



HETEROJEN BİLGİ AĞLARINDA DİLSEL ÖZETLEME

Sena AYDOĞAN

DOKTORA TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ARALIK 2021

ETİK BEYAN

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

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

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

Sena AYDOĞAN

21/12/2021

HETEROJEN BİLGİ AĞLARINDA DİLSEL ÖZETLEME

(Doktora Tezi)

Sena AYDOĞAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Aralık 2021

ÖZET

Bilgi teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla birlikte verilerin hacmi ve çeşitliliği hızla artmaktadır. Bu nedenle verilerden faydalı bilgiler elde etme süreçleri önem kazanmaktadır. Tanımlayıcı yöntemlerden biri olan dilsel özetleme ile büyük hacimli verilerden doğal dil temelli özetler üretilir. Gerçek dünya ağları, veri hacmi ve çeşitliliği açısından zengindir. Nesnelerin ve farklı özelliklere sahip ilişkilerin doğası gereği, düğüm ve bağlantı türlerinin farklılığını dikkate alan heterojen bilgi ağları ortaya çıkmıştır. Bu tezde öncelikle sosyal ağlar için önerilen özet formlar ile bisiklet endüstrisinde gerçek vaka çalışmaları yapılmıştır. Belirli amaçlar için tasarlanacak tedarik zinciri ağlarında karar vericiyi desteklemek için dilsel özetler oluşturulmuştur. Daha sonra homojen ağlar üzerinde önerilen dilsel özetleme teknikleri heterojen bilgi ağlarına genişletilmiştir. Heterojen bilgi ağlarında metayol kavramı üzerine dilsel özet yapılar geliştirilmiş ve yineleme temelli yöntemle doğruluk dereceleri hesaplanmıştır. Bu sefer tedarik zinciri ortaklık ilişkilerinin tedarik zinciri ağ performansına etkisi otomotiv endüstrisinde bir uygulama ile incelenmiştir. Üretilen dilsel özetlerin yorumlanabilirliği, her iki uygulamada da farklı sektörler ve farklı problemler üzerinde test edilmiştir.

Bilim Kodu : 90607

Anahtar Kelimeler : Dilsel özetleme, Heterojen bilgi ağları, Tedarik zinciri ağ tasarımı, Tedarik zinciri yönetimi

Sayfa Adedi : 147

Danışman : Prof. Dr. Diyar AKAY

LINGUISTIC SUMMARIZATION
ON HETEROGENEOUS INFORMATION NETWORKS
(Ph.D. Thesis)

Sena AYDOĞAN

GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

December 2021

ABSTRACT

With the spread of information technologies, the volume and diversity of data is rapidly increasing. Therefore, the processes of obtaining useful information from data gain importance. By linguistic summarization, which is one of the descriptive methods, natural language-based summaries are produced from large volumes of data. Real world networks are rich in terms of data volume and diversity. Due to the nature of objects and relations having different characteristics, heterogeneous information networks have emerged that take into account the difference of node and connection types. In this thesis, firstly, real case studies were conducted in the bicycle industry with the summary forms proposed for social networks. Linguistic summaries have been generated to support the decision maker for supply chain networks to be designed for specific purposes. Then, linguistic summarization techniques proposed on homogeneous networks were extended to heterogeneous information networks. Linguistic summary structures have been developed on the concept of metapath in heterogeneous information networks and truth degrees have been calculated with the iteration-based method. This time, the effect of supply chain partnership relations on supply chain network performance is examined with an application in the automotive industry. The interpretability of the produced linguistic summaries was tested on different sectors and different problems in both applications.

Science Code : 90607

Key Words : Linguistic summarization, Heterogeneous information networks,
Supply chain network design, Supply chain management

Page Number : 147

Supervisor : Prof. Dr. Diyar AKAY

TEŞEKKÜR

Tez çalışması boyunca değerli bilgi birikimi ve katkılarıyla bana destek olan danışmanım Prof. Dr. Diyar AKAY'a çok teşekkür ederim. Tez izleme komitesinde görev alan ve tezime katkı sağlayan saygıdeğer öğretim üyeleri Prof. Dr. Suat ÖZDEMİR'e ve Doç. Dr. Talip KELLEĞÖZ'e çok teşekkür ederim. Manevi destekleriyle bana her zaman destek olan çok değerli aileme ve arkadaşlarıma çok teşekkür ederim. Tezimin 6 aylık bir sürecini yurtdışında ilerletmem için maddi olarak destek olan YÖK YUDAB programına çok teşekkür ederim. Yurtdışı araştırmalarım boyunca beni yönlendiren Prof. Dr. Gül E. KREMER'e çok teşekkür ederim. Tez çalışmamı başından itibaren maddi olarak destekleyen TÜBİTAK'a çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. HETEROJEN BİLGİ AĞLARI.....	7
2.1. Karmaşık Ağlar.....	7
2.1.1. Temel ağ tanımlamaları.....	8
2.1.2. İstatistiksel ağ analizi ölçüleri.....	12
2.1.3. Gerçek dünya ağları.....	19
2.1.4. Karmaşık ağlarda önemli kavramlar.....	19
2.2. Heterojen Bilgi Ağları.....	22
2.2.1. Heterojen bilgi ağları ve ilişkili diğer ağların karşılaştırılması	24
2.2.2. Örnek heterojen bilgi ağı veri yapıları	26
2.2.3. Heterojen bilgi ağlarında yapılan çalışmalar.....	27
3. DİLSEL ÖZETLEME.....	35
3.1. Bulanık Kümeler.....	35
3.2. Temel Dilsel Özetleme	40
3.2.1. Doğruluk derecesi değerlendirme yöntemleri.....	42
3.2.2. Yarı-bulanık niceleyici temelli yöntem	50

	Sayfa
3.2.3. Yorumlanabilirlik	59
3.2. Heterojen Bilgi Ağlarında Dilsel Özetleme.....	61
3.2.1. Genelleştirilmiş niceleyiciler	62
3.2.2. Önerilen çerçeve.....	71
4. BİSİKLET ÜRETİMİ TEDARİK AĞINDAKİ KARARLARI DESTEKLEMEK İÇİN DİLSEL ÖZETLEME	81
4.1. Sosyal Ağlarda Dilsel Özetleme Literatürü.....	82
4.2. İki Modüllü Bisiklet Üretimi Tedarik Ağı Tasarımı.....	86
4.3. Üç Modüllü Bisiklet Üretimi Tedarik Ağı Tasarımı	96
5. TEDARİK ZİNCİRİ AĞLARINDAKİ İLİŞKİLERİN PERFORMANSA ETKİSİNİN İNCELENMESİ	113
5.1. Tedarik Zinciri İşbirliği İlişkilerinin Operasyonel ve Organizasyonel Performansa Etkisi.....	114
5.2. Uygulama	117
5.2.1. Veri tanımlama.....	117
5.2.2. Metayollar ve özet formları	122
5.2.3. Dilsel özetlerin üretilmesi, değerlendirilmesi ve tartışılması	123
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	131
KAYNAKLAR	133
ÖZGEÇMİŞ	146

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. T-norm ve t-konorm operatörlerinin sağlaması gereken özellikler	38
Çizelge 3.2. Temel t-norm ve t-konorm operatörleri.....	39
Çizelge 3.3. Birli yarı bulanık niceleyici çeşitleri ve örnekleri	50
Çizelge 3.4. İkili yarı bulanık niceleyici çeşitleri ve örnekleri	52
Çizelge 3.5. Üçlü yarı bulanık niceleyici çeşitleri ve örnekleri.....	53
Çizelge 3.6. Dörtlü yarı bulanık niceleyici çeşitleri ve örnekleri	54
Çizelge 3.7. ‘Uzun’ ve ‘sarışın’ bulanık kümelerinin α -kesmeleri	58
Çizelge 3.8. $neredeys eTüm_E(uzun_{\alpha_1}, sarışın_{\alpha_2})$ hesaplaması.....	58
Çizelge 3.9. $F^I(neredeys eTüm)_E(uzun, sarışın)$ hesaplaması	59
Çizelge 4.1. Bileşen ve modül tedarikçileri	87
Çizelge 4.2. Bileşen ve modüllerin üretim maliyeti, temin zamanı ve karbon ayak izi.	88
Çizelge 4.3. Tesisler arası taşıma uzaklığı	89
Çizelge 4.4. Bileşen ve modül tedarikçileri	99
Çizelge 4.5. Bileşen ve modüllerin üretim maliyeti, temin zamanı ve karbon ayak izi.	100
Çizelge 4.6. Tesisler arası taşıma uzaklığı	101
Çizelge 4.7. İkili amaçlar için üretilen dilsel özetler ve doğruluk dereceleri	109
Çizelge 4.8. Yorumlanan dilsel özetler	110
Çizelge 4.9. Farklı kalite ölçüleri ile yapılan değerlendirme sonuçları.....	111
Çizelge 5.1. Güven ilişkisinin TZAP üzerinde doğrudan, dolaylı ve bağdaştırıcı etkisi	116
Çizelge 5.2. TZA’nın ağ seviyesinde özet istatistikleri.....	119
Çizelge 5.3. Düğüm tiplerine ait değişkenler, açıklamalar ve değerleri	120
Çizelge 5.4. Bağlantı tiplerine ait değişkenler, açıklamalar ve değerleri.....	121
Çizelge 5.5. Metayollar ve özet formları.....	123

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.6. $(CUS \xrightarrow{R_1} PRD)$ metayolunda $A_2 = yüksekKar$ ve $Q_1 = çoğu$ olan dilsel özetler	124
Çizelge 5.7. Çizelge 5.5'teki metayollar üzerinde önemli özelliklere ait nihai dilsel özetler	125
Çizelge 5.8. Müşteri güveni ile ORP	126
Çizelge 5.9. Tedarikçi ve müşteri güveni ile OPP	127
Çizelge 5.10. OPP ile ilgili yeniden yorumlanan dilsel özetler	129

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Farklı veri tipleri (a) matris, (b) ağ, (c) zaman serisi.....	2
Şekil 1.2. Tezin organizasyonu.....	6
Şekil 2.1. (a) Königsberg problemi, (b) Königsberg probleminin çizge gösterimi	8
Şekil 2.2. (a) Yönlü ağ, (b) yönsüz ağ, (c) karışık ağ, (d) tam ağ.....	9
Şekil 2.3. (a) Komşuluk matrisi, (b) bitişiklik matrisi, (c) komşuluk listesi.....	10
Şekil 2.4. (a) G ağı, (b) H alt ağı.....	10
Şekil 2.5. (a) Bağlantılı ağ, (b) bağlantısız ağ.....	11
Şekil 2.6. (a) Köprü, (b) kesi düğümü	11
Şekil 2.7. (a) Ağaç, (b) iki parçalı ağ	12
Şekil 2.8. Örnek bir sosyal ağda merkezilik dereceleri	13
Şekil 2.9. (a) Örnek ağ, (b) örnek ağın iç derece dağılımı.....	19
Şekil 2.10. $n = 12$ ve $p = 1/6$ olan rassal ağ örnekleri.....	21
Şekil 2.11. (a) Rassal ağ, (b) rassal ağın derece dağılımı	21
Şekil 2.12. (a) Ölçeksiz ağ, (b) ölçeksiz ağın derece dağılımı.....	22
Şekil 2.13. (a) HBA örneği, (b) ağ şeması.....	23
Şekil 2.14. (a) Tek nesne çok bağlantılı ağ, (b) iki parçalı ağ, (c) yıldız-şema ağ, (b) çok merkezli ağ	27
Şekil 3.1. (a) Kesikli bulanık küme, (b) sürekli bulanık küme	36
Şekil 3.2. Bulanık kümelerde öz, destek ve sınır	37
Şekil 3.3. (a) Üçgen, (b) yamuk, (c) S-tipi bulanık sayılar	38
Şekil 3.4. (a) ‘Yaklaşık 3’ mutlak niceleyicisi, (b) ‘çoğu’ göreceli niceleyicisi	41
Şekil 3.5. ‘Yaklaşık beş’ yamuk üyelik fonksiyonu	51
Şekil 3.6. ‘Yaklaşık iki katı ya da daha fazlası’ S-tipi üyelik fonksiyonu.....	53
Şekil 3.7. Bir cümleinin söz dizim analizi	62

Şekil	Sayfa
Şekil 3.8. Tedarikçi ve hammadde kümeleri arasındaki tedarik etme bağıntısı	66
Şekil 3.9. S-tipi bulanık küme ile tanımlı ‘çoğu’ niceleyicisi.....	67
Şekil 3.10. Müşteri ve ürün kümeleri arasındaki satın alma bağıntısı	68
Şekil 3.11. İki düğümlü özetleri değerlendirme adımları	72
Şekil 3.12. Üç düğümlü özetleri değerlendirme adımları	75
Şekil 4.1. Çalışmanın özet diyagramı	86
Şekil 4.2. İki modüllü bisiklet üretim mimarisi	87
Şekil 4.3. (a) Karbon ayak izi (b) toplam karbon ayak izi için bulanık üyelik fonksiyonları.....	90
Şekil 4.4. (a) Üretim maliyeti, (b) toplam üretim maliyeti için bulanık üyelik fonksiyonları.....	90
Şekil 4.5. (a) Temin zamanı, (b) toplam temin zamanı için bulanık üyelik fonksiyonları	90
Şekil 4.6. (a) Toplam taşıma uzaklığı, (b) dilsel niceleyici için bulanık üyelik fonksiyonları.....	91
Şekil 4.7. “ Q düşük maliyetli üretim mimarisi ... özelliklere sahiptir” özetlerine ait kelime bulutları (a) Q : çoğu, (b) Q : yaklaşık yarısı, (c) Q : azı	92
Şekil 4.8. “ Q düşük temin zamanlı üretim mimarisi ... özelliklere sahiptir” özetlerine ait kelime bulutları (a) Q : çoğu, (b) Q : yaklaşık yarısı, (c) Q : azı.....	93
Şekil 4.9. “ Q düşük karbon ayak izine sahip üretim mimarisi ... özelliklere sahiptir” özetlerine ait kelime bulutları (a) Q : çoğu, (b) Q : yaklaşık yarısı, (c) Q : azı.	94
Şekil 4.10. “ Q düşük taşıma uzaklığına sahip üretim mimarisi ... özelliklere sahiptir” özetlerine ait kelime bulutları (a) Q : çoğu, (b) Q : yaklaşık yarısı, (c) Q : azı	95
Şekil 4.11. Çalışmanın özet diyagramı	96
Şekil 4.12. Üç modüllü bisiklet üretim mimarisi.....	98
Şekil 4.13. (a) Karbon ayak izi (b) toplam karbon ayak izi için bulanık üyelik fonksiyonları.....	102
Şekil 4.14. (a) Üretim maliyeti, (b) toplam üretim maliyeti için bulanık üyelik fonksiyonları.....	102

Şekil	Sayfa
Şekil 4.15. (a) Temin zamanı, (b) toplam temin zamanı için bulanık üyelik fonksiyonları.....	102
Şekil 4.16. (a) Toplam taşıma uzaklığı, (b) dilsel niceleyici için bulanık üyelik fonksiyonları.....	103
Şekil 4.17. “ Q düşük maliyetli üretim mimarisi ... özelliklere sahiptir” özetlerine ait kelime bulutları (a) Q : azı, (b) Q : yaklaşık yarısı, (c) Q : çoğu	104
Şekil 4.18. “ Q düşük temin zamanlı üretim mimarisi ... özelliklere sahiptir” özetlerine ait kelime bulutları (a) Q : azı, (b) Q : yaklaşık yarısı, (c) Q : çoğu	105
Şekil 4.19. “ Q düşük karbon ayak izine sahip üretim mimarisi ... özelliklere sahiptir” özetlerine ait kelime bulutları (a) Q : azı, (b) Q : yaklaşık yarısı, (c) Q : çoğu	106
Şekil 4.20. “ Q düşük taşıma mesafesine sahip üretim mimarisi ... özelliklere sahiptir” özetlerine ait kelime bulutları (a) Q : azı, (b) Q : yaklaşık yarısı, (c) Q : çoğu	107
Şekil 5.1. Literatür araştırması için PRISMA şeması	115
Şekil 5.2. Heterojen TZA, (b) heterojen TZA’nın ağ şeması	118
Şekil 5.3. Heterojen TZA’nın ağ şeması.....	118
Şekil 5.4. (a) Karlılık, (b) görünürlük, (c) hacim ve (d) temin zamanı değişkenleri için bulanık üyelik fonksiyonları.....	122
Şekil 5.5. ORP_{1-3} tarafından hipotezlerin desteklenme oranı	127
Şekil 5.6. OPP_{1-7} tarafından hipotezlerin desteklenme oranı	128

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklamalar
$G(N, L)$	Çizge
N	Düğüm
L	Bağlantı
k_i	i düğümünün derecesi
k_i^+	i düğümünün iç derecesi
k_i^-	i düğümünün dış derecesi
b_i	i düğümünün arasındalığı
c_i	i düğümünün yakınlığı
ϵ_i	i düğümünün dış merkeziliği
D	Çap
R	Yarıçap
$d(i, j)$	i ve j arası en kısa yol uzunluğu
$\bar{d}$	Ortalama en kısa yol uzunluğu
$\bar{k}$	Ortalama derece
ρ	Yoğunluk
r	Karşılıklılık
C^T	Merkezileşme indisi
h_i	i düğümünün yerel kümelenme katsayısı
h	Küresel kümelenme katsayısı
$G(n, p)$	Rassal ağ modeli
$\mathbb{D}$	Veri tabanı
Y	Nesneler kümesi
y_m	Nesneler ($m = 1, \dots, M$)
V	Özellikler kümesi
v_k	Özellikler ($k = 1, \dots, K$)
X_k	v_k 'nin tanım kümesi

Simgeler**Açıklamalar**

v_k^m	m . nesnenin k . özelliğe ait değeri
Q	Niceleyici
A	Özetleyici
B	Öncül özetleyici
T_1	Doğruluk derecesi
Q_{mut}	Mutlak niceleyici
$Q_{gör}$	Göreceli niceleyici
Z_Q	Zadeh yöntemi
Y_Q	Yager OWA temelli yöntemi
C_Q	Choquet integrali temelli yöntem
T_2	Belirsizlik derecesi
T_3	Kapsama derecesi
T_4	Uygunluk derecesi
T_5	Uzunluk derecesi
T	Toplam geçerlilik derecesi
T_c	Yeterli kapsama derecesi
T_r	Güvenilirlik derecesi
T_o	Aykırılık derecesi
T_s	Basitlik derecesi
G_Q	E tipi bulanık kardinalite temelli yöntem
GD_Q	ED tipi bulanık kardinalite temelli yöntem
ZS_Q	Z tipi bulanık kardinalite temelli yöntem
F^M	M niceleyici bulanıklaştırma mekanizması
F^I	F^I niceleyici bulanıklaştırma mekanizması
$Q_{Y,a,tip}^{FN}$	Yarı-bulanık niceleyici
sim	Benzerlik
$\wedge$	Ve operatörü
$\vee$	Veya operatörü
$\neg$	Değil operatörü
$\wp(E)$	E 'nin kuvvet kümesi

Simgeler**Açıklamalar** $\forall$

Evrensel niceleyici

 $\exists$

Varoluşsal niceleyici

Kısaltmalar**Açıklamalar****BCO**

Bulanık C-Ortalamalar

DÖ

Dilsel Özet

HBA

Heterojen Bilgi Ağı

KKP

Kurumsal Kaynak Planlama

OPP

Operasyonel Performans

ORP

Organizasyonel Performans

OWA

Ordered Weighted Averaging

PRISMA

Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis

TZA

Tedarik Zinciri Ağı

TZAP

Tedarik Zinciri Ağ Performansı

TZY

Tedarik Zinciri Yönetimi

1. GİRİŞ

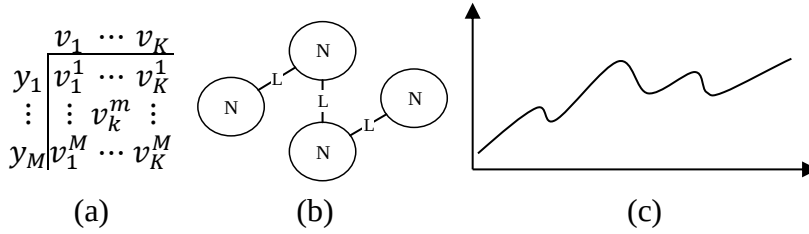
Bu bölümde araştırmaya yol açan ön bilgilere genel bir gözden geçirme sağlanmaktadır. Motivasyon tartışmalarına dayalı olarak, araştırma düğüm ve nesne tiplerinden gelen farklı bilgileri göz önünde bulundurarak ağ verisinden kullanışlı özetler üreten *heterojen bilgi ağlarında dilsel özetleme* olarak tanımlanmaktadır. Bu doğrultuda, çalışmanın amaç ve kapsamı araştırma için teknik bir yol haritasının ana hatlarıyla birlikte tanımlanmaktadır.

Ön bilgi ve motivasyon

Bilişim teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla birlikte veri hacmi ve çeşitliliği hızla artmaktadır. Ancak veri tek başına karar vermede kullanılamaz. Bu yüzden veriden faydalı bilgi elde etme süreçleri önem kazanmaktadır. Verinin elde edilmesi ve ön işleme işlemlerinin yapılmasının ardından çeşitli algoritmalar kullanılarak anlamlı bilgi elde edilmesi süreci bilgi keşfi denilen bir araştırma alanı olarak karşımıza çıkmaktadır [1]. Bilgi keşfinde kullanılan teknikler iki temel amaca yöneliktir: tanımlama ve tahmin etme. Tanımlayıcı teknikler sayesinde veri tabanında yer alan özellikler arasındaki ilişkileri özetleyen örüntüler elde edilirken, tahmin edici teknikler sayesinde veri tabanındaki bir özellik diğerlerine bağlı olarak öngörülür [2].

Tanımlayıcı yöntemlerden en basiti istatistiksel özetlemedir. İstatistiksel özetlemenin amacı veriyle ilgili ortalama, standart sapma, medyan gibi değerleri çıkarmaktır. Örneğin, tedarik zinciri ağı veri tabanından “Tesisler arası ortalama taşıma mesafesi $6,83 \cdot 10^4$ km’dir” gibi bir özet çıkarılabilir. Burada çıkarılan sayısal bilginin insan algısıyla uyumu düşük olduğundan kullanıcılar tarafından tercih edilmeyebilir. Alternatif olarak özetin doğal dil ifadeleriyle çıkarılması 1982 yılında Yager tarafından önerilmiştir [3]. Örneğin, aynı bilgi doğal dil ifadeleriyle “Tesisler arası ortalama taşıma mesafesi yüksektir” yapısında çıkarılabilir. İkinci durumda kullanıcının özeti anlaması sağlanır ve özetin akılda kalıcılığı artar. Bu nedenle de kullanıcı tarafından tercih edilir. Sayısal veriden ‘yüksek’ gibi doğal dil ifadelerinin modellenmesi bulanık kümeler aracılığıyla gerçekleştirildiğinden yöntem bulanık dilsel özetleme olarak da adlandırılmaktadır.

Bulanık dilsel özetleme ile üç farklı veri yapısından özet üretmek mümkündür. Bunlar matris yapısında, ağ yapısında ve zaman serisi yapısında olabilir. Şekil 1.1 ile üç farklı veri tipi gösterilmektedir.



Şekil 1.1. Farklı veri tipleri (a) matris, (b) ağ, (c) zaman serisi

Dilsel özetleme literatürü incelendiğinde üç veri yapısı arasından en fazla matris ve zaman serileri yapılarında uygulamalar yapıldığı görülmektedir [4-8]. Örneğin, Kacprzyk ve Yager [8] bir bilgisayar perakendecisinin satış veri tabanındaki fiyat, komisyon, miktar gibi özellikler üzerinden dilsel özetleme gerçekleştirmişlerdir. Kaczmarek-Majer ve Hryniewicz [7] ilaç piyasasındaki aylık ve yıllık satışların zaman serisi grafiklerinden tahmin yapmak için dilsel özetlemeyi kullanmışlardır. Ağ veri yapısına gelindiğinde ise dilsel özetleme üzerine yapılan çalışmalar hem sınırlıdır hem de düğümlerin ve bağlantıların tek tipte olduğu varsayımını kabul eden homojen ağlar üzerindedir [9-11].

Gerçek dünya ağları düğümlerin/bağlantıların birden fazla tipte olabildiği heterojen ağlar tanımına uymaktadır ve daha fazla veri içermektedir [12]. Örneğin, atıf ağlarında düğümler yazar, makale ve yayın yerleri gibi farklı nesne tiplerini gösterirken düğümler arasında yazma, yayınlanma ve atıf verme gibi farklı bağlantı tipleri söz konusudur. Bir sinema veri tabanında filmler, oyuncular ve konular farklı nesne tipleri iken oynama ve yönetme gibi farklı bağlantı tipleri söz konusu olmaktadır. Sağlık sektöründe ise doktor, hasta, tanı, ilaç farklı nesne tiplerini gösterebilir. Görüldüğü gibi gerçek dünyada pek çok sistem heterojen ağ tanımına uymaktadır.

Düğüm ve bağlantıların tek tipte olması varsayımı modelleme açısından kolaylık sağlasa da bilgi kayıplarına sebep olmaktadır [12]. Dilsel özetlemede ağ verisinde yapılan çalışmalar homojen ağlarla ilgili olduğundan heterojen bilgi ağlarının dilsel özetlemesi konusunda bir bilgi açığı söz konusudur. Heterojen bilgi ağlarının dilsel özetlemeye genişletilmesi ile bilgi kayıpları en aza indirilebilir ve düğüm/bağlantı özelliklerinin ihmal edilmemesi sayesinde

veri tabanında gizli bilgiler insan algısıyla uyumlu bir şekilde ortaya çıkarılabilir. Örneğin, bir tedarik zinciri ağı homojen olarak ele alındığında tedarik zinciri aşamaları düğümleri temsil eder ve aşamalar arasındaki ürün akışları dışında bilgi çıkarılamaz. Aksine tedarik zinciri ağları heterojen bilgi ağı olarak ele alındığında tedarik zinciri aşamalarına ek olarak hammaddeler ve ürünler de ağı dahil edilir. Farklı nesne tipleri farklı özellik vektörlerine sahip olur ve hammadde ile müşteri gibi ilgisiz görünen nesne tipleri arasında saklı bilgilerin açığa çıkarılabilmesine olanak sağlanır.

Amaç ve kapsam

Bu tez çalışmasının amacı heterojen bilgi ağlarında dilsel özetleme prosedürü sunmaktır. Böylece ağ yapısındaki veriden en fazla bilgi elde edilebilecek ve kullanıcıya anlaşılması ve akılda kalması kolay insan algısıyla uyumlu özetler sunulacaktır.

Bu kapsamda ilk olarak basit haliyle bir tedarik zinciri ağında her aşama farklı düğümler olarak ele alınmıştır. Aşamalar arası ürün akışı ile bağlantı özellikleri elde edilmiştir. Düğüm özellikleri ve bağlantı özellikleri verilerinden yola çıkılarak sosyal ağlar için önerilen dilsel özet yapıları tedarik zinciri ağlarına genişletilmiştir. Değerlendirme ağ tasarımı tek amaçlı ve iki amaçlı olmak üzere gerçekleştirilmiştir. Skalar kardinalite, bulanık kardinalite ve farklı kalite ölçüleriyle değerlendirmeler yapılmıştır. Metin sonuçları kelime bulutları ile görselleştirilmiştir ve yorumlanmıştır. İkinci olarak heterojen bilgi ağlarının zengin veri yapısından daha fazla yararlanmak için tedarik zinciri aşamalarının yanı sıra ürün ve hammadde gibi nesneler de farklı düğüm tipleri olarak tanımlanmıştır. Heterojen bilgi ağlarındaki iki nesne arasında farklı fiziksel anlamlara sahip metayollar üzerinde yeni dilsel özet yapıları geliştirilmiştir. Dilsel özet yapıları birden fazla nesne tipini içerdiğinden iç içe geçmiş niceleyiciler kullanılmıştır [13] ve böyle ifadeler anlam ataması genelleştirilmiş niceleyiciler ile sağlanmıştır [14]. Değerlendirmede yarı-bulanık niceleyici temelli yöntem uygulanmıştır.

Her ne kadar dilsel özetleri üretmek mümkün olsa da üretilen özetlerin etkinliği açıklanabilirliği ölçüsünde sınırlıdır [15]. Bulanık modellerin yorumlanabilirliği konusunda son zamanlarda birkaç öneri sunulsa da uygulanabilir olduğunu görmek için gerçek hayat uygulamalarına ihtiyaç duyulmaktadır [15-18]. Bu açıdan tezin uygulama bölümlerinde iki

farklı sektörde iki farklı problem üzerinde yorumlanabilirlik çalışmalarına yer verilerek uygulanabilir olduğu gösterilmiştir.

Tez organizasyonu

Şekil 1.2 ile bu teze ait motivasyon, literatür araştırması, problem tanımı, metodoloji, uygulama ve sonuçları içeren teknik yol haritası sunulmaktadır. Tezin ilerleyen bölümlerinde neler yapıldığı kısaca açıklanmaktadır.

İkinci bölümde problemi tanımlamak için öncelikle birinci alt bölümde karmaşık ağlar, temel ağ tanımlamaları, istatistiksel ağ analizi ölçüleri, gerçek dünya ağları ve karmaşık ağlarda önemli kavramlar tanıtılmıştır. İkinci alt bölümde ise karmaşık gerçek dünya ağlarından bilgi ağlarının bir çeşidi olan heterojen bilgi ağları ile ilgili temel tanımlamalar yapılmıştır. Heterojen bilgi ağları ve ilişkili diğer ağlar, örnek heterojen bilgi ağı veri yapıları tanıtılmıştır. Veri madenciliği konusunda heterojen bilgi ağlarında gerçekleştirilen çalışmalarla ilgili literatür araştırması sunulmuştur.

Üçüncü bölüm metodolojiyi içermektedir. Birinci alt bölümde tezin devamında okuyucuya rehberlik etmesi için bulanık kümelerle ilgili temel bilgilere yer verilmiştir. İkinci alt bölümde temel dilsel özetleme terminolojisi, doğruluk derecesi değerlendirme yöntemleri, yarı-bulanık niceleyici temelli yöntem ve yorumlanabilirlik konuları açıklanmıştır. Üçüncü alt bölümde ise bu tezin temel katkısını içeren dilsel özetlemenin heterojen bilgi ağlarına genişletilmesi açıklanmıştır. Genelleştirilmiş niceleyiciler ve önerilen çerçeve detaylı örneklerle sunulmuştur.

Dördüncü bölüm tedarik zinciri ağ tasarımı üzerine gerçek bir uygulamayı içermektedir. Sosyal ağlarda dilsel özetleme literatürüyle başlayan bölüm iki modüllü ve üç modüllü bisiklet üretimi tedarik ağı tasarımlarında skalar kardinalite ve bulanık kardinalite temelli yöntemlerin çalıştırılmasıyla devam etmektedir. Ağ tasarımı düşük maliyet, düşük temin zamanı vb. amaçlara göre tasarlandığında karar vermede önemli diğer değişkenlerin bundan nasıl etkileneceğini incelemek için dilsel özetleme sonuçları kelime bulutları ile görselleştirilmiştir. Ayrıca iki amacın aynı zamanda gerçekleştirilmesi durumlarında elde edilen dilsel özetler bulanık kardinalite temelli yöntemin yanı sıra farklı kalite ölçüleri ile değerlendirilmiş ve dilsel kalitesinin artırılması için yorumlanmıştır.

Beşinci bölüm heterojen bilgi ağlarındaki zengin veriden faydalanarak tedarik zinciri ağındaki ilişkilerin tedarik zinciri performansına etkisini incelemektedir. Birinci alt bölümde daha çok kişisel algılar içeren anketlerle değerlendirilmiş hipotezlere ait literatür araştırılmıştır. İkinci alt bölümde heterojen bilgi ağlarında dilsel özetleme için önerilen çerçeve otomotiv sektöründe bir firmanın tedarikçileri ve müşterileri arasındaki tedarik zinciri ağına uygulanmıştır. Ağ yapısına göre dilsel özet formları geliştirilmiştir, yarı-bulanık niceleyici temelli yöntem ile değerlendirilmiştir ve dilsel kalitesi artırılması amacıyla çeşitli açılardan yorumlanabilirlik uygulanmıştır.

Altıncı bölüm ile tez hakkında genel bir değerlendirme yapılmıştır. Tezin literatüre katkıları özetlenmiştir. Gelecek çalışmalar hakkında açıklayıcı bilgiler sunularak tez sonuçlandırılmıştır.

<u>Motivasyon</u>	<u>Problem Tanımı</u>	<u>Metodoloji</u>	<u>Uygulama</u>	<u>Sonuçlar</u>
Bilgi keşfi Veri yapıları Heterojen Bilgi Ağları (Bölüm 1)	Karmaşık Ağlar - Temel Ağ Tanımlamaları - İstatistiksel Ağ Analizi Ölçütleri - Gerçek Dünya Ağları - Önemli Kavramlar (Bölüm 2.1) Heterojen Bilgi Ağları - Heterojen Bilgi Ağları ve ilişkili diğer ağlar - Veri yapıları (Bölüm 2.2)	Bulanık Kümeler (Bölüm 3.1) Temel Dilsel Özetleme - Doğruluk Derecesi Değerlendirme Yöntemleri - Yarı-bulanık Niceleyici Temelli Yöntem - Yorumlanabilirlik (Bölüm 3.2) Heterojen Bilgi Ağlarında Dilsel Özetleme - Genelleştirilmiş Niceleyiciler - Önerilen Çerçeve (Bölüm 3.3)	Bisiklet Üretimi Tedarik Ağı Tasarımı - İki Modüllü Bisiklet Üretimi Tedarik Ağı Tasarımı - Üç Modüllü Bisiklet Üretimi Tedarik Ağı Tasarımı (Bölüm 4) Tedarik Zinciri Ağlarındaki İlişkilerin Tedarik Zinciri Ağ Performansına Etkisi - Veri Tanımlama - Metayollar ve Özet Formları - Dilsel Özetlerin Üretilmesi, Değerlendirilmesi ve Tartışılması (Bölüm 5)	Görselleştirme - Kelime Bulutları (Bölüm 4.2 – Bölüm 4.3) Yorumlanabilirlik - Farklı Kalite Ölçütleri (Bölüm 4.3) - Eşik Değer (Bölüm 4.3 – Bölüm 5.2.3) - Altında Yatan Anlam (Bölüm 5.2.3) - Niceleyici Açısından Yorumlanabilirlik (Bölüm 5.2.3) - Doğruluk Derecesi Açısından Yorumlanabilirlik (Bölüm 5.2.3) Genel Değerlendirme Katkıları Gelecek Çalışmalar (Bölüm 6)
<u>Literatür Araştırması</u> Heterojen Bilgi Ağlarında Bilgi Keşfi Çalışmaları (Bölüm 2.2.3) Sosyal Ağlarda Dilsel Özetleme (Bölüm 4.1) Tedarik Zinciri Yönetiminde İşbirliği İlişkilerinin Performansa Etkisi (Bölüm 5.1)				

Şekil 1.2. Tezin organizasyonu

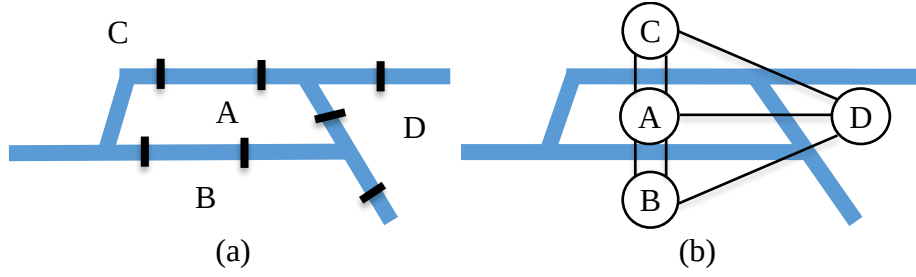
2. HETEROJEN BİLGİ AĞLARI

Bu bölüm iki alt başlığa ayrılmıştır: karmaşık ağlar ve Heterojen Bilgi Ağları (HBA). Karmaşık ağlar başlığı altında çizge teoreminin ortaya çıkışından bahsedilmiş, temel ağ tanımlamaları, istatistiksel ağ analizi, gerçek dünya ağları ve karmaşık ağlardaki önemli kavramlar tanımlanmıştır. Heterojen bilgi ağları başlığı altında ise temel tanımlamalar verilerek, ilişkili diğer ağ türleri, örnek veri yapıları ve HBA literatüründe yapılan çalışmalar raporlanmıştır.

2.1. Karmaşık Ağlar

Sistem bileşenlerinin bilgisinden bir davranış çıkