bağlantılıkla ilgili bir ölçüttür. Ağdaki düğümlerin birbirleriyle ne kadar bağlantılı olduğunu gösterir. Ağın mevcut bağlantılarının mümkün bağlantı sayısına oranı olarak Eş. 3.13 ile hesaplanır:

$$\rho(\mathrm{G}) = \frac{m(G)}{m_{\max(G)}}, \qquad 0 < \rho < 1 \tag{3.13}$$

burada, $m(G)$ ağdaki ayrıtların sayısını ve $m_{\max(G)}$ mümkün ayrıtların sayısını ifade etmektedir. Yönsüz ağlar için mümkün ayrıt sayısı $m_{\max(G)} = n(\mathrm{n}-1)/2$, yönlü ağlar için ise $m_{\max(G)} = n(\mathrm{n}-1)$ olarak hesaplanmaktadır.

Yoğunluk değeri bütün düğümlerin birbirine bağlı olduğu tam ağlarda 1 değerini alırken bağlantıların zayıf olduğu seyrek ağlarda bu oran daha düşük değerler almaktadır.

Merkezileşme indisi

Merkezileşme indisi, ağdaki düğümlerin merkeziliklerinin değişkenliğine ilişkin bir ölçüttür ve Eş. 3.14 ile ifade edilir.

$$C^T = \frac{\sum_{i=1}^{n} (\mathrm{C}_{\max}^T - \mathrm{C}_i^T)}{\max \sum_{i=1}^{n} (\mathrm{C}_{\max}^T - \mathrm{C}_i^T)} \tag{3.14}$$

burada, C^T merkezileşme indisini (derece, arasındalık, yakınlık gibi T tipi merkezileşme), C_i^T, i düğümünün merkeziliğini ve $\mathrm{C}_{\max}^T = \max \mathrm{C}_i^T$ göstermektedir.

Düğümlerin merkezilik değerlerinin birbirine yakın olması bu değerin düşük olmasına neden olur ve genel olarak ağdaki merkeziliğin düşük olduğu şeklinde yorumlanır. Bu değerin yüksek olması ise ağda merkezilik ölçütlerinin genel olarak anlam ifade ettiğini gösterir.

Ortalama en kısa yol uzaklığı

Bu ölçüt, ağdaki bütün düğüm çiftleri arasında en kısa yol uzunluklarının ortalama değeri olarak Eş. 3.15 ile ifade edilir.

$$l = \frac{1}{n(n-1)/2} \sum_{i \geq j} d(i, j) \tag{3.15}$$

Bu değerin düşük olması ağdaki düğümlerin genel olarak birbirine yakın olduğu, yüksek olması ise birbirlerinden uzak olduğu anlamına gelmektedir.

Ortalama derece

Ortalama derece, yoğunluğa benzer bir ölçüt olup düğüm derecelerinin ortalama bir değeri olarak Eş. 3.16 ile ifade edilir.

$$\bar{k} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} k_i \tag{3.16}$$

Ortalama derece değeri bütün düğümlerin birbirine bağlı olduğu tam ağlarda bir düğümün sahip olabileceği mümkün en yüksek bağlantı sayısının (n-1) değerini alırken bağlantıların zayıf olduğu seyrek ağlarda bu oran daha düşük değerler almaktadır.

Karşılıklılık

Karşılıklılık ölçütü, yönlü ağlarda düğüm çiftleri arasındaki bağlantıların iki yönlü olup olmadığına ilişkin bir ölçüttür ve Eş. 3.17 ile ifade edilmektedir.

$$r = \frac{\#\text{mut}}{\#\text{mut} + \#\text{asym}}, \qquad 0 < r < 1 \tag{3.17}$$

burada, $\#\text{mut}$, iki yönlü (karşılıklı) bağlantı sayısını ve $\#\text{asym}$, tek yönlü (asimetrik) bağlantı sayısını göstermektedir.

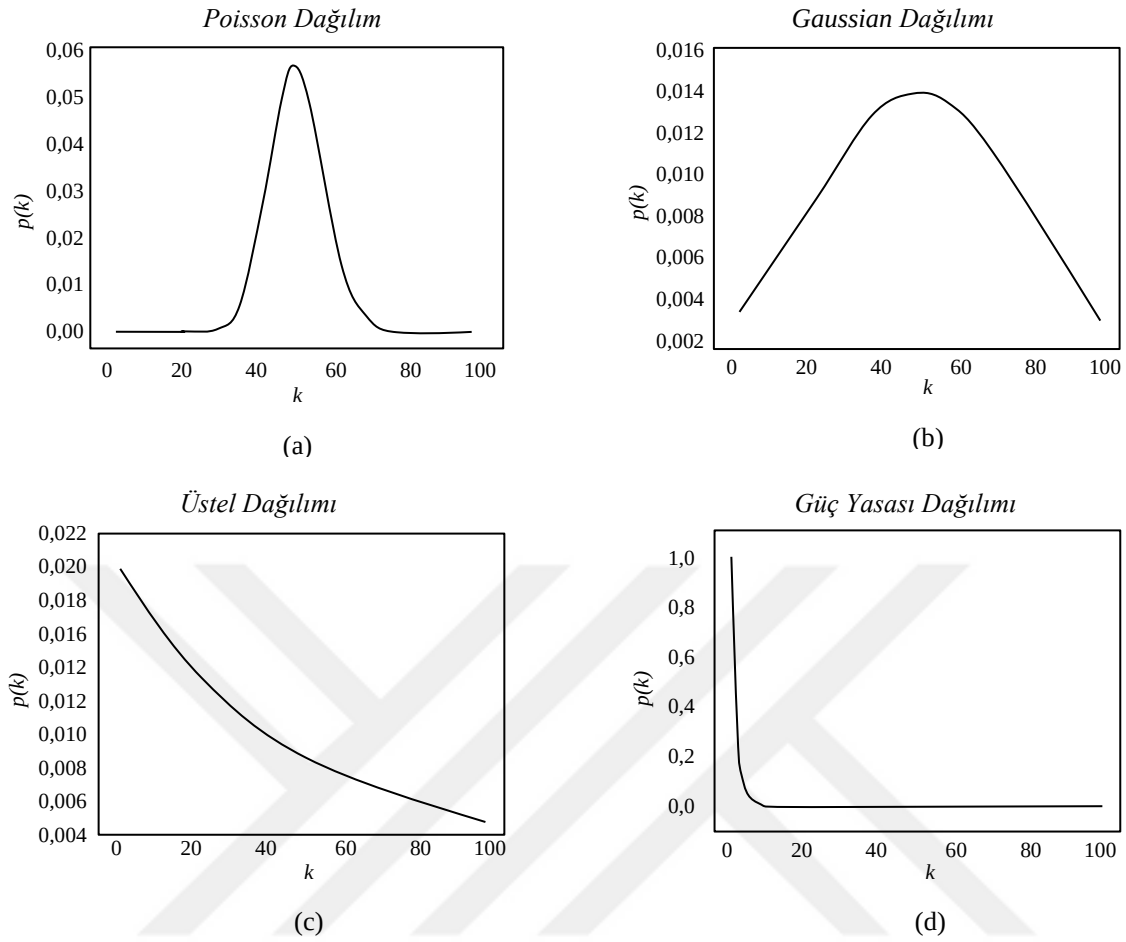
Yönsüz ağlarda bu ölçüt 1 değerini alırken bağlantıların tek yönlü olduğu ağlarda 0 değerini almaktadır.

Derece dağılımları

Düğüm dereceleri, düğümün konumu hakkında bir takım bilgiler sunarken bu düğümlerin derecelerinin dağılımı ise ağın genel yapısı hakkında bazı bilgiler sunabilir. Rastgele olarak seçilen bir düğümün k derecesine sahip olma olasılığı $p(k)$ ile gösterilsin. Bu durumda, düğüm dereceleri k ile bunların olasılık değerleri $p(k)$ arasında derece dağılımı histogramı çizilebilir. Derece dağılımını belirlemek görünüşte kolay gibi gözükse de dağılımın çıkarılması için verinin yeterli olmaması, derecelerin değişkenliğinin fazla olmaması, çok sayıda olasılık dağılımının olması nedeniyle hem görsel hem de istatistiksel yöntemlerin hangi ağın dağılıma sahip olduğunun belirlenememesi gibi zorluklar mevcuttur [47].

Erdös ve Renyi [76-78] tarafından önerilen rastgele ağlarda, her bir ayrıtın var olma ya da olmama olasılıkları eşittir, bu nedenle bu ağlarda derece dağılımları ağın genişliğine bağlı olarak binom ya da Poisson dağılımdır (Şekil 3.5 (a)). Ancak, gerçek dünya ağlarında, derece dağılımları bu dağılımların aksine oldukça farklıdır. Birçok ağdaki düğümlerin derecesi oldukça sağa çarpıktır ve ortalamadan uzakta uzun sağa kuyruk değerlerine sahiptir [6].

Derece dağılımları içerisinde en fazla ilgi çeken güç yasası dağılımıdır [79-90]. Bu dağılımda (Şekil 3.5 (d)), k dereceli bir düğümü bulmanın olasılığı derecenin negatif kuvveti ile orantılıdır: $p(k) \sim k^{-\gamma}$. Bunun anlamı, yüksek dereceli bir düğüm bulmanın olasılığı, düşük dereceli bir düğüm bulmanın yüksek olasılığına kıyasla göreceli olarak daha küçüktür [47].



Şekil 3.5. Karmaşık ağlarda bazı derece dağılımları [47]

3.2. Gerçek Dünya Ağları

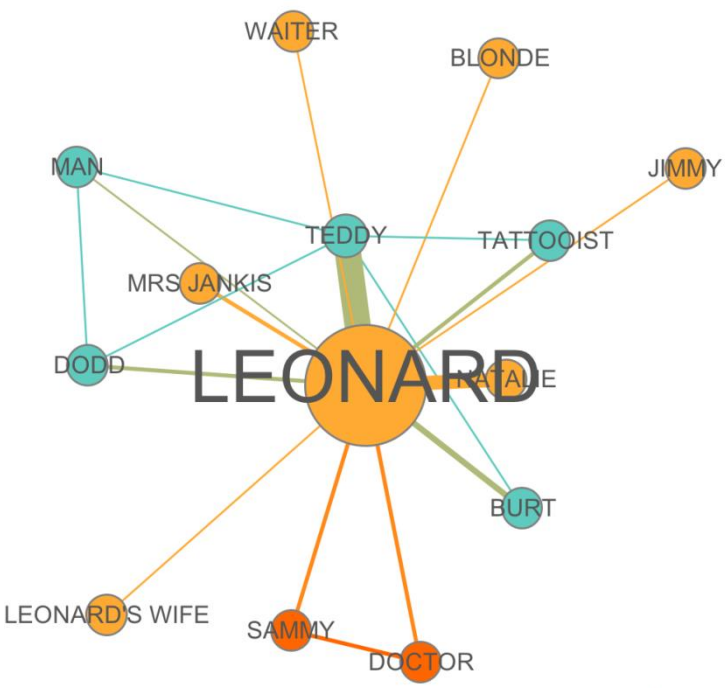
Karmaşık gerçek dünya problemlerinin çözümünde kullanıldığı için karmaşık ağlar olarak da adlandırılan ağlar, birçok farklı bilimin dalına uygulanmıştır. Genel olarak, karmaşık ağlar sosyal ağlar, bilgi ağları, teknolojik ağlar ve biyolojik ağlar olarak dört ana kategoride değerlendirilmektedir [6].

3.2.1. Sosyal ağlar

Sosyal ağlar; aralarında temas, ilişki ya da bağlantı olan insan, grup, örgüt gibi sosyal varlıklardan oluşan bir kümedir [70-72]. Moreno'nun [91] küçük bir grup içerisindeki arkadaşlığın yapısı üzerine çalışması sosyal ağlar konusundaki ilk çalışma olarak kabul edilmektedir. Sosyal ağ analizi üzerine ilk çalışmalar sosyoloji, sosyal psikoloji ve antropoloji alanındaki bilim adamları tarafından gerçekleştirilmiştir ve ilk kez sosyal ağ

kelimesi 1954 yılında Barnes tarafından kullanılmıştır [72]. Sosyal ağ analizi konusundaki önemli çalışmalar, Rapaport [92] ağdaki derece dağılımının önemine değinen çalışması ve Milgram'ın [93] küçük dünya deneyidir.

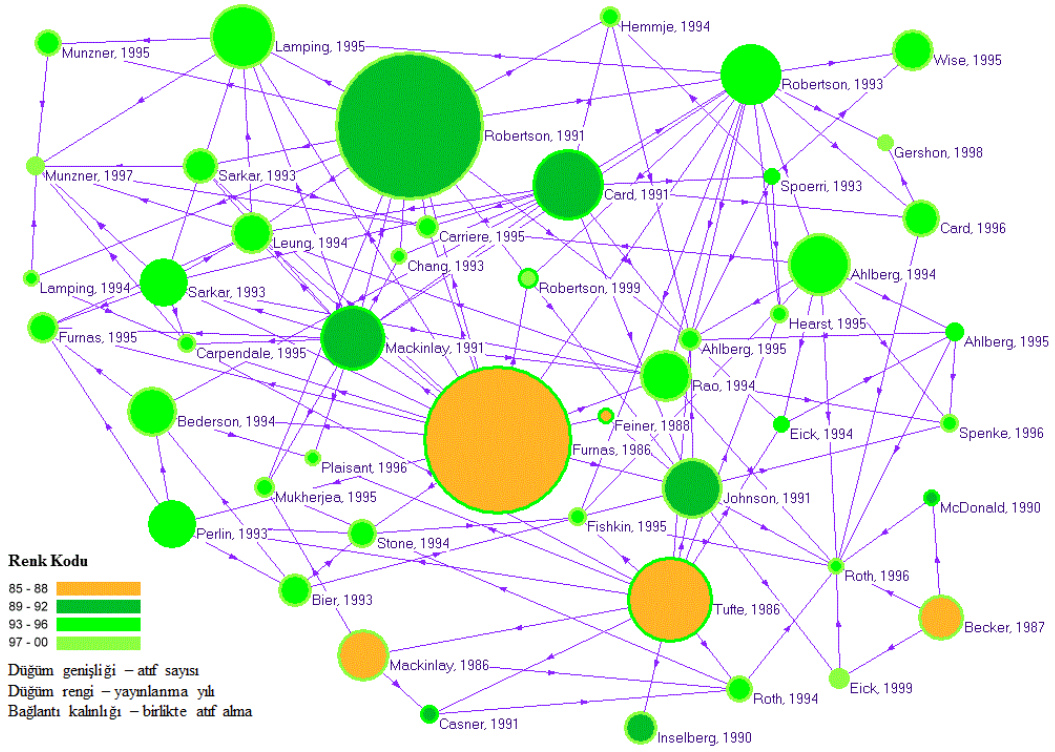
Sosyal ağlar; bireyler arası arkadaşlık ağları, şirketler veya insanlar arası iletişim ağları; işbirliği ağları gibi sosyal etkileşim sonucu ortaya çıkan ağlardır [70]. Facebook, LinkedIn gibi günümüzün popüler ağları arkadaşlık ağlarına örnek olarak verilebilir. İşbirliği ağları; film aktörleri [94], şirket yöneticileri [95], akademisyen arasında eş yazarlık [96-100], birliktelik ağları [94] gibi ağlardır. Bu ağlarda, aynı filmde oynayan iki aktör, aynı yönetim kurulundaki yöneticiler, birlikte yayın hazırlayan akademisyenler, aynı web sayfasında veya gazete yazısında birlikte adı geçen bireyler birbirleriyle bağlantılı olarak düşünülür. İletişim ağları, telefon, posta, e-posta gibi iletişim kanalları ile kurulan ağladır. Bu ağlarda, e-posta adresleri arasında gönderilen e-posta ve telefon numaraları arasındaki telefon konuşmaları bağlantı olarak düşünülmektedir. Şekil 3.6 örnek bir sosyal ağı göstermektedir. Bu ağda film aktörleri arasındaki bağlantı aynı filmde rol alma sıklığını ifade etmektedir.



Şekil 3.6. Örnek bir sosyal ağ [101]

3.2.2. Bilgi ağları

Bilgi ağları, bilginin yayılımı ve işi arttırmayı amaçlayan bilgi alışverişine dayalı ağlardır [70]. Dünya çapında ağ (www), akademik makaleler arasındaki atıf ağları, tercih ağları, ticaret ağları, dilsel ağlar gibi ağlar bilgi ağları türlerine örnek olarak verilebilir. Dünya çapında ağ, web sayfaları ile bu sayfalar üzerindeki köprülerden oluşan ağlardır. Web sayfaları, diğer bir web sayfasındaki köprüleri izleyerek geçiş yapmak mümkündür. Diğer bir bilgi ağı türü de akademik makaleler arasındaki atıf ağlarıdır. Bir makalede başka bir makaleye atıf veriliyorsa atıf veren makale, atıf alan makale ile bağlantılıdır. Bu ağlarda, makaleler zamana bağlı yayınlandıkları için bir makale ancak kendinden önceki makalelere atıf verebilmektedir. Tercih ağları ise bireyler ve onların tercih ettikleri ya da beğendikleri nesneler (kitap, film vb.) arasındaki ilişkiyi gösteren ağlardır. Bir bireyin bir nesne ile bağlantısı o nesneyi tercih ettiği ya da beğendiği anlamına gelmektedir. Ticaret ağları, ülkeler veya şirketler arasındaki ürün veya hizmet ticaretini gösterir. Dilsel ağlar, kelimeler ve bunlar arasındaki anlamsal ilişkileri göstermektedir. Bu ağlarda, kelimeler arasındaki bağlantı, kelimelerin eşanlamlı ya da benzer kelimeler olduklarını göstermektedir. Şekil 3.7 örnek bir bilgi ağını göstermektedir. Bu ağda, yayınlar arasındaki bağlantı literatürdeki yayınlarda birlikte atıf alma sıklığı şeklide tanımlanmıştır.

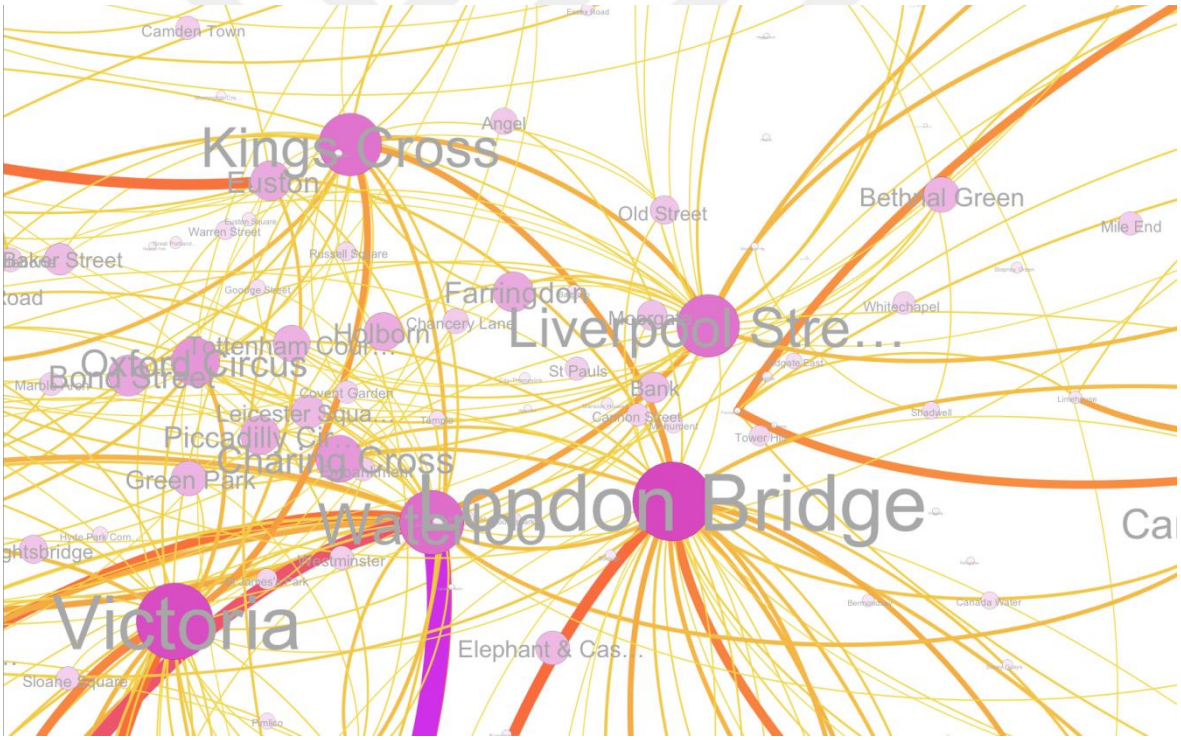


Şekil 3.7. Örnek bir bilgi ağı [102]

3.2.3. Teknolojik ağlar

Teknolojik ağlar insan yapısı ağlardır. Belli bir ürün ya da kaynağın dağıtımı için tasarlanmışlardır ve bu ağlarda, fiziksel bir bağlantı söz konusudur. Elektrik nakil hatları ağı, ulaştırma ağları, internet ağları teknolojik ağlara örnek gösterilebilir.

Elektrik nakil hatları ağı, belli bir bölgeye yayılan iletim hatlarını gösteren ağlardır. Yollar, demiryolu, havayolu vb. ağlar yerleşim yerleri ile bunlar arasındaki ulaşım kanallarını gösteren ulaştırma ağları da teknolojik ağlardır. Diğer bir teknolojik ağ ise bilgisayarlar arasındaki fiziksel bir bağlantıyı gösteren internet ağlarıdır. Şekil 3.8 örenk bir teknoloji ağını göstermektedir. Bu ağda, Londra raylı sistem istasyonları arasındaki bağlantı seyahat sıklığı ile tanımlanmıştır.



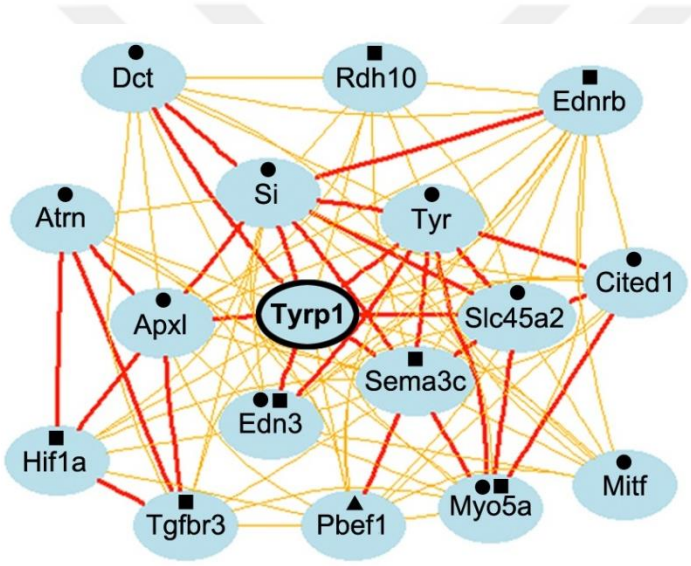
Şekil 3.8. Örnek bir teknoloji ağı [103]

3.2.4. Biyolojik ağlar

Biyolojik ağlar, protein-protein etkileşim ağları, genetik ağlar, sinyal iletim ağları, metabolik ve biyokimyasal ağlar şeklinde sınıflandırılabilir.

Protein-protein etkileşim ağlarında proteinler düğüm, etkileşimleri ise ayrıt olarak gösterilir ve bu ağlar, hücre içi biyolojik süreçlerde farklı proteinlerin birbirlerini nasıl etkilediklerini gösterir. Hücre içerisinde etkileşim içerisinde bulanan proteinlerin belirlenmesi, hücrenin fonksiyonun belirlenmesi açısından oldukça önemlidir.

Genetik ağlar, hücre içerisindeki gen ifadelerinin kontrolü hakkında bilgi sağlar. Genler benzer ifade yapılarına sahip ise benzer fonksiyonlara sahiptir. Genlerin birbirine olan benzerlikleri bir benzerlik skoru ile hesaplanır. Bu ağlarda, genler düğüm olarak gösterilir ve aralarında belli bir benzerlik skoru olan genler birbiriyle bağlantılıdır. Şekil 3.9 gen ifadeleri üzerine örnek bir biyolojik ağı göstermektedir.



Şekil 3.9. Örnek bir biyolojik ağı [104]

Sinyal iletim ağları protein, kimyasal, makromoleküller gibi farklı biyovarlıklar arasındaki ilişkiyi göstermek için kullanılır ve dışarıdan hücrenin içerisine veya hücre içerisinde sinyal iletiminin nasıl gerçekleştiğini araştırır.

Biyokimyada, hücre içinde meydana gelen bir dizi kimyasal tepkime metabolik yolak olarak adlandırılmaktadır. Yolaklar metabolizmayı oluşturmaktadır. Metabolik ve biyokimyasal ağlar, metabolizmayı anlama ve modelleme noktasında oldukça önemlidir.

3.3. Karmaşık Ağların Özellikleri

Bu alt bölümde, karmaşık ağların küçük dünya etkisi ve ölçeksizlik etkisi ile rastgele ağlar ve karmaşık ağlarda topluluk tespiti incelenecektir.

3.3.1. Küçük dünya etkisi

Gerçek dünya ağlarında, küçük dünya etkisi Milgram [93] tarafından yapılan deneyler sonucunda ortaya çıkmıştır. Milgram, deneyde belli bir sayıdaki katılımcıdan önceden belirlenen başka bir şehirdeki tanımadıkları bir insana mektup iletmelerini istemiş ve mektuplar yaklaşık 6 adımda hedefe ulaşmıştır. Bu deney, ağ yapısı ne kadar büyük olursa olsun aslında ağdaki düğümlerin bir birine yakın olduğu, düğümleri arası ortalama yol uzunluklarının düşük olduğu ve düğümlerin büyük çoğunluğunun bağlantılı olduğunu göstermektedir.

3.3.2. Ölçeksizlik etkisi

Ölçeksiz ağlarda, düğümlerin büyük çoğunluğu az sayıda bağlantıya sahipken az sayıda düğüm çok sayıda bağlantıya sahiptir. Az sayıda düğümün yüksek dereceye sahip olduğu ağlar güç yasası dağılımı (Bkz. Şekil 3.5 (d)) gösterir ve bu dağılıma sahip ağlar ölçeksiz olarak adlandırılır.

3.3.3. Rastgele ağlar

Rastgele ağlar, karmaşık ağ yapılarında düğümleri birbirine bağlayan ayrıtların belirli bir düzen yerine birbirinden bağımsız ve rastgele olarak bağlandığı ağlar olarak tanımlanmaktadır [7]. Düğümler birbirine belirli bir p olasılığı ile bağlıdır, yani aralarında ayrıt olma olasılıkları p'dir. İlk olarak, Solomonoff ve Rapoport [105] tarafından çalışılan rastgele ağların en bilinen modeli Erdos ve Renyi [76, 77] tarafından önerilmiştir. Düğüm sayısı n ve bağlantılılık olasılığı p ikilisi ile gösterilen $G_{ER}(n, p)$ Erdos ve Renyi modelinde düğüm sayısı ve olasılık değişmese bile her tekrarlamada farklı ağ oluşur. Düğüm sayısı yüksek olan rastgele ağlarda derece dağılımı Poisson Dağılım (Bkz. Şekil 3.5 (a)) sergiler ve ağ yoğunluğu p olasılığına eşittir [47].

3.3.4. Topluluk tespiti

Gerçek ağlar, homojen bir yapıdan ziyade heterojen bir yapıya sahiptir, yani ağ yapısı içerisinde ayrıtlar belli bir bölgede yoğunlaşırken belli bölgeler daha düşük yoğunluğa sahiptir. Birbirleri arasında yüksek yoğunlukta bağlantıya sahip bölgeler topluluk olarak adlandırılmaktadır. Kendi içerisinde daha sıkı bağlı olan topluluklar, ağdaki diğer düğümler ile daha az bağlantıya sahiptir.

Modül ya da küme olarak da bilinen topluluklar benzer düğüm grupları olarak tanımlanabilir. Yoğunluk kavramı ile ilgili olan topluluklar, birbirleriyle seyrek bağlantılı ancak kendi içerisinde yoğun bağlantılı düğüm grupları olarak tanımlanabilir [70]. Toplulukların iç yoğunlukları dış yoğunluklarından oldukça fazladır ve topluluk içerisinde bütün düğümler birbiriyle bağlantılıdır, yani topluluk içerisinde bütün düğüm çiftleri arasında bir yol vardır [47].

Topluluklar uygulama alanına bağlı bireylerden oluşan sosyal gruplar, aynı alanda çalışan araştırmacılar, birbirleriyle bağlantılı web siteleri vb. olarak düşünülebilir.

Topluluk tespitine yönelik algoritmaları aşağıdaki gibi sınıflandırmak mümkündür [47]:

- *Ağ bölüntüleme yöntemleri.* Topluluklar arasındaki bağlantı sayısı en az olacak şekilde ağdaki düğümleri belli sayıda ayrık kümelere parçalayan yöntemlerdir. Bu yöntemlerde, altküme sayısı önceden belirlenir ve kümeler yaklaşık olarak aynı genişliğe sahiptir. En bilinen yöntem Kernighan-Lin [106] algoritmasıdır.
- *Bağ merkeziliği temelli yöntemler.* Bu yöntemlerde, toplulukları birbirine bağlayan ayrıtların bulunması amaçlanır. Bu ayrıtlar yinelemeli algoritmalar ile ağ yapısından kaldırılarak ağın topluluklar tespit edilmeye çalışılır. Belirleme işlemi arasındalık ölçütüyle ilgilidir. En bilinen yöntem Girvan-Newman [107] algoritmasıdır.
- *Modülerite temelli yöntemler.* Topluluk tespiti için en çok kullanılan yöntemlerden birisi modülerite maksimizasyonundur. Modülerite, toplulukların kalitesini verilen bir amaç fonksiyonu doğrultusunda tespit eder. Modülerite temelli topluluk tespitinde optimizasyon modelleri kullanılır. Modelin çözümünde genellikle sezgisel optimizasyon modelleri kullanılır.
- *Benzerlik temelli yöntemler.* Hiyerarşik kümeleme olarak da adlandırılan bu yöntemler, düğüm çiftleri arasındaki benzerlik esas alınarak benzer düğümlerin gruplandırılmasına

dayanır. Benzerlik ölçümleri komşuluk matrisi üzerinden yapılmaktadır. Birbirine yakın düğümlerin benzerlikleri yüksek iken uzak düğümlerin benzerlikleri düşüktür. En yaygın kullanılan benzerlik ölçütleri, cosine benzerliği, Jaccard benzerliği ve Hamming benzerlikleridir.

4. DİLSEL ÖZETLEME

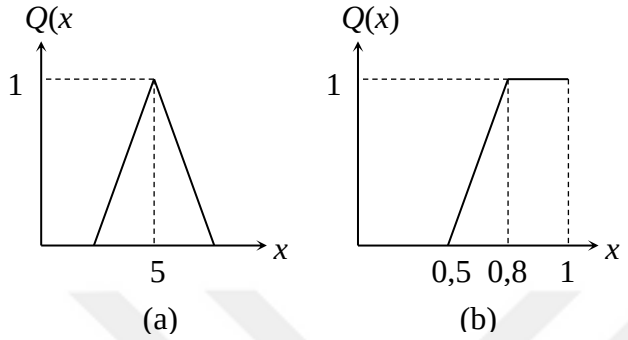
Dilsel özetleme, veri madenciliği/bilgi keşfinde kullanılan tanımlayıcı tekniklerden biridir. Dilsel özetlemede amaç, veri tabanındaki özellikler arasındaki var olan ilişkinin özetler şeklinde ortaya çıkarılması ve bilgiye dönüştürülmesidir. Dilsel özetlemeye ilişkin ilk çalışma Yager [108] tarafından yapılmıştır. Yager [108] belirsiz niceleyicileri ele almada bulanık küme teorisine dayanan dilsel özetleme tanımlarını geliştirmiştir. İnsanlar tarafından kolay anlaşılabilen ve öz bilgi sunması açısından dilsel özetleme büyük ilgi toplamıştır [109-116].

Dilsel özetlemede kullanılan temel tanımlar şu şekildedir:

- *D* dilsel özetleme için veri tabanı olsun. Örneğin, bir işyerindeki çalışanlara ait veri tabanı
- *Y* tüm nesnelerin kümesini göstersin, $i = 1,2,...,m$ için $Y = \{y_1, y_2, ..., y_m\}$. Örneğin, çalışanlar
- *V* tüm özelliklerin kümesini göstersin, $k = 1,2,...,K$ için $V = \{v_1, v_2, ..., v_k\}$ Örneğin, yaş, çalışma süresi, aylık kazanç vb. çalışanlara ilişkin özellikler olabilir
- $X_k (k = 1,2,...,K)$ v_k özelliğinin tanım kümesini göstersin. Yaş özelliği için 25-35 yaş, çalışma süresi 1-5 yıl, aylık kazanç 4-6 bin TL
- $v_k^m = v_k(y_m) \in x_k$ m. nesnenin k. özelliğinin değeridir. Örneğin, 5. çalışanın çalışma süresi
- *Q* Dilsel niceleyici. (Ör. çoğu, yaklaşık 5)
- *S* Özetleyici (Ör. orta yaşlı, deneyimli, yüksek gelirli)
- $w_g S_g$ Niteleyici (Ör. genç)
- *T* Doğruluk derecesi. 0-1 aralığında bir değer.

Dilsel özetlemede kullanılan bulanık niceleyiciler mutlak ve göreceli olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Mutlak niceleyiciler belirli bir miktarı (yaklaşık 5) veya aralığı (yaklaşık 3 ile 6 arası) ifade etmektedir. Göreceli niceleyiciler ise bulanık oranla ifade edilmektedir. Mutlak ve göreceli niceleyicilerin örnekleri Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Şekilde *x* değeri özelliğin değerini, *Q*(*x*) değeri ise *x* değerinin *Q* niceleyicisinden aldığı değeri göstermektedir. Örneğin, çalışanın tecrübesi 5 yıl ise 5'in Yaklaşık 5 niceleyicisinden

aldığı değer 1'dir. 1 değeri 5 yıl tecrübesi olan bir çalışanın yaklaşık 5 niceleyicisini sağlama derecesi veya olabilirliğini ifade etmektedir. Göreceli niceleyiciye örnek ise 10 çalışandan 7'si yüksek gelirli ise 0,7 (7/10) değerinin çoğu niceleyicisinden aldığı değer 0,66'dır.



Şekil 4.1. (a) "Yaklaşık 3" mutlak niceleyicisi (b) "Çoğu" göreceli niceleyicisi.

Dilsel özetlemede genellikle kullanılan iki tip özet yapısı (tip-1 ve tip-2) Zadeh [117] tarafından önerilmiştir.

Tip-1: "*Q Y(nesneler)* $S=\{S_1,S_2,S_3,\ldots,S_K\}$ *dır.* $[T]$" .

Tip-2: "*Q* w_g (S_g) *Y(nesneler)* , $S=\{S_1,S_2,S_3,\ldots,S_K\}$ *dır.* $[T]$".

Tip-1 cümle yapısına "Çoğu çalışan deneyimlidir. $[0,8]$" örnek olarak verilebilir. Burada, "çoğu" göreceli niceleyici, "çalışan" nesne, "deneyimlidir " özetleyici ve $[0,8]$ doğruluk derecesidir. Doğruluk derecesi verinin özeti sağlama derecesi olarak düşünüldüğünde söz konusu özet veri setinin özeti sağlama derecesi 0,8'dir. Doğruluk derecesinin yüksek olması verinin özeti desteklediğini ve sağladığını göstermektedir.

Tip-2 cümle yapısına "Çoğu deneyimli çalışanın aylık kazancı yüksektir. $[0,7]$" örnek olarak verilebilir. Burada, "deneyimli" niteleyici ve "aylık kazancı yüksektir" özetleyicidir.

4.1. Dilsel Özet Değerlendirme Yöntemleri

Veriden elde edilen dilsel özetlerin doğruluğu ve güvenilirliği doğruluk derecesi ile ölçülmektedir. Uygun olmayan ve tutarsız sonuçlar güvenilmez bilgiye [118] neden

olacağından doğruluk derecesinin hesaplanması gerekmektedir. Doğruluk derecesi hesaplaması literatürde değerlendirme yöntemleri olarak bilinmektedir. Değerlendirme yöntemleri kardinalite tipine göre, genellikle skalar ve bulanık kardinalite olmak üzere iki grupta incelenmektedir [119, 120]. Dilsel özetlemede ilk çalışmalar Zadeh [117] tarafından gerçekleştirilmiştir ve doğruluk derecesi skalar kardinalite temelli hesaplanmıştır. Fakat, skalar kardinalite kullanımı değerlendirmede bazı tutarsızlıklara neden olduğu çeşitli çalışmalarda [118, 119, 121] vurgulanmıştır. Tutarlı sonuçlar elde edebilmek için bulanık değerle ifade edilen bulanık kardinalite temelli yaklaşımlar önerilmiştir [119, 120]. Bu bölümde, skalar ve bulanık kardinalite temelli değerlendirme yöntemleri incelendikten sonra yöntemleri kıyaslamak için literatürde önerilen özelliklere değinilecektir.

4.1.1. Skalar kardinalite temelli değerlendirme yöntemleri

Bu alt bölümde skalar kardinalite temelli değerlendirme yöntemleri incelenmiştir.

Zadeh'in yöntemi

Tip-1 cümleleri değerlendirmek için Zadeh [117] tarafından geliştirilen doğruluk derecesi, göreceli ve mutlak niceleyiciler için sırasıyla Eş. 4.1 ve Eş. 4.2'de gösterilmektedir.

$$Z_Q(S) = Q\left(\frac{\sum_{m=1}^{M}\mu_S(d_m)}{|Y|}\right) \tag{4.1}$$

$$Z_Q(S) = Q\left(\sum_{m=1}^{M}\mu_S(d_m)\right) \tag{4.2}$$

Zadeh [117] tarafından Tip-2 cümle yapısı için geliştirilen doğruluk derecesi, göreceli ve mutlak niceleyiciler için sırasıyla Eş. 4.3 ve Eş. 4.4'te ifade edilmektedir.

$$P\left(S\left|w_g\left(S_g\right)\right.\right) = \frac{\sum_{m=1}^{M}\mu_S(d_m)}{\sum_{m=1}^{M}\mu_{w_g(S_g)}\left(v_g^m\right)} \tag{4.3}$$

$$Z_Q\left(S\left|w_g\left(S_g\right)\right.\right)=Q\left(P\left(S\left|w_g\left(S_g\right)\right.\right)\right)=Q\left(\frac{\sum_{m=1}^{M}\mu_S\left(d_m\right)}{\sum_{m=1}^{M}\mu_{w_g\left(S_g\right)}\left(v_g^m\right)}\right) \tag{4.4}$$

Yager'in OWA operatör temelli yöntemi

Göreceli ve tutarlı niceleyici ($Q(0)=0$, $Q(1)=1$ ve azalmayan niceleyici) kullanıldığı durumlar için Yager [122] tarafından tip-1 cümle yapısı için önerilen doğruluk derecesi Eş. 4.5'te gösterilmiştir.

$$Y_Q\left(S\right)=\sum_{i=1}^{M}w_i b_i \tag{4.5}$$

Burada, $w_i=Q\left(i/M\right)-Q\left((i-1)/M\right)$, $i\in\left\{1,2,\ldots,M\right\}$ ve $Q\left(0\right)=0$. b_i değeri nesnelerin S özetini sağlama dereceleri olup büyükten küçüğe sıralıdır, yani $b_1<\ldots<b_M$. Yager [122] tarafından tip-2 cümle yapısı için önerilen doğruluk derecesi Eş. 4.6'da gösterilmiştir.

$$Y_Q\left(S\left|w_g\left(S_g\right)\right.\right)=\sum_{i=1}^{M}w_i j_i \tag{4.6}$$

Burada, $w_i=Q\left(P_i\right)-Q\left(P_{i-1}\right)$, $i\in\left\{1,2,\ldots,M\right\}$, $P_i=1/t\sum_{j=1}^{i}e_j$, $P_0=0$ ve $t=\sum_{j=1}^{M}e_j$. j_i değeri, $\neg w_g\left(S_g\right)\oplus S$ kümesinin i. en büyük değeridir. e_j ise $w_g\left(S_g\right)$ bulanık kümesinin j. en küçük değeridir.

Choquet ve Sugeno integral temelli yöntem

Tip-1 cümle yapısı için önerilen Choquet ve Sugeno integral temelli doğruluk dereceleri [123, 124] sırasıyla Eş. 4.7 ve Eş. 4.8'de gösterilmiştir.

$$C_Q\left(S\right)=\sum_{i=1}^{M}b_i\times\left(Q\left(i/M\right)-Q\left((i-1)/M\right)\right) \tag{4.7}$$

$$S_Q\left(S\right)=\max_{1<i<M}\min\left(b_i,Q\left(i/M\right)\right) \tag{4.8}$$

b_i değeri nesnelerin *S* özetini sağlama dereceleri olup büyükten küçüğe sıralıdır, yani $b_1 < ... < b_M$. Choquet integral temelli doğruluk derecesi Yager [122] tarafından tip-1 cümle için geliştirilen OWA operatör temelli yöntemin genel bir hali olarak ifade edilmektedir.

4.1.2. Bulanık kardinalite temelli değerlendirme yöntemleri

Bu alt bölümde bulanık kardinalite temelli değerlendirme yöntemleri incelenmiştir.

G yöntemi

Delgado, Sánchez ve Vila [119] tarafından Tip-1 cümle yapısı için önerilen *E* tipi bulanık kardinalite temelli yöntem, göreceli ve mutlak niceleyiciler için sırasıyla Eş. 4.9 ve Eş. 4.10'da gösterilmiştir.

$$G_Q(S) = \underset{i\in\{0,\ldots,M\}}{\oplus} \left(E(S,i) \otimes Q(i)\right) \tag{4.9}$$

$$G_Q(S) = \underset{i\in\{0,\ldots,M\}}{\oplus} \left(E(S,i) \otimes Q(i/M)\right) \tag{4.10}$$

Burada, $E(S,i)$, *S* bulanık kümesinin i tane elemana sahip olmasının olabilirliğini ifade etmektedir. Eş. 4.11 $E(S,i)$'nin hesaplanmasını göstermektedir [125].

$$E(S,i) = L(S,i) \otimes \overline{L(S,i+1)} \tag{4.11}$$

$L(S,i)$, *S* bulanık kümesinin en az i tane elemana sahip olmasının olabilirliğini, $\overline{L(S,i+1)}$ ise *S* bulanık kümesinin en fazla i+1 tane elemana sahip olmasının olabilirliğini ifade etmektedir. Eş. 4.12 $L(S,i)$'nin hesaplanmasını göstermektedir [125].

$$L(S,i) = \begin{cases} 1, & i = 0 \\ \underset{(l_1,\ldots,l_i)\in I_i}{\oplus} \left(S(y_{l_1}) \otimes \ldots \otimes S(y_{l_i})\right), & 1 \le i \le M \\ 0, & i > M \end{cases} \tag{4.12}$$

Kesişim ve birleşim operatörleri için sırasıyla maksimum ve minimum operatörleri kullanılması ve b_i'nin S bulanık kümesine ait elemanların üyelik dereceleri büyükten küçüğe sıralandığında i. en büyük değeri olarak ifade edilmesi durumunda $L(S,i)$ Eş. 4.13 ile ifade edilmektedir.

$$L(S,i) = b_i \;\; \forall i \in \{1,...,M\} \tag{4.13}$$

GD yöntemi

Delgado ve diğerleri [119] tarafından Tip-1 cümle yapısı için önerilen *ED* tipi bulanık kardinalite temelli yöntem, göreceli ve mutlak niceleyiciler için sırasıyla Eş. 4.14 ve Eş. 4.15'de gösterilmiştir.

$$GD_Q(S) = \sum_{i=0}^{M} ED(S,i) \times Q(i) \tag{4.14}$$

$$GD_Q(S) = \sum_{i=0}^{M} ED(S,i) \times Q(i/M) \tag{4.15}$$

ED tipi bulanık kardinalite için çarpım t-normu ve Lukasiewicz t-konormu kullanılarak Eş. 4.16 ile ifade edilmektedir.

$$ED(S,i) = b_i - b_{i+1} \tag{4.16}$$

Delgado ve diğerleri [119] tarafından Tip-2 cümle yapısı için önerilen *ER* tipi bulanık kardinalite temelli yöntem, göreceli niceleyiciler için Eş. 4.17'de gösterilmiştir.

$$GD_Q\left(S\middle|w_g\left(S_g\right)\right) = \sum_{c=CR\left(S\middle|w_g\left(S_g\right)\right)} ER\left(S\middle|w_g\left(S_g\right),c\right) \times Q(c) \tag{4.17}$$

S bulanık kümesinin $w_g\left(S_g\right)$ bulanık kümesine göre göreceli bulanık kardinalitesini ifade eden *ER* Eş. 4.18'de tanımlanmıştır.

$$ER\left(S\left|w_g\left(S_g\right),c\right.\right)=\sum_{c=C\left(S\left|w_g\left(S_g\right),\alpha_i\right.\right)}\left(\alpha_i-\alpha_{i+1}\right)\ \forall c\in CR\left(S\left|w_g\left(S_g\right)\right.\right) \tag{4.18}$$

$C\left(S\left|w_g\left(S_g\right),\alpha_i\right.\right)$ ve $CR\left(S\left|w_g\left(S_g\right)\right.\right)$ kümeleri Eş. 4.19 ve Eş. 4.20'de tanımlanmıştır.

$$C\left(S\left|w_g\left(S_g\right),\alpha_i\right.\right)=\frac{\left|\left(S\cap w_g\left(S_g\right)\right)_{\alpha_i}\right|}{\left|w_g\left(S_g\right)_{\alpha_i}\right|} \tag{4.19}$$

$$CR\left(S\left|w_g\left(S_g\right)\right.\right)=\left\{\frac{\left|\left(S\cap w_g\left(S_g\right)\right)_{\alpha}\right|}{\left|w_g\left(S_g\right)_{\alpha}\right|},\alpha\in\Gamma\left(S\left|w_g\left(S_g\right)\right.\right)\right\} \tag{4.20}$$

$S\cap w_g\left(S_g\right)$ ve $w_g\left(S_g\right)$ kümeleri normalize edildikten sonra bu iki kümenin α kesmelerinin birleşimi ile büyükten küçüğe sıralı şekilde $\Gamma\left(S\left|w_g\left(S_g\right)\right.\right)$ kümesi elde edilir. Elde edilen küme, sıralı olması nedeniyle $1=\alpha_1>\alpha_2>\ldots>\alpha_m>\alpha_{m+1}=0$ koşulunu sağlar.

ZS yöntemi

Delgado ve diğerleri [119] tarafından Tip-1 cümle yapısı için Zadeh'in bulanık kardinalitesi [117] kullanılarak önerilen bulanık kardinalite temelli yöntem, göreceli ve mutlak niceleyiciler için sırasıyla Eş. 4.21 ve Eş. 4.22'de gösterilmiştir.

$$ZS_Q\left(S\right)=\underset{i\in\{0,\ldots,M\}}{\text{maks}}\min\left(Z\left(S,i\right),Q\left(i\right)\right) \tag{4.21}$$

$$ZS_Q\left(S\right)=\underset{i\in\{0,\ldots,M\}}{\text{maks}}\min\left(Z\left(S,i\right),Q\left(i/M\right)\right) \tag{4.22}$$

Zadeh'in bulanık kardinalitesi [117] $Z\left(S,i\right)$ Eş. 4.23 ile ifade edilmektedir.

$$Z\left(S,i\right)=\begin{cases}0, & \left|S_\alpha\right|=i\ sağlayan\ \alpha\ \text{yok ise}\\ \sup\left\{\alpha\left|\left|S_\alpha\right|=i\right.\right\}, & \text{d.d.}\end{cases} \tag{4.23}$$

Delgado ve diğerleri [119] tarafından Tip-2 cümle yapısı için Zadeh'in bulanık kardinalitesi [117] kullanılarak önerilen bulanık kardinalite temelli yöntem göreceli niceleyiciler için Eş. 4.24'te gösterilmiştir.

$$ZS_Q\left(S\left|w_g\left(S_g\right)\right.\right)=\underset{c\in CR\left(S\left|w_g\left(S_g\right)\right.\right)}{\text{maks}}\min\left(ES\left(S\left|w_g\left(S_g\right),c\right.\right),Q(c)\right) \tag{4.24}$$

$ES\left(S\left|w_g\left(S_g\right),c\right.\right)$ Eş. 4.25 ile ifade edilmektedir.

$$ES\left(S\left|w_g\left(S_g\right),c\right.\right)=\text{maks}\left\{\alpha\in\Gamma\left(S\left|w_g\left(S_g\right)\right.\right)\middle|c=\frac{\left|\left(S\cap w_g\left(S_g\right)\right)_\alpha\right|}{\left|w_g\left(S_g\right)_\alpha\right|}\right\} \tag{4.25}$$

$w_g\left(S_g\right)$ bulanık kümesi normalize değilse normalizasyon katsayısı ile $w_g\left(S_g\right)$ ve $S\cap w_g\left(S_g\right)$ kümeleri normalize edilmelidir. Tip-2 cümle yapısı için *ZS yöntemi* Eş. 4.25 ile ifade edilebilmektedir.

$$ZS_Q\left(S\left|w_g\left(S_g\right)\right.\right)=\underset{\alpha_i\in\Gamma\left(S\left|w_g\left(S_g\right)\right.\right)}{\text{maks}}\min\left(\alpha,Q\left(\frac{\left|\left(S\cap w_g\left(S_g\right)\right)_{\alpha_i}\right|}{\left|w_g\left(S_g\right)_{\alpha_i}\right|}\right)\right) \tag{4.26}$$

Kısıtlama seviye temelli yöntem

Kısıtlama seviye temelli yöntem [126-128], tip-2 cümle yapısı için önerilmiştir. (Λ,ρ) ikilisinden oluşan kısıtlama seviyesinde, $\Lambda=\{\alpha_1,\alpha_2,\ldots,\alpha_m\}$, $1=\alpha_1>\alpha_2>\ldots>\alpha_m>\alpha_{m+1}=0$, $m\geq 1$ koşulunu sağlayan α kesmelerinin oluşturduğu sonlu kümeyi ve $\rho:\Lambda\to\delta(Y)$ her kısıtlama seviyesini kesin kümeye dönüştüren fonksiyonu ifade etmektedir.

$$\rho_E(\alpha)=Q\left(\frac{\left|\rho_{S\wedge w_g\left(S_g\right)}(\alpha)\right|}{\rho_{w_g\left(S_g\right)}(\alpha)}\right)=Q\left(\frac{\left|\rho_S(\alpha)\cap\rho_{w_g\left(S_g\right)}(\alpha)\right|}{\rho_{w_g\left(S_g\right)}(\alpha)}\right),\forall\alpha\in\Lambda_E \tag{4.27}$$

Burada, $\Lambda_E = \Lambda_S \cup \Lambda_{w_g S_g}$.

Yarı bulanık niceleyici temelli yöntem

Bulanık niceleyiciler mutlak ve göreceli niceleyiciler ile modellenebilmekte iken yarı bulanık niceleyiciler; birli, çoklu, nicel, nicel olmayan vb. çok tipte niceleyiciler ile modellenebilmektedir [129-131]. Örneğin, "beşi hariç öğrencilerin tamamı gençtir." dilsel özeti bu durumu yansıtmaktadır. Günlük yaşamda bu tarz dilsel özetler ile karşılaşmak mümkündür. Fakat bulanık niceleyiciler ile söz konusu dilsel özeti değerlendirmek mümkün değildir. Ayrıca, bir bulanık niceleyicinin tanımı üzerine uzlaşı yoktur. Bu nedenle, Glöckner [132-134] tarafından bulanık dilsel niceleyicileri genelleştirerek yarı bulanık niceleyici tanımı ve bazı genelleştirilmiş modeller öne sürülmüştür. Klasik niceleyici $\{0,1\}$ kesin argümanıyla ele alınırken, bulanık niceleyici bulanık argüman ile ele alınır ve doğruluk derecesi $[0,1]$ aralığında bir değere eşittir. Yarı bulanık niceleyici bulanık klasik niceleyici olarak kesin argüman kabul etmesine rağmen doğruluk derecesi bulanık niceleyici gibi $[0,1]$ aralığında bir değere eşittir. Yarı bulanık niceleyiciyi bulanık niceleyiciye dönüştüren niceleyici bulanıklaştırma mekanizması sayesinde klasik niceleyici ve bulanık niceleyici arasında köprü görevi sağlamaktadır. Bu nedenle, farklı tipte dilsel özet formları inşa etmek için esnek bir yoldur. Çeşitli tipte yarı bulanık niceleyicilerin türleri ve tanımları Diaz-Hermida, Bugarín ve Barro [135] tarafından geliştirilmiştir. Diaz-Hermida ve diğerleri [135] tarafından önerilen yarı bulanık niceleyicilerin gösterimi Eş. 4.28'deki gibidir.

$$Q_{Y,a,tip}^{BS,v} \tag{4.28}$$

Gösterimde *BS* bulanık sayıyı, *Y* evrensel kümeyi, *a* niceleyicinin argüman sayısını, *tip* ise niceleyicinin oransal, kardinal, karşılaştırma gibi tipleri ifade etmektedir. Özete oransallık varsa *v* 0-1 aralığında bir değerdir. Dikkate alınan özellik bakımından yarı bulanık niceleyiciler birli, ikili, üçlü ve dörtlü olmak üzere sınıflandırılmakta olup Diaz-Hermida ve diğerleri [135] tarafından geliştirilen yarı bulanık niceleyici ve örnekleri sırasıyla Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Birli yarı bulanık niceleyicilerin tanımı

Niceleyici Tipi	Örnek	Yarı bulanık niceleyici
Kardinal	Yaklaşık beş kişi öğrencidir.	$Q^{BS}_{Y,1,kard}(S) = BS(\lvert S\rvert)$
Ko-kardinal	Yaklaşık %70 veya daha fazla kişi öğrencidir.	$Q^{BS}_{Y,1,oran}(S) = BS\left(\frac{\lvert S\rvert}{\lvert Y\rvert}\right)$
Oransal	Yaklaşık beş kişi hariç tüm kişiler öğrencidir.	$Q^{BS}_{Y,1,hepsi_hariç_kard}(S) = BS(\lvert Y - S\rvert)$
Ko-oransal	Yaklaşık %30'u hariç tüm kişiler öğrencidir.	$Q^{BS}_{Y,1,hepsi_hariç_ko-kard}(S) = BS\left(\frac{\lvert Y - S\rvert}{\lvert Y\rvert}\right)$

Çizelge 4.2. İkili yarı bulanık niceleyicilerin tanımı

Niceleyici Tipi	Örnek	Yarı bulanık niceleyici
Kardinal	Yaklaşık beş öğrenci Türk'tür.	$Q^{BS}_{Y,2,kard}(S_1,S_2) = BS(\lvert S_1 \cap S_2\rvert)$
Ko-kardinal	Yaklaşık beş öğrenci hariç tüm öğrenciler Türk'tür.	$Q^{BS}_{Y,2,ko_kard}(S_1,S_2) = BS(\lvert S_1 - S_2\rvert)$
Oransal	Öğrencilerin yaklaşık %10'u Türk'tür.	$Q^{BS,v}_{Y,2,or}(S_1,S_2) = \begin{cases} BS\left(\frac{\lvert S_1 \cap S_2\rvert}{\lvert S_1\rvert}\right), & S_1 \neq \varnothing \\ 1, & S_1 = \varnothing \end{cases}$
Ko-oransal	Öğrencilerin yaklaşık %10'u hariç tüm öğrenciler Türk'tür.	$Q^{BS,v}_{Y,2,ko_or}(S_1,S_2) = \begin{cases} BS\left(\frac{\lvert S_1 - S_2\rvert}{\lvert S_1\rvert}\right), & S_1 \neq \varnothing \\ 1, & S_1 = \varnothing \end{cases}$
Kardinal karşılaştırma	Kadınlardan yaklaşık beş daha fazla erkek vardır.	$Q^{BS}_{Y,2,kard_karş}(S_1,S_2) = BS(\lvert S_1\rvert - \lvert S_2\rvert)$
Oransal karşılaştırma	Kadınların iki katı daha fazla erkek vardır.	$Q^{BS,v}_{Y,2,or_karş}(S_1,S_2) = \begin{cases} BS(\lvert S_1\rvert/\lvert S_2\rvert), & S_2 \neq \varnothing \\ BS(\infty), & S_2 = \varnothing \\ BS(1), & S_1, S_2 = \varnothing \end{cases}$

Çizelge 4.3. Üçlü yarı bulanık niceleyicilerin tanımı

Niceleyici Tipi	Örnek	Yarı bulanık niceleyici
Kardinal karşılaştırma	Öğretmenlerden yaklaşık on ya da daha fazla öğrenci partideydi.	$Q^{BS}_{Y,3,kard_karş}(S_1,S_2,S_3) = BS\left(\lvert S_1 \cap S_3\rvert - \lvert S_2 \cap S_3\rvert\right)$
Kardinal karşılaştırma	Partidekine göre gölde on ya da daha fazla öğrenci vardı.	$Q^{BS}_{Y,3,kard_karş}(S_1,S_2,S_3) = BS\left(\lvert S_1 \cap S_2\rvert - \lvert S_1 - S_3\rvert\right)$
Oransal karşılaştırma	Öğretmenlerden yaklaşık iki kat ya da daha fazla öğrenci partideydi.	$Q^{BS}_{Y,3,kard_or}(S_1,S_2,S_3) =$ $\begin{cases} BS\left(\frac{\lvert S_1 \cap S_2\rvert}{\lvert S_2 \cap S_3\rvert}\right), & \lvert S_1 \cap S_3\rvert, \lvert S_2 \cap S_3\rvert \neq 0 \\ BS(\infty), & \lvert S_1 \cap S_3\rvert \neq \varnothing, \lvert S_2 \cap S_3\rvert = \varnothing \\ v \in [0,1], & \lvert S_1 \cap S_3\rvert \neq \varnothing, \lvert S_2 \cap S_3\rvert = \varnothing \end{cases}$
Oransal karşılaştırma	Partideki öğrencilere göre en az yaklaşık iki kat daha fazla öğrenci göldeydi.	$Q^{BS}_{Y,3,kard_or}(S_1,S_2,S_3) =$ $\begin{cases} BS\left(\frac{\lvert S_1 \cap S_2\rvert}{\lvert S_1 \cap S_3\rvert}\right), & \lvert S_1 \cap S_2\rvert, \lvert S_1 \cap S_3\rvert \neq 0 \\ BS(\infty), & \lvert S_1 \cap S_2\rvert \neq \varnothing, \lvert S_1 \cap S_3\rvert = \varnothing \\ v \in [0,1], & \lvert S_1 \cap S_2\rvert \neq \varnothing, \lvert S_1 \cap S_3\rvert = \varnothing \end{cases}$
Oranlar üstünde karşılaştırma	Bisiklet süren erkeklerden bisiklet süren kadınlar oransal olarak yaklaşık iki kat ya da daha fazladır.	$Q^{BS}_{Y,3,or_karş}(S_1,S_2,S_3) =$ $\begin{cases} BS\left(\frac{\lvert S_1 \cap S_3\rvert/\lvert S_1\rvert}{\lvert S_2 \cap S_3\rvert/\lvert S_2\rvert}\right), & \lvert S_1 \cap S_3\rvert/\lvert S_1\rvert, \lvert S_2 \cap S_3\rvert/\lvert S_2\rvert \neq 0 \\ BS(\infty), & \lvert S_1 \cap S_3\rvert/\lvert S_1\rvert \neq 0, \lvert S_2 \cap S_3\rvert/\lvert S_2\rvert = 0 \\ v \in [0,1] \end{cases}$
Oranlar üstünde karşılaştırma	Yürüyüş yapan bayanlardan bisiklet süren kadınlar oransal olarak yaklaşık iki kat ya da daha fazladır.	$Q^{BS}_{Y,3,or_karş}(S_1,S_2,S_3) = BS\left(\frac{\lvert S_1 \cap S_2\rvert}{\lvert S_1 \cap S_3\rvert}\right)$

Çizelge 4.4. Dörtlü yarı bulanık niceleyicilerin tanımı

Niceleyici Tipi	Örnek	Yarı bulanık niceleyici
Kardinal karşılaştırma	Partideki öğretmenlerden en az yaklaşık on tane daha fazla öğrenci göldeydi.	$Q^{BS}_{Y,4,kard_karş}(S_1,S_2,S_3,S_4) = BS\left(\lvert S_1 \cap S_2\rvert - \lvert S_3 \cap S_4\rvert\right)$
Kardinal oransal karşılaştırma	Partideki öğretmenlerden yaklaşık iki kat ya da daha fazla öğrenci göldeydi.	$Q^{BS}_{Y,4,or_karş}(S_1,S_2,S_3,S_4) =$ $\begin{cases} BS\left(\dfrac{\lvert S_1 \cap S_2\rvert}{\lvert S_3 \cap S_4\rvert}\right), & \lvert S_1 \cap S_2\rvert, \lvert S_3 \cap S_4\rvert \neq 0 \\ BS(\infty), & \lvert S_1 \cap S_2\rvert \neq \varnothing, \lvert S_3 \cap S_4\rvert = \varnothing \\ v \in [0,1], & \lvert S_1 \cap S_2\rvert \neq \varnothing, \lvert S_3 \cap S_4\rvert = \varnothing \end{cases}$
Oranlar üstünde karşılaştırma	Yürüyüş yapan erkeklerden bisiklet süren kadınlar oransal olarak yaklaşık iki kat ya da daha fazladır.	$Q^{BS}_{Y,4,or__ustu_karş}(S_1,S_2,S_3,S_4) =$ $\begin{cases} BS\left(\dfrac{\lvert S_1 \cap S_2\rvert / \lvert S_1\rvert}{\lvert S_3 \cap S_4\rvert / \lvert S_3\rvert}\right), & \lvert S_1 \cap S_2\rvert / \lvert S_1\rvert, \lvert S_3 \cap S_4\rvert / \lvert S_3\rvert \neq 0 \\ BS(\infty), & \lvert S_1 \cap S_2\rvert / \lvert S_1\rvert \neq 0, \lvert S_3 \cap S_4\rvert / \lvert S_3\rvert = 0 \\ v \in [0,1] \end{cases}$

Yarı bulanık niceleyici klasik niceleyici gibi kesin argüman kabul eder ancak dilsel özette genç, çalışkan gibi bulanık kümeler kullanılabilmektedir. Bu nedenle, yarı bulanık niceleyiciyi bulanık niceleyiciye dönüştüren mekanizma tanımlanması gerekmektedir. Bu mekanizma, yarı bulanık niceleyici evrenindeki tanım kümesinden bulanık niceleyici evrenindeki değer kümesine eşleşme sağlayan bir fonksiyon olarak düşünülmektedir.

Tanım 4.1. [133, 136]: Niceleyici bulanıklaştırma mekanizması, Q_1 ve $\tilde{Q}_2$'nin sırasıyla kesin ve bulanık niceleyiciyi ve $\wp$'nin kuvvet kümesini gösterdiği durumda

$$F : (Q_1 : \wp(S)^K \to [0,1]) \to (\tilde{Q}_2 : \tilde{\wp}(S)^K \to [0,1]) \tag{4.29}$$

şeklinde bir fonksiyon olarak tanımlanır.

Glöckner [133, 136] farklı toplama yaklaşımlarına dayalı (bulanık medyan, ortalama ve birleştirme ve minimum operatörü) üç mekanizma geliştirmiştir. Díaz-Hermida, Bugarín,

Cariñena ve Barro [137] ile Díaz-Hermida, Losada, Bugarín ve Barro [138] bulanık oylama modelinin yorumuna bağlı olarak çeşitli niceleyici bulanıklaştırma mekanizması tanımlamıştır. İzleyen alt bölümlerde niceleyici bulanıklaştırma mekanizmaları incelenmiştir.

Glöckner'in niceleyici bulanıklaştırma mekanizmaları

Glöckner [133, 136] tarafından geliştirilen üç niceleyici bulanıklaştırma mekanizması, bulanık medyan, ortalama ve birleştirme ile minimum operatörü temellidir. Tanım 4.2'de bulanık medyan temelli F^M niceleyici bulanıklaştırma mekanizması tanımlanmıştır.

Tanım 4.2. [133, 136]: Evrensel küme Y üzerinde tanımlı bulanık dilsel özetleyiciler $S_1,...,S_K \in \tilde{\wp}(Y)$ ve $\gamma \in [0,1]$ olsun. Niceleyici bulanıklaştırma mekanizması F^M Eş. 4.30 ile tanımlanır.

$$F^M(Q)(S_1,...,S_K) = \int_0^1 Q_\gamma(S_1,...,S_K)\, d\gamma \tag{4.30}$$

Bulanık niceleyici Q_γ Eş. 4.31 ile tanımlanır.

$$Q_\gamma(S_1,...,S_K) = md_{\frac{1}{2}}\left\{Q(P_1,...,P_K) : (S_i)_\gamma^{\min} \subseteq P_i \subseteq (S_i)_\gamma^{\text{maks}}\right\} \tag{4.31}$$

$S_\gamma^{\min}$ ve S_γ^{maks} Eş. 4.32 ve Eş. 4.33 ile tanımlanmaktadır.

$$S_\gamma^{\min} = \begin{cases} S_{>1/2} & \gamma = 0 \\ S_{\geq 1/2+\gamma/2} & \gamma > 0 \end{cases} \tag{4.32}$$

$$S_\gamma^{\text{maks}} = \begin{cases} S_{\geq 1/2} & \gamma = 0 \\ S_{>1/2-\gamma/2} & \gamma > 0 \end{cases} \tag{4.33}$$

Burada, $S_{\geq\alpha}$ ve $S_{>\alpha}$ sırasıyla alfa kesmesi ve güçlü alfa kesmesini ifade eder. Bulanık medyan ise $md_{\frac{1}{2}}S = med_{\frac{1}{2}}(\inf S, \sup S)$ olarak tanımlanır. $med_{\frac{1}{2}}$ Eş. 4.34 ile hesaplanır.

$$med_{\frac{1}{2}}(u_1,u_2)=\begin{cases}\min(u_1,u_2), & \min(u_1,u_2)>1/2\\ \text{maks}(u_1,u_2), & \text{maks}(u_1,u_2)<1/2\\ 1/2 & \text{d.d.}\end{cases} \tag{4.34}$$

Burada, $u_1=Q\left((S_1)_\gamma^{\min},...,(S_K)_\gamma^{\min}\right)$ ve $u_2=Q\left((S_1)_\gamma^{\text{maks}},...,(S_K)_\gamma^{\text{maks}}\right)$.

Tanım 4.3'te ortalama ve birleştirme ile toplama temelli $F^{M_{CX}}$ niceleyici bulanıklaştırma mekanizması tanımlanmıştır.

Tanım 4.3. [136]: Evrensel küme Y üzerinde tanımlı bulanık dilsel özetleyiciler $S_1,...,S_K\in\tilde{\wp}(Y)$ olsun. Niceleyici bulanıklaştırma mekanizması $F^{M_{CX}}$ Eş. 4.35 ile tanımlanır.

$$F^{M_{CX}}(Q)(S_1,...,S_K)=\sup\{Q_{V,W}^L(S_1,...,S_K):V_1\subseteq W_1,...,V_K\subseteq W_K\} \tag{4.35}$$

Burada, $Q_{V,W}^L$, $V_i\subseteq Y_i\subseteq W_i$ aralığındaki kesin kümeler için bütün nicelleştirme sonuçlarının $Q(S_1,...,S_K)$ alt sınırıdır.

$$Q_{V,W}^L(S_1,...,S_K)=\min(\Xi_{V,W}(S_1,...,S_K),\inf\{Q(S_1,...,S_K):V_i\subseteq S_i\subseteq W_i\}) \tag{4.36}$$

$$\Xi_{V,W}(S_1,...,S_K)=\min_{i=1}^{K}\min(\inf\{\mu_{X_i}(v):v\in V_i\},\inf\{1-\mu_{S_i}(v):v\notin W_i\}) \tag{4.37}$$

Tanım 4.4'te OWA (sıralı ağırlıklı ortalama) operatörü temelli F^{owa} niceleyici bulanıklaştırma mekanizması tanımlanmıştır.

Tanım 4.4. [136]: Evrensel küme Y üzerinde tanımlı bulanık dilsel özetleyiciler $S_1,...,S_K\in\tilde{\wp}(Y)$ ve $\gamma\in[0,1]$ olsun. Niceleyici bulanıklaştırma mekanizması F^{owa} Eş. 4.38 ile tanımlanır.

$$F^{owa}(Q)(S_1,...,S_K)=\frac{1}{2}\int_0^1 {}_{Q,S_1,...,S_K}(\alpha)d\alpha+\frac{1}{2}\int_0^1 \perp_{Q,S_1,...,S_K}(\alpha)d\alpha \tag{4.38}$$

Burada,

$$_{Q,S_1,...,S_K}(\alpha)d\alpha = \sup\left\{Q\left(S_1,...,S_K\right): S_i \in \tilde{\wp}\left(Y\right)\right\} \tag{4.39}$$

$$\perp_{Q,S_1,...,S_K}(\alpha)d\alpha = \inf\left\{Q\left(S_1,...,S_K\right): S_i \in \tilde{\wp}\left(Y\right)\right\} \tag{4.40}$$

Diaz-Hermida ve diğerlerinin niceleyici bulanıklaştırma mekanizmaları

Diaz-Hermida ve diğerleri [137] tarafından dört niceleyici bulanıklaştırma mekanizması geliştirilmiştir. Tanım 4.5'te bütün özellikler için aynı alfa seviyesi kesmelerin kullanıldığı F^{MD} niceleyici bulanıklaştırma mekanizması tanımlanmıştır.

Tanım 4.5. [137]: Evrensel küme Y üzerinde tanımlı bulanık dilsel özetleyiciler $S_1,...,S_K \in \tilde{\wp}\left(Y\right)$ ve $\alpha \in \left[0,1\right]$ olsun. Niceleyici bulanıklaştırma mekanizması F^{MD} Eş. 4.41 ile tanımlanır.

$$F^{MD}(Q)(S_1,...,S_K) = \int_0^1 Q((S_1)_{\geq\alpha},...,(S_K)_{\geq\alpha})d\alpha \tag{4.41}$$

$S_1,...,S_K$ üzerindeki alfa kesmeleri sonlu olması durumunda F^{MD} Eş. 4.42 ile ifade edilmektedir.

$$F^{MD}(Q)(S_1,...,S_K) = \sum_{i=0}^{m} Q((S_1)_{\geq\alpha_i},...,(S_K)_{\geq\alpha_i})m(\alpha_i) \tag{4.42}$$

Burada, $i = 0,1,...,m$ için $m(\alpha_i) = \alpha_i - \alpha_{i+1}$ ve $\alpha_1 \geq ... \geq \alpha_m \geq \alpha_{m+1} = 0$.

Tanım 4.6'da bütün özellikler için farklı alfa seviyesi kesmelerin kullanıldığı F^{I} niceleyici bulanıklaştırma mekanizması tanımlanmıştır.

Tanım 4.6. [137]: Evrensel küme Y üzerinde tanımlı bulanık dilsel özetleyiciler $S_1,...,S_K \in \tilde{\wp}\left(Y\right)$ ve $\alpha \in \left[0,1\right]$ olsun. Niceleyici bulanıklaştırma mekanizması F^{I} Eş. 4.43 ile tanımlanır.

$$F^{I}(Q)(S_1,...,S_K)=\int_0^1...\int_0^1 Q((S_1)_{\geq\alpha_1},...,(S_K)_{\geq\alpha_K})d\alpha_1...d\alpha_K \tag{4.43}$$

$S_1,...,S_K$ üzerindeki alfa kesmeleri sonlu olması durumunda F^{MD} Eş. 4.44 ile ifade edilmektedir.

$$F^{I}(Q)(S_1,...,S_K)=\sum_{i_1=0}^{m_1}...\sum_{i_K=0}^{m_K} Q((S_1)_{\geq\alpha_{1,i_1}},...,(S_K)_{\geq\alpha_{K,i_K}})m(\alpha_{1,i_1})...m(\alpha_{K,i_K}) \tag{4.44}$$

$\alpha_{k,1}\geq...\geq\alpha_{k,m_k}\geq\alpha_{k,m_k+1}=0$ evrensel kümedeki elemanların S_k bulanık kümesine aitlik derecelerine işaret etmektedir, $1\leq k\leq K$, $\alpha_{k,0}=1$, $\alpha_{k,m_k+1}=0$ ve $t=0,...,m_k$ için $m(\alpha_{k,j})=\alpha_{k,j}-\alpha_{k,j+1}$.

Tanım 4.7'de bütün özellikler için farklı alfa seviyesi kesmelerin kullanıldığı F^{AD} niceleyici bulanıklaştırma mekanizması tanımlanmıştır.

Tanım 4.7. [137]: Evrensel küme Y üzerinde tanımlı bulanık dilsel özetleyiciler $S_1,...,S_K\in\tilde{\wp}(Y)$ ve $\alpha\in[0,1]$ olsun. Niceleyici bulanıklaştırma mekanizması F^{AD} Eş. 4.45 ile tanımlanır.

$$\begin{aligned}F^{AD}(Q)(S_1,...,S_K)=&\tau\int_0^1 Q((S_1)_{\geq\alpha},...,(S_K)_{\geq\alpha})d\alpha\\&+(1-\tau)\int_0^1...\int_0^1 Q((S_1)_{\geq\alpha_1},...,(S_K)_{\geq\alpha_K})d\alpha_1...d\alpha_K\end{aligned} \tag{4.45}$$

$\tau\in[0,1]$, F^{MD} ve F^{I} yöntemlerinin konveks kombinasyonunu sağlayan bir parametredir.

Tanım 4.8'de bütün özellikler için farklı alfa seviyesi kesmelerin kullanıldığı F^{A} niceleyici bulanıklaştırma mekanizması tanımlanmıştır.

Tanım 4.8. [138]: Evrensel küme Y üzerinde tanımlı bulanık dilsel özetleyiciler $S_1,...,S_K \in \tilde{\wp}(Y)$ ve $\alpha \in [0,1]$ olsun. Niceleyici bulanıklaştırma mekanizması F^A Eş. 4.46 ile tanımlanır.

$$F^A(Q)(S_1,...,S_K) = \sum_{A_1 \in \wp(Y)} ... \sum_{A_K \in \wp(Y)} Q(S_1,...,S_K) m_{S_1}(A_1)...m_{S_K}(A_K) \tag{4.46}$$

$m_{S_K}(A_K)$ Eş. 4.47 ile tanımlanmaktadır.

$$m_{S_K}(A_K) = \prod_{v_k^m \in A_k} m_{S_k}(v_k^m) \prod_{v_k^m \notin A_k} \left(1 - m_{S_k}(v_k^m)\right) \tag{4.47}$$

4.2. Dilsel Özet Değerlendirme Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Karar vericilere güvenilir bilgi sunabilmek için dilsel özetlerin doğruluğu ve güvenilirliğini ölçmek geliştirilen değerlendirme yöntemlerin uygun ve tutarlı sonuçlar üretip üretmediği test etmek oldukça önemlidir. Bu alt bölümde, Bölüm 4.1'de incelenen tip-1 ve tip-2 cümleler için değerlendirme yöntemleri ve niceleyici bulanıklaştırma mekanizmalarının sağlamaları gereken özellikler bazında karşılaştırması yapılacaktır.

4.2.1. Tip-1 ve tip-2 cümle değerlendirme yöntemlerinin karşılaştırılması

Delgado ve diğerleri [119] tarafından önerilen tip-1 ve tip-2 cümle değerlendirme yöntemlerinin sağlaması gereken özellikler aşağıda tanımlanmıştır.

Tip-1 cümle değerlendirme yöntemleri için önerilen özellikler

Tip-1 cümle değerlendirme yöntemleri için önerilen 6 özellik [119] aşağıdaki gibidir:

1-a. S özetleyicisi kesin küme ile ifade edilsin. Doğruluk derecesi Q göreceli niceleyicisi için $Q(|S|/|Y|)$ ve Q mutlak niceleyicisi için $Q(|S|)$ olmalıdır.

1-b. Değerlendirme tümü ve var niceleyicileri için bulanık mantıkla tutarlı olmalıdır, yani t-konorm $\oplus$ ve t-norm $\otimes$ operatörleri için sırasıyla, $\bigoplus_{m \in Y} \mu_S(d_m)$ ve $\bigotimes_{m \in Y} \mu_S(d_m)$ olmalıdır.

1-c. Değerlendirme kapsama niceleyicisi ile uyumlu olmalıdır, yani Q niceleyicisinin Q' niceleyicisinden daha katı olduğu $Q \subseteq Q'$ durumu için $Q(|S|) \le Q'(|S|)$.

1-d. Değerlendirme zaman açısından etkin olmalıdır, yani hesaplama karmaşıklığı $M = |Y|$ için O(*M*) ile O(*M log M*) arasında olmalıdır.

1-e. Değerlendirme katı olmamalıdır, yani Q niceleyicisi $Q \neq \varnothing$ ve $Q \neq H$ olan $H = \{p/q : p \in \{0,...,M\}, q \in \{1,...,M\}\}$ üzerinde tanımlı olması durumunda öyle bir *S* bulanık kümesi olmalı ki cümlenin doğruluk derecesi 0 veya 1 olmamalıdır.

1-f. Değerlendirme herhangi bir niceleyicinin kullanımına izin vermelidir.

Tip-2 cümle değerlendirme yöntemleri için önerilen özellikler

Tip-2 cümle değerlendirme yöntemleri için önerilen 8 özellik [119] aşağıdaki gibidir:

1-a. *S* özetleyicisi ve $w_g(S_g)$ niteleyicisi kesin küme ile ifade edilsin. Doğruluk derecesi *Q* göreceli niceleyicisi için $Q\left(|S| \cap |w_g(S_g)| \,/\, |w_g(S_g)|\right)$ olmalıdır.

1-b. Tip-2 niceleyici cümlesinde $w_g(S_g) = Y$ olması durumunda değerlendirme yöntemi tip-1 niceleyici için geçerli olmalıdır.

1-c. Değerlendirme zaman açısından etkin olmalıdır, yani hesaplama karmaşıklığı $M = |Y|$ için O(*M*) ile O(*M log M*) arasında olmalıdır.

1-d. $w_g(S_g) \subseteq S$ ve $w_g(S_g)$ normal bulanık kümeler olsun. Bu durumda, doğruluk derecesi 1'e eşit olmalıdır.

1-e. $w_g(S_g) \cap S = \varnothing$ ise doğruluk derecesi 0'a eşit olmalıdır.

1-f. Değerlendirme tümü ve var niceleyicileri için bulanık mantıkla tutarlı olmalıdır, yani t-konorm $\oplus$ ve t-norm $\otimes$ operatörleri için sırasıyla, $\bigoplus_{m \in Y}\left(\mu_S(d_m) \otimes \mu_{w_g(S_g)}(d_m)\right)$ ve $\bigotimes_{m \in Y}\left(\mu_S(d_m) \to \mu_{w_g(S_g)}(d_m)\right)$ olmalıdır.

1-g. Değerlendirme herhangi bir niceleyicinin kullanımına izin vermelidir.

1-h. Değerlendirme katı olmamalıdır, yani Q niceleyicisi $Q \neq \varnothing$ ve $Q \neq H$ olan $H = \{p/q : p \in \{0,...,M\}, q \in \{1,...,M\}\}$ üzerinde tanımlı olması durumunda öyle bir *S*

ve $w_g(S_g)$ bulanık kümeleri olmalı ki cümlenin doğruluk derecesi 0 veya 1 olmamalıdır.

Delgado ve diğerleri [119] tarafından önerilen ve yukarıda açıklanan özellikler bakımından değerlendirme yöntemlerinin karşılaştırması tip-1 ve tip-2 cümleler için sırasıyla Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6'da sunulmuştur.

Çizelge 4.5. Tip-1 niceleyici cümlelerin karşılaştırması

Özellik	$Z_Q(S)$	$Y_Q(S)$	$GD_Q(S)$	$ZS_Q(S)$
1-a	✓	✓	✓	✓
1-b	X	✓	✓	✓
1-c	✓	✓	✓	✓
1-d	O(M)	O(M log M)	O(M log M)	O(M log M)
1-e	X	✓	✓	✓
1-f	✓	X	✓	✓

✓: sağlıyor, X sağlamıyor

Çizelge 4.6. Tip-2 niceleyici cümlelerin karşılaştırması

Özellik	$Z_Q(S\|w_g(S_g))$	$Y_Q(S\|w_g(S_g))$	$GD_Q(S\|w_g(S_g))$	$ZS_Q(S\|w_g(S_g))$
2-a	✓	✓	✓	✓
2-b	✓	✓	✓	✓
2-c	O(M)	O(M log M)	O(M log M)	O(M log M)
2-d	✓	X	✓	✓
2-e	✓	X	✓	✓
2-f (var)	X	X	✓	✓
2-f (tümü)	X	✓	?	✓
2-g	✓	X	✓	✓
2-h	X	✓	✓	✓

✓: sağlıyor, X sağlamıyor, ? sağlayıp sağlamadığı bilinmiyor

4.2.2. Niceleyici bulanıklaştırma mekanizmalarının karşılaştırılması

Niceleyici bulanıklaştırma mekanizmalarının sağlaması gereken 6 özellik Glöckner [136] tarafından aşağıdaki gibi geliştirilmiştir:

1. Doğru Genelleme. $S_1,...,S_K$ kesin kümeleri için $F(Q)(S_1,...,S_K)=Q(S_1,...,S_K)$. $S_1,...,S_K$ özetleyicileri kesin küme olarak tanımlanması durumunda $F(Q)$ ve Q aynı sonucu üretmelidir.
2. Üyelik derecesi tayin etme. $e\in S$ ise $\pi_e(S)=1$ ve $e\notin S$ ise $\pi_e(S)=0$ şeklinde tanımlanan iki değerli niceleyici, bulanık altkümeler için bulanık karşılığına $\tilde{\pi}_e(S)=\mu_S(e)$ sahiptir. $F(\pi_e)=\tilde{\pi}_e$ olması gereklidir, yani niceleyici bulanıklaştırma mekanizması 0-1 aralığında üyelik derecesi üretebilmelidir.
3. Dualleştirme. Niceleyici bulanıklaştırma mekanizması F duali ile uyumlu olmalıdır. Bütün kesin argümanlar için $Q'(S_1,...,S_K)=\neg Q(S_1,...,S_{K-1},\neg S_K)$ olması durumunda $S_1,...,S_K\in\tilde{\wp}(Y)$ için $F(Q')(S_1,...,S_K)=\neg F(Q)(S_1,...,S_{K-1},\neg S_K)$. Örneğin, "çalışanların en az %30'u yüksek gelirlidir" cümlesi ile "çalışanların en fazla %70'i yüksek gelirli değildir" cümlesi ile eşit olmalıdır.
4. Birleşme. Niceleyici bulanıklaştırma mekanizması F özetleyicilerin birleşmesi ile uyumlu olmalıdır, yani bütün kesin küme $S_1,...,S_K\in\wp(Y)$ için $Q'(S_1,...,S_{K+1})=Q(S_1,...,S_{K-1},S_K\cup S_{K+1})$ ise bütün bulanık küme $S_1,...,S_K\in\tilde{\wp}(Y)$ için $F(Q')(S_1,...,S_{K+1})=F(Q)(S_1,...,S_{K-1},S_K\,\tilde{\cup}\,S_{K+1})$. Örneğin, "çoğu çalışan genç veya yüksek gelirlidir".
5. Argümanlarda monotonluk. Q i. özelliğinde azalmayan veya artmayan ise $F(Q)$'da aynı özelliğe sahiptir. Azalmayan niceleyici için $S_i\subseteq S_i'$ ise $Q(S_1,...,S_K)\le Q(S_1,...,S_{i-1},S_i',S_{i+1},...,S_K)$, artmayan niceleyici için $S_i\subseteq S_i'$ ise $Q(S_1,...,S_K)\ge Q(S_1,...,S_{i-1},S_i',S_{i+1},...,S_K)$. Örneğin, "çoğu çalışanın kız çocuğu vardır" cümlesi "çoğu çalışanın çocuğu vardır" cümlesini gerektirir.
6. Fonksiyonel uygulanabilirlik. Niceleyici bulanıklaştırma mekanizması F fonksiyonel uygulanabilirlik ile uyumlu olmalıdır, yani yarı bulanık niceleyici

$Q'(S_1,...,S_K) = Q(f_1'(S_1),..., f_K'(S_K))$ olması durumunda $F(Q')(S_1,...,S_K) = F(Q)(f_1'(S_1),..., f_K'(S_K))$.

Glöckner [133, 136] ile Diaz-Hermida ve diğerleri [137, 138] tarafından önerilen yöntemlerin yukarıda belirtilen özellikleri sağlayıp sağlamadıkları Delgado, Ruiz, Sánchez ve Vila [139] tarafından incelenmiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Niceleyici bulanıklaştırma mekanizmaları için özellikler

Özellik	F^{owa}	F^{M}	F^{Mcx}	F^{MD}	F^{I}	F^{A}
1	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	✓	✓	✓	Bilgi yok	Bilgi yok	✓
3	✓	✓	✓	X	✓	✓
4	✓	✓	✓	✓	X	✓
5	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6	✓	✓	✓	✓	Bilgi yok	✓

5. BİLGİ AĞLARINDA DİLSEL ÖZETLEME

Bilgi ağlarında dilsel özetleme konusunda literatürde çalışma bulunmamakla beraber karmaşık ağların diğer türü olan sosyal ağlar alanında sosyal ağların dilsel özetlemesi ile ilgili bazı çalışmalar bulunmaktadır. Bu bölümde, öncelikle sosyal ağlarda dilsel özetleme ile ilgili çalışmalar incelenecektir. Sonrasında ise bulanık bilgi ağlarının dilsel özetlemesi için genel çerçeve önerilecektir. Bunu başarabilmek için polyadik niceleyici cümleler [130, 140, 141] anlamından yola çıkılmıştır. Polyadik niceleyici cümleler çoklu niceleyici içeren ve argümanlarından bazıları bağıntı olarak modellenen cümlelerdir. Örneğin, "öğrencilerin çoğu 5 kursa katıldı" cümlesini ele alalım. "Katıldı" evrensel kümedeki öğrenciler ve kurslar altkümeleri üzerinde tanımlı bir bağıntıdır. Bu nedenle, polyadik niceleyici cümleler bilgi ağlarında dilsel özetleme için uygun bir araç olarak kullanılabilir. Kesin kümelere dayalı polyadik niceleyici cümlelerde tanımlanan bazı süreçler (yineleme, ardıl gönderim, dallanma ve karşılıklı) yarı bulanık olarak tanımlanmıştır. Niceleyici cümlelerde benzer çalışmalar yinelemeli niceleyiciler olarak görülebilen iç içe niceleyiciler [135] ve dallanma niceleyicileridir [142].

5.1. Sosyal Ağlarda Dilsel Özetleme ile ilgili Çalışmalar

Karmaşık ağlarda dilsel özetleme konusunda az sayıda çalışma bulunmaktadır [26-28, 39]. Söz konusu çalışmalar, karmaşık ağda dilsel özetlenmeden daha ziyade kelimelerle hesaplama [33] ve tanecikli hesaplama [36] yöntemlerinin karmaşık ağ analizinde kullanılması üzerinedir. Kelimelerle hesaplama dilsel kavramları tanımlamada önemli bir role sahiptir. İnsanoğlu; iletişim kurma, kavrama ve muhakeme etmek için genellikle dilsel terimler kullanır. Diğer taraftan makineler ise kavrama ve muhakeme etmek için daha biçimsel sembollere ihtiyaç duyar. Bu noktada, insan gibi muhakeme ve kavramayı sayısal sistemlerle bir araya getirmek gerekmektedir. Kelimelerle hesaplama ve tanecikli hesaplama insan ve makineler arasında bir köprü sağlamaktadır. Bu teknolojiler, kavramlar, fikirler ve bilginin hem insan hem de makineler için uygun bir şekilde modellenebileceği bir çerçeve sağlar [27].

Yager [27] ilk olarak tanecikli hesaplamayı sosyal ağ analizinde kullanmıştır. Sosyal ağlarda düğümler arasındaki bağlantının gücünü güçlü, zayıf, yok gibi dilsel terimlerle ifade etmiştir. Burada, dilsel terimler bir bulanık kümenin alt kümeleri şeklinde ifade

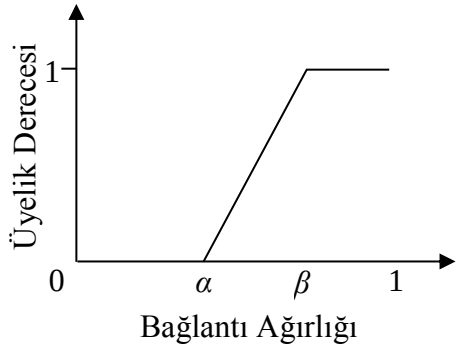
edilmiştir. Örneğin, güçlü kelimesi $[0,1]$ arasında bir bulanık *S* alt kümesi şeklinde tanımlanabilir ve *S(y)* değeri *y*'nin güçlü bağlantılar kümesini sağlama derecesini göstermektedir. Benzer şekilde karmaşık ağlarda önemli bir kavram olan düğümün önemini hesaplamak için bulanık kümelerle ifade edilen yakın bağlantı kavramını kullanmıştır. Söz konusu yaklaşımlar, karmaşık ağlarda önemli bir çalışma alanı olan kümeleme ve tam bağlı grup kavramlarının analizinde kullanılmıştır.

Konu ile ilgili diğer bir çalışma yine Yager [28] tarafından yapılmıştır. Yager, önceki çalışmasını [27] bulanık sosyal ağlara genişletmiştir. Ayrıca, vektör değerli düğümler fikrini tanımlayarak sosyal ağ veri tabanı teorisini geliştirmiştir. Sosyal ağ veri tabanından bulanık sorgulama teknikleri ile ağı analiz etmiştir. Diğer bir çalışma [26] ise sosyal ağ veri tabanından sorgulamaların yapılması ve dilsel özetleme kullanılarak veri tabanındaki gömülü bilginin ortaya çıkarılmasına yöneliktir. Bu konudaki son çalışma [39] ise küçük dünya etkisi gösteren sosyal ağlarda taneciklerle hesaplama yöntemiyle liderlik analizinin yapılmasına yöneliktir.

Bu alt bölümde, Yager [26, 28] sosyal ağ veri tabanı ve dilsel özetleme kavramları üzerine çalışmalar gözden geçirilmiş ve tartışılmıştır.

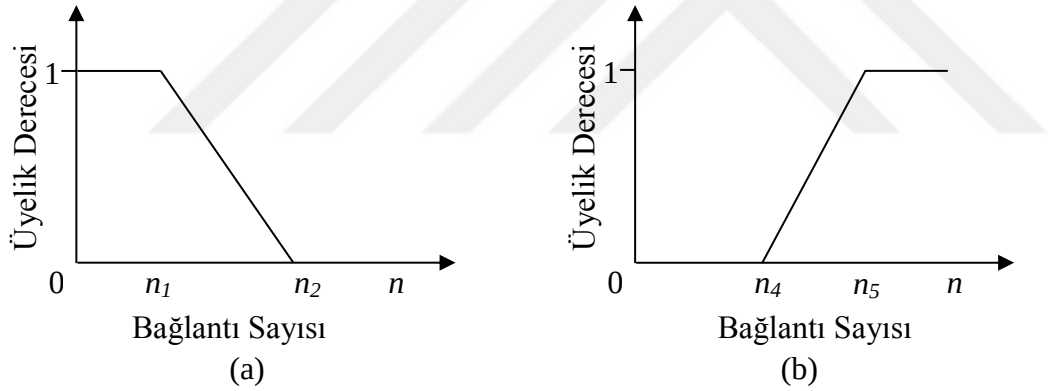
5.1.1. Bazı tanımlamalar

Sosyal ağı analiz ederken düğümler arasındaki bağlantının gücünü güçlü, zayıf, yok gibi dilsel terimlerle ifade edilebilir. Bağlantının gücü tanım kümesi $I=[0,1]$ aralığında bulanık olarak tanımlansın. Bağlantının gücünü tarif ederken güçlü, zayıf, yok gibi terimler kullanabiliriz. $S(y)$ değeri *y*'nin güçlü bağlantılar kümesini sağlama derecesini göstersin. *S* bulanık kümesi için $S(0)=0$ ve $S(1)=1$'dir. *S* kümesi monotoniktir, yani $y_1 \geq y_2$ ise $S(y_1) \geq S(y_2)$'dir. Güçlü teriminin tanımının bir örneği Şekil 5.1'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Güçlü teriminin bulanık altkümesi [28]

Benzer mantıkla, düğümler arasındaki kısa yol kavramın bulanık küme gösterimi ve uzun kelimesini gösteren bulanık küme Şekil 5.2'de gösterilmiştir. Bağlantının sayısı ile ilgili kısa yol kavramı *SH* bulanık kümesi ile tanımlansın. *SH* bulanık kümesinin özellikleri şu şekildedir: $SH(1)=1$, $SH(n)=0$ ve $k_1 < k_2$ ise $SH(k_1) \geq SH(k_2)$'dir. *SH* bulanık kümesi monotonik azalandır.



Şekil 5.2. (a) Kısa yolun bulanık küme gösterimi (b) uzun ifadesini gösteren bulanık küme [28].

5.1.2. Sosyal ağlarda dilsel özetleme

Bu alt bölümde, Yager [26, 28] sosyal ağ veri tabanı ve dilsel özetleme kavramları üzerine çalışmalar gözden geçirilmiştir. Sosyal ağ, ilişkisel ağ ve veri tabanının bir kombinasyonundan oluşan yapı olarak düşünülebilir. Her bir düğüm için özellikler vektörü tanımlamak mümkündür. Ağda, her bir düğüm için *k* tane özellik tanımlanırsa ilgili özelliklere ait vektörler $v_1,...,v_k$ olarak gösterilebilir. Özellikler $1 \leq k \leq K$ için x_k tanım kümesinden bir değer alır. v_k^j, $1 \leq j \leq M$ için y_j düğümü ile ilgili *k*. özellik değerine

işaret etmektedir. Düğümlerin insanları göstermesi durumunda bu özelliklere uyruk, yaş, gelir vb. örnek verilebilir. v_1 ve v_2 ikamet edilen ülke ve yaşı göstersin. Bu durumda x_1 ve x_2 sırasıyla ülkeler kümesi ve negatif olmayan tam sayılar kümesinin tanım kümeleridir. Bu yapıda özellikler kesin küme veya bulanık küme şeklinde tanımlanabilir. Örneğin, kişinin yaşı bulanık alt kümeler aracılığı ile genç, orta yaşlı ve yaşlı gibi dilsel ifadeler ile tanımlanabilir. Yager [28] sosyal ağ veri tabanını analiz etmek, araştırmak ve sorgulamak için bulanık sorgu teknikleri önermiştir. Yager [28] tarafından önerilen bulanık sorgu teknikleri aşağıdaki gibidir:

Sorgu 1: Güney Amerika'da ikamet eden genç bir kişiyle y_j'nin en güçlü bağlantısının gücü nedir?

$$T = \underset{i,i\neq j}{Max}\left[GA\left(v_1^i\right) \wedge Genç\left(v_2^i\right) \wedge R^M\left(y_i, y_j\right)\right]$$

GA Güney Amerika ile ilgili x_1'in altkümesine ve $R^M\left(y_i, y_j\right)$, y_i ve y_j arasında en çok M tane bağlantı ile bir yol şartını sağlayan bağlantının gücüne işaret eder.

Sorgu 2: y_j, genç Güney Amerikalı bir kişiyle güçlü bir bağlantıya sahip mi?

$$T = \underset{i,i\neq j}{Max}\left[GA\left(v_1^i\right) \wedge Genç\left(v_2^i\right) \wedge Güçlü\left(R^M\left(y_i, y_j\right)\right)\right]$$

$Güçlü\left(R^M\left(y_i, y_j\right)\right)$, $R^M\left(y_i, y_j\right)$'nin güçlü bir bağlantı olma derecesine işaret eder (Bkz. Şekil 5.1)

Sorgu 3: Güney Amerika'da ikamet eden kişiler bir biri ile güçlü bağlantıya sahip mi?

$$T = \underset{y_i, y_j \in Y}{Min}\left[\left(1-GA\left(v_1^i\right)\right) \vee \left(1-GA\left(v_1^j\right)\right) \vee Güçlü\left(R^M\left(y_i, y_j\right)\right)\right]$$

Sorgu 4: Batı ülkelerinde oturan insanların çoğu güçlü bağlantılara sahiptir.

Bu sorgu bulanık niceleyici "çoğu" kullanılması nedeniyle diğerlerinden daha karışıktır. Burada, çoğu terimi bir bulanık niceleyicidir. P kümesi ikili elemanlardan oluşan bütün altkümeleri göstersin. Kümedeki elemanların sayısı *M*'in *Y*'deki eleman sayısını gösterdiği durumda $n_P = M(M-1)/2$'dir. Her bir $p_n = \{y_i, y_j\}$, $1 \le n \le n_P$ için W ile batı ülkelerinin listesinin gösterildiği durumda $V_n = Min(W(v_1^i)), W(v_1^j))$ p_n'in her ikisinin batı ülkelerinden olma derecesine işaret etsin. $S_n = Güçlü\left(R^M\left(y_i, y_j\right)\right)$ $\{y_i, y_j\}$ ikilileri arasında güçlü bir bağlantı olma derecesine işaret etsin. Sıralı ağırlıklı ortalama (OWA) operatörü kullanılarak Yager [28] tarafından önerilen doğruluk derecesi şu şekilde hesaplanır:

1. S_n'yi sırala, $ind(l)$ S_n'nin *l*. en büyüğünün indeksi olsun. Bu durumda, $S_{ind(l)}$, S_n'nin *l*. en büyüğüdür ve $V_{ind(l)}$ ilgili V değeridir.
2. $l = 1$'den n_p'ye kadar w_l ağırlıklarını hesapla:

   $$w_l = Q_Çoğu\left(\frac{R_l}{R}\right) - Q_Çoğu\left(\frac{R_{l-1}}{R}\right),\ R_l = \sum_{o=1}^{l} V_{ind(o)},\ R = \sum_{l=1}^{n_p} V_{ind(l)}.$$

3. Doğruluk derecesi:

   $$T = \sum_{l=1}^{n_p} w_l S_{ind(l)}.$$

Yager [26] tarafından sosyal ağ veri tabanında dilsel özetleme fikrini önermiş ve bazı dilsel özet formları geliştirmiştir.

Özet Formu 1: Veri tabanındaki *Q Y(nesneler)* v_k özelliği için S_k değerlerine sahiptir [26].

$S_k(v_k^m)$, v_k^m'nin herhangi bir özellik $v_k \in V$ için S_k özetleyicisini sağlama derecesi olsun. $r = 1/M \sum_{m=1}^{M} S_k\left(v_k^m\right)$ v_k'nın S_k özetleyicisini sağlama oranını gösterdiği durumda doğruluk derecesi $T = Q(r)$ şeklinde hesaplanır. "Sosyal ağdaki çoğu aktör gençtir" bu tip özet formuna örnek verilebilir.

Özet Formu 2: Veri tabanındaki *Q Y(nesneler)* v_1 özelliği için S_1 ve v_2 özelliği için S_2 değerlerine sahiptir [26].

$S_1(v_1^m)$ ve $S_2(v_2^m)$ sırasıyla v_1^m ve v_2^m'nin $v_1, v_2 \in V$ özellikleri için S_1 ve S_2 özetleyicilerini sağlama dereceleri olsun. Doğruluk derecesi $T = Q(r)$ şeklinde hesaplanır. Burada, $r = 1/M \sum_{m=1}^{M} S_1(v_1^m) S_2(v_2^m)$. "Sosyal ağdaki çoğu aktör genç ve yüksek maaşlıdır" bu tip özet formuna örnek verilebilir.

Özet Formu 3: v_1 özelliği için S_g özelliğine sahip *Q Y(nesneler)* v_2 özelliği için S değerlerine sahiptir [26].

$S_g(v_1^m)$ ve $S(v_2^m)$ sırasıyla v_1^m ve v_2^m'nin S_g $v_1, v_2 \in V$ özellikleri için S özetleyicilerini sağlama dereceleri olsun. Doğruluk derecesi $T = Q(r)$ şeklinde hesaplanır. Burada, $r = \sum_{m=1}^{M} \left(S_g(v_1^m)\right)\left(S(v_2^m)\right) \Big/ \sum_{m=1}^{M} S_g(v_1^m)$. "Sosyal ağdaki çoğu genç aktör yüksek maaşlıdır" bu tip özet formuna örnek verilebilir.

5.1.3. Literatür değerlendirmesi

Bu alt bölümde, sosyal ağlarda dilsel özetleme ile ilgili çalışmalar genel olarak tartışılmıştır. Kacprzyk ve Zadrozny [143, 144] tarafından önerilen dilsel özetlerin sınıflandırmasına göre kullanıcı önceden aday özetlerin bazı elemanlarını oluştururursa bir dilsel özet sorguya eşit olmaktadır. Bu bakış açısından değerlendirildiğinde, Yager [28] tarafından önerilen sorgu formları dilsel özet olarak görülebilir.

Yager [26, 28] tarafından önerilen çalışmalar sosyal ağ veri tabanı fikrinin geliştirilmesinde oldukça önemlidir. Fakat, bazı dezavantajlarından dolayı daha düzgün matematiksel gösterim gereklidir. 5 aktörden oluşan basit bir sosyal ağ düşünelim. Aktörlerle ilgili özelliklerin değerleri $\{1/y_1, 1/y_2, 1/y_3, 0/y_4, 0/y_5\}$ olsun. Güçlü terimi için Şekil 5.1'deki parametreler sırasıyla 0.8 ve 0.9 olsun. Sorgu 4'te sunulan ağırlık hesabına göre $l = 3$ için $w = 1$ ve $l \neq 3$ iken $l = 1,2,...,10$ $w_l = 0$ elde edilir. İkinci olarak, aktörlerle ilgili özellik değerleri $\{1/y_1, 1/y_2, 1/y_3, 0.1/y_4, 0.2/y_5\}$ olsun. Bu durumda, ağırlıklar $l = 5,6$ için $w = 0.5$ ve $l \neq 5,6$ iken $l = 1,2,...,10$ için $w_l = 0$ olarak elde edilir. Açıktır ki özellik değerlerindeki küçük değişim sorgunun doğruluk değerinde arzu edilmeyen şekilde büyük bir değişime neden olabilmektedir. Sorgu 3 için 10 aktörden oluşan sosyal ağı

düşünelim. Bu ağda sırasız ikili sayısı 45'tir. Sorguda niceleyici "tamamı" bulanık olarak tanımlanmadığından biri hariç tüm ikili değerleri sorguyu sağlasa bile doğruluk derecesi 0 elde edilmektedir. Sorguda sadece hepsi ve en az biri niceleyicileri kullanılabildiği açıktır.

Yager [26] tarafından özet formların doğruluk derecelerini elde etmek için önerilen yöntemler Zadeh [117] tarafından tanımlanan tip-1 ve tip-2 özet formların doğruluk derecesi için skalar kardinalitenin kullanımına dayalı yöntemlere benzerdir. Özet formu 1-2 tip-1 cümle yapısı, özet form 3 tip-2 cümle yapısı olarak görülebilmektedir. Skalar kardinalite kullanımının dezavantajından kurtulmak için bulanık kardinalite temelli değerlendirme yöntemleri özet formlarını değerlendirmek için kullanılabilir. Fakat, değerlendirme yöntemleri genellikle doğal dildeki nicel cümleleri değerlendirmek için önerilmiştir. Bu yöntemler sosyal ağın ilişkisel yapısı hakkında karmaşık bilginin elde edilmesinde kullanılmaz. Konuyu biraz daha açarsak özet formların doğruluk derecelerinin değerlendirilmesinde aktörler arasındaki bağlantıyı analiz etmeye gerek yoktur. Sosyal ağdan daha fazla bilgi elde edebilmek için ağ özetlenirken aktörler arasındaki bağıntının kullanılması gerekmektedir.

5.2. Bulanık Bilgi Ağlarının Dilsel Özetlemesi için Önerilen Genel Çerçeve

Bu bölümde, literatürde ilk kez hem düğümler hakkında özellik değerlerini hem de aralarındaki bağlantıyı dikkate alarak bulanık bilgi ağları için bazı özet formları ve özet formlarını değerlendirmek için yöntemler önerilmiştir.

5.2.1. Yineleme temelli dilsel özet formu

Bilgi ağlarında "çoğu ihracatı yüksek ülke bazı düşük gelirli ülkelere ihracat yapar." dilsel özetinin doğruluğunu araştıralım. Bu cümle yapısı Bölüm 4.'te sunulan niceleyici cümlelerden farklıdır. "Yaklaşık 5 öğrenci zekidir." cümlesini ele alacak olursak "öğrenci" ve "zeki insanlar" insanlar kümelerinin kesişiminin kardinalitesi yaklaşık 5 ise cümle doğrudur. Ancak, ilk cümleyi düşünecek olursak "ihracatı yüksek ülkeler" ve "düşük gelirli ülkeler" kümelerini karşılaştırmak veya kesişim, birleşim vb. operatörleri çoğu ve bazı niceleyicilerine uygulamak mantıklı değildir. Birden fazla niceleyici kullanılması nedeniyle bu tip niceleyici cümleleri doğrudan değerlendiremeyiz, adım adım değerlendirmek gerekir. Söz konusu süreç polyadik niceleyici cümlelerde yineleme olarak

adlandırılmaktadır. İlk cümlenin doğru olması için izleyen koşul sağlanmalıdır: ihracatı yüksek ülkelerin çoğunu içeren bir küme vardır öyle ki bu kümeden her bir eleman en az bir düşük gelirli ülkeye ihracat yapmaktadır.

Yineleme temelli dilsel özet formunu aşağıdaki gibi önerilmiştir:

v_1 özelliği için S_1 olan Q_1 *Y(nesneler),* v_2 özelliği için S_2 olan Q_2 *Y(nesneler)* ile R bağıntısına sahiptir.

Burada, Q_1 ve Q_2 niceleyiciler (çoğu ve bazı), v_1 ve v_2 özellikler (ihracat düzeyi ve gelir) ve S_1 ve S_2 $v_1, v_2 \in V$ özellikleri için özetleyicilerdir. R, Y evreni (ülkeler) üzerinde tanımlı bulanık bağıntıdır (ihracat ilişkisi).

Polyadik niceleyicilerde yinelemenin tanımı aşağıda verilmiştir:

Tanım 5.1. [141]: Q_1 ve Q_2 genelleştirilmiş niceleyiciler, S_1' ve S_2', v_1 ve v_2 özellikleri için Y evreninin iki altkümesi, R' ikili bağıntı olsun. Yineleme operatörü Eş. 5.1 ile tanımlanır:

$$\mathrm{It}(Q_1, Q_2)[S_1', S_2', R] \Leftrightarrow Q_1\left[S_1', \left\{y_i \middle| Q_2\left[S_2', R'_{(y_i)}\right]\right\}\right] \tag{5.1}$$

Burada, $R'_{(y_i)} = \left\{y_j \middle| R'(y_i, y_j)\right\}$. Eş. 5.1, Eş. 5.2'deki gibi gösterilebilir:

$$\mathrm{It}(Q_1, Q_2)[S_1', S_2', R'] = Q_1(S_1')\left(\left[y_i \in Y \middle| Q_2(S_2')\left(y_j \in Y \middle| R'_{(y_i, y_j)}\right)\right] = 1\right) \tag{5.2}$$

Bu gösterim şu şekilde yorumlanabilir. İlk olarak, ihracat düzeyi yüksek olan ülkelerin her biri için "her hangi bir y_i ülkesi bazı düşük gelirli ülkelere ihracat yapar" özetini ele almak gerekir. Sonrasında, özeti değerlendirmek için bazı düşük gelirli ülkelere ihracat yapan ülkelere çoğu niceleyicisinin uygulanması gerekir.

Yukarıdaki özette niceleyiciler, özellikler ve bağıntı özünde belirsizdir, ve bulanık küme teorisi bunları modellemek için yeterli bir araçtır. Bu nedenle, yineleme sürecini bulanık

kümeye tanımlamamız gerekir. Kesin niceleyiciler ve bulanık niceleyicilerin her ikisinin de avantajına sahip olması nedeniyle bu tip özetleri değerlendirmek için yarı bulanık niceleyicileri önerebiliriz. Yineleme süreci yarı bulanık duruma Tanım 5.2 ile genişletebilir.

Tanım 5.2. Q_1 ve Q_2 yarı bulanık niceleyiciler, S_1 ve S_2, v_1 ve v_2 özellikleri için Y evreninin iki bulanık altkümesi, R bulanık bağıntı olsun. Yarı bulanık yineleme operatörünü Eş. 5.3 ile tanımlayabiliriz:

$$\mathrm{It}(Q_1,Q_2)[S_1,S_2,R] \Leftrightarrow F(Q_1)\left(S_1,\left\{y_i \middle| F(Q_2)\left(S_2,R_{(y_i)}\right)\right\}\right) \tag{5.3}$$

Burada, $R_{(y_i)}=\left\{y_j \middle| R(y_i,y_j)\right\}$. F niceleyici bulanıklaştırma mekanizmasıdır.

Tanım 5.2 doğruluk derecesi için bulanık bir değer üretir, yani, doğruluğun üyelik derecesi [0,1] arasında bir değerdir. Sonlu ve sonsuz alfa kesmeleri için Bölüm 4'te sunulan F^1 niceleyici bulanıklaştırma mekanizması uygulanması durumunda sırasıyla Eş. 5.4 ve Eş. 5.5 elde edilir:

$$\mathrm{It}(Q_1,Q_2)[S_1,S_2,R] \Leftrightarrow \int_0^1\int_0^1 Q_1\left((S_1)_{\alpha_3},\left(\int_0^1\int_0^1 Q_2\left((S_2)_{\alpha_1},(R_{(y_i)})_{\alpha_2}\right)\mathrm{d}\alpha_1\mathrm{d}\alpha_2\right)_{\alpha_4}\right)\mathrm{d}\alpha_3\mathrm{d}\alpha_4 \tag{5.4}$$

$$\mathrm{It}(Q_1,Q_2)[S_1,S_2,R] \Leftrightarrow \sum_{i_3=0}^{m_3}\sum_{i_4=0}^{m_4} Q_1\left((S_1)_{\alpha_{3,i_3}},\left(\sum_{i_1=0}^{m_1}\sum_{i_2=0}^{m_2} Q_2\left(\begin{matrix}(S_2)_{\alpha_{1,i_1}},\\ (R_{(y_i)})_{\alpha_{2,i_2}}\end{matrix}\right)m(\alpha_{1,i_1})m(\alpha_{2,i_2})\right)_{\alpha_{4,i_4}}\right)\times m(\alpha_{3,i_3})m(\alpha_{4,i_4}) \tag{5.5}$$

5.2.2. Ardıl gönderim temelli dilsel özet formu

Bilgi ağlarında "çoğu büyük şirket itibarlı tedarikçisine güvenir" dilsel özetini düşünelim. Bu özet, güven bağıntısında alıcı ve tedarikçi çiftlerinin olduğu anlamına gelmektedir. Bu özeti "büyük şirketler genellikle itibarlı tedarikçilerine güvenir" veya "alıcı ve satıcı çiftlerinin çoğu güven bağıntısı içindedir" şeklinde yorumlanabilir. Bu nedenle, bireyler

yerine alıcı-satıcı çiftlerini nicelemek gerekmektedir. Bu yapı genelleştirilmiş niceleyicilerde ardıl gönderim olarak tanımlanmaktadır [130, 141].

Ardıl gönderim temelli dilsel özet formunu aşağıdaki gibi önerilmiştir:

v_1 özelliği için S_1 olan $Q_1\ Y_1$ *(nesneler),* v_2 özelliği için S_2 olan $Q_2\ Y_2$ *(nesneler)* ile R_1 bağıntısına sahiptir.

Burada, $R_1, R_2 \subseteq Y_1 \times Y_2$ ve R_2 nesne çiftleri üzerinde bir bağıntıdır. Örneğin, R_2 alıcı ve satıcı çiftleri arasında bir bağıntıdır. Yarı bulanık ardıl gönderim operatörü Tanım 5.3'te geliştirilmiştir.

Tanım 5.3. Q yarı bulanık niceleyici, U evren, $R_1, R_2 \subseteq U^2$ olsun. Yarı bulanık ardıl gönderim operatörü $\mathrm{Res}^2(Q)$ Eş. 5.6 ile tanımlanabilir:

$$\mathrm{Res}^2(Q)_U[R_1, R_2] \Leftrightarrow F(Q)_{U^2}[R_1, R_2] \tag{5.6}$$

Sonlu ve sonsuz alfa kesmeleri için Bölüm 4'te sunulan F^I niceleyici bulanıklaştırma mekanizması uygulanması durumunda sırasıyla Eş. 5.7 ve Eş. 5.8 elde edilir:

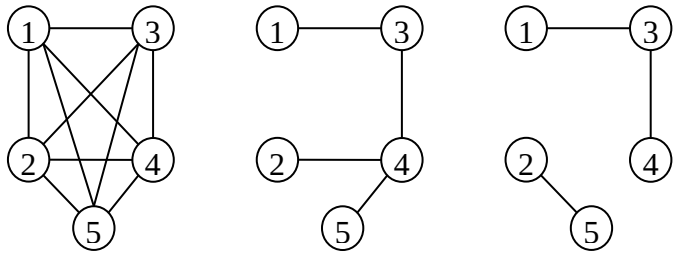
$$F(Q)_{U^2}[R_1, R_2] = \int_0^1 \int_0^1 Q\left((R_1)_{\alpha_1}, (R_2)_{\alpha_2}\right) \mathrm{d}\alpha_1 \mathrm{d}\alpha_2 \tag{5.7}$$

$$F(Q)_{U^2}[R_1, R_2] = \sum_{i_1=0}^{m_1} \sum_{i_2=0}^{m_2} Q\left((R_1)_{\alpha_{1,i_1}}, (R_2)_{\geq \alpha_{2,i_2}}\right) m(\alpha_{1,i_1}) m(\alpha_{2,i_2}) \tag{5.8}$$

5.2.3. Karşılıklılık temelli dilsel özet formu

Bilgi ağlarında "çoğu ihracatı yüksek ülkeler birbirine ihracat yapar." dilsel özetini düşünelim. Bu özette birbirine karşılıklılık ifade eder. Bu özet, doğrudan veya dolaylı olmak üzere farklı şekillerde yorumlanabilir. İlk olarak, ihracatı yüksek ülkelerden oluşan öyle bir altküme var ki bu altkümedeki her ülke için her hangi iki farklı ülke birbiri ile doğrudan bağlantılıdır (Şekil 5.3 (a)). İkinci olarak, ihracatı yüksek ülkelerden oluşan öyle

bir altküme var ki bu altkümedeki her ülke için altkümede en az bir ülke ile bağlantılıdır (Şekil 5.3 (b) ve (c)).



(a) (b) (c)

Şekil 5.3. Farklı alt çizgeler

Karşılıklılık temelli dilsel özet formunu aşağıdaki gibi önerilmiştir:

v_1 özelliği için S_1 olan Q *Y(nesneler)* birbiri ile R bağıntısına sahiptir.

Yarı bulanık güçlü, orta düzey ve zayıf karşılıklılık operatörü sırasıyla Tanım 5.4, Tanım 5.5 ve Tanım 5.6'da geliştirilmiştir.

Tanım 5.4. Q monoton artan yarı bulanık niceleyici, S_1 bulanık altküme ve R bulanık bağıntı olsun, yarı bulanık güçlü karşılıklılık operatörü Eş. 5.9 ile tanımlanabilir:

$$\mathrm{Ram_S}(Q)[S_1,R] \Leftrightarrow F(Q)\Big(Q(S_1,A) \wedge \forall y_i, y_j \in X\left(y_i \neq y_j \Rightarrow R\left(y_i,y_j\right)\right)\Big) \tag{5.9}$$

Burada, $A \subseteq (S_1)_{\alpha_1}$ ve Ram, Ramsey niceleyicileridir [140].

Sonlu ve sonsuz alfa kesmeleri için Bölüm 4'te sunulan F^I niceleyici bulanıklaştırma mekanizması uygulanması durumunda sırasıyla Eş. 5.10 ve Eş. 5.11 elde edilir:

$$\mathrm{Ram_S}(Q)[S_1,R] = \int_0^1\int_0^1 \left(\begin{array}{l} Q\left((S_1)_{\alpha_1},A\right) \wedge \\ \left(\forall y_i, y_j \in A\left(y_i \neq y_j \Rightarrow \left(R\left(y_i,y_j\right)\right)_{\alpha_2}\right)\right) \end{array} \right) \mathrm{d}\alpha_1 \mathrm{d}\alpha_2 \tag{5.10}$$

$$\mathrm{Ram_S}(Q)[S_1,R]=\sum_{i_1=0}^{m_1}\sum_{i_2=0}^{m_2}\left(\begin{array}{l}Q\left(\left(S_1\right)_{\alpha_{1,i_1}},A\right)\wedge\\ \left(\forall y_i,y_j\in A\left(y_i\neq y_j\Rightarrow\left(R\left(y_i,y_j\right)\right)_{\alpha_{2,i_2}}\right)\right)\end{array}\right)m(\alpha_{1,i_1})m(\alpha_{2,i_2}) \quad (5.11)$$

Tanım 5.4 şu şekilde yorumlanabilir: Q niceleyicisini sağlayan öyle bir A altkümesi var ki A altkümesinin bütün ikili elemanları birbirine doğrudan bağlantılıdır. Örneğin Şekil 5.3 (a)'da bütün düğümler arasında bir bağlantı vardır. A kümesini bulmak için çizge teoreminde tam bağlı çizge, yani maksimal klik problemi kavramını kullanmamız gerekmektedir. Yönsüz ağlarda maksimal klik bulma için en bilinen algoritma Bron ve Kerbosch algoritmasıdır [67]. Yönlü ağlar için karşılıklı olmayan bağlantı çiftlerini ihmal ederek yönlü ağları yönsüz ağa çevirdikten sonra Bron ve Kerbosch algoritmasını [67] kullanabiliriz.

Tanım 5.5. Q monoton artan yarı bulanık niceleyici, S_1 bulanık altküme ve R bulanık bağıntı olsun, yarı bulanık orta düzey karşılıklılık operatörü Eş. 5.12 ile tanımlanabilir:

$$\mathrm{Ram_I}(Q)[S_1,R]\Leftrightarrow F(Q)\left(Q\left(S_1,A\right)\wedge\forall y_i,y_j\in A\left(y_i\neq y_j\Rightarrow R^{n_A}\left(y_i,y_j\right)\right)\right) \quad (5.12)$$

Burada, $A\subseteq\left(S_1\right)_{\alpha_1}$ ve n_A, A altkümesindeki elemanların sayısıdır.

Sonlu ve sonsuz alfa kesmeleri için Bölüm 4'te sunulan F^I niceleyici bulanıklaştırma mekanizması uygulanması durumunda sırasıyla Eş. 5.13 ve Eş. 5.14 elde edilir:

$$\mathrm{Ram_I}(Q)[S_1,R]=\int_0^1\int_0^1\left(\begin{array}{l}Q\left(\left(S_1\right)_{\alpha_1},A\right)\wedge\\ \left(\forall y_i,y_j\in A\left(y_i\neq y_j\Rightarrow\left(R^{n_A}\left(y_i,y_j\right)\right)_{\alpha_2}\right)\right)\end{array}\right)\mathrm{d}\alpha_1\mathrm{d}\alpha_2 \quad (5.13)$$

$$\mathrm{Ram_I}(Q)[S_1,R]=\sum_{i_1=0}^{m_1}\sum_{i_2=0}^{m_2}\left(\begin{array}{l}Q\left(\left(S_1\right)_{\alpha_{1,i_1}},A\right)\wedge\\ \left(\forall y_i,y_j\in A\left(y_i\neq y_j\Rightarrow\left(R^{n_A}\left(y_i,y_j\right)\right)_{\alpha_{2,i_2}}\right)\right)\end{array}\right)\times m(\alpha_{1,i_1})m(\alpha_{2,i_2}) \quad (5.14)$$

Tanım 5.5 şu şekilde yorumlanabilir: Q niceleyicisini sağlayan öyle bir A altkümesi var ki A altkümesinin bütün ikili elemanları birbirine doğrudan veya dolaylı bağlantılıdır, yani, A altkümesindeki bütün elemanlar arasında bir yol vardır. Örneğin, Şekil 5.3 (b)'de bütün düğümler arasında bir yol vardır. A kümesini bulmak için çizge teoreminde bağlantılı bileşen kavramını kullanmamız gerekmektedir. Bağlantılı bileşeni bulmak için en bilenen algoritma Tarjan'ın güçlü bağlantılı bileşen algoritmasıdır [68].

Tanım 5.6. Q monoton artan yarı bulanık niceleyici, S_1 bulanık altküme ve R bulanık bağıntı olsun, yarı bulanık zayıf karşılıklılık operatörü Eş. 5.15 ile tanımlanabilir:

$$\mathrm{Ram}_{\mathrm{W}}(Q)[S_1,R] \Leftrightarrow F(Q)\Big(Q(S_1,A) \wedge \forall y_i \subseteq A\, \exists y_j \in A\big(y_i \neq y_j \wedge R(y_i,y_j)\big)\Big) \tag{5.15}$$

Burada, $A \subseteq (S_1)_{\alpha_1}$.

Sonlu ve sonsuz alfa kesmeleri için Bölüm 4'te sunulan F^I niceleyici bulanıklaştırma mekanizması uygulanması durumunda sırasıyla Eş. 5.16 ve Eş. 5.17 elde edilir:

$$\mathrm{Ram}_{\mathrm{W}}(Q)[S_1,R] = \int_0^1 \int_0^1 \left(\begin{array}{l} \Big(Q\big((S_1)_{\alpha_1},A\big)\Big) \wedge \\ \Big(\forall y_i \subseteq A\, \exists y_j \in A\big(y_i \neq y_j \wedge \big(R(y_i,y_j)\big)_{\alpha_2}\big)\Big) \end{array} \right) \mathrm{d}\alpha_1 \mathrm{d}\alpha_2 \tag{5.16}$$

$$\mathrm{Ram}_{\mathrm{W}}(Q)[S_1,R] = \sum_{i_1=0}^{m_1} \sum_{i_2=0}^{m_2} \left(\begin{array}{l} \Big(Q\big((S_1)_{\alpha_{1,i_1}},A\big)\Big) \wedge \\ \Big(\forall y_i \subseteq A\, \exists y_j \in A\big(y_i \neq y_j \wedge \big(R(y_i,y_j)\big)_{\alpha_{2,i_2}}\big)\Big) \end{array} \right) \times m(\alpha_{1,i_1}) m(\alpha_{2,i_2}) \tag{5.17}$$

Tanım 5.6 şu şekilde yorumlanabilir: Q niceleyicisini sağlayan öyle bir A altkümesi var ki A altkümesinden her eleman için en az bir tane bağlantılı olduğu eleman vardır. Örneğin, Şekil 5.3 (c)'de bir düğümü başka bir düğüme bağlayan en az bir ayrıt vardır. A kümesini bulmak için herhangi bir algoritma kullanılmasına gerek yoktur.

5.2.4. Dallanma temelli dilsel özet formu

Bilgi ağlarında "çoğu ihracatı yüksek ülkeler ile çoğu düşük gelirli ülkeler birbirine ihracat yapar." dilsel özetini ele alalım. Bu özeti "çoğu ihracatı yüksek ülkeler, çoğu düşük gelirli ülkelere ihracat yapar." veya "çoğu düşük gelirli ülkeler çoğu ihracatı yüksek ülkelere ihracat yapar." şeklinde yorumlamak mümkün değildir. Özetin yorumu şu şekildedir: ihracatı yüksek ülkelerin çoğundan oluşan *YI* kümesi ve düşük gelirli ülkelerin çoğundan oluşan *DG* kümesi vardır öyle ki ilk kümedeki her ülke ve ikinci kümedeki her ülke birbirine ihracat yapar, yani $(YI \times DG) \cup (DG \times YI) \subseteq R$ ve R birbirine ihracat yapma bağıntısı. Bu yapı genelleştirilmiş niceleyicilerde dallanma olarak tanımlanmaktadır [130, 141].

Dallanma temelli dilsel özet formunu aşağıdaki gibi önerilmiştir:

v_1 özelliği için S_1 olan Q_1 Y_1 *(nesneler)* ile v_2 özelliği için S_2 olan Q_2 Y_2 *(nesneler)* birbiri ile R bağıntısına sahiptir.

Yarı bulanık dallanma operatörü Tanım 5.7'de geliştirilmiştir.

Tanım 5.7. Q_1 ve Q_2 yarı bulanık niceleyici, S_1 ve S_2 bulanık altküme ve R bulanık bağıntı olsun, yarı bulanık dallanma operatörü Eş. 5.18 ile tanımlanabilir:

$$\mathrm{Br}(Q_1, Q_2)[S_1, S_2, R] \Leftrightarrow F(Q)\left(Q_1(S_1, A) \wedge Q_2(S_2, B) \wedge (A \times B \subseteq R)\right) \tag{5.18}$$

Burada, $A \subseteq (S_1)_{\alpha_1}$ ve $B \subseteq (S_2)_{\alpha_2}$.

Sonlu ve sonsuz alfa kesmeleri için Bölüm 4'te sunulan F^I niceleyici bulanıklaştırma mekanizması uygulanması durumunda sırasıyla Eş. 5.19 ve Eş. 5.20 elde edilir:

$$\mathrm{Br}(Q_1, Q_2)[S_1, S_2, R] = \int_0^1 \int_0^1 \int_0^1 \begin{pmatrix} \left(Q_1\left((S_1)_{\alpha_1}, A\right)\right) \wedge \left(Q_2\left((S_2)_{\alpha_2}, B\right)\right) \wedge \\ \left(A \times B \subseteq (R)_{\alpha_3}\right) \end{pmatrix} \mathrm{d}\alpha_1 \mathrm{d}\alpha_2 \mathrm{d}\alpha_3 \tag{5.19}$$

$$\mathrm{Br}(Q_1,Q_2)[S_1,S_2,R]=\sum_{i_1=0}^{m_1}\sum_{i_2=0}^{m_2}\sum_{i_3=0}^{m_3}\begin{pmatrix}\left(Q_1\left((S_1)_{\alpha_{1,i_1}},A\right)\right)\wedge\\ \left(Q_2\left((S_2)_{\alpha_{2,i_2}},B\right)\right)\wedge\\ \left(A\times B\subseteq(R)_{\alpha_{3,i_3}}\right)\end{pmatrix}\times m(\alpha_{1,i_1})m(\alpha_{2,i_2})m(\alpha_{3,i_3}) \tag{5.20}$$

A ve B kümelerini bulmak için çizge teoreminde tam bağlı iki parçalı çizge kavramını kullanmamız gerekmektedir, yani maksimal ikili klik problemi. İkili klik bulma algoritmasına örnek modüler girdi uzlaşı algoritmasıdır [69].

6. UYGULAMA: ULUSLARARASI TİCARET AĞI

Ülkeler arasındaki mal ve hizmet takası olarak tanımlanabilen uluslararası ticaret ülkelerin kalkınmasında önemli bir rol oynamaktadır. Ülkeler üretim faktörlerin bir veya daha fazlasının eksikliği veya belli ürün veya hizmette rekabetçi olamaması nedeniyle ürün ve hizmet ithalatı yapması gerekir. Diğer taraftan ülkeler bazı ekonomik nedenlerden dolayı ürün ve hizmet ihracatı yapmak ister. Bundan dolayı büyüme, gayri safi yurtiçi hasıla (GSYH), rekabetçilik, yüksek yaşam standardı gibi bazı ekonomik ve refah seviyesi göstergeleri önemli ölçüde uluslararası ticarete bağlıdır. Uluslararası ticaret sadece farklı ülkeler arasındaki mal ve hizmetlerin takası değil aynı zamanda bir ülkenin ekonomik dinamiklerinin yayılmasını tanımlayan bir iletişim kanalıdır [145, 146]. Uluslararası ticaret ekonomilerin gelişimini katkı sağlaması açısından ülke ekonomisini olumlu yönde etkileyebileceği gibi bağlı olduğu ülkelerdeki ekonomik krizlerin yayılımında rol oynaması açısından olumsuz etkileri de söz konusu olabilir [147]. Bu nedenle, ülkeler arasındaki ticaret bağları her zaman ülkeleri olumlu yönde etkilemediği söylenebilir. Ekonomilerin daha karmaşık ve sıkı bağlı olmaya başladığı ve uluslararası ticaretin ülkeleri önemli ölçüde etkilediği düşünülürse ülkelerin dünyadaki ekonomik yerini nasıl değiştirdiğini anlamak için uluslararası ticaret akışının araştırılması oldukça önemlidir. Dünya ülkeleri arasındaki ticaret mallarının akışını gösteren ağ olarak tanımlanan [145] ve Dünya Ticaret Ağı olarak da bilinen Uluslararası Ticaret Ağı (UTA) son zamanlarda karmaşık ağ olarak analiz edilmeye başlanmıştır.

Bu bölümde öncelikle UTA literatüründeki mevcut çalışmalar incelenmiştir. Sonrasında, tez çalışmasında kullanılan verilere ilişkin bilgiler ve bazı özet istatistikler ile çalışmada dikkate alınan ülkeler açıklanmıştır. Bölüm 6.3'te kullanılan veriler bulanık veri ayrıklaştırma tekniği ile düşük, orta, yüksek gibi dilsel etiketlere dönüştürülmüştür. Bölüm 6.4'te literatürde UTA'nın ağ gösterimine ilişkin çalışmalar incelenerek UTA için bulanık ağ gösterimi kavramı geliştirilmiştir. Bölüm 6.5'te önerilen yöntem kullanılarak UTA'nın dilsel özetleri çalışılmıştır. Son olarak, Bölüm 6.6'da elde edilen sonuçlara ilişkin genel değerlendirme yapılmıştır.

6.1. Uluslararası Ticaret Ağı Literatürü

UTA'da, ülkeler ve iki ülke arasındaki akış sırasıyla düğüm ve ayrıt olarak gösterilmektedir. Literatürden UTA'nın farklı yaklaşımlarla gösterildiği gözlemlenebilir. İlk olarak, ikili (ağırlıksız) [145, 146, 148-152] veya ağırlıklı ağ olarak tanımlanabilir. İkili ağ analizinde, bir ülke diğer bir ülkeye ihracat yaparsa veya diğer bir ülkeden ithalat yaparsa iki ülke arasında bir bağ vardır. Ayrıca, ikili ağ analizinde ticaret akışının belirlenen bir sınır değerin üzerinde olup olmamasına bağlı olarak iki ülke arasında bağlantının varlığından söz edilebilir. Bu durumda, sınır değerin tespiti oldukça önemlidir. Ancak, ikili yaklaşım akışa bağlı ticari bağlantının yoğunluğu hakkındaki bilgiyi tam olarak çıkaramayabilir ve bu nedenle, ticari bağlantılılıkta heterojenliğin rolü önemli ölçüde daha az tahmin edilebilir [149, 150]. Ağırlıklı UTA'da, ağırlıklar çeşitli şekilde hesaplanabilmektedir. Bir ülkenin ithalat ve ihracat toplamının dünya ithalat ve ihracat toplamına oranı [146], iki ülke arasındaki dengesizliğin (net para akışı) genişliği [153], ihracatın ihracatçı ülkenin GSYH'ye oranı [148, 149], bir ülkeden diğerine toplam ticaretin oranıyla ağırlıklandırma [154], iki ülke arasındaki toplam ticaret hacmi [155], iki ülke arasındaki ihracat hacmi [150, 156-159], ortalama ticaret değeri (toplam karşılıklı ticaret değerinin yarısı) [160] veya ithalat ve ihracat akışlarının ortalaması [161] ağırlık olarak kullanılabilmektedir. İkinci olarak, UTA yönsüz [145, 146, 148, 155, 157, 160-163] ve yönlü [145, 148-150, 153, 154, 156, 159, 160, 163] olarak analiz edilebilir. Yönsüz UTA'da iki ülke arasında herhangi bir yönde bir ticari akış söz konusu ise, yani bir ülkeden diğerine ithalat veya ihracat yapılıyorsa, bu iki ülke bağlantılı olarak düşünülmektedir. UTA'da bağlantılar ticari akışın yönlü olmasında dolayı özünde yönlüdür. Ancak, karşılıklı bağlantıların yüksek olması nedeniyle [145] yönsüz ağ olarak da görmek mümkündür.

Literatür incelendiğinde, araştırmacıların genellikle UTA'nın topolojik özellikleri üzerine yoğunlaştığı görülmektedir. UTA'nın topolojik özellikleri üzerine ilk çalışma yönlü ve yönsüz ikili ağ kullanarak Serrano ve Boguna [145] tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışmalarının araştırma konusu, karmaşık ağların tipik özellikleri olan ölçeksiz derece dağılımı, küçük dünya özelliği, yüksek kümelenme katsayısı ve farklı düğümler arasındaki derece-derece korelasyonu gibi özellikler oluşturmuştur. UTA'nın derece dağılımının belli bölgelerde güç yasası dağılım sergilediği ve güç yasası dağılımın ölçeksiz ağlar sınıfına ait olduğuna değinilmiştir. UTA'nın kümelenme katsayısı ve düğümler arasındaki derece-derece korelasyon katsayısı incelendiğinde yüksek bir kümelenme katsayısına ve negatif

(ters) bir korelasyona sahip olduğu ileri sürülmüştür. Söz konusu bulgulardan yola çıkarak çok sayıda ülke ile ticari bağlantıları olan ülkelerin, genellikler az sayıda bağlantıya sahip ülkeler ile bağlantılı olduğu sonucuna varılmıştır. Sonuç olarak, yüksek bağlantı dereceli ülkeler, yine yüksek bağlantı dereceli ülkeler yerine daha düşük dereceli ülkeler ile ticari bağ kuruyor denebilir.

Li, Jin ve Chen [146] bir önceki çalışmayı biraz daha genişleterek ağırlıklı ağlar ve ithalat ve ihracat hacimleri için derece dağılımlarını araştırmışlardır. Söz konusu ağlar için yine belli bölgelerde güç yasası dağılımından bahsetmenin mümkün olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca, 1975-2000 yılları arasında gerçek GSYH değerlerini dikkate alarak Amerika Birleşik Devletleri ve diğer 21 gelişmiş ülke arasında korelasyon hesaplanmıştır. Ekonomik açıdan 18 ülkenin Amerika Birleşik Devletleri ile pozitif bir korelasyon (senkronizasyon) içerisinde olduğu tespit edilmiştir.

Garlaschelli ve Loffredo [162] uluslararası ticaret ağları için uygunluk temelli topolojik özellikler üzerine çalışmışlardır. GSYH, uygunluk değeri olarak belirlenmiştir. Bağlantı olabilirlik formunu tanımladıktan sonra bu forma bağlı olarak bir düğümün beklenen derecesini hesaplanmışlardır. Beklenen ve deneysel derece dağılımları çizilerek çalışmalarında elde edilen bulguların doğruluğunu göstermişlerdir. Güç yasası dağılımın ağın derece dağılımının küçük bir parçası için geçerli olduğu ve UTA'nın ölçeksiz bir ağ olmadığı sonucuna ulaşmışlardır. Ancak, UTA'nın tam anlamıyla bir güç yasası dağılıma sahip olmadığını söylemek daha doğru olabilir.

Garlaschelli ve Loffredo [163] yönsüz ağlar için yaptığı bir önceki çalışmalarını yönlü ağlara genişleterek yıllar itibariyle ağın topolojik özelliklerinin değişimini izlemeye çalışmışlardır. Çalışmalarında, 1950-1996 zaman aralığında karşılılık oranının zaman içerisinde arttığı sonucuna varılmıştır. Bunun anlamı ise birbiriyle ticaret yapan ülkeler arasında hem ithalat hem de ihracatı ilişkisi mevcuttur. Araştırmacılar, 1950, 1965, 1980 ve 1995 yıllarına ait kümülatif uygunluk dağılımını incelediklerinde UTA'nın, belli bölgelerinde -1 eğimli güç yasası dağılım sergilediğini keşfetmişlerdir. Buradan, UTA'nın derece dağılımının zaman içerisinden değişmeden sabit kaldığı sonucuna ulaşmışlardır.

Serrano, Boguñá ve Vespignani [153] dünya ülkeleri arasındaki ticari dengesizlikleri gösteren yönlü ve ağırlıklı bir UTA oluşturmuşlardır. Akışın yönü parasal olarak net akışı

ve iki ülke arasındaki dengesizliğin genişliği ağırlık değerini göstermektedir. Herhangi iki ülke arasında ithalat ve ihracatın parasal değerleri karşılaştırıldığında ithalatı ihracatından fazla olan ülkeden diğer ülkeye parasal bir akışın olduğu söylenir. Bir ülkenin giren ve çıkan bağlantılarının yoğunluğu hesaplandığında o ülkenin toplam ticari dengesizliği hesaplanır. İthalatından daha fazla ihraç eden ülkeler net üretici, tersi durumda net tüketici konumundadır. Çalışmalarında, 1960, 1980 ve 2000 yılı için giren ve çıkan bağlantıların yoğunlukları karşılaştırılmış ve aralarında pozitif bir korelasyon bulunmuştur, yani toplam giren bağlantıların yoğunluğu arttıkça çıkan bağlantılarında yoğunluğu artmaktadır. Çalışmalarında, yüksek yoğunluklu baskın ticaret kanalları seçerek uluslararası ticaretin omurgasını oluşturmaya çalışmışlardır. Ağda, bütün bağlantıların küçük bir yüzdesi toplam akışın büyük bir kısmını oluşturmaktadır, yani yerel heterojenlik söz konusudur. Uluslararası ticaret ağları için yerel heterojenlik analiz edilerek 1960 ve 2000 yılları için toplam akışın yaklaşık %50'sini temsil eden dünya ticaretinin omurgasını oluşturmuşlardır.

Fagiolo, Reyes ve Schiavo [148] 1981-2000 yıllarını kapsayan zaman aralığında ağırlıklı ağ analizi kullanarak UTA'ların topolojik özelliklerini araştırmışlardır. Ağırlıklı UTA'yı ağırlıksız UTA ile kıyaslayarak topolojik özelliklerinin birbirinden farklı olduğunu göstermişlerdir. Ağırlıklı ağların diğerlerine göre daha zayıf bağlantılılık ve kümelenme özelliği gösterdiğini öne sürmüşlerdir.

Tzekina, Danthi ve Rockmore [154] 1948-2005 yıllarını kapsayan dönemde 186 ülke için karşılıklı ticari akışı kullanarak UTA'daki topluluk yapılarını gelişimini incelemişlerdir. Çalışmalarında ülkelerin toplam ticaret hacminin oranı kullanılarak ağırlıklı yönlü bir UTA'da toplulukların belirlenebilmesi için ada yapısı analiz edilmiştir. 7 farklı zaman dilimi için yapı analiz edildiğinde 1950'den 2005'e doğru topluluk sayısının arttığına ve tarihsel olaylarla toplulukların birbiriyle bağlantılı olduğuna değinilmiştir.

Bhattacharya, Mukherjee, Saramäki, Kaski ve Manna [155] ülkeler arasındaki yıllık ticaret hacimlerini dikkate alarak 53 yıllık bir zaman dönemi için ağırlıklı UTA'ları incelemişler. Çalışmalarında, dağılım yapısının zaman periyodu boyunca değişmeden kaldığı ve log-normal dağılım sergilediği öne sürülmüştür. Ayrıca, dünya ticaretinin büyük bir çoğunluğunun az sayıda zengin ülke tarafından kontrol edildiğine değinilmiştir.

Fagiolo, Reyes ve Schiavo [157] UTA'nın topolojik özelliklerinin düğüm ve bağlantılar bazında istatistiksel dağılımlarının 1981–2000 yılları arasındaki değişimini araştırmışlardır. Ağırlıklı ağ analizini kullanarak çok sayıda ticari bağlantıya sahip ülkelerin zengin ve ağ içerisinde daha merkezi bir konumda oluklarını göstermişlerdir. Yine, Fagiolo, Reyes ve Schiavo [149] ağırlıklı ağ analizi kullanarak UTA'nın istatistiksel analizi üzerine çalışmışlardır. Ağırlıklı UTA için derece, bağlantılılık, kümelenme, merkezilik gibi kavramları araştırarak ağırlıksız UTA ile kıyaslama geliştirmişlerdir.

Benedictis ve Tajoli [158] ticaret ağının 1950-2000 dönemine ait özelliklerini incelemişlerdir. Zaman içerisinde düğüm, bağlantı, yoğunluk, iç ve dış derece yakınlık merkeziliği ve arasındalık merkeziliğinin değişimini araştırmışlardır. Bu değişkenleri kullanarak dünya ülkelerinin pozisyonlarını gösteren indeks bazında sıralama yapmışlardır.

Squartini, Fagiolo ve Garlaschelli [160] UTA'nın yerel topolojik özellikleri üzerine çalışmışlardır. Çalışmalarında, ağırlıksız UTA için birinci derece topolojik özelliklerin daha yüksek dereceli özelikleri açıklamada yeterli olduğunu, ağırlıklı UTA'larda ise yetersiz olduğunu bulmuşlardır. Fronczak ve Fronczak [159] UTA'nın yapısı, fonksiyonu ve dinamikleri üzerine çalışmışlardır.

Fagiolo, Squartini ve Garlaschelli [150] 1950-2000 döneminde UTA'nın beklenen ve gözlenen özelliklerini karşılaştırmışlardır. Ağırlıksız UTA'da düğüm derece sırasının kümelenme derece korelasyonu gibi daha yüksek dereceli ağ özelliklerini açıklamada yeterli olduğunu, ağırlıklı UTA'da ise tam tersi şekilde yeterli olmadığını öne sürmüşlerdir.

Zhong, An, Gao ve Sun [164] uluslararası petrol ticaret ağında toplulukların gelişimi üzerine çalışmışlardır. Topluluk sayısı, ülkelerin dağılımı, bölümün kalitesi ve topluluk durağanlığı açısından ağırlıklı ve ağırlıksız ağların farklı özelliklere sahip olduğunu göstermişlerdir.

Dueñas ve Fagiolo [165] uluslararası ticaretin istatistiki özelliklerini açıklamak için çekim modeli ile ihracat, GSYH, nüfus, uzaklık gibi değişkenlerin ülkenin ihracat hacmini nasıl etkilediklerini araştırmışlardır. Ülengin, Çekyay, Palut, Ülengin, Kabak, Özaydın ve Ekici [166] çekim modelini kullanarak Türkiye'nin Avrupa Birliğine tekstil ürünleri gibi yol

taşımacılığı ile ihraç ettiği ürünlere konulan kotaların Türkiye'nin ihracatı üzerindeki etkisini analiz etmişlerdir. Fan, Ren, Cai ve Cui [167] ülkeleri topluluklara ayırabilmek için ağırlıklı uç değer optimizasyon algoritması önermişlerdir. Ferrier, Reyes ve Zhu [168] ticarete etkisini belirlemek için karşılıklı ticaret hacmi ile teknoloji yoğunluğunun çarpımı ile ağırlıklandırılan uluslararası ticaret ağında teknoloji yayılımını araştırmışlardır. Zhou, Wu ve Xu [169] uluslararası ticarette en önemli bağlantıları yakalayabilmek için üst ticari bağlantılara (bir ülke diğer bir ülkenin en iyi ticari partneri ise yönlü bir bağlantı vardır) dayalı uluslararası ticaret ağı oluşturmuşlardır. Vidmer, Zeng, Medoa ve Zhang [170] ülkeler arasındaki uluslararası ticaretin gelecekte nasıl gelişeceğini bağlantı tahmin algoritması ile analiz etmişlerdir.

Literatürden açıkça anlaşılmaktadır ki veri kaynağı, ağ analizi yaklaşımı ve önerilen yönteme bağlı olarak UTA'nın kümülatif derece dağılımının güç yasası dağılımı sergileyip sergilemediği konusunda çelişkili araştırmalar mevcuttur. Bu noktada, UTA'nın tipik özelliklerinin ikili, ağırlıklı, yönlü ve yönsüz ağ olarak modellenmesine bağlı olarak birbirinden farklı olduğu gözlemlenebilmektedir. Örneğin, ikili ağın aşırı disassortatif (yüksek bağlantılı düğümlerin güçlü bağlantılı düğümler ile bağlanma eğiliminde olması) karakterize edilirken [145, 148, 150, 151, 162, 163] ağırlıklı ağ analizinin zayıf disassortatif [148, 157] olduğu görülmektedir. İkili ağ [148] yüksek bağlantılı ve yüksek kümelenmiş ağ iken ağırlıklı ağ zayıf bağlantılı ve zayıf kümelenmiş ağ özelliği göstermektedir. Kümelenme verilen bir düğümün komşuları ile yüksek olasılıkla bağlantılı olmasını göstermektedir [145]. Düğümlerin bağlantı dereceleri arttıkça kümelenme katsayısı düşmektedir. Düşük dereceli ülkeler sıkı bağlı partnerlerle ticari bağlantıya sahipken yüksek dereceli ülkeler ise daha seyrek bağlı partnerler ile ticari bağlantıya sahiptir [162].

6.2. Veri ve Özet İstatistik

Tez çalışmada kullanılan Uluslararası Ticaret İstatistikleri, Gayri Safi Yurtiçi Hasıla, Gelir Grubu, Ekonomik Karmaşıklık İndeksi, kıta ve bölge verilerine ilişkin bilgiler ve bazı özet istatistikler ile çalışmada dikkate alınan ülkeler aşağıda açıklanmıştır.

Çalışma dikkate alınan ülkeler

Dünyada 200'ün üzerinde ülke bulunmaktadır. Bu ülkelerden bir kısmı çok düşük nüfuslu, uluslararası ticareti çok düşük olan ülkelerdir. Nüfusu binler ile ifade edilen, uluslararası ticareti birkaç milyon dolardan oluşan ülkeler ile bütün ülkelerin kıyaslanması anlamsız sonuçlara neden olacaktır. Bu nedenle, nüfus, gelir, ihracat ve ithalat hacimleri gibi dünya ülkelerinin heterojen bir yapıda olması nedeniyle çeşitli kriterler kullanılarak söz konusu ülke listesinin daraltılması gerekmektedir. Çalışmada ülke listesi [171]'de sunulan kriterler ile daraltılmıştır. İlk olarak, UN COMTRADE üzerinde ürün düzeyinde verisi olan ve gelir bilgisi olan ülkelere göre ülke kümesini sınırlandırırlar. Daha sonra, nüfusu 1,2 milyonunun üzerinde olan ülkeleri dikkate alırlar. Üçüncü olarak, ülkelerin ihracatın 1 milyar Doların üzerinde olmasını bir kriter olarak düşünülür. Son olarak, güvenilir veri sunmayan ülkeler analizden çıkarılır. Çalışmada dikkate alınan 121 ülke Çizelge 6.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 6.1. Çalışmada dikkate alınan ülkeler

Ülke Kodu	Ülke Adı	Ülke Kodu	Ülke Adı	Ülke Kodu	Ülke Adı	Ülke Kodu	Ülke Adı
EGY	Mısır	ESP	İspanya	MDG	Madagaskar	PRY	Paraguay
AGO	Angola	EST	Estonya	LAO	Laos Demokratik Halk Cumhuriyeti	QAT	Katar
ALB	Arnavutluk	ETH	Etiyopya	LBN	Lübnan	ROU	Romanya
ARE	Birleşik Arap Emirlikleri	FIN	Finlandiya	LBY	Libya	RUS	Rusya
ARG	Arjantin	FRA	Fransa	LKA	Sri Lanka	SAU	Suudi Arabistan
AUS	Avustralya	GAB	Gabon	LTU	Litvanya	SDN	Sudan
AUT	Avusturya	GBR	Birleşik Krallık	LVA	Litvanya	SEN	Senegal
AZE	Azerbaycan	GTM	Guatemala	MAR	Fas	SGP	Singapur
BEL	Belçika	GEO	Gürcistan	MDA	Moldova	SLV	El Salvador
BGD	Bangladeş	GIN	Gine	MEX	Meksika	SRB	Sırbistan
BIH	Bosna-Hersek	GRC	Yunanistan	MKD	Makedonya	SVK	Slovakya
BLR	Beyaz Rusya	HKG	Hong Kong	MNG	Moğolistan	SVN	Slovenya
BOL	Bolivya	HND	Honduras	MOZ	Mozambik	SWE	İsveç

Çizelge 6.1. (devam) Çalışmada dikkate alınan ülkeler

Ülke Kodu	Ülke Adı	Ülke Kodu	Ülke Adı	Ülke Kodu	Ülke Adı	Ülke Kodu	Ülke Adı
BRA	Brezilya	GHA	Gana	MRT	Moritanya	THA	Tayland
BGR	Bulgaristan	HRV	Hırvatistan	MUS	Morityus	TKM	Türkmenistan
CAN	Kanada	HUN	Macaristan	MWI	Malavi	TTO	Trinidad ve Tobago
CHE	İsviçre	IDN	Endonezya	MYS	Malezya	TUN	Tunus
CHL	Şili	IND	Hindistan	NGA	Nijerya	TUR	Türkiye
CHN	Çin	IRL	İrlanda	NIC	Nikaragua	TZA	Tanzanya
CIV	Fildişi Sahili	IRN	İran	NLD	Hollanda	UGA	Uganda
CMR	Kamerun	ISR	İsrail	NOR	Norveç	UKR	Ukrayna
COG	Kongo Cumhuriyeti	ITA	İtalya	NZL	Yeni Zelanda	URY	Uruguay
COL	Kolombiya	JAM	Jamaika	OMN	Umman	USA	Amerika Birleşik Devletleri
CRI	Kosta Rika	JOR	Ürdün	PAK	Pakistan	UZB	Özbekistan
CUB	Küba	JPN	Japonya	PAN	Panama	ZMB	Zambiya
DZA	Cezayir	KWT	Kuveyt	PER	Peru	VEN	Venezuela
CZE	Çek Cumhuriyeti	KAZ	Kazakistan	PHL	Filipinler	VNM	Vietnam
DEU	Almanya	KEN	Kenya	PNG	Papua Yeni Gine	YEM	Yemen Cumhuriyeti
DNK	Danimarka	KHM	Kamboçya	POL	Polonya	ZAF	Güney Afrika
DOM	Dominik Cumhuriyeti	KOR	Kore Cumhuriyeti	PRT	Portekiz	ZWE	Zimbabve
ECU	Ekvator						

Uluslararası ticaret istatistikleri

Uluslararası ticaret üzerine en kapsamlı veri tabanlarından biri Birleşmiş Milletler Ticaret İstatistikleri Veri Tabanı (UN COMTRADE) aracılığıyla Birleşmiş Milletler İstatistik Bölümü tarafından yayınlanmaktadır. Veri tabanı, 200'e yakın ülke arasındaki detaylı ve sürekli güncellenen ithalat ve ihracat verilerini içermektedir. UN COMTRADE verilerini kullanmadan önce bazı kısıtlarına bakmamız gerekmektedir. Karşılıklı olmayan veya ülkeler tarafından rapor edilmeyen veriden ticaret istatistiklerinden kaynaklanan kayıp

değerler tahmin edilmez. Bu nedenle, Gaulier ve Zignago [172] ithalat ve ihracatçılardan rapor edilen akışları uyumlaştırmak için bir usul geliştirerek UN COMTRADE'den alınan orijinal veriyi kullanarak 6 haneli Armonize Sistem (AS) [173] ürün sınıflandırmasında Uluslararası Ticaret Analizi Veri Tabanı önermişlerdir. Sonuç olarak, tez çalışmasında uluslararası ticaret ağı oluşturulurken Ekonomik Karmaşıklık Gözlemevi [174] aracılığıyla elde edilen Uluslararası Ticaret Analizi Veri Tabanı verisi kullanılmıştır. Çizelge 6.2'de Uluslararası Ticaret Analizi Veri Tabanı'ndan örnek kayıt gösterilmektedir. 2013 yılında Türkiye'den Almanya'ya ihraç edilen AS4 kodlu 10 ürün ihracat değeri ve bu ürünlerin Almanya'dan ithalat değerini göstermektedir.

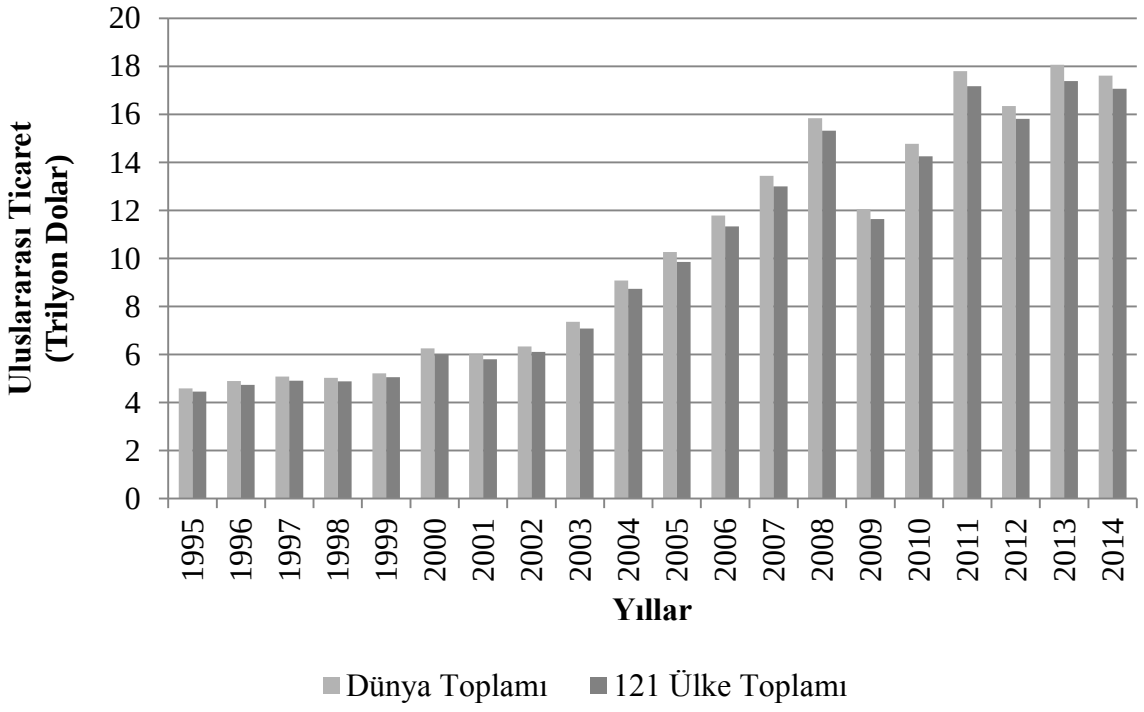
Çizelge 6.2. Örnek uluslararası ticaret analizi veri tabanı kaydı [172]

Yıl	İhracatçı Ülke	İthalatçı Ülke	AS4	İhracat Değeri (Dolar)	İthalat Değeri (Dolar)
2013	TUR	DEU	0101	1981,43	203800,41
2013	TUR	DEU	0102	0,00	4040966,17
2013	TUR	DEU	0105	0,00	3568435,38
2013	TUR	DEU	0106	135875,10	39942,52
2013	TUR	DEU	0201	11988,00	0,00
2013	TUR	DEU	0202	0,00	675160,00
2013	TUR	DEU	0203	3100,00	282127,00
2013	TUR	DEU	0204	0,00	199901,00
2013	TUR	DEU	0206	0,00	262688,00
2013	TUR	DEU	0207	0,00	178597,00

Armonize Ürün Tasnifleme ve Kodlama Sistemi olarak bilinen AS, uluslararası ticaret için ürün sınıflandırmada Dünya Gümrük Örgütü tarafından geliştirildi [173]. Uluslararası ticarete konu olan ürünlerin %98'i, gümrük tarifelerinin temeli olarak ve uluslararası ticaret istatistiklerinin tutulmasında 200'den fazla ülke tarafından kullanılan AS aracılığıyla sınıflandırılır. AS, 21 bölümde gruplandırılan 6 haneli kodlarla belirtilen 5000'den fazla ürün grubunu içerir. İlk iki hanesi (AS-2) kısım, sonraki iki hanesi başlık (AS-4) ve sonraki iki hanesi alt başlık (AS-6) olarak adlandırılmaktadır. Örneğin, "B-

Bitkisel Ürünler" grubunun "09 Kahve, çay, paraguay çayı ve baharat" kısmında 0902 kodlu başlık "Çay" ürünüdür. 6 haneli alt başlık ürünü ise şu şekildedir: "090210 Yeşil çay (fermente edilmemiş) (3 kg < hazır ambalajlarda)".

Şekil 6.1 yıllar itibariyle dünya ve 121 ülkenin uluslararası ticaret toplamını göstermektedir. Dünya ticareti her geçen gün artmaktadır. 1995 yılında 4,5 trilyon dolar olan ticaret 2014 yılında yaklaşık olarak 4 kat artarak 17 trilyon dolar seviyesine çıktığı görülmektedir. Bu çalışmada dikkate alınan 121 ülkenin 2014 yılı toplam ticaret hacminin dünya ticaret hacmine oranı yaklaşık %97 iken bu ülkelerin kendi aralarında yaptığı ticaret hacmi ise dünya ticaretinin yaklaşık %94'ini oluşturmaktadır. Söz konusu durum diğer yıllarda da benzerlik göstermektedir. Bu nedenle, bu çalışmada söz konusu ülkeler arasındaki dünya ticaret ağının incelenmesi yeterli olacaktır.

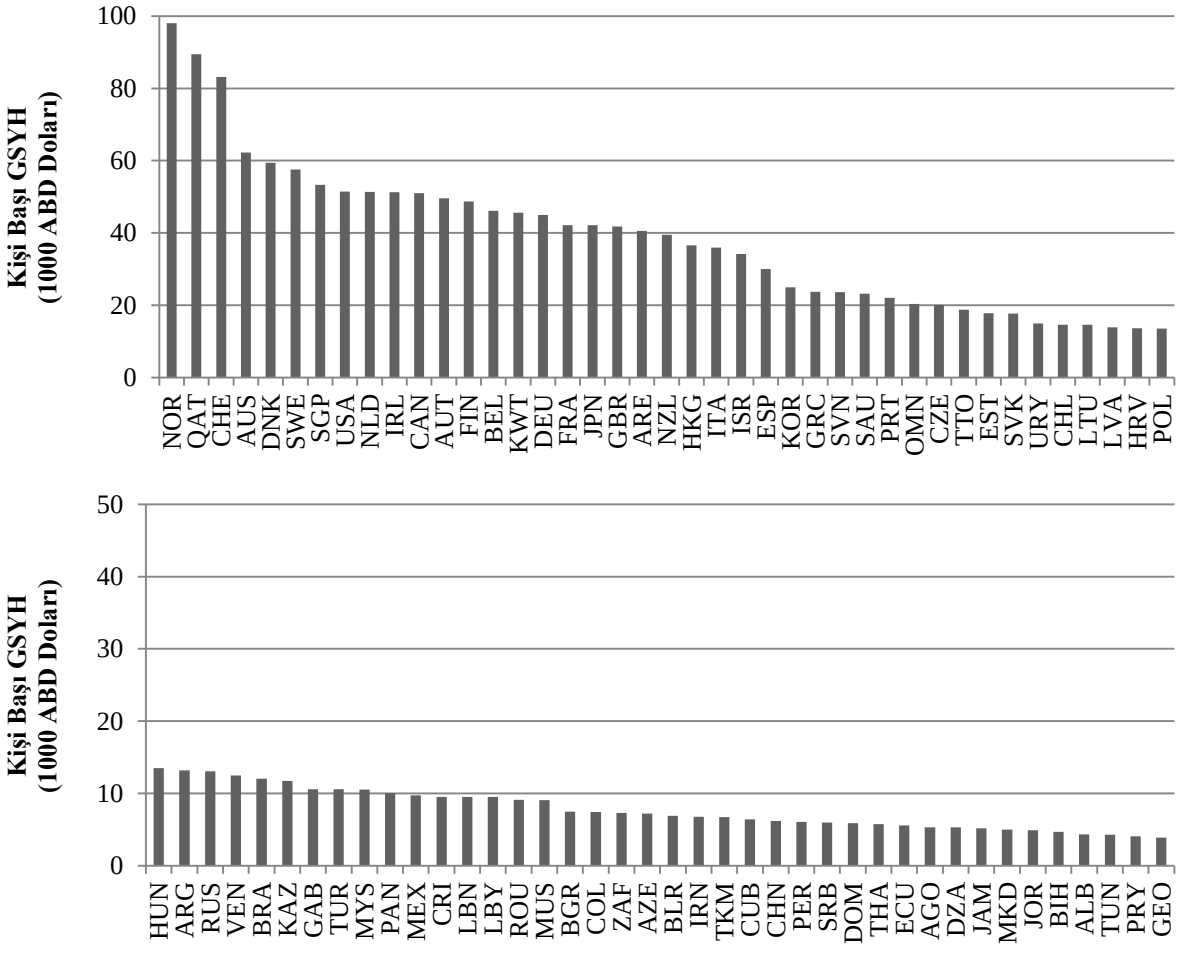


Şekil 6.1. Yıllar itibariyle dünya ve seçilen 121 ülkenin uluslararası ticareti

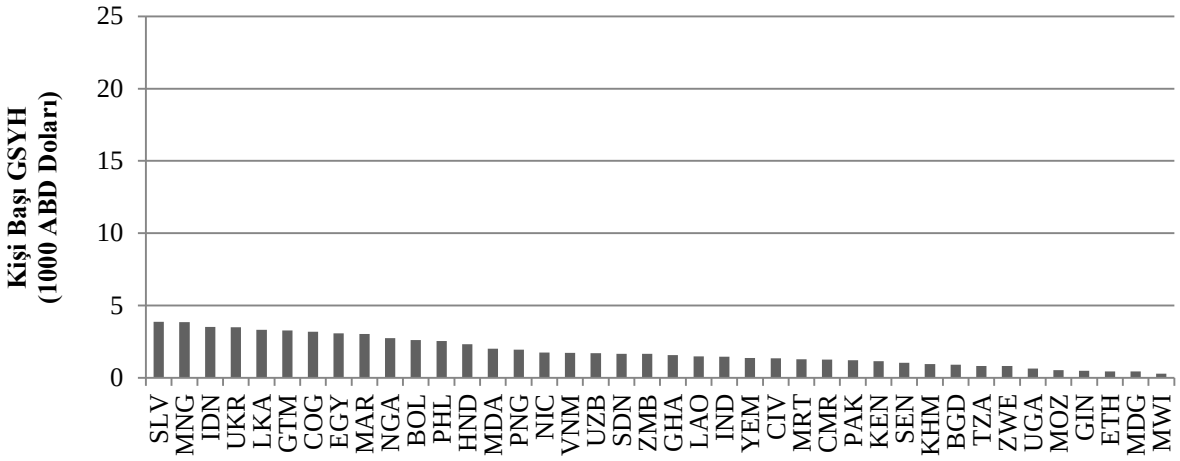
Kişi başı Gayri Safi Yurtiçi Hasıla

Çalışmada, uluslararası ticaret istatistikleri dışında kullanılan ve ekonomik gösterge ve ölçülerden en önemli olanlardan biri Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYH)'dır. Belli bir dönemde, genellikle yıllık, bir ülkede üretilen bütün ürün ve hizmetlerin değerini

göstermek için kullanılan önemli bir ekonomik göstergedir. GSYH bir ülkenin ekonomik büyüklüğü hakkında bilgi verir. GSYH ve kişi başı GSYH verisine Dünya Bankası web sitesi aracılığıyla ulaşılabilir [175]. Dünya Bankası tanımına göre GSYİH, ekonomideki tüm yerleşik üreticilerin sağladığı gayri safi katma değer toplamı ile her tür ürün vergisinin toplamından ürünlerin değerine eklenmemiş her tür sübvansiyonun çıkarılmasıyla elde edilen değerdir. Mamul varlıkların değer kaybı ya da doğal kaynakların eksilmesi ve bozulması için herhangi bir kesinti yapılmadan hesaplanır. Kişi başı GSYH ise GSYH'nin yıl ortası nüfusa bölünmesi ile elde edilir. Veriler güncellenme tarihindeki cari ABD doları cinsinden sunulmaktadır. Tez çalışmasında en son 02.05.2016 tarihinde güncellenen veri kullanılmıştır. Şekil 6.2 çalışmada dikkate alınan 121 ülkenin 2010-2014 dönemi ortalama kişi başı GSYH'si gösterilmektedir. En yüksek kişi başı GSYH yaklaşık 97000 $ ile Norveç'e, en düşük kişi başı GSYH yaklaşık 300 $ ile Malavi'ye aittir. GSYH bakımından ülkeler arasında büyük bir uçurum söz konusudur.



Şekil 6.2. 2010-2014 ortalama kişi başı GSYH [175]



Şekil 6.2. (devam) 2010-2014 ortalama kişi başı GSYH [175]

Gelir grubu

Çalışmada kullanılan diğer bir ekonomik gösterge ise kişi başı Gayri Safi Milli Gelir (GSMG) baz alınarak Dünya Bankası tarafından geliştirilen gelir gruplarıdır [175]. Dünya Bankası tanımına göre kişi başına GSMG, Dünya Bankası Atlas yöntemi kullanılarak ABD dolarına çevrilen gayri safi milli gelirin yıl ortası nüfusa bölünmesiyle elde edilen değerdir. GSMG tüm yerleşik üreticilerin katma değer toplamı ile çıktı değerlemesine dâhil edilmeyen ürün vergilerinin toplanması (sübvansiyonların çıkarılması) ve buna yurtdışından gelen ana gelir net hasılatının (çalışanların tazminatı ve emlak geliri) eklenmesi ile elde edilen değerdir.

Dünya Bankası, bütün dünya ülkelerini dört grup içerisine ayırır: düşük gelir, orta düşük gelir, orta yüksek gelir, yüksek gelir: OECD ve yüksek gelir: OECD değil. Düşük gelirli ülkeler kişi başı brüt ulusal geliri 1045 Dolar ve altındaki ülkeleri, orta gelirli ülkeler 1045 Dolar ve 12736 Dolar arası gelire sahip ülkeleri ve yüksek gelirli ülkeler 12736 Dolar ve üstü ülkeleri tarif etmektedir. Orta gelirli ülkeler, kişi başı brüt ulusal geliri 4125 Dolara göre orta altı ve orta üstü olarak ayrılmaktadır. Tez çalışmasında en son Temmuz 2015 tarihinde güncellenen veri kullanılmıştır. Çizelge 6.3 çalışmada dikkate alınan ülkelerin gelir grubuna göre dağılımını göstermektedir. Düşük gelirli 9, orta düşük gelirli 31, orta yüksek gelirli 36, yüksek gelirli OECD 30 ve yüksek gelir OECD ülkesi değil 15 ülke bulunmaktadır.

Çizelge 6.3. Ülkelerin gelir grubuna göre dağılımı

Ülke	Gelir Grubu	Ülke	Gelir Grubu	Ülke	Gelir Grubu	Ülke	Gelir Grubu
Arjantin	YG: OECD değil	İsviçre	YG: OECD	Kolombiya	OYG	Hindistan	ODG
BAE	YG: OECD değil	İtalya	YG: OECD	Kosta Rika	OYG	Honduras	ODG
Hırvatistan	YG: OECD değil	Japonya	YG: OECD	Küba	OYG	Kamerun	ODG
Hong Kong	YG: OECD değil	Kanada	YG: OECD	Libya	OYG	Kenya	ODG
Katar	YG: OECD değil	Kore Cumhuriyeti	YG: OECD	Lübnan	OYG	Kongo Cumhuriyeti	ODG
Kuveyt	YG: OECD değil	Macaristan	YG: OECD	Makedonya	OYG	Laos	ODG
Litvanya	YG: OECD değil	Norveç	YG: OECD	Malezya	OYG	Mısır	ODG
Litvanya	YG: OECD değil	Polonya	YG: OECD	Meksika	OYG	Moldova	ODG
Rusya	YG: OECD değil	Portekiz	YG: OECD	Moğolistan	OYG	Moritanya	ODG
Singapur	YG: OECD değil	Slovakya	YG: OECD	Morityus	OYG	Nijerya	ODG
Suudi Arabistan	YG: OECD değil	Slovenya	YG: OECD	Panama	OYG	Nikaragua	ODG
Trinidad ve Tobago	YG: OECD değil	Şili	YG: OECD	Paraguay	OYG	Özbekistan	ODG
Umman	YG: OECD değil	Yeni Zelanda	YG: OECD	Peru	OYG	Pakistan	ODG
Uruguay	YG: OECD değil	Yunanistan	YG: OECD	Romanya	OYG	Papua Yeni Gine	ODG
Venezuela	YG: OECD değil	Angola	OYG	Sırbistan	OYG	Senegal	ODG
Almanya	YG: OECD	Arnavutluk	OYG	Tayland	OYG	Sri Lanka	ODG
ABD	YG: OECD	Azerbaycan	OYG	Tunus	OYG	Sudan	ODG
Avustralya	YG: OECD	Beyaz Rusya	OYG	Türkiye	OYG	Ukrayna	ODG
Avusturya	YG: OECD	Bosna-Hersek	OYG	Türkmenistan	OYG	Vietnam	ODG
Belçika	YG: OECD	Brezilya	OYG	Ürdün	OYG	Yemen Cumhuriyeti	ODG
Birleşik Krallık	YG: OECD	Bulgaristan	OYG	Bangladeş	ODG	Zambiya	ODG
Çek Cumhuriyeti	YG: OECD	Cezayir	OYG	Bolivya	ODG	Etiyopya	DG
Danimarka	YG: OECD	Çin	OYG	El Salvador	ODG	Gine	DG
Estonya	YG: OECD	Dominik Cumhuriyeti	OYG	Endonezya	ODG	Kamboçya	DG
Finlandiya	YG: OECD	Ekvator	OYG	Fas	ODG	Madagaskar	DG
Fransa	YG: OECD	Gabon	OYG	Fildişi Sahili	ODG	Malavi	DG
Hollanda	YG: OECD	Güney Afrika	OYG	Filipinler	ODG	Mozambik	DG
İrlanda	YG: OECD	İran	OYG	Gana	ODG	Tanzanya	DG
İsrail	YG: OECD	Kazakistan	OYG	Gürcistan	ODG	Zimbabve	DG
İspanya	YG: OECD	Jamaika	OYG	Guatemala	ODG	Uganda	DG
İsveç	YG: OECD						

Ekonomik karmaşıklık indeksi

Diğer bir ekonomik gelişim göstergesi ekonomik karmaşıklıktır. Her bir ülkenin sahip olduğu üretim bilgisinin miktarını ölçmeye çalışmaktadır. Ekonomik karmaşıklık ülkelerin üretim yapısına bağlıdır. Ülkenin sahip olduğu üretim bilgisi ürettiği ürünlerin çeşitliliği ve karmaşıklığı ile bağlantılıdır. Bu nedenle, ekonomik karmaşıklık bir ülkenin ihraç ettiği ürünlerin karmaşıklığı ve çeşitliği ile ölçülür. Ekonomik Karmaşıklık İndeksi (EKİ) ve Ürün Karmaşıklık İndeksi (ÜKİ) ihraç edilen ürünlerin her yerde olması ve çeşitliğine bakarak ürünlerin ve ülkelerin karmaşıklığını sıralayan ölçütlerdir. Çeşitlilik ülkenin ihraç ettiği ürünlerin ne kadar farklı tipte olduğu, her yerde olma ise ürünü ihraç eden ülkelerin sayısını göstermektedir. Karmaşık ürünler daha az her yerde bulunur çünkü sınırlı sayıda ülke onu üretecek üretim bilgisine sahiptir. Diğer taraftan yüksek üretim bilgisi gerektirmeyen ürünler daha fazla her yerde bulunabilir. Ülkenin çeşitliğinin yüksek olması sahip olduğu üretim bilgisinin fazla olduğunu göstermektedir.

EKİ ve ÜKİ sıralamalarına Atlas takımı tarafından geliştirilen iki web sitesi [174, 176] üzerinden ulaşılabilir. Çizelge 6.4 ve Çizelge 6.5'de 2013 yılında EKİ ve ÜKİ'ye göre en üst ve alt 5 ülke ve ürün verilmiştir. İki site tarafından sunulan söz konusu değerler ve sıralamalar arasında veri kaynağı ve analizde dikkate alınan ülkelere göre biraz farklılıklar bulunmaktadır. Her ikisi de UN COMTRADE verisi kullanırken Ekonomik Karmaşıklık Gözlemevi [174] Uluslararası Ticaret Analizi Veri Tabanı ile temizlenen veriyi, Ekonomik Karmaşıklık Atlası [176] ise kendi teknikleri ile temizlenen veriyi kullanmaktadır.

Çizelge 6.4. EKİ en yüksek ve en düşük 5'er ülke [176]

Sıra	Ülke	EKİ	Sıra	Ülke	EKİ
1	Japonya	2,21	120	Yemen	-1,70
2	Almanya	1,92	121	Gine	-1,73
3	İsviçre	1,87	122	Sudan	-1,74
4	Güney Kore	1,82	123	Nijerya	-2,13
5	İsveç	1,71	124	Angola	-2,33

Çizelge 6.5. ÜKİ en yüksek ve en düşük 5'er ürün [176]

Sıra	AS4 Kodu	Ürün Adı	ÜKİ
1	7805	Kurşundan ince, kalın borular vb. bağlantı parçaları	6,60
2	8444	Dokuma maddelerinden lif imal eden, dokuyan, kesen makineler	5,74
3	9204	Akordeonlar vb. aletler, ağız armonikaları	5,64
4	8457	Metal işlemeye mahsus işleme merkezleri, istasyonlu tezgahlar	5,16
5	8113	Sermetler, sermetlerden eşya	4,96
1236	2609	Kalay cevherleri ve konsantreleri	-3,77
1237	0714	Manyok, ararot, salep, yer elması, tatlı patates, sagu vb.	-3,79
1238	2615	Niyobyum, tantalyum, vanadyum, zirkonyum cevherleri vb. konsantreleri	-3,82
1239	1801	Kakao dane ve kırıkları (ham/kavrulmuş, bütün/kırık)	-4,59
1240	5303	Jüt ve bitki iç kabuklarının dokumaya elverişli diğer lifleri	-4,67

Diğer veri

Tez çalışmasında kullanılan bölge ve kıta bilgileri ile çalışmada dikkate alınan ülkelerin bölge ve kıtalara göre dağılımı Çizelge 6.6 ve Çizelge 6.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.6. Çalışmada dikkate alınan ülkelerin bölgelere göre dağılımı

No	Bölge	Ülke Sayısı
1	Batı Avrupa	16
2	Doğu Asya ve Pasifik	16
3	Doğu Avrupa ve Orta Asya	25
4	Güney Asya	4
5	Kuzey Amerika	2
6	Latin Amerika ve Karayipler	21
7	Orta Doğu ve Kuzey Afrika	15
8	Sahara Altı Afrika	22

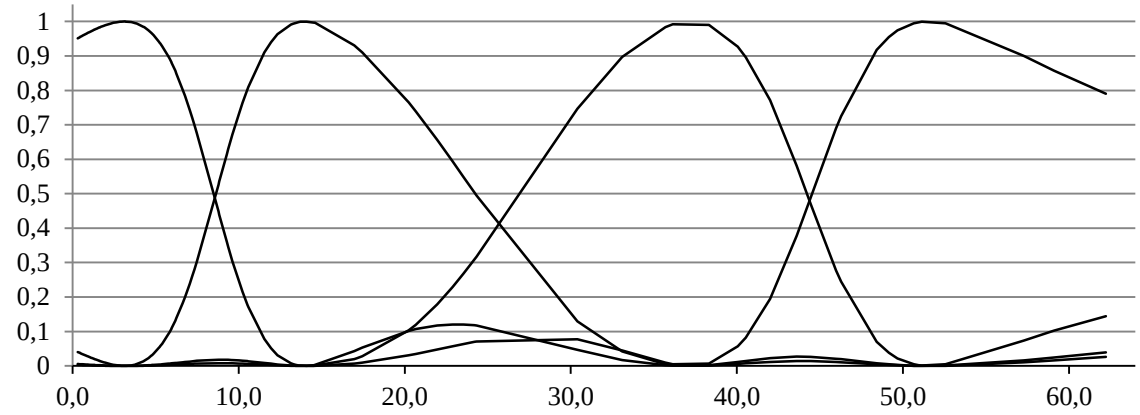
Çizelge 6.7. Çalışmada dikkate alınan ülkelerin kıtalara göre dağılımı

No	Kıta	Ülke Sayısı
1	Afrika	27
2	Asya	33
3	Avrupa	35
4	Güney Amerika	10
5	Kuzey Amerika	13
6	Okyanusya	3

6.3. Bulanık Veri Ayrıklaştırma

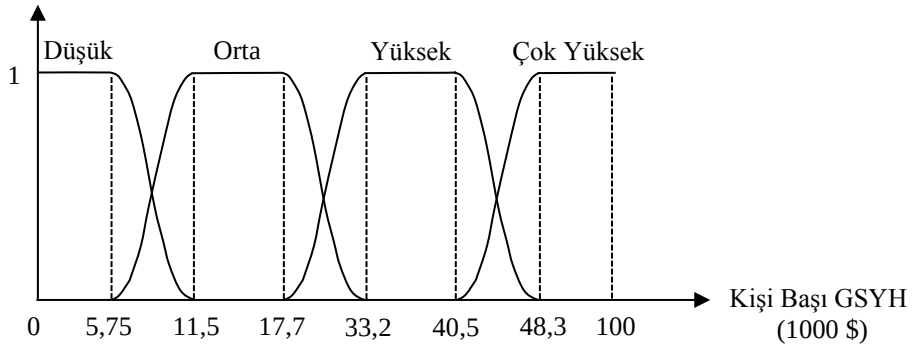
Bu bölümde, kişi başına GSYH, ülkelerin toplam ihracatı ve ithalatı ve EKİ verileri, bulanık c-ortalama tekniği kullanılarak ayrıklaştırılacaktır. Bu sayede, veriyi düşük, orta, yüksek ve çok yüksek etiketleri ile ifade etmek mümkün olacaktır. Örneğin, ekonomik karmaşıklığı düşük ülkeler bulanık altküme ile gösterilebilir.

İlk olarak 2010-2014 yıllarında ortalama kişi başına GSYH verisini ele alalım. Bulanık c-ortalama tekniği veri ayrıklaştırma işleminden önce aykırı değer olup olmadığı test edilmelidir. Veri normal dağılmadığından aykırı değer, normal dağılım veri setlerinde aykırı değer tespiti için geliştirilmiş Walsh testi [177] ile tespit edilmiştir. Dikkate alınan ülke sayısı 121 olduğundan anlamlılık seviyesi α=0,10 olarak tespit edilmiştir. Aykırı olduğu düşünülen değer sayısı r=3 seçildiğinde kişi başına GSYH'si en yüksek 3 ülke (Norveç, Katar ve İsviçre) aykırı değer olarak tespit edilmektedir. 3 ülke verisi çıkarıldıktan sonra kalan 118 ülke kişi başı GSYH'si bulanık c-ortalama tekniği 4 kümeye ayrılmış ve her ülke verisinin 4 kümeye ait olma derecesi hesaplanmıştır. Şekil 6.3 2010-2014 ortalama kişi başına GSYH (1000 Dolar) verisinin kümelere aitlik derecesini göstermektedir.



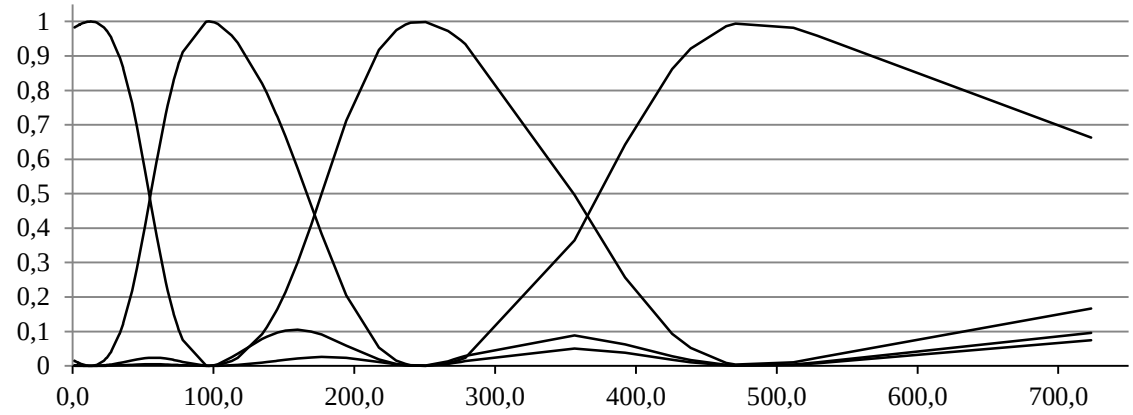
Şekil 6.3. 2010-2014 ortalama kişi başına GSYH (1000 Dolar)

Şekil 6.3'de aitlik dereceleri 0,9'dan büyük olanlar ilgili kümeye ait, 0,9'dan küçük aitlik dereceleri iki bulanık altkümeye 0-1 arasında değişen aitlik derecesi ile ait olacak şekilde Şekil 6.4'te gösterilmiştir. Örneğin, 0 ile 5750 Dolar arası kişi başı GSYH'ye sahip ülkeler düşük GSYH olarak adlandırılırken 5750 ile 11500 Dolar arası kişi başı GSYH'ye sahip ülkeler 0-1 arası değişen aitlik derecesi ile hem düşük hem de orta GSYH sınıfında yer almaktadır.



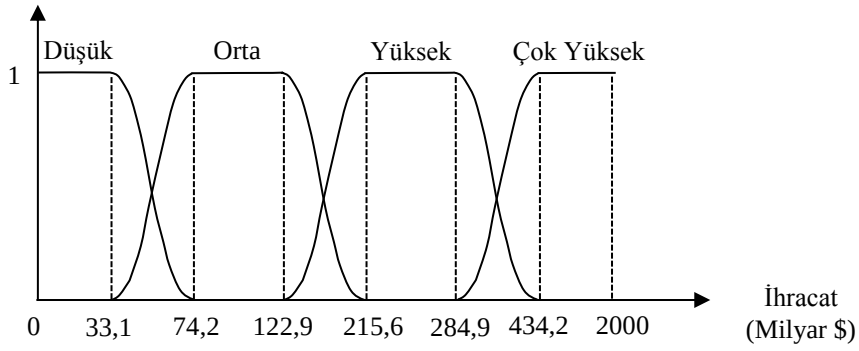
Şekil 6.4. 2010-2014 ortalama kişi başına GSYH (1000 Dolar) bulanık dilsel etiketleri

İkinci olarak 2010-2014 yıllarında ortalama ihracat verisini ele alalım. Walsh testinde [177] anlamlılık seviyesi α=0,10 ve aykırı olduğu düşünülen değer sayısı r=3 seçildiğinde ortalama ihracatı en yüksek 3 ülke (Çin, Almanya ve ABD) aykırı değer olarak tespit edilmektedir. 3 ülke verisi çıkarıldıktan sonra kalan 118 ülke ortalama ihracatı bulanık c-ortalama tekniği 4 kümeye ayrılmış ve her ülke verisinin 4 kümeye ait olma derecesi hesaplanmıştır. Şekil 6.5 2010-2014 ortalama ihracat (milyar Dolar) verisinin kümelere aitlik derecesini göstermektedir.



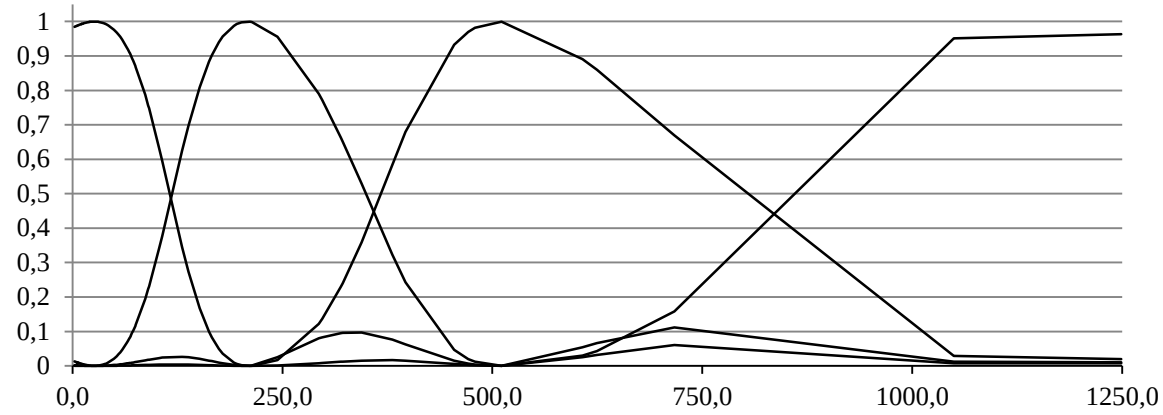
Şekil 6.5. 2010-2014 ortalama ihracat (milyar Dolar)

Şekil 6.5'te aitlik dereceleri 0,9'dan büyük olanlar ilgili kümeye ait, 0,9'dan küçük aitlik dereceleri iki bulanık altkümeye 0-1 arasında değişen aitlik derecesi ile ait olacak şekilde Şekil 6.6'da gösterilmiştir. Örneğin, 0 ile 33,1 milyar Dolar arası ortalama ihracatı olan ülkeler ihracatı düşük olarak adlandırılırken 33,1 ile 74,2 milyar Dolar arası ortalama ihracatı olan ülkeler 0-1 arası değişen aitlik derecesi ile hem düşük hem de orta ihracata sahip sınıfında yer almaktadır.



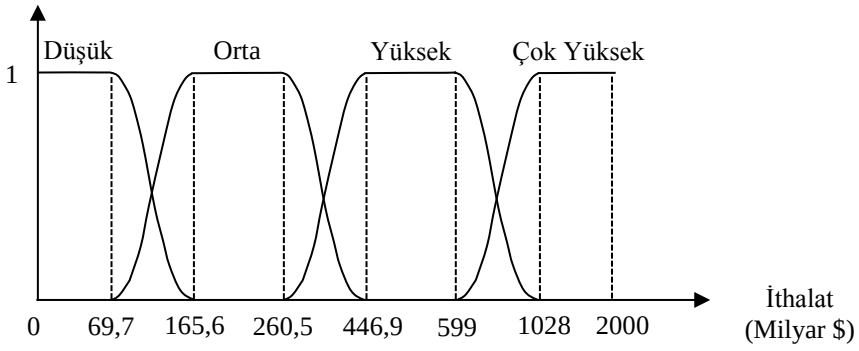
Şekil 6.6. 2010-2014 ortalama ihracat (milyar Dolar) bulanık dilsel etiketleri

Üçüncü olarak 2010-2014 yıllarında ortalama ithalat verisini ele alalım. Walsh testinde [177] anlamlılık seviyesi α=0,10 ve aykırı olduğu düşünülen değer sayısı r=1 seçildiğinde ortalama ihracatı en yüksek ülke (ABD) aykırı değer olarak tespit edilmektedir. ABD verisi çıkarıldıktan sonra kalan 120 ülke ortalama ithalatı bulanık c-ortalama tekniği 4 kümeye ayrılmış ve her ülke verisinin 4 kümeye ait olma derecesi hesaplanmıştır. Şekil 6.7 2010-2014 ortalama ithalat (milyar Dolar) verisinin kümelere aitlik derecesini göstermektedir.



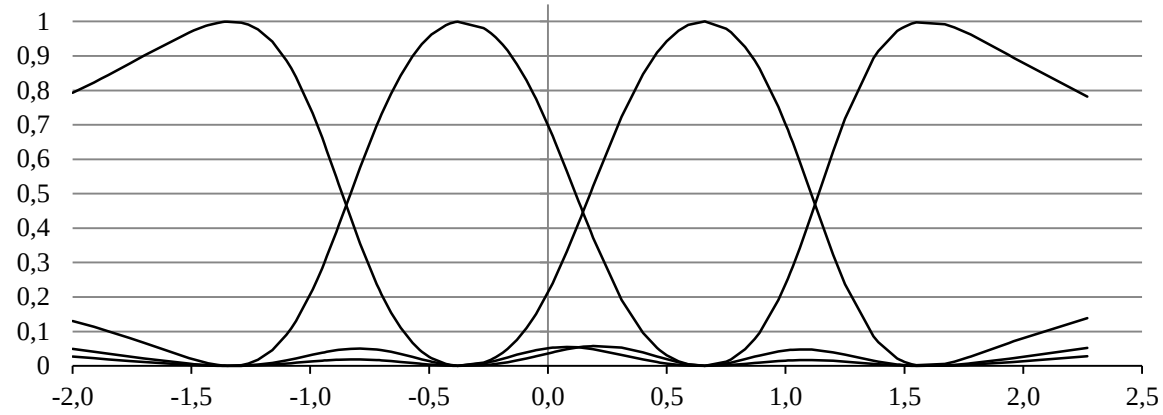
Şekil 6.7. 2010-2014 ortalama ithalat (milyar Dolar)

Şekil 6.7'de aitlik dereceleri 0,9'dan büyük olanlar ilgili kümeye ait, 0,9'dan küçük aitlik dereceleri iki bulanık altkümeye 0-1 arasında değişen aitlik derecesi ile ait olacak şekilde Şekil 6.8'de gösterilmiştir. Örneğin, 0 ile 69,7 milyar Dolar arası ortalama ithalatı olan ülkeler ithalatı düşük olarak adlandırılırken 69,7 ile 165,6 milyar Dolar arası ortalama ithalatı olan ülkeler 0-1 arası değişen aitlik derecesi ile hem düşük hem de orta ithalata sahip sınıfında yer almaktadır.



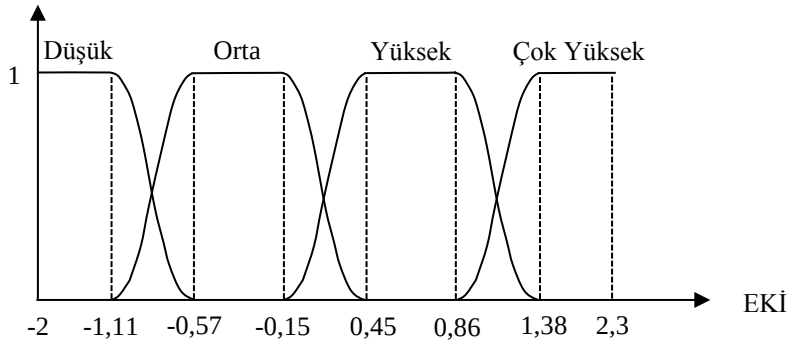
Şekil 6.8. 2010-2014 ortalama ithalat (milyar Dolar) bulanık dilsel etiketleri

Son olarak 2010-2014 yıllarında ortalama ekonomik karmaşıklık indeksi verisini ele alalım. Walsh testinde [177] anlamlılık seviyesi α=0,10 ve aykırı olduğu düşünülen değer sayısı r=0 seçildiğinde aykırı değer olmadığı tespit edilmektedir. 121 ülke ortalama EKİ bulanık c-ortalama tekniği 4 kümeye ayrılmış ve her ülke verisinin 4 kümeye ait olma derecesi hesaplanmıştır. Şekil 6.9 2010-2014 ortalama EKİ verisinin kümelere aitlik derecesini göstermektedir.



Şekil 6.9. 2010-2014 ortalama EKİ

Şekil 6.9'da aitlik dereceleri 0,9'dan büyük olanlar ilgili kümeye ait, 0,9'dan küçük aitlik dereceleri iki bulanık altkümeye 0-1 arasında değişen aitlik derecesi ile ait olacak şekilde Şekil 6.10'da gösterilmiştir. Örneğin, -2 ile -1,11 arası ortalama EKİ'ye sahip ülkeler düşük ekonomik karmaşıklığa sahip olarak adlandırılırken -1,11 ile -0,57 arası ortalama EKİ'ye sahip ülkeler 0-1 arası değişen aitlik derecesi ile hem düşük hem de orta ekonomik karmaşıklığa sahip sınıfında yer almaktadır.



Şekil 6.10. 2010-2014 ortalama EKİ bulanık dilsel etiketleri

6.4. Ağ Gösterimi

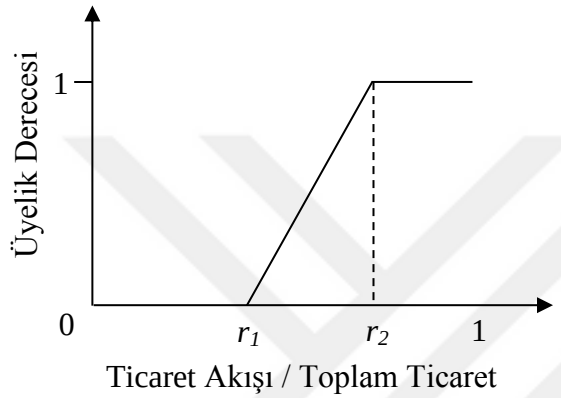
Ağ analizinde en önemli konu ağ akışının nasıl gösterileceğidir, yani ağın nasıl çizileceğidir. Bölüm 6.1'de de bahsedildiği gibi UTA'da iki yaklaşımdan söz edilebilir. İlk olarak, ülkeler arasında ticarette bir akış söz konusu ise aralarında bağlantı olduğu iki ağ analizi 121 ülkenin 2014 yılı uluslararası ticareti verisine uygulandığında 45 ülkenin dış derecesinin 120 olduğu, yani diğer 120 ülkeye ihracatı olduğu anlaşılmaktadır. Sonraki 33

ülkenin dış derecesinin 100'den fazla olduğu, en düşük dış derecenin ise 60 olduğu görülmektedir. Yine aynı veri için iç derecelere bakıldığında 30 ülkenin iç derecesinin 120 olduğu, yani diğer 120 ülkeden ithalat yapıldığı anlaşılmaktadır. Sonraki 62 ülkenin iç derecesinin 100'den fazla olduğu, en düşük dış derecenin ise 59 olduğu görülmektedir. Ortalama derece ise yaklaşık 107'dir. Ağ yoğunluğu ise 0,89'dur. Yönlü ikili ağ analizi kullanıldığında ağ yoğunluğu ve ortalama derecenin oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, yönlü ikili ağ analizi uygulandığında elde edilebilecek bilgi ülkelerin neredeyse tamamının birbiriyle bağlantılı olduğudur. Bu ağ, ağ yapısı hakkında fazla bilgi vermeyecektir. İkili ağ analizinde küçük akışları dikkate almamak için sınır değer uygulanabilir. Fakat yine de ülkelerin büyüklükleri arasında büyük bir uçurum olduğu dikkate alındığında, sınır değerin uluslararası ticareti düşük olan ülkeler için yüksek ve uluslararası ticareti yüksek olan ülkeler için düşük olacağı değerlendirilebilir.

İkinci olarak yönlü ve yönsüz ağırlıklı ağ analizi uygulanabilir. Bu durumda, Bölüm 6.1.'de de anlaşılacağı üzere ağırlık hesabının nasıl yapılacağı konusunda araştırmacılar arasında genel kabul görmüş bir uzlaşı olmasa da yönlü ağ analizi için ülkeler arasındaki ihracat akışının ve yönsüz ağ analizi için karşılıklı ihracat ve ithalatın ortalamasının ağırlık hesabında dikkate alınması uygun olacaktır. Ancak, bu durumda ağırlıklar arasında uçurum söz konusu olacaktır. Büyük akış değerleri yüksek ağırlıklı olacağından dolayı küçük akış değerlerini bastıracaktır. Sonuç olarak, ağırlıklı analizinde mevcut ağırlık hesaplarının ülkelerin büyüklüğünü dikkate almadığı söylenebilir.

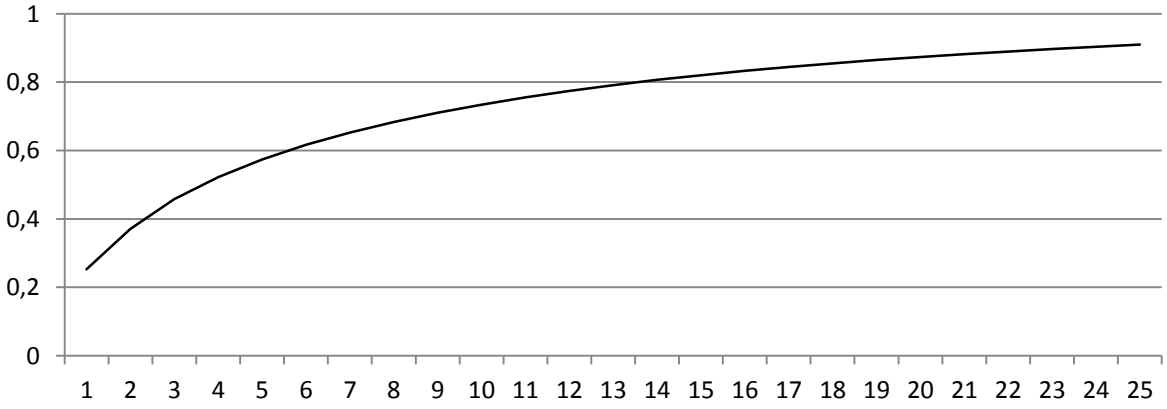
Ülkeler arasındaki ticari bağ ekonomik açıdan oldukça önemlidir. İhracatçı ve ithalatçı ülke arasındaki ihracat hacminin ihracatçı ülkenin toplam ihracatına oranı ülkelerin birbirine bağımlılığına işaret edebilir. Örneğin, Meksika ve Kanada'nın Amerika Birleşik Devletlerine ihracatı, bu ülkelerin toplam ihracat hacimlerinin yaklaşık %70'ini oluşturmaktadır. Ülkeler arasındaki bağlantı belirsiz olduğundan ülkelerinin birbirine bağımlılık oranını belirlemek zorlu bir iştir. İkili ve ağırlıklı ağ analizinin dezavantajlarını giderebilmek için tez çalışmasında ülkeler arasındaki bağlantının bulanık kümeler aracılığıyla ifade edilmesi önerilmiştir. 0 ile 1 arasındaki değişen değer ülkeler arasındaki bağıntının gücünü göstermektedir. Düşük değerler zayıf bağıntıyı gösterirken tam tersi şekilde yüksek değerler güçlü bağlantıyı göstermektedir.

Şekil 6.11'de ülkeler arasındaki bağıntının gücünün bulanık küme gösterimi kullanılarak nasıl hesaplanacağı açıklanmaktadır. İki ülkenin bağlantılı olma derecesine işaret eden bağlantının gücü, oran r_1'den az ise sıfırdır. Oran r_1 ile r_2 arasında ise bağlantı gücü değeri 0 ile 1 arasında artarak değişmektedir. Oran r_2'ye eşit veya büyük ise bağlantı gücü 1'dir. r_1 ve r_2 parametrelerini belirlemek ağın yoğunluğu açısından oldukça önemlidir. Parametrelerin yüksek belirlenmesi düşük yoğunluklu bir ağ ile sonuçlanırken düşük belirlenmesi yüksek yoğunluğunu bir ağ elde edilmesine neden olacaktır.



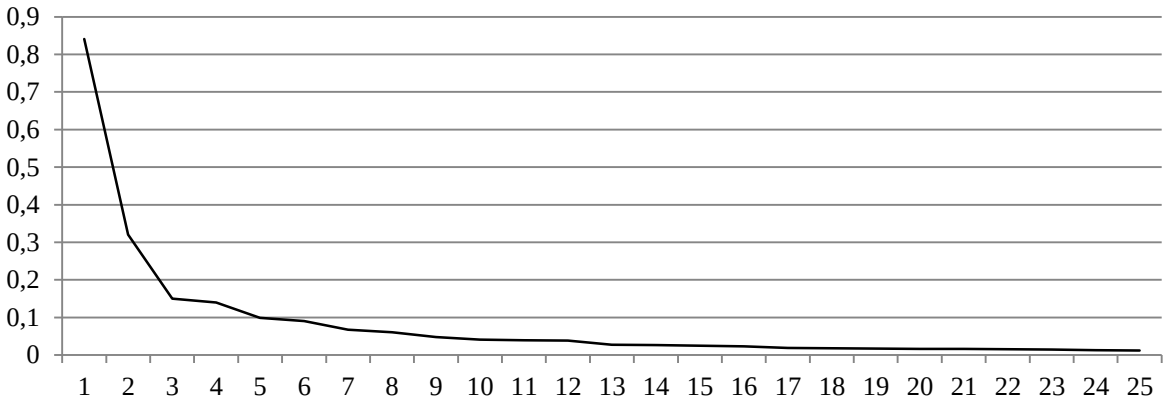
Şekil 6.11. Ülkeler arasındaki bağıntının bulanık küme ile gösterimi

Şekil 6.12 ülkelerin en yüksek ticari akışı ile oluşturulan ilk 1 ile ilk 25 arası ağın toplam dünya ticaretine oranını göstermektedir. Örneğin, ülkeler arasındaki sadece en yüksek ilk akış dikkate alınarak oluşturulan ilk 1 ağdaki akışların toplamı dünya ticaretinin yaklaşık %25'ine tekabül etmektedir. Başka bir değişle, ülkelerin en yüksek akışa sahip bağlantıları dünya ticaret akışının 4'te 1'ini taşımaktadır. İlk 25 akış ile oluşturulan ağ ise yaklaşık %91'ine tekabül etmektedir.



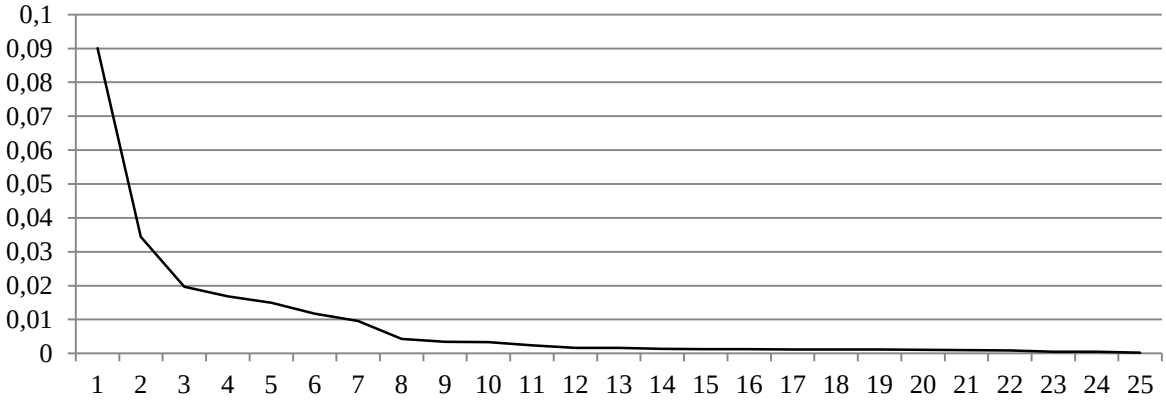
Şekil 6.12. İlk 1 – İlk 25 arası ağdaki akışları dünya ticaretine oranı

Şekil 6.13 İlk 1 – İlk 25 arası ağdaki en yüksek akışları göstermektedir. İlk 1 ağda en yüksek akış, yaklaşık %84 ile Moğolistan'dan Çin'e yapılan ihracat akışıdır. İlk 25 ağda ise en yüksek akış değeri %1,2'ye düşmektedir.



Şekil 6.13. İlk 1 – İlk 25 arası ağdaki en yüksek akışlar

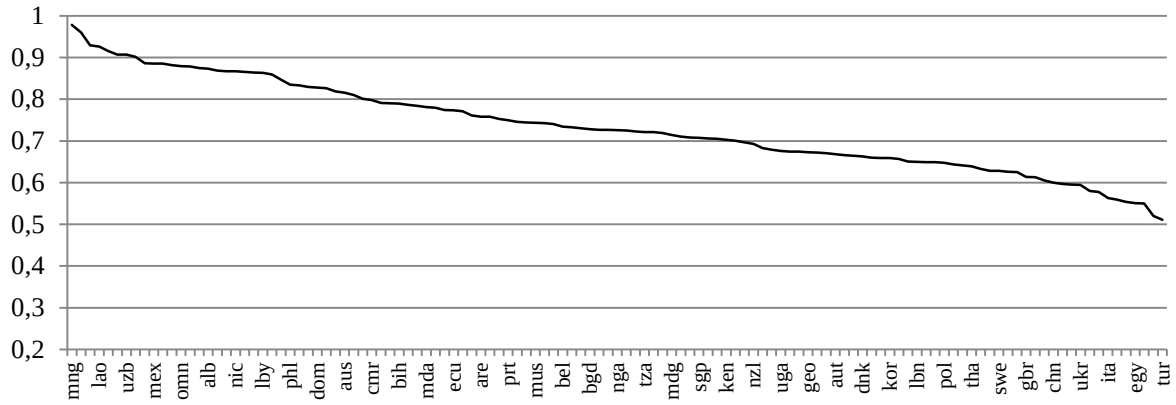
Şekil 6.14 İlk 1 – İlk 25 arası ağdaki en düşük akışları göstermektedir. İlk 1 ağda en düşük akış, yaklaşık %9 ile Almanya'dan Fransa'ya yapılan ihracat akışıdır. İlk 25 ağda ise en düşük akış değeri %0,6'ya düşmektedir.



Şekil 6.14. İlk 1 – İlk 25 arası ağdaki en düşük akışlar

Şekil 6.15 İlk 10 ağda ülke akışları toplamının ülkenin toplam ihracatına oranını göstermektedir. Örneğin, İlk 10 en yüksek akış ile oluşturulan ağ Moğolistan'ın toplam ihracatının yaklaşık %98'ini temsil ederken İlk 10 ağ Türkiye'nin toplam ihracatının yaklaşık %51'ini temsil etmektedir. Söz konusu oran ülkenin ihracat pazarının çeşitliliğini ifade etmektedir. Oranın yüksek olması ülkenin az sayıda ülkeye yüksek ihracat yaptığı ve bu ülkelere bağımlı olduğu şeklinde yorumlanabilir. Oranın düşük olması ülkenin çok

sayıda ülkeye ihracat yaptığı ve ihracat pazarı çeşitli olduğundan ihracatta daha az bağımlı olduğu şeklinde yorumlanabilir.

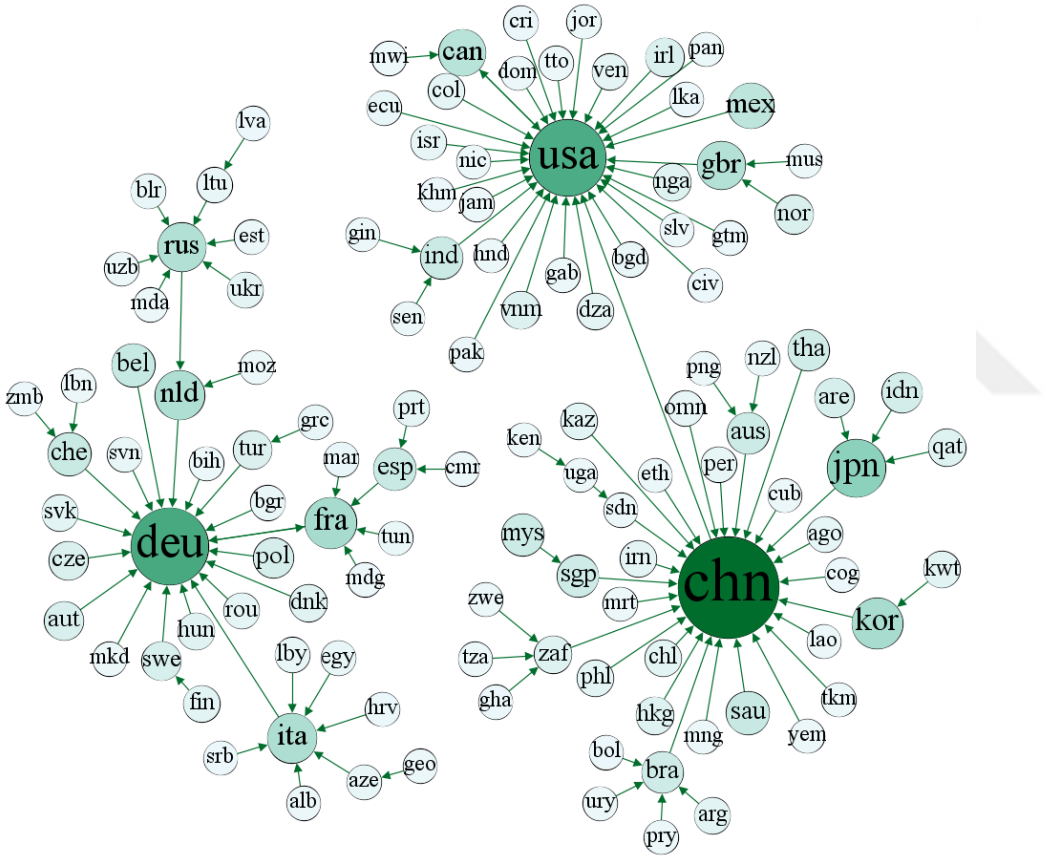


Şekil 6.15. İlk 10 ağda ülke akışları toplamının ülkenin toplam ihracatına oranı

Uluslararası Ticaret İstatistikleri ve Şekil 6.12 – Şekil 6.15 göz önüne alınarak önerilen yöntemlerden anlamlı bilgi üretilebilmesi için tez çalışmasında parametrelerin 0,01 ve 0,05 olarak belirlenmiştir. Söz konusu parametre değerleri ihracatçı ve ithalatçı ülke arasındaki ihracat hacminin ihracatçı ülkenin toplam ihracatına oranı 0,05 (%5)'ten büyük ise bağlantı gücünün 1 olduğu, 0,01 (%1) ile 0,05 (%5) arasında ise bağlantının gücünün 0 ile 1 arasında olduğu ve 0,01 (%1)'den düşük ise bağlantı olmadığı şeklinde yorumlanır. İlgili parametre değerleri dikkate alındığında oluşturulan ağ tez çalışmasında Bulanık UTA olarak adlandırılmıştır. Bu ağda bütün akış değerlerinin %83,3'ü temsil edilmektedir. Toplam akış sayısı 2164'tür. Ağda maksimum akış sayısı 14520 (121x120) olduğu dikkate alındığında ağ yoğunluğu yaklaşık 0,15'tir. Ağdaki akışların yaklaşık %15'inin toplam akışın %83,3'ünü oluşturduğu şeklinde yorumlanabilir.

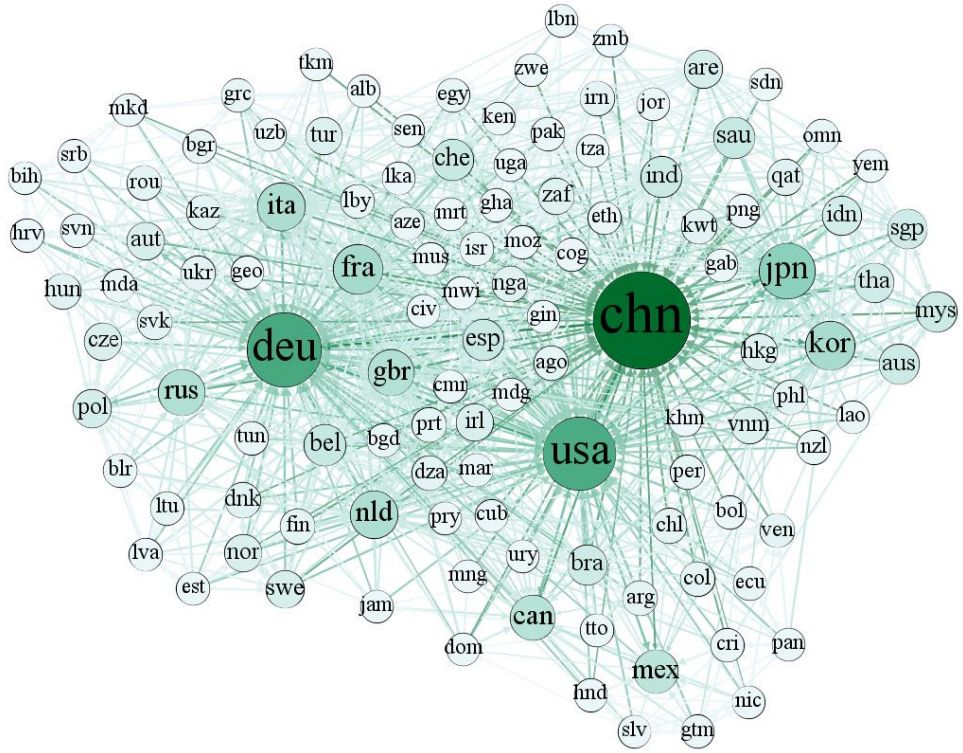
İkinci olarak aynı parametre değerleri kullanılarak ve ülkelerin ilk 10 en yüksek akışları dikkate alınarak oluşturulan ağ incelenmiştir. İlk 10 ağ ve ilgili parametre değerleri dikkate alındığında bütün akış değerlerinin %73,4'ü temsil edilmektedir. 121 ülke için ilk 10 akış dikkate alındığında oluşturulan ağ tez çalışmasında Bulanık İlk 10 UTA olarak adlandırılmıştır. Bu ağda, 1210 akış söz konusudur. Ancak, toplamda 17 akış, oran r_1'den düşük olduğu için toplam 1193 akıştan oluşan ağ elde edilmiştir. Ağ yoğunluğu yaklaşık 0,082'dir. Ağdaki akışların yaklaşık %8,2'sinin toplam akışın %73,4'ünü oluşturduğu şeklinde yorumlanabilir.

Şekil 6.16 bulanık UTA'da ülkelerin en yüksek akışları dikkate alınarak oluşturulan ağı göstermektedir. Ağda ülkeleri gösteren düğümlerin büyüklükleri 2010-2014 döneminde ülkelerin ortalama yıllık ihracatının parasal miktarı ile orantılıdır. Benzer şekilde, düğümlerin ve düğümleri birbirine bağlayan ayrıtların renk tonu söz konusu ihracat miktarının büyüklüğüne işaret etmektedir. Ayrıtların renk tonu açıktan koyuya doğru sırasıyla düşük ve yüksek ihracat ilişikisini ifade etmektedir. Almanya, Çin ve ABD ilk 1 ağda en büyük ithalatçılar konumundadır (Şekil 6.16). Başka bir değişle, ülkelerin büyük çoğunluğu en yüksek ihracatını bu ülkelere yapmaktadır. Rusya, İtalya, Brezilya ve Fransa bu ülkeleri takip etmektedir.

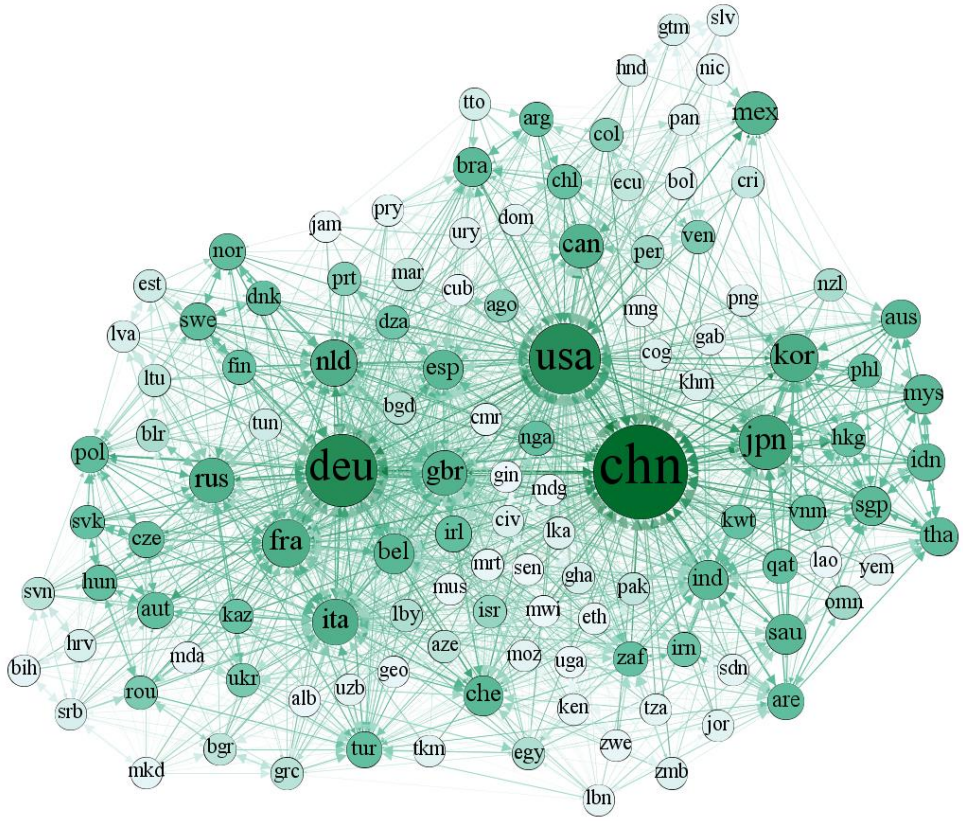


Şekil 6.16. Bulanık UTA ilk 1 ağ gösterimi

Şekil 6.17 ve Şekil 6.18 sırasıyla ilk 10 bulanık UTA ve tüm akışlardan oluşan bulanık UTA'yı göstermektedir. Söz konusu ağlarda da Almanya, Çin ve ABD'nin önemini koruduğu görülmekle beraber ayrıt sayısının fazla olması nedeniyle görsel olarak ağları yorumlamak zorlaşmaktadır.



Şekil 6.17. Bulanık UTA ilk 10 ağ gösterimi



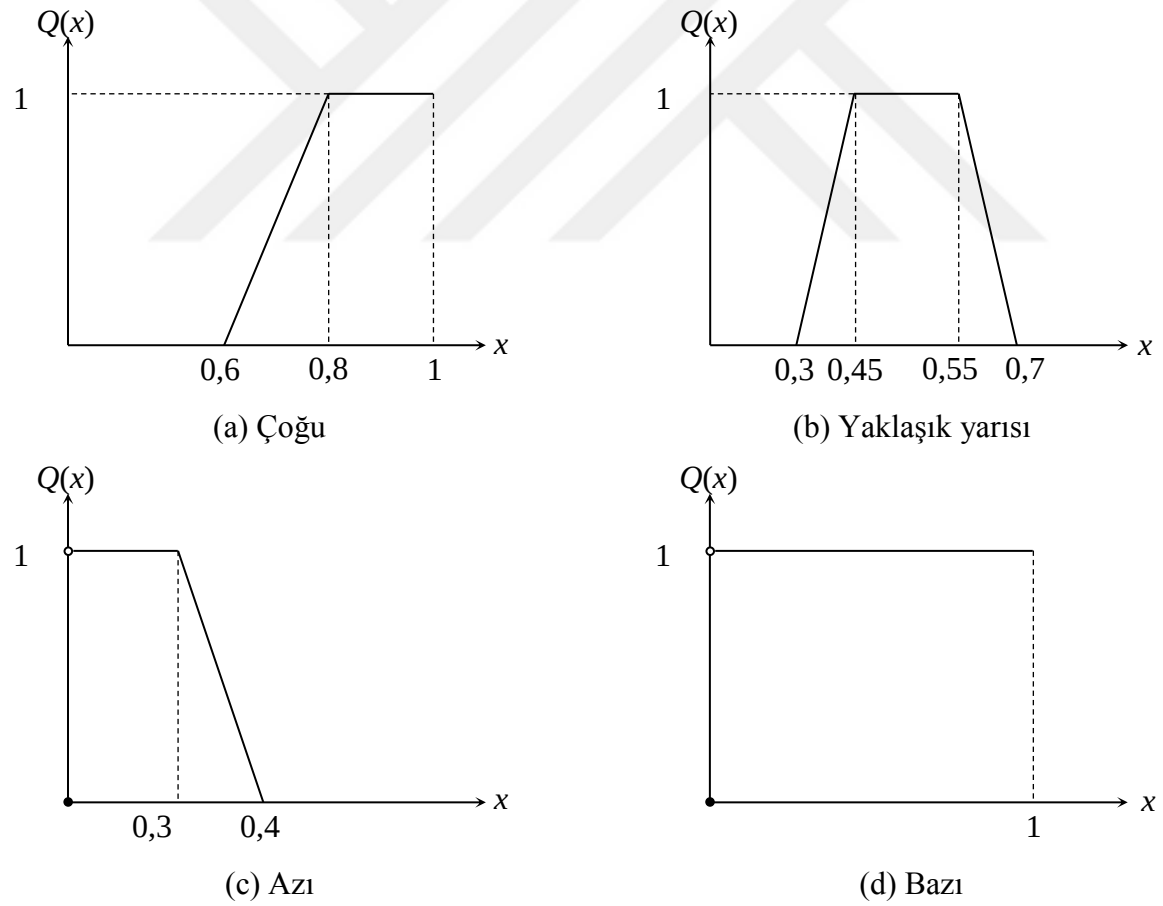
Şekil 6.18. Bulanık UTA ağ gösterimi

6.5. Uluslararası Ticaret Ağında Dilsel Özetleme

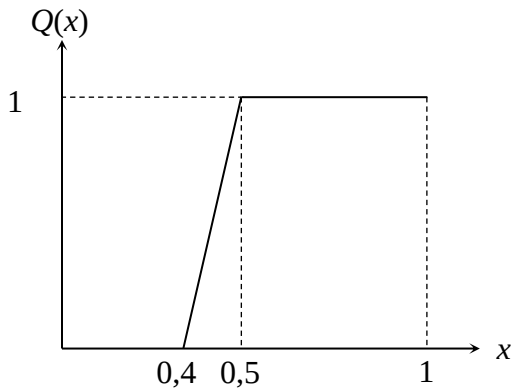
Bu alt bölümde, tez çalışmasında kullanılan niceleyiciler açıklandıktan sonra Bölüm 5'te önerilen yineleme temelli dilsel özet formu ile karşılıklılık temelli dilsel özet formları kullanılarak UTA'nın dilsel özetlemesi yapılmıştır.

6.5.1. Çalışmada dikkate alınan niceleyiciler ve bağıntı türleri

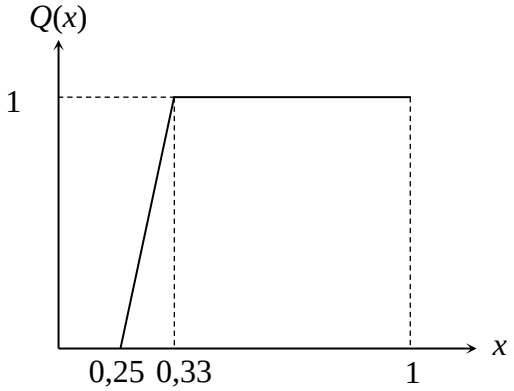
Tez çalışmasına dilsel özet yapılarında kullanılan çoğu, yaklaşık yarısı, azı (az sayıda), bazı (en az bir), yaklaşık yarısından fazlası ve yaklaşık üçte birinden fazlası niceleyicileri Şekil 6.19'da gösterilmiştir. $Q(x)$, x değerinin Q niceleyicisinden aldığı değeri göstermektedir.



Şekil 6.19. (a) Çoğu niceleyicisi (b) yaklaşık yarısı niceleyicisi (c) azı niceleyicisi (d) bazı niceleyicisi (e) yaklaşık yarısından fazlası niceleyicisi (f) yaklaşık üçte birinden fazlası niceleyicisi



(e) Yaklaşık yarısından fazlası



(f) Yaklaşık üçte birinden fazlası

Şekil 6.19. (devam) (a) Çoğu niceleyicisi (b) yaklaşık yarısı niceleyicisi (c) azı niceleyicisi (d) bazı niceleyicisi (e) yaklaşık yarısından fazlası niceleyicisi (f) yaklaşık üçte birinden fazlası niceleyicisi

Şekil 6.19'da gösterilen niceleyicilerin üyelik fonksiyonları Eş. 6.1-Eş. 6.6'de tanımlanmıştır.

$$\text{çoğu} = \begin{cases} 0 & 0 \le x \le 0,6 \\ \dfrac{0,8-x}{0,2} & 0,6 < x < 0,8 \\ 1 & 0,8 \le x \le 1 \end{cases} \tag{6.1}$$

$$\text{yaklaşık yarısı} = \begin{cases} 0 & 0 \le x \le 0,3 \\ \dfrac{x-0,3}{0,15} & 0,3 < x < 0,45 \\ 1 & 0,45 \le x \le 0,55 \\ \dfrac{0,7-x}{0,15} & 0,55 < x < 0,7 \\ 0 & 0,7 \le x \le 1 \end{cases} \tag{6.2}$$

$$\text{azı} = \begin{cases} 1 & 0 < x \le 0,3 \\ \dfrac{0,4-x}{0,1} & 0,3 < x < 0,4 \\ 0 & 0,4 \le x \text{ veya } x = 0 \end{cases} \tag{6.3}$$

$$\text{bazı} = \begin{cases} 0 & x = 0 \\ 1 & x \ne 0 \end{cases} \tag{6.4}$$

$$\text{yaklaşık yarısından fazlası} = \begin{cases} 0 & 0 \le x \le 0,4 \\ \dfrac{x-0,4}{0,1} & 0,4 < x < 0,5 \\ 1 & 0,5 \le x \le 1 \end{cases} \tag{6.5}$$

$$\text{yaklaşık üçte birinden fazlası} = \begin{cases} 0 & 0 \le x \le 0,25 \\ \dfrac{x-0,25}{0,08} & 0,25 < x < 0,33 \\ 1 & 0,33 \le x \le 1 \end{cases} \tag{6.6}$$

6.5.2. Uluslararası ticaret ağında yineleme temelli dilsel özetleme

Yineleme temelli dilsel özet formların kullanılan niceleyiciler ile bağıntı türü Çizelge 6.8'da ve özellikler Çizelge 6.9'de gösterilmiştir. UTA'da elde edilebilecek yineleme temelli dilsel özet formu örnekleri aşağıdaki gibi verilebilir:

- Çoğu düşük gelirli ülke kişi başı GSYH'si yüksek bazı ülkelere ihracat yapar,
- Az sayıda ekonomik karmaşıklığı yüksek ülke yüksek düzeyde ihracat yapan çoğu ülkeye orta düzeyde ihracat yapar,
- Bazı Batı Avrupa ülkesi ihracatı düşük ülkelerin yaklaşık yarısına güçlü düzeyde ihracat yapar.

Yineleme temelli dilsel özet formunda iki niceleyici, iki özellik ve bir bağıntı kullanıldığından dolayı toplamda UTA'dan 67584 (4x4x33x32x4) adet farklı dilsel özet elde edilebilir. Yineleme temelli dilsel özetlerin doğruluk derecelerinin hesaplanması için MATLAB kodu geliştirilmiştir.

Çizelge 6.8. Yineleme temelli dilsel özet formunda kullanılan niceleyici ve bağıntı türleri

No	Niceleyici	No	Bağıntı
1	Çoğu	1	İhracat
2	Yaklaşık yarısı	2	Düşük düzeyde ihracat
3	Azı (az sayıda)	3	Orta düzeyde ihracat
4	Bazı (en az bir)	4	Yüksek düzeyde ihracat

Çizelge 6.9. Özellikler listesi

No	Özellik	No	Özellik
1	Düşük EKİ	18	Orta düşük gelir
2	Orta EKİ	19	Orta yüksek gelir
3	Yüksek EKİ	20	Yüksek gelir OECD
4	Çok Yüksek EKİ	21	Yüksek gelir OECD değil
5	Düşük kişi başı GSYH	22	Afrika kıtası
6	Orta kişi başı GSYH	23	Asya kıtası
7	Yüksek kişi başı GSYH	24	Avrupa kıtası
8	Çok Yüksek kişi başı GSYH	25	Güney Amerika kıtası
9	Düşük ihracat	26	Kuzey Amerika kıtası
10	Orta ihracat	27	Okyanusya kıtası
11	Yüksek ihracat	28	Batı Avrupa bölgesi
12	Çok Yüksek ihracat	29	Güney ve Doğu Asya, Pasifik bölgesi
13	Düşük ithalat	30	Doğru Avrupa Orta Doğu bölgesi
14	Orta ithalat	31	Kuzey ve Latin Amerika, Karayipler bölgesi
15	Yüksek ithalat	32	Orta Doğu ve Kuzey Afrika bölgesi
16	Çok yüksek ithalat	33	Sahara Altı Afrika bölgesi
17	Düşük gelir		

Yineleme temelli dilsel özet formu ile Bulanık UTA ve Bulanık ilk 10 UTA'dan elde edilen doğruluk dereceleri 0,7'den büyük dilsel özetlerin sayısı sırasıyla 12520 ve 11573'tür. 0,7'den büyük özetlerin toplam özete yüzde oranı Bulanık UTA ve Bulanık ilk 10 UTA için sırasıyla 18,5 ve 17,1'dir. Dilsel özet sayısının fazla olması nedeniyle sonuçlar liste şeklinde sunulamamıştır. Çizelge 6.10 Bulanık UTA ve Bulanık ilk 10 UTA'dan yineleme temelli elde edilen dilsel özetlerinden bazılarını ve doğruluk derecelerini göstermektedir. Özellik-1 dilsel özette kullanılan ilk özelliği ifade etmektedir.

Çizelge 6.10. Bulanık UTA ve Bulanık ilk 10 UTA'da yineleme temelli dilsel özetlerin bazıları ve doğruluk dereceleri

Özellik-1	Dilsel Özet	Doğruluk Derecesi	
		Bulanık UTA	Bulanık ilk 10 UTA
Kıta	Bazı Asya ülkeleri ithalatı yüksek ülkelerin çoğuna güçlü düzeyde ihracat yapar.	1	1
	Az sayıda Kuzey Amerika ülkesi ihracatı çok yüksek ülkelerin yaklaşık yarısına güçlü düzeyde ihracat yapar.	0,81	0,81
EKİ	Çoğu ekonomik karmaşıklığı çok yüksek olan ülkeler az sayıda yüksek gelirli OECD ülkesine orta düzeyde ihracat yapar.	1	0,98
	Az sayıda ekonomik karmaşıklığı çok yüksek ülke Batı Avrupa bölgesindeki ülkelerin yaklaşık yarısına güçlü düzeyde ihracat yapar.	0,90	0,90
İhracat	Çoğu ihracatı düşük ülke az sayıda Avrupa ülkesine orta düzeyde ihracat yapar.	0,98	0,77
	Çoğu ihracatı çok düşük ülke az sayıda yüksek gelirli OECD ülkesine orta düzeyde ihracat yapar.	0,92	0,82
Kişi başı GSYH	Kişi başına GSYH'si çok düşük ülkelerin yaklaşık yarısı az sayıda orta düşük gelirli ülkelere güçlü düzeyde ihracat yapar.	1	1
	Çoğu kişi başına GSYH'si yüksek ülke az sayıda ekonomik karmaşıklığı çok yüksek ülkeye güçlü düzeyde ihracat yapar.	0,99	0,99
İthalat	Az sayıda ithalatı düşük ülke Batı Avrupa bölgesindeki ülkelerin yaklaşık yarısına güçlü düzeyde ihracat yapar.	0,96	0,96
	Çoğu ithalatı çok yüksek ülke az sayıda kişi başı GSYH'si düşük ülkeye orta düzeyde ihracat yapar.	0,91	0,82
Gelir	Az sayıda yüksek gelirli ülke az sayıda Güney Amerika ülkesine zayıf düzeyde ihracat yapar.	1	1
	Düşük gelirli ülkelerin yaklaşık yarısı ihracatı çok yüksek ülkelerin yaklaşık yarısına güçlü düzeyde ihracat yapar.	0,71	0,45
Bölge	Az sayıda Doğu Avrupa ve Orta Asya ülkesi çoğu ithalatı çok yüksek ülkeye güçlü düzeyde ihracat yapar.	1	1
	Çoğu Batı Avrupa bölgesindeki ülke ihracatı çok yüksek ülkelerin yaklaşık yarısına güçlü düzeyde ihracat yapar.	0,72	0,73

6.5.3. Uluslararası ticaret ağında karşılıklılık temelli dilsel özetleme

Karşılıklılık temelli dilsel özet formlarında Çizelge 6.11'de belirtilen niceleyiciler ve bağıntı türleri ile Çizelge 6.9'de gösterilen özellikler listesi dikkate alınmıştır. UTA'da elde edilebilecek karşılıklılık temelli dilsel özet formu örnekleri aşağıdaki gibi verilebilir:

- Çoğu ihracatı yüksek ülke birbirine ihracat yapar,
- Kişi başına GSYH'si yüksek ülkelerin yaklaşık üçte birinden fazlası birbirine güçlü düzeyde ihracat yapar,
- Düşük gelirli ülkelerin yaklaşık yarıdan fazlası birbirine ihracat yapar.

Karşılıklılık temelli dilsel özet formunda bir niceleyici, bir özellik ve bir bağıntı kullanıldığından dolayı toplamda UTA'dan 396 (3x33x4) adet farklı dilsel özet elde edilebilir. Karşılıklılık temelli dilsel özetlerin doğruluk derecelerinin hesaplanması için MATLAB kodu geliştirilmiştir.

Çizelge 6.11. Karşılıklılık temelli dilsel özetlerde kullanılan niceleyiciler ve bağıntı türleri

No	Niceleyici	No	Bağıntı
1	Çoğu	1	İhracat
2	Yaklaşık yarısından fazlası	2	Düşük düzeyde ihracat
3	Yaklaşık üçte birinden fazlası	3	Orta düzeyde ihracat
		4	Yüksek düzeyde ihracat

Çizelge 6.12 ve Çizelge 6.13 sırasıyla Bulanık UTA ve Bulanık ilk 10 UTA'dan elde edilen karşılıklılık temelli dilsel özetlerinden güçlü karşılıklılıkları 0,7 ve üzerinde olan dilsel özetleri ve doğruluk derecelerini göstermektedir. Çizelge 6.12 ve Çizelge 6.13'den Bulanık UTA ve Bulanık ilk 10 UTA'dan elde edilen karşılıklılık temelli dilsel özetlerin doğruluk derecelerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir.

Çizelge 6.12. Bulanık UTA için karşılıklılık temelli dilsel özetlerin bazıları ve doğruluk dereceleri

Özellik	Dilsel Özet	Doğruluk Derecesi		
		Güçlü Karşılıklılık	Orta Karşılıklılık	Zayıf Karşılıklılık
Kıta	Kuzey Amerika kıtasındaki ülkelerin yaklaşık üçte birinden fazlası birbirine ihracat yapar.	0,79	0,82	1
	Kuzey Amerika kıtasındaki ülkelerin yaklaşık üçte birinden fazlası birbirine güçlü düzeyde ihracat yapar.	0,72	0,72	1
	Okyanusya kıtasındaki ülkelerin yaklaşık üçte birinden fazlası birbirine orta düzeyde ihracat yapar.	0,70	0,70	0,70
EKİ	Ekonomik karmaşıklığı çok yüksek ülkelerin yaklaşık üçte birinden fazlası birbirine ihracat yapar.	0,72	1	1
İhracat	İhracatı çok yüksek ülkelerin yaklaşık üçte birinden fazlası birbirine ihracat yapar.	1	1	1
	İhracatı çok yüksek ülkelerin yaklaşık üçte birinden fazlası birbirine güçlü düzeyde ihracat yapar.	1	1	1
Kişi başı GSYH	Kişi başı GSYH'si yüksek ülkelerin yaklaşık üçte birinden fazlası birbirine ihracat yapar.	0,76	0,97	1
İthalat	İthalatı çok yüksek ülkelerin çoğu birbirine güçlü düzeyde ihracat yapar.	0,96	1	1
	İthalatı çok yüksek ülkelerin çoğu birbirine ihracat yapar.	0,94	0,97	1
	İthalatı yüksek ülkelerin yaklaşık üçte birinden fazlası birbirine güçlü düzeyde ihracat yapar.	0,94	1	1
	İthalatı yüksek ülkelerin yaklaşık üçte birinden fazlası birbirine ihracat yapar.	0,82	1	1
	İthalatı yüksek ülkelerin yaklaşık üçte birinden fazlası birbirine zayıf düzeyde ihracat yapar.	0,71	1	1
Bölge	Batı Avrupa ülkelerinin yaklaşık üçte birinden fazlası birbirine güçlü düzeyde ihracat yapar.	0,76	1	1
	Batı Avrupa ülkelerinin yaklaşık üçte birinden fazlası birbirine ihracat yapar.	0,72	1	1

Çizelge 6.13. Bulanık ilk 10 UTA için karşılıklılık temelli dilsel özetlerin bazıları ve doğruluk dereceleri

Özellik	Dilsel Özet	Doğruluk Derecesi		
		Güçlü Karşılıklılık	Orta Karşılıklılık	Zayıf Karşılıklılık
Kıta	Kuzey Amerika kıtasındaki ülkelerin yaklaşık üçte birinden fazlası birbirine ihracat yapar.	0,79	0,82	1
	Kuzey Amerika kıtasındaki ülkelerin yaklaşık üçte birinden fazlası birbirine güçlü düzeyde ihracat yapar.	0,72	0,72	1
	Okyanusya kıtasındaki ülkelerin yaklaşık üçte birinden fazlası birbirine orta düzeyde ihracat yapar.	0,70	0,70	0,70
EKİ	Ekonomik karmaşıklığı çok yüksek ülkelerin yaklaşık üçte birinden fazlası birbirine ihracat yapar.	0,70	1	1
İhracat	İhracatı çok yüksek ülkelerin yaklaşık üçte birinden fazlası birbirine ihracat yapar.	1	1	1
	İhracatı çok yüksek ülkelerin yaklaşık üçte birinden fazlası birbirine güçlü düzeyde ihracat yapar.	1	1	1
Kişi başı GSYH	Kişi başı GSYH'si yüksek ülkelerin yaklaşık üçte birinden fazlası birbirine ihracat yapar.	0,71	0,97	1
İthalat	İthalatı çok yüksek ülkelerin çoğu birbirine güçlü düzeyde ihracat yapar.	0,96	1	1
	İthalatı çok yüksek ülkelerin çoğu birbirine ihracat yapar.	0,93	0,97	1
	İthalatı yüksek ülkelerin yaklaşık üçte birinden fazlası birbirine güçlü düzeyde ihracat yapar.	0,94	1	1
	İthalatı yüksek ülkelerin yaklaşık üçte birinden fazlası birbirine ihracat yapar.	0,82	1	1
Bölge	Batı Avrupa ülkelerinin yaklaşık üçte birinden fazlası birbirine güçlü düzeyde ihracat yapar.	0,76	1	1
	Batı Avrupa ülkelerinin yaklaşık üçte birinden fazlası birbirine ihracat yapar.	0,72	1	1

6.6. Genel Değerlendirme

Bu bölümde, Bölüm 6.5'te uluslararası ticaret ağında yineleme ve karşılıklılık temelli dilsel özetleme ile elde edilen dilsel özetlerin değerlendirmesine yer verilmiştir.

6.6.1. Yineleme temelli dilsel özetlerin değerlendirmesi

Bu altbölümde, öncelikle yineleme temelli dilsel özetlerin ağ, niceleyici, bağıntı ve karşılıklılık türlerine göre değişimleri incelenmiştir. Sonrasında, UTA'dan elde edilen yineleme temelli dilsel özetlere ilişkin sonuçlara yer verilmiştir.

Çizelge 6.14 akışların tümü dikkate alınarak oluşturulan Bulanık UTA ile ilk 10 akış dikkate alınarak oluşturulan Bulanık ilk 10 UTA karşılaştırılmasını göstermektedir. Bulanık UTA'da akış sayısı fazla olması nedeniyle sıfırdan büyük doğruluk derecesine sahip özet sayısı ve bütün özetlerin doğruluk dereceleri toplamı daha yüksektir.

Çizelge 6.14. Yineleme temelli dilsel özetlerin ağ türüne değişimi

	Bulanık UTA	Bulanık İlk 10 UTA	Değişim
Akış sayısı	2164	1193	971
Sıfırdan büyük doğruluk derecesine sahip özet sayısı	27542	23670	3872
Bütün özetlerin doğruluk dereceleri toplamı	15788	14373	1415

Çizelge 6.15 Bulanık UTA ve Bulanık ilk 10 UTA'da doğruluk derecesi 0,7'den büyük yineleme temelli dilsel özetlerin niceleyici türüne değişimini göstermektedir. Bazı niceleyicisi kullanılarak elde edilen doğruluk derecesi 0,7'den dilsel özet sayısı diğer niceleyici türlerine göre yüksektir. Sadece yaklaşık yarısı ve çoğu niceleyicisi kullanılarak elde edilen doğruluk derecesi 0,7'den dilsel özet sayısı oldukça azdır.

Çizelge 6.15. Bulanık UTA ve bulanık ilk 10 UTA'da doğruluk derecesi 0,7'den büyük yineleme temelli dilsel özetlerin niceleyici türüne değişimi

	Bulanık UTA				Bulanık ilk 10 UTA			
Niceleyici	Bazı	Az sayıda	Yaklaşık yarısı	Çoğu	Bazı	Az sayıda	Yaklaşık yarısı	Çoğu
Bazı	3830	3709	225	67	3514	3430	139	60
Az sayıda	631	551	89	19	1209	1140	36	18
Yaklaşık yarısı	309	293	1	0	223	224	0	0
Çoğu	1590	1205	1	0	924	655	1	0

Çizelge 6.16 Bulanık UTA ve bulanık ilk 10 UTA'da yineleme temelli dilsel özetlerin bağlantı ve karşılıklılık türüne değişimini göstermektedir. Güçlü düzey ihracat bağıntısı ile Bulanık UTA ve bulanık ilk 10 UTA'dan elde edilen özetlerin büyük çoğunluğunun aynı olduğu, farklı olan özetlerin doğruluk dereceleri arasındaki farkın ise az olduğu görülmektedir. Zayıf düzey ihracat bağıntısı ile Bulanık UTA ve bulanık ilk 10 UTA'dan elde edilen özetlerin farklı olduğu ve farklı olan özetlerin doğruluk dereceleri arasındaki farkın ise çok fazla olduğu görülmektedir. İhracat ve orta düzey ihracat bağıntısı ile Bulanık UTA ve bulanık ilk 10 UTA'dan elde edilen özetlerde farklı olan özet sayısı yüksek görülmekle birlikte doğruluk dereceleri arasındaki farkların toplamların düşük olduğu görülmektedir.

Çizelge 6.16. Bulanık UTA ve bulanık ilk 10 UTA'da yineleme temelli dilsel özetlerin bağlantı türüne değişimi

Bağıntı Türü	Her İki Ağ İçin Doğruluk Derecesi Aynı Olan Özet Sayısı	Doğruluk Derecesi Farklı Olan Özet Sayısı	Doğruluk Dereceleri Arasındaki En Büyük Fark	Doğruluk Dereceleri Arasındaki Farkların Toplamı
İhracat	10099	6797	0,670	408,30
Güçlü düzeyde ihracat	15672	1224	0,615	14,24
Orta düzeyde ihracat	11606	5290	0,996	770,59
Zayıf düzeyde ihracat	9269	7627	1	3793,35

Bulanık UTA ve Bulanık ilk 10 UTA'da karşılıklılık temelli dilsel özetler karşılaştırıldığında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Bulanık UTA ve Bulanık ilk 10 UTA karşılaştırıldığında Bulanık UTA'da akış sayısı fazla olması nedeniyle sıfırdan büyük doğruluk derecesine sahip özet sayısı ve bütün özetlerin doğruluk dereceleri toplamının daha yüksek olduğu görülmektedir. Bulanık UTA'nın daha fazla akışı dikkate alması nedeniyle 0,7'den büyük doğruluk derecesine sahip özet sayısı daha fazladır. Niceleyici türleri bazında da Bulanık UTA'da 0,7'den büyük doğruluk derecesine sahip özet sayısı genellikle daha fazladır (Bkz. Çizelge 6.15).
- Doğruluk derecesi 0,7'den büyük yineleme temelli dilsel özetlerin niceleyici türüne değişimi incelendiğinde yaklaşık yarısı ve çoğu niceleyicisi kullanılarak elde edilen doğruluk derecesi 0,7'den dilsel özet sayısının Bulanık UTA'da 2 ve bulanık ilk 10 UTA'da 1 olduğu görülmektedir. Bazı niceleyicisi kullanılarak elde edilen doğruluk derecesi 0,7'den dilsel özet sayısı her iki ağ türünde de diğer niceleyicilere göre daha fazladır. Çizelge 6.9'da sunulan özellikler listesi dikkate alınarak oluşturulan yineleme temelli dilsel özet formunda ülkelerin özellikler bazında birbiri ile yoğun şekilde ihracat yapmadığı söylenebilir.
- Yineleme temelli dilsel özetlerin bağlantı ve karşılıklılık türüne göre değişimine bakıldığında güçlü düzey ihracat bağıntısı ile Bulanık UTA ve bulanık ilk 10 UTA'dan elde edilen özetlerin birbirine benzer olduğu görülmektedir. Yine ihracat ve orta düzey ihracat bağıntısı ile elde edilen dilsel özetlerin doğruluk dereceleri arasındaki farkların toplamının düşük olduğu görülmektedir. Zayıf ihracat bağıntısı ile Bulanık UTA ve bulanık ilk 10 UTA'dan elde edilen dilsel özetlerin hem sayı hem de doğruluk dereceleri arasındaki farkların toplamı açısından farklı olduğu görülmektedir (Bkz. Çizelge 6.16).

6.6.2. Karşılıklılık temelli dilsel özetlerin değerlendirmesi

Bu altbölümde, öncelikle karşılıklılık temelli dilsel özetlerin ağ, niceleyici, bağıntı ve karşılıklılık türlerine göre değişimleri incelenmiştir. Sonrasında, UTA'dan elde edilen karşılıklılık temelli dilsel özetlere ilişkin sonuçlara yer verilmiştir.

Çizelge 6.17 karşılıklılık temelli dilsel özetler için akışların tümü dikkate alınarak oluşturulan Bulanık UTA ile ilk 10 akış dikkate alınarak oluşturulan Bulanık ilk 10 UTA karşılaştırılmasını göstermektedir. Bulanık UTA'da akış sayısı fazla olması nedeniyle güçlü, orta ve zayıf karşılılık açısından sıfırdan ve 0,7'den büyük doğruluk derecesine sahip özet sayısı ve bütün özetlerin doğruluk dereceleri toplamı daha yüksektir.

Çizelge 6.17. Karşılıklılık temelli dilsel özetlerin ağ türüne değişimi

		Bulanık UTA	Bulanık İlk 10 UTA	Değişim
Akış sayısı		2164	1193	971
Sıfırdan büyük doğruluk derecesine sahip özet sayısı	Güçlü Karşılıklılık	76	49	27
	Orta Karşılıklılık	250	128	122
	Zayıf Karşılıklılık	384	336	48
0,7 ve daha büyük doğruluk derecesine sahip özet sayısı	Güçlü Karşılıklılık	19	17	2
	Orta Karşılıklılık	112	57	65
	Zayıf Karşılıklılık	350	255	95
Bütün özetlerin doğruluk dereceleri toplamı		519	361	158

Çizelge 6.18 Bulanık UTA ve Bulanık ilk 10 UTA için karşılıklılık temelli dilsel özetlerin bağlantı ve karşılıklılık türüne değişimini göstermektedir. Güçlü düzeyde ihracat bağıntısı ile Bulanık UTA ve bulanık ilk 10 UTA'dan elde edilen özetlerin hemen hemen tamamının aynı olduğu görülmektedir. Karşılıklılık türü açısında değerlendirildiğinde ise her iki ağ için güçlü karşılıklılık temelli dilsel özetlerin doğruluk derecelerinin aynı olması oranı, orta ve zayıf karşılıklılığa göre daha yüksektir.

Çizelge 6.18. Bulanık UTA ve bulanık ilk 10 UTA için karşılıklılık temelli dilsel özetlerin bağlantı ve karşılıklılık türüne değişimi

Bağıntı Türü	Karşılıklılık Türü	Her İki Ağ İçin Doğruluk Derecesi Aynı Olan Özet Sayısı	Doğruluk Derecesi Farklı Olan Özet Sayısı	Doğruluk Dereceleri Arasındaki En Büyük Fark	Doğruluk Dereceleri Arasındaki Farkların Toplamı
İhracat	Güçlü	64	35	0,240	2,438
	Orta	29	60	0,300	5,823
	Zayıf	82	17	0,232	0,644
Güçlü düzeyde ihracat	Güçlü	97	2	0,004	0,007
	Orta	97	2	0,003	0,005
	Zayıf	97	2	0,005	0,007
Orta düzey ihracat	Güçlü	94	5	0,108	0,177
	Orta	57	42	0,939	9,786
	Zayıf	42	57	0,990	8,410
Zayıf düzeyde ihracat	Güçlü	90	9	0,683	2,271
	Orta	25	74	1	52,361
	Zayıf	7	92	1	76,061

Çizelge 6.19 doğruluk derecesi 0,7'den büyük karşılıklılık temelli dilsel özetlerin bağlantı ve niceleyici türüne değişimini göstermektedir. İhracat ve güçlü düzeyde ihracat bağıntısı kullanılarak elde edilen doğruluk derecesi 0,7'den büyük dilsel özetlerin sayısı Bulanık UTA ve Bulanık ilk 10 UTA için neredeyse aynıdır. Orta düzey ihracat bağıntısında benzer iken zayıf düzey ihracat bağıntısında tamamen farklıdır.

Çizelge 6.19. Doğruluk derecesi 0,7'den büyük karşılıklılık temelli dilsel özetlerin bağlantı ve niceleyici türüne değişimi

		Bulanık UTA			Bulanık İlk 10 UTA		
Bağıntı Türü	Niceleyici	Güçlü	Orta	Zayıf	Güçlü	Orta	Zayıf
İhracat	Çoğu	1	2	29	1	2	29
	Yaklaşık yarısından fazlası	1	10	31	1	10	31
	Yaklaşık üçte birinden fazlası	7	16	32	6	16	32
Güçlü düzeyde ihracat	Çoğu	1	2	29	1	2	29
	Yaklaşık yarısından fazlası	1	9	31	1	9	31
	Yaklaşık üçte birinden fazlası	5	14	31	5	14	31
Orta düzey ihracat	Çoğu	0	0	20	0	0	15
	Yaklaşık yarısından fazlası	1	3	27	1	1	23
	Yaklaşık üçte birinden fazlası	1	7	31	1	3	29
Zayıf düzeyde ihracat	Çoğu	0	11	28	0	0	0
	Yaklaşık yarısından fazlası	0	17	30	0	0	2
	Yaklaşık üçte birinden fazlası	1	21	31	0	0	3

Bulanık UTA ve Bulanık ilk 10 UTA'da karşılıklılık temelli dilsel özetler karşılaştırıldığında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Güçlü karşılıklılık temelli dilsel özetleme yapıldığında doğruluk derecesi 0,7'den büyük dilsel özetlerin toplam özet sayısına oranı her iki ağ türü için yaklaşık %5'tir. Orta düzey karşılıklılık temelli dilsel özetleme yapıldığında doğruluk derecesi 0,7'den büyük dilsel özetlerin toplam özet sayısına oranı Bulanık UTA için yaklaşık %28 iken Bulanık ilk 10 UTA için yaklaşık %14'tür. Zayıf düzey karşılıklılık temelli dilsel özetleme yapıldığında doğruluk derecesi 0,7'den büyük dilsel özetlerin toplam özet sayısına oranı Bulanık UTA için yaklaşık %88 iken Bulanık ilk 10 UTA için yaklaşık %64'tür. Söz konusu veriler ışığında güçlü ve orta düzey karşılıklılık temelli dilsel özetlemenin UTA için uygun olabileceği, zayıf düzey karşılıklılık temelli dilsel özetlemenin ise uygun olmayacağı değerlendirilebilir. Bu nedenle, aşağıdaki

maddelerde zayıf düzey karşılıklılık temelli dilsel özetleme ile elde edilen sonuçlar yorumlanmamıştır.

- Çoğu niceleyicisi ile elde edilen doğruluk derecesi 0,7'den büyük dilsel özetlerin sayısı diğer niceleyici türlerine göre her iki ağ türü için de azdır. Doğruluk derecesi 0,7'den büyük dilsel özetler genellikle yaklaşık üçte birinden fazlası niceleyicisi ile elde edilmektedir. Çizelge 6.9'da sunulan özellikler listesi dikkate alınarak oluşturulan karşılıklılık temelli dilsel özet formunda ülkelerin özellikler bazında birbiri ile yoğun şekilde ihracat yapmadığı söylenebilir.
- Bulanık UTA ve Bulanık ilk 10 UTA'da kıta özelliği dikkate alınarak oluşturulan dilsel özetler incelendiğinde sadece Kuzey Amerika ve Okyanusya için güçlü karşılıklılık temelli dilsel özetler elde edilebilmektedir. Orta düzey karşılıklılık temelli dilsel özetleme ile Afrika kıtası dışında diğer tüm kıtalara ilişkin özetler elde edilebilmektedir.
- Bulanık UTA'da EKİ özelliği açısından değerlendirme yapıldığında sadece çok yüksek EKİ'ye sahip ülkeler için güçlü karşılıklılık temelli dilsel özetler elde edilebilmektedir. Orta düzey karşılıklılık temelli dilsel özetleme ile yüksek EKİ'ye sahip ülkelere ilişkin özetler elde edilebilmektedir. Düşük ve orta EKİ'ye sahip ülkelere ilişkin güçlü ve orta düzey karşılıklılık temelli dilsel özetleme ile anlamlı sonuçlar elde edilememiştir. Bulanık ilk 10 UTA'da EKİ özelliği açısından değerlendirme yapıldığında sadece çok yüksek EKİ'ye sahip ülkeler için orta düzey karşılıklılık temelli dilsel özetler elde edilebilmektedir.
- Bulanık UTA'da kişi başı GSYH açısından değerlendirme yapıldığında sadece yüksek kişi başı GSYH'ye sahip ülkeler için güçlü karşılıklılık temelli dilsel özetler elde edilebilmektedir. Orta düzey karşılıklılık temelli dilsel özetleme ile tüm kişi başı GSYH grupları için özetler elde edilebilmektedir. Bulanık ilk 10 UTA'da kişi başı GSYH açısından değerlendirme yapıldığında sadece güçlü ve orta düzey karşılıklılık temelli dilsel özetleme ile sadece yüksek ve çok yüksek kişi başı GSYH grupları için özetler elde edilebilmektedir.
- İthalat hacmi açısından değerlendirme yapıldığında yüksek ve çok yüksek ithalat yapan ülkeler için güçlü karşılıklılık temelli dilsel özetler elde edilebilmektedir. Orta düzey karşılıklılık temelli dilsel özetleme ile tüm ithalat grupları için özetler elde edilebilmektedir.

- İhracat hacmi açısından değerlendirme yapıldığında sadece çok yüksek ihracat yapan ülkeler için güçlü karşılıklılık temelli dilsel özetler elde edilebilmektedir. Orta düzey karşılıklılık temelli dilsel özetleme ile düşük ve yüksek ihracat grupları için özetler elde edilebilmektedir. Çok düşük ihracat yapan ülkeler için güçlü ve orta düzey karşılıklılık temelli dilsel özetleme ile anlamlı sonuçlar elde edilememiştir.
- Bulanık UTA'da gelir grupları açısından değerlendirme yapıldığında güçlü karşılıklılık temelli dilsel özetleme ile anlamlı sonuçlar elde edilememiştir. Orta düzey karşılıklılık temelli dilsel özetleme ile Orta Düşük, Orta Yüksek ve Yüksek Gelir OECD grupları için dilsel özetler elde edilebilmektedir. Düşük ve OECD olmayan Yüksek Gelir grupları için güçlü ve orta düzey karşılıklılık temelli dilsel özetleme ile anlamlı sonuçlar elde edilememiştir. Bulanık ilk 10 UTA'da gelir grupları açısından değerlendirme yapıldığında sadece Yüksek Gelir OECD ülkeleri için orta düzey karşılıklılık temelli dilsel özetler elde edilebilmektedir.
- Bölge özelliği dikkate alınarak oluşturulan dilsel özetler incelendiğinde sadece Batı Avrupa için güçlü karşılıklılık temelli dilsel özetler elde edilebilmektedir. Orta düzey karşılıklılık temelli dilsel özetleme ile Batı Avrupa'nın yanı sıra Doğu Avrupa ve Orta Asya, Güney Asya, Doğu Asya ve Pasifik, Kuzey ve Latin Amerika ve Karayipler bölgelerine ilişkin özetler elde edilebilmektedir. Sahara Altı Afrika ve Orta Doğu ve Afrika kıtaları için anlamlı sonuçlar elde edilememiştir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Verinin bilgiye dönüştürülme sürecinde anlamlı örüntülerin ortaya çıkarılması ve karar vericilere sunulması kadar bilginin kolay anlaşılabilir olması da oldukça önemlidir. Doğal dil yardımıyla insanlar tarafından günlük hayatta sık kullanılan ve kolay anlaşılabilir bir yapıda bilgiyi karar vericilere sunabilmesi sayesinde dilsel özetleme, son yıllarda önemli bir veri madenciliği/bilgi keşfi yöntemi olmuştur. BK, günlük hayatta kullanılan çoğu, orta gelirli vb. dilsel terimleri ifade etmede önemli bir role sahiptir. Bu nedenle, dilsel özetlemede BK temelli yöntemlerin geliştirilmiştir. Literatürde dilsel özetleme için geliştirilen yöntemlerde özetleme işleminin birbiri ile ilişkili olmayan nesneler için yapıldığı anlaşılmaktadır. Ancak, günümüz karar verme problemlerinin karmaşık ağ yapıları ile modellendiği dikkate alınırsa karmaşık ağ yapılarından insanların kolay anlayabileceği şekilde kullanışlı bilgiler çıkarılması oldukça önemlidir.

Bu tez çalışmasında dilsel özetlemenin bilgi ağlarına uygulanarak ağ yapısından dilsel özetlerin çıkarılması için dilsel özet formları ve bu dilsel özetlerin doğruluk derecesinin elde edilebilmesi için yöntemler önerilmiştir. Polyadik niceleyicilerdeki yineleme, karşılıklılık, dallanma ve ardıl gönderim süreçleri yarı bulanık niceleyiciler aracılığıyla bulanık kümeye genişletilerek dilsel özet formları için özgün değerlendirme yöntemleri geliştirilmiştir. Burada, yarı bulanık niceleyiciler dilsel özetleme ile bilgi ağları arasında köprü görevi rolünü üstlenmiştir. Böylelikle, hem bilgi ağlarında düğümlerin özellik değerlerini hem de aralarındaki bağıntıyı dikkate alan yöntemler ilk kez önerilmiştir.

Tezin uygulama alanı olarak bilgi ağların bir çeşidi olan uluslararası ticaret ağı seçilmiştir. UTA literatürü incelendiğinde araştırmacıların genellikle istatistiksel ağ analizi yöntemleri kullanarak UTA'nın topolojik özellikleri üzerine yoğunlaştığı görülmüştür. Söz konusu çalışmalarda ülkelerin özellikleri dikkate alınmamıştır. Tez çalışmasında ülkeler arasındaki bağıntıyı oluşturabilmek için uluslararası ticaret istatistikleri kullanılmıştır. Söz konusu istatistikler ülkelerin ithalat ve ihracat hacmine göre ayrıştırılmasında da kullanılmıştır. Ayrıca, ülkelerin özellikleri olarak gayri safi yurtiçi hasıla, ekonomik karmaşıklık indeksi, gelir grubu, ithalat hacmi, ihracat hacmi, kıta ve bölge verileri kullanılmıştır. Gayri safi yurtiçi hasıla, ekonomik karmaşıklık indeksi, ithalat ve ihracat hacmi bulanık c-ortalama algoritması kullanılarak düşük, orta, yüksek gibi dilsel etiketlere ayrıştırılmıştır. Literatürde UTA'nın ağ gösterimi ikili (ağırlıksız) ve ağırlıklı ağ olarak oluşturulmakta

iken tez çalışmasında ilk kez UTA bulanık kümeler kullanılarak gösterilmiştir. Ülkeler arasındaki yönlü ihracat bağıntısı, bir ülkeden diğerine ihracat miktarının toplam ihracat miktarına oranı dikkate alınarak bulanık olarak ifade edilmiştir. Söz konusu ihracat bağıntısı kullanılarak Bulanık UTA gösterimi yapılmıştır. Bulanık UTA'ya ek olarak ülkeler arasındaki en yüksek ilk 10 akış dikkate alınarak Bulanık ilk 10 UTA gösterimi de yapılmıştır. Ayrıca, ihracat bağıntısı güçlü, ota ve zayıf düzey ihracat bağıntısı şeklinde ayrıklaştırılarak daha fazla bağıntı türünün kullanımı sağlanmıştır. Çalışmada çoğu, yaklaşık yarısı, az sayıda, bazı, yaklaşık yarısından fazlası ve yaklaşık üçte birinden fazlası olmak üzere toplam 6 niceleyici türü kullanılmıştır. Yineleme ve karşılıklılık temelli dilsel özet formları kullanılarak UTA'nın dilsel özetlemesi yapılmıştır. Elde edilen dilsel özetlerden çeşitli istatistikler çıkarılarak uygulamanın değerlendirmesi yapılmıştır.

UTA'nın dilsel özetlemesinden elde edilen bazı sonuçlar şu şekildedir. Bulanık UTA'da daha fazla akışı dikkate alması nedeniyle Bulanık ilk 10 UTA'ya göre daha fazla 0,7'den büyük dilsel özet elde edilebilmektedir. Bazı, az sayıda ve yaklaşık üçte biri niceleyicileri kullanılarak elde edilen dilsel özetlerin sayısı çoğu ve yaklaşık yarısı niceleyicileri kullanılarak elde edilen dilsel özetlerin sayısından daha fazladır. Bu nedenle, ülkelerin çalışmada dikkate alınan özellikler bazında birbiri ile yoğun şekilde ihracat yapmadığı söylenebilir. Yineleme temelli dilsel özetlemeden elde edilen sonuçlara göre zayıf ihracat bağıntısı kullanıldığında Bulanık UTA ve bulanık ilk 10 UTA'dan elde edilen dilsel özetlerin hem sayı hem de doğruluk dereceleri arasındaki farkların toplamı açısından farklı olduğu görülmektedir. Bu nedenle, zayıf ihracat bağıntısı dışındaki diğer bağıntı türlerinin kullanımı daha uygun olacaktır. Karşılıklılık temelli dilsel özetlemeden elde edilen sonuçlara göre ise güçlü ve orta düzey karşılıklılık temelli dilsel özetlemeden zayıf düzeye kıyasla daha uygun sonuçlar elde edilebilmektedir.

Tez çalışmasında önerilen yöntemler kullanılarak gelecekte yapılabilecek bazı çalışmalar şu şekildedir. İlk olarak, önerilen yöntemler sadece bilgi ağları için değil aynı zamanda karmaşık ağ çeşidi olan sosyal ağlar ve teknoloji ağlarında da kullanılabilir. İkinci olarak, bulanık bilgi ağlarının dilsel özetlemesi için önerilen genel çerçevede dilsel özet formları tek bir niceleyici bulanıklaştırma mekanizması kullanılarak önerilmiştir. Literatürdeki diğer niceleyici bulanıklaştırma mekanizmalarının önerilebileceği gibi yeni niceleyici bulanıklaştırma mekanizması da tanımlanabilir. Son olarak, tez çalışmasında tip-1 bulanık kümelere dayalı önerilen yöntemler ve yaklaşımlar tip-2 bulanık kümelere genişletilebilir.

KAYNAKLAR

1. Hand, D. J., Mannila, H. and Smyth, P. (2001). *Principles of data mining (adaptive computation and machine learning)*. Massachusetts: MIT Press, 1-4.

2. Sumathi, S. and Sivanandam, S. (2006). *Introduction to data mining and its applications*. New York: Springer, 5-6.

3. Han, J., Pei, J. and Kamber, M. (2011). *Data mining: Concepts and techniques*. San Francisco: Elsevier, 5-8.

4. Marz, N. and Warren, J. (2015). *Big data: Principles and best practices of scalable realtime data systems*. Greenwich: Manning Publications, 1-5.

5. Tan, P., Steinbach, M. and Kumar, V. (2006). *Introduction in data mining*. Boston: Pearson Addison Wesley, 1-5.

6. Newman, M. E. (2003). The structure and function of complex networks. *SIAM review*, 45(2), 167-256.

7. Golbeck, J. (2013). *Analyzing the social web*. Waltham, MA: Morgan Kaufmann, 1-7.

8. Zadeh, L. A., Abbasov, A. M. and Shahbazova, S. N. (2015). Fuzzy-based techniques in human-like processing of social network data. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 23(1), 1-14.

9. Brunelli, M. and Fedrizzi, M. (2009). A fuzzy approach to social network analysis. *Proceedings of the 2009 International Conference on Advances in Social Network Analysis and Mining, ASONAM 09*, 225-230.

10. Brunelli, M., Fedrizzi, M. and Fedrizzi, M. (2011). Owa-based fuzzy m-ary adjacency relations in social network analysis. In R. R. Yager, J. Kacprzyk and G. Beliakov (Eds.), *Recent developments in the ordered weighted averaging operators: Theory and practice.* Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 255-267.

11. Brunelli, M., Fedrizzi, M. and Fedrizzi, M. (2014). Fuzzy m-ary adjacency relations in social network analysis: Optimization and consensus evaluation. *Information Fusion*, 17, 36-45.

12. Fan, T. G., Liau, C. J. and Lin, T. Y. (2007). Positional analysis in fuzzy social networks. *Proceedings - 2007 IEEE International Conference on Granular Computing, GrC 2007*, 423-428.

13. Fan, T.-F., Liau, C.-J. and Lin, T.-Y. (2008). A theoretical investigation of regular equivalences for fuzzy graphs. *International Journal of Approximate Reasoning*, 49(3), 678-688.

14. Kundu, S. and Pal, S. K. (2015). Fgsn: Fuzzy granular social networks – model and applications. *Information Sciences*, 314, 100-117.

15. Nair, P. S. and Sarasamma, S. T. (2007). Data mining through fuzzy social network analysis. *Fuzzy Information Processing Society, 2007. NAFIPS'07. Annual Meeting of the North American*, 251-255.

16. Hu, R.-J., Li, Q., Zhang, G.-Y. and Ma, W.-C. (2015). Centrality measures in directed fuzzy social networks. *Fuzzy Information and Engineering*, 7(1), 115-128.

17. Havens, T. C., Bezdek, J. C., Leckie, C., Ramamohanarao, K. and Palaniswami, M. (2013). A soft modularity function for detecting fuzzy communities in social networks. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 21(6), 1170-1175.

18. Liu, J. (2010). Fuzzy modularity and fuzzy community structure in networks. *The European Physical Journal B*, 77(4), 547-557.

19. Su, J. and Havens, T. C. (2014). A generalized fuzzy t-norm formulation of fuzzy modularity for community detection in social networks. In M. Jamshidi, V. Kreinovich and J. Kacprzyk (Eds.), *Advance trends in soft computing: Proceedings of wcsc 2013, december 16-18, san antonio, texas, USA.* Cham: Springer International Publishing, 65-76.

20. Su, J. and Havens, T. C. (2014). Fuzzy community detection in social networks using a genetic algortihm. *Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE), 2014 IEEE International Conference on*, 2039-2046.

21. Jianhai, S. and Havens, T. C. (2015). Quadratic program-based modularity maximization for fuzzy community detection in social networks. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 23(5), 1356-1371.

22. Zhang, S., Wang, R.-S. and Zhang, X.-S. (2007). Identification of overlapping community structure in complex networks using fuzzy -means clustering. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 374(1), 483-490.

23. Davis, G. B. and Carley, K. M. (2008). Clearing the fog: Fuzzy, overlapping groups for social networks. *Social Networks*, 30(3), 201-212.

24. Wahl, S. and Sheppard, J. (2015). Hierarchical fuzzy spectral clustering in social networks using spectral characterization. *FLAIRS Conference*, 305-310.

25. Bastani, S., Jafarabad, A. K. and Zarandi, M. H. F. (2013). Fuzzy models for link prediction in social networks. *International Journal of Intelligent Systems*, 28(8), 768-786.

26. Yager, R. R. and Yager, R. L. (2013). Social networks: Querying and sharing mined information. *System Sciences (HICSS), 2013 46th Hawaii International Conference on*, 1435-1442.

27. Yager, R. R. (2008). Intelligent social network analysis using granular computing. *International Journal of Intelligent Systems*, 23(11), 1197-1219.

28. 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.

29. Chen, S.-M., Randyanto, Y. and Cheng, S.-H. (2016). Fuzzy queries processing based on intuitionistic fuzzy social relational networks. *Information Sciences*, 327, 110-124.

30. Wi, H. and Jung, M. (2014). An evaluation fuzzy model and its application for knowledge-based social network. In W. Pedrycz and S.-M. Chen (Eds.), *Social networks: A framework of computational intelligence.* Cham: Springer International Publishing, 313-332.

31. Yager, R. R. and Reformat, M. Z. (2013). Looking for like-minded individuals in social networks using tagging and e fuzzy sets. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 21(4), 672-687.

32. Stakias, G., Psoras, M. and Glykas, M. (2013). Fuzzy cognitive maps in social and business network analysis. In M. Glykas (Eds.), *Business process management: Theory and applications.* Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 241-279.

33. Zadeh, L. A. (1996). Fuzzy logic= computing with words. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 4(2), 103-111.

34. Zadeh, L. A. (1999). From computing with numbers to computing with words. From manipulation of measurements to manipulation of perceptions. *Circuits and Systems I: Fundamental Theory and Applications, IEEE Transactions on*, 46(1), 105-119.

35. Zadeh, L. A. (2000). Outline of a computational theory of perceptions based on computing with words. In N. K. Sinha and M. M. Gupta (Eds.), *Soft computing and intelligent systems: Theory and applications.* New York: Academic Press, 3-22.

36. Bargiela, A. and Pedrycz, W. (2003). *Granular computing: An introduction*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1-4.

37. Zadrożny, S., De Tré, G., De Caluwe, R. and Kacprzyk, J. (2009). An overview of fuzzy approaches to flexible database querying. In J. Erickson (Eds.), *Database technologies: Concepts, methodologies, tools, and applications.* Barcelona: IGI Global, 135-156.

38. Rickard, J. T. and Yager, R. R. (2013, June). *Perceptual computing in social networks.* Paper presented at the 2013 Joint IFSA World Congress and NAFIPS Annual Meeting (IFSA/NAFIPS), Edmonton, Alberta, Canada.

39. Casasús-Estellés, T. and Yager, R. (2014). Fuzzy concepts in small worlds and the identification of leaders in social networks. In A. Laurent, O. Strauss, B. Bouchon-Meunier and R. Yager (Eds.), *Information processing and management of uncertainty*

in knowledge-based systems. Montpellier, France: Springer International Publishing, 37-45.

40. Atanassov, K. T. (1986). Intuitionistic fuzzy sets. *Fuzzy Sets and Systems*, 20(1), 87-96.

41. Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and control*, 8(3), 338-353.

42. Ross, T. J. (2010). *Fuzzy logic with engineering applications* (Third Edition). Chichester, England: John Wiley & Sons, 1-25.

43. Klir, G. J. and Yuan, B. (1995). *Fuzzy sets and fuzzy logic: Theory and applications*. River, NJ, USA: Prentice Hall, 1-55.

44. Zadeh, L. A. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning - I. *Information Sciences*, 8(3), 199-249.

45. Dunn, J. C. (1973). A fuzzy relative of the isodata process and its use in detecting compact well-separated clusters. *Journal of Cybernetics*, 3(3), 32-57.

46. Bezdek, J. C. (1981). *Pattern recognition with fuzzy objective function algorithms*. Norwell, MA, USA: Kluwer Academic Publishers, 1-256.

47. Estrada, E. (2011). *The structure of complex networks: Theory and applications*. Oxford: Oxford University Press, 3-23.

48. Euler, L. (1736). Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis. *Commentarii academiae scientiarum Petropolitanae*, 8, 128-140.

49. Sylvester, J. J. (1878). Chemistry and algebra. *Nature*, 17, 284.

50. Biggs, N., Lloyd, E. K. and Wilson, R. J. (1976). *Graph theory 1736-1936*. Oxford: Clarendon Press, 1-239.

51. Harary, F. *Graph theory. 1969*. Reading, MA: Addison-Wesley, 1-273.

52. Henley, E. J. and Williams, R. A. (1973). *Graph theory in modern engineering: Computer aided design, optimization, reliability analysis*. Orlando: Academic Press, Inc., 1-303.

53. Deo, N. (1974). *Graph theory with applications to engineering and computer science*. New Delhi: Prentice-Hall of India, 1-478.

54. Rosenfeld, A. (1975). Fuzzy graphs. In L. A. Zadeh, K. S. Fu and M. Shimura (Eds.), *Fuzzy sets and their applications.* New York: Academic Press, 77-95.

55. Bondy, J. A. and Murty, U. S. R. (1976). *Graph theory with applications*. London: Macmillan, 1-264.

56. Chartrand, G. (1985). *Introductory graph theory*. Mineola, New York: Dover Publications.

57. Buckley, F. and Harary, F. (1990). *Distance in graphs*. Redwood City, CA: Addison-Wesley.

58. Kóczy, L. (1992). Fuzzy graphs in the evaluation and optimization of networks. *Fuzzy Sets and Systems*, 46(3), 307-319.

59. Bollobás, B. (1998). *Modern graph theory*. New York: Springer.

60. Mordeson, J. N. and Nair, P. S. (2000). *Fuzzy graphs and fuzzy hypergraphs*. Berlin: Springer.

61. West, D. B. (2001). *Introduction to graph theory*. Upper Saddle River: Prentice Hall.

62. Berge, C. (2001). *The theory of graphs*. Mineola, NY: Courier Dover Publications.

63. Gross, J. L. and Yellen, J. (2005). *Graph theory and its applications*. Boca Raton, FL: CRC press.

64. Bondy, J. and Murty, U. (2008). *Graph theory (graduate texts in mathematics)*. New York: Springer.

65. Chartrand, G., Lesniak, L. and Zhang, P. (2010). *Graphs & digraphs*. Boca Raton: CRC Press.

66. Newman, M. (2010). *Networks: An introduction*. Oxford, UK: Oxford University Press.

67. Bron, C. and Kerbosch, J. (1973). Algorithm 457: Finding all cliques of an undirected graph. *Communications of the ACM*, 16(9), 575-577.

68. Tarjan, R. (1972). Depth-first search and linear graph algorithms. *SIAM Journal on Computing*, 1(2), 146-160.

69. Alexe, G., Alexe, S., Crama, Y., Foldes, S., Hammer, P. L. and Simeone, B. (2004). Consensus algorithms for the generation of all maximal bicliques. *Discrete Applied Mathematics*, 145(1), 11-21.

70. Oliveira, M. and Gama, J. (2012). An overview of social network analysis. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 2(2), 99-115.

71. John, S. (2000). *Social network analysis: A handbook* (Second Edition). London: Sage, 1-208.

72. Wasserman, S. and Faust, K. (1994). *Social network analysis : Methods and applications*. Cambridge, New York: Cambridge University Press, 1-825.

73. Freeman, L. C. (1979). Centrality in social networks conceptual clarification. *Social networks*, 1(3), 215-239.

74. Bonacich, P. (1987). Power and centrality: A family of measures. *American journal of sociology*, 1170-1182.

75. İnternet: FMS Advanced Systems Group. Social network analysis diagrams. URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.fmsasg.com%2Ffmsasg%2FSocialNetworkAnalysis&date=2016-08-07, Son Erişim Tarihi: 07.08.2016.

76. Erdős, P. and Rényi, A. (1959). On random graphs. *Publicationes Mathematicae Debrecen*, 6, 290-297.

77. Erdős, P. and Rényi, A. (1960). On the evolution of random graphs. *Magyar Tud. Akad. Mat. Kutató Int. Közl*, 5, 17-61.

78. Erdős, P. and Rényi, A. (1961). On the strength of connectedness of a random graph. *Acta Mathematica Hungarica*, 12(1), 261-267.

79. Barabási, A.-L. and Albert, R. (1999). Emergence of scaling in random networks. *Science*, 286(5439), 509-512.

80. Albert, R. and Barabási, A.-L. (2002). Statistical mechanics of complex networks. *Reviews of modern physics*, 74(1), 47.

81. Albert, R., Jeong, H. and Barabási, A.-L. (2000). Error and attack tolerance of complex networks. *Nature*, 406(6794), 378-382.

82. Caldarelli, G. (2007). *Scale-free networks: Complex webs in nature and technology*. Oxford University Press, 1-328.

83. Clauset, A., Shalizi, C. R. and Newman, M. E. (2009). Power-law distributions in empirical data. *SIAM review*, 51(4), 661-703.

84. Goh, K.-I., Oh, E., Jeong, H., Kahng, B. and Kim, D. (2002). Classification of scale-free networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(20), 12583-12588.

85. Heyde, C. C. and Kou, S. G. (2004). On the controversy over tailweight of distributions. *Operations Research Letters*, 32(5), 399-408.

86. Fox Keller, E. (2005). Revisiting "scale-free" networks. *BioEssays*, 27(10), 1060-1068.

87. Kim, D.-H., Noh, J. D. and Jeong, H. (2004). Scale-free trees: The skeletons of complex networks. *Physical Review E*, 70(4), 046126.

88. Mitzenmacher, M. (2004). A brief history of generative models for power law and lognormal distributions. *Internet mathematics*, 1(2), 226-251.

89. Newman, M. E. (2005). Power laws, pareto distributions and zipf's law. *Contemporary physics*, 46(5), 323-351.

90. Solow, A. R. (2005). Power laws without complexity. *Ecology Letters*, 8(4), 361-363.

91. Moreno, J. (1934). *Who shall survive? Foundations of sociometry, group psychotherapy, and sociodrama*. Beacon, NY: Beacon House Inc.

92. Rapoport, A. (1957). Contribution to the theory of random and biased nets. *The Bulletin of Mathematical Biophysics*, 19(4), 257-277.

93. Milgram, S. (1967). The small world problem. *Psychology Today*, 2(1), 60-67.

94. Adamic, L. A. and Adar, E. (2003). Friends and neighbors on the web. *Social Networks*, 25(3), 211-230.

95. Davis, G. F. and Greve, H. R. (1997). Corporate elite networks and governance changes in the 1980s. *American Journal of Sociology*, 103(1), 1-37.

96. Barabási, A.-L., Jeong, H., Néda, Z., Ravasz, E., Schubert, A. and Vicsek, T. (2002). Evolution of the social network of scientific collaborations. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 311(3), 590-614.

97. Bordons, M. and Gómez, I. (2000). Collaboration networks in science. In B. Cronin and H. B. A. Atkins (Eds.), *The web of knowledge: A festschrift in honor of eugene garfield*. Medford: Information Today, 197-213.

98. Grossman, J. W. and Ion, P. D. (1995). On a portion of the well-known collaboration graph. *Congressus Numerantium*, 129-132.

99. Moody, J. (2004). The structure of a social science collaboration network: Disciplinary cohesion from 1963 to 1999. *American Sociological Review*, 69(2), 213-238.

100. Newman, M. E. (2001). Scientific collaboration networks. I. Network construction and fundamental results. *Physical Review E*, 64(1), 016131.

101. İnternet: Moviegalaxies - Social Networks in Movies. Memento 2000. URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fmoviegalaxies.com%2Fmovies%2F548-Memento&date=2016-10-02, Son Erişim Tarihi: 02.10.2016.

102. Ke, W., Borner, K. and Viswanath, L. (2004, October). *Major information visualization authors, papers and topics in the acm library*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization INFOVIS 2004, Austin, Texas.

103. İnternet: Simulacra. London's rail system as a network. URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fsimulacra.blogs.casa.ucl.ac.uk%2F2011%2F06%2Flondons-rail-system-as-a-network%2F&date=2016-10-02., Son Erişim Tarihi: 02.10.2016.

104. Lu, H., Li, L., Watson, E. R., Williams, R. W., Geisert, E. E., Jablonski, M. M. and Lu, L. (2011). Complex interactions of tyrp1 in the eye. *Molecular Vision*, 17, 2455-2468.

105. Solomonoff, R. and Rapoport, A. (1951). Connectivity of random nets. *The Bulletin of Mathematical Biophysics*, 13(2), 107-117.

106. Kernighan, B. W. and Lin, S. (1970). An efficient heuristic procedure for partitioning graphs. *Bell System Technical Journal*, 49(2), 291-307.

107. Girvan, M. and Newman, M. E. (2002). Community structure in social and biological networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(12), 7821-7826.

108. Yager, R. R. (1982). A new approach to the summarization of data. *Information Sciences*, 28(1), 69-86.

109. 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.

110. Pigeau, A., Raschia, G., Gelgon, M., Mouaddib, N. and Saint-Paul, R. (2003). A fuzzy linguistic summarization technique for tv recommender systems. *Fuzzy Systems, 2003. FUZZ '03. The 12th IEEE International Conference on*, 743-748.

111. Marín, N., Pons, O., Kacprzyk, J., Wilbik, A. and Zadrożny, S. (2008). Advances in intelligent databases and information systemslinguistic summarization of time series using a fuzzy quantifier driven aggregation. *Fuzzy Sets and Systems*, 159(12), 1485-1499.

112. Trivino, G. and Sugeno, M. (2013). Towards linguistic descriptions of phenomena. *International Journal of Approximate Reasoning*, 54(1), 22-34.

113. Hatipoğlu, H., Boran, F. E., Avci, M. and Akay, D. (2014). Linguistic summarization of europe brent spot price time series along with the interpretations from the perspective of turkey. *International Journal of Intelligent Systems*, 29(10), 946-970.

114. Jain, A. and Keller, J. M. (2015). Textual summarization of events leading to health alerts. *2015 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, 7634-7637.

115. Marín, N. and Sánchez, D. (2016). On generating linguistic descriptions of time series. *Fuzzy Sets and Systems*, 285, 6-30.

116. Kacprzyk, J. and Zadrożny, S. (2016). Linguistic summarization of the contents of web server logs via the ordered weighted averaging (owa) operators. *Fuzzy Sets and Systems*, 285, 182-198.

117. Zadeh, L. A. (1983). A computational approach to fuzzy quantifiers in natural languages. *Computers & Mathematics with Applications*, 9(1), 149-184.

118. 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.

119. Delgado, M., Sánchez, D. and Vila, M. A. (2000). Fuzzy cardinality based evaluation of quantified sentences. *International Journal of Approximate Reasoning*, 23(1), 23-66.

120. Delgado, M., Sánchez, D. and Miranda, M. A. V. (1999). A survey of methods for evaluating quantified sentences. *EUSFLAT-ESTYLF Joint Conference*, 279-282.

121. Dubois, D., Prade, H. and Sudkamp, T. (2005). On the representation, measurement, and discovery of fuzzy associations. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 13(2), 250-262.

122. Yager, R. R. (1988). On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decisionmaking. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 18(1), 183-190.

123. Bosc, P. and Lietard, L. (1995). On the comparison of the sugeno and the choquet fuzzy integrals for the evaluation of quantified statements. *Proceedings of EUFIT'95*, 709-716.

124. Bosc, P. and Lietard, L. (1994). Monotonic quantified statements and fuzzy integrals. *Fuzzy Information Processing Society Biannual Conference, 1994. Industrial Fuzzy Control and Intelligent Systems Conference, and the NASA Joint Technology Workshop on Neural Networks and Fuzzy Logic*, 8-12.

125. Delgado, M., Sánchez, D., Martín-Bautista, M. J. and Vila, M. A. (2002). A probabilistic definition of a nonconvex fuzzy cardinality. *Fuzzy Sets and Systems*, 126(2), 177-190.

126. Sánchez, D., Delgado, M. and Vila, M.-A. (2009). Fuzzy quantification using restriction levels. In V. Di Gesù, S. Pal and A. Petrosino (Eds.), *Fuzzy logic and applications.* Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 28-35.

127. Sánchez, D., Delgado, M., Vila, M. A. and Chamorro-Martínez, J. (2012). On a non-nested level-based representation of fuzziness. *Fuzzy Sets and Systems*, 192, 159-175.

128. Delgado, M., Ruiz, M. D., Sánchez, D. and Serrano, J. M. (2011). A formal model for mining fuzzy rules using the rl representation theory. *Information Sciences*, 181(23), 5194-5213.

129. Barwise, J. and Cooper, R. (1981). Generalized quantifiers and natural language. *Linguistics and Philosophy*, 4(2), 159-219.

130. Keenan, E. L. and Westerståhl, D. (1997). Generalized quantifiers in linguistics and logic. In J. V. Benthem and A. T. Meulen (Eds.), *Handbook of logic and language.* Amsterdam: North-Holland, 837-893.

131. Van Benthem, J. (1983). Determiners and logic. *Linguistics and Philosophy*, 6(4), 447-478.

132. Glockner, I. and Knoll, A. (1999). A framework for evaluating fusion operators based on the theory of generalized quantifiers. *Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems, 1999. MFI '99. Proceedings. 1999 IEEE/SICE/RSJ International Conference on*, 129-134.

133. Glöckner, I. (1997). Dfs–an axiomatic approach to fuzzy quantification. *TR97-06, Techn. Fakultät, Univ. Bielefeld*, 2(3), 10.

134. Glockner, I. (2000). Advances in dfs theory; TR2000-01, Technische Fakultat, Universitat Bielefeld, Bielefeld, Germany, 3-25.

135. Díaz-Hermida, F., Bugarín, A. and Barro, S. (2003). Definition and classification of semi-fuzzy quantifiers for the evaluation of fuzzy quantified sentences. *International Journal of Approximate Reasoning*, 34(1), 49-88.

136. Glöckner, I. (2004). Evaluation of quantified propositions in generalized models of fuzzy quantification. *International Journal of Approximate Reasoning*, 37(2), 93-126.

137. Díaz-Hermida, F., Bugarín, A., Cariñena, P. and Barro, S. (2004). Voting-model based evaluation of fuzzy quantified sentences: A general framework. *Fuzzy Sets and Systems*, 146(1), 97-120.

138. Diaz-Hermida, F., Losada, D. E., Bugarin, A. and Barro, S. (2005). A probabilistic quantifier fuzzification mechanism: The model and its evaluation for information retrieval. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 13(5), 688-700.

139. Delgado, M., Ruiz, M. D., Sánchez, D. and Vila, M. A. (2014). Fuzzy quantification: A state of the art. *Fuzzy Sets and Systems*, 242, 1-30.

140. Hella, L., Väänänen, J. and Westerståhl, D. (1997). Definability of polyadic lifts of generalized quantifiers. *Journal of Logic, Language and Information*, 6(3), 305-335.

141. Szymanik, J. (2010). Computational complexity of polyadic lifts of generalized quantifiers in natural language. *Linguistics and Philosophy*, 33(3), 215-250.

142. Glöckner, I. (2009). Generalized fuzzy quantifiers and the modeling of fuzzy branching quantification. *International Journal of Intelligent Systems*, 24(6), 624-648.

143. Kacprzyk, J. and Zadrożny, S. (2000). On a fuzzy querying and data mining interface. *Kybernetika*, 36(6), 657-670.

144. Kacprzyk, J. and Zadrozny, S. (2010). Computing with words is an implementable paradigm: Fuzzy queries, linguistic data summaries, and natural-language generation. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 18(3), 461-472.

145. Serrano, M. Á. and Boguñá, M. (2003). Topology of the world trade web. *Physical Review E*, 68(1), 015101.

146. Li, X., Jin, Y. Y. and Chen, G. (2003). Complexity and synchronization of the world trade web. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 328(1), 287-296.

147. Glick, R. and Rose, A. K. (1999). Contagion and trade: Why are currency crises regional? *Journal of International Money and Finance*, 18(4), 603-617.

148. Fagiolo, G., Reyes, J. and Schiavo, S. (2008). On the topological properties of the world trade web: A weighted network analysis. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 387(15), 3868-3873.

149. Fagiolo, G., Reyes, J. and Schiavo, S. (2010). The evolution of the world trade web: A weighted-network analysis. *Journal of Evolutionary Economics*, 20(4), 479-514.

150. Fagiolo, G., Squartini, T. and Garlaschelli, D. (2013). Null models of economic networks: The case of the world trade web. *Journal of Economic Interaction and Coordination*, 8(1), 75-107.

151. Squartini, T., Fagiolo, G. and Garlaschelli, D. (2011). Randomizing world trade. I. A binary network analysis. *Physical Review E*, 84(4), 046117.

152. Hoppe, K. and Rodgers, G. (2015). A microscopic study of the fitness-dependent topology of the world trade network. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 419, 64-74.

153. Serrano, M. Á., Boguñá, M. and Vespignani, A. (2007). Patterns of dominant flows in the world trade web. *Journal of Economic Interaction and Coordination*, 2(2), 111-124.

154. Tzekina, I., Danthi, K. and Rockmore, D. N. (2008). Evolution of community structure in the world trade web. *The European Physical Journal B-Condensed Matter and Complex Systems*, 63(4), 541-545.

155. Bhattacharya, K., Mukherjee, G., Saramäki, J., Kaski, K. and Manna, S. S. (2008). The international trade network: Weighted network analysis and modelling. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 2008(02), P02002.

156. Barigozzi, M., Fagiolo, G. and Garlaschelli, D. (2010). Multinetwork of international trade: A commodity-specific analysis. *Physical Review E*, 81(4), 046104.

157. Fagiolo, G., Reyes, J. and Schiavo, S. (2009). World-trade web: Topological properties, dynamics, and evolution. *Physical Review E*, 79(3), 036115.

158. De Benedictis, L. and Tajoli, L. (2011). The world trade network. *The World Economy*, 34(8), 1417-1454.

159. Fronczak, A. and Fronczak, P. (2012). Statistical mechanics of the international trade network. *Physical Review E*, 85(5), 056113.

160. Squartini, T., Fagiolo, G. and Garlaschelli, D. (2011). Randomizing world trade. II. A weighted network analysis. *Physical Review E*, 84(4), 046118.

161. Fagiolo, G. (2010). The international-trade network: Gravity equations and topological properties. *Journal of Economic Interaction and Coordination*, 5(1), 1-25.

162. Garlaschelli, D. and Loffredo, M. I. (2004). Fitness-dependent topological properties of the world trade web. *Physical Review Letters*, 93(18), 188701.

163. Garlaschelli, D. and Loffredo, M. I. (2005). Structure and evolution of the world trade network. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 355(1), 138-144.

164. Zhong, W., An, H., Gao, X. and Sun, X. (2014). The evolution of communities in the international oil trade network. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 413, 42-52.

165. Dueñas, M. and Fagiolo, G. (2013). Modeling the international-trade network: A gravity approach. *Journal of Economic Interaction and Coordination*, 8(1), 155-178.

166. Ülengin, F., Çekyay, B., Toktaş Palut, P., Ülengin, B., Kabak, Ö., Özaydın, Ö. and Önsel Ekici, Ş. (2015). Effects of quotas on turkish foreign trade: A gravity model. *Transport Policy*, 38, 1-7.

167. Fan, Y., Ren, S., Cai, H. and Cui, X. (2014). The state's role and position in international trade: A complex network perspective. *Economic Modelling*, 39, 71-81.

168. Ferrier, G. D., Reyes, J. and Zhu, Z. (2016). Technology diffusion on the international trade network. *Journal of Public Economic Theory*, 18(2), 291-312.

169. Zhou, M., Wu, G. and Xu, H. (2016). Structure and formation of top networks in international trade, 2001–2010. *Social Networks*, 44, 9-21.

170. Vidmer, A., Zeng, A., Medo, M. and Zhang, Y.-C. (2015). Prediction in complex systems: The case of the international trade network. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 436, 188-199.

171. Hausmann, R., Hidalgo, C. A., Bustos, S., Coscia, M., Chung, S., Jimenez, J., Simoes, A. and Yildirim, M. A. (2011). *The atlas of economic complexity: Mapping paths to prosperity*. Cambridge, MA: MIT University Press, 17-25.

172. Gaulier, G. and Zignago, S. (2010). Baci: International trade database at the product-level (the 1994-2007 version). Working Paper 2010-23, CEPII, Paris, 7-28.

173. İnternet: World Customs Organization (WCO). What is the harmonized system (hs)? URL:http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.wcoomd.org%2F

en%2Ftopics%2Fnomenclature%2Foverview%2Fwhat-is-the-harmonized-system.aspx&date=2016-08-07, Son Erişim Tarihi: 07.08.2016.

174. İnternet: The Observatory of Economic Complexity. Economic complexity rankings. URL:http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fatlas.media.mit.edu%2Fen%2Frankings%2Fcountry%2F&date=2016-08-07, Son Erişim Tarihi: 07.08.2016.

175. İnternet: The World Bank. Economy & growth indicators. URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fdata.worldbank.org%2Ftopic%2Feconomy-and-growth&date=2016-08-07, Son Erişim Tarihi: 07.08.2016.

176. İnternet: The Atlas of Economic Complexity. Country rankings. URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fatlas.cid.harvard.edu%2Frankings&date=2016-08-07, Son Erişim Tarihi: 07.08.2016.

177. Walsh, J. E. (1959). Large sample nonparametric rejection of outlying observations. *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*, 10(3), 223-232.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : GENÇ, Serkan
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 1985, Kastamonu
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (536) 365 31 16
e-mail : serkangen@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi /Endüstri Mühendisliği	2009
Lisans	Gazi Üniversitesi /Endüstri Mühendisliği	2007
Lise	Fatih Sultan Mehmet Lisesi/Ankara	2002

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2010-2015	Kuzey Anadolu Kalkınma Ajansı	Uzman
2015-Halen	Kuzey Anadolu Kalkınma Ajansı	Birim Başkanı

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Boran, F.E., Genç, S., Kurt, M. and Akay, D. (2009). A multi criteria intuitionistic fuzzy group decision making for supplier selection with TOPSIS method. *Expert Systems with Applications*, 36, 11363-11368.
2. Genç, S., Boran, F.E., Akay, D. and Xu, Z. (2010). Interval multiplicative transitivity for the consistency, missing values and priority weights of interval fuzzy preference relations. *Information Sciences*, 180, 4877-4891.
3. Boran, F.E., Genç, S. and Akay, D. (2011). Personnel selection based on intuitionistic fuzzy sets. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 21, 493-503.
4. Boran, F.E., Genç, S. and Akay, D. (2009, October). *A method for solving multi criteria intuitionistic fuzzy decision making problems*. Paper presented at the 1st International Fuzzy Systems Symposium, Ankara.
5. Genç, S., Boran, F.E. Akay, D. and Yager, R.R. (Under Review). Linguistic summarization of fuzzy social networks.



GAZİ GELECEKTİR...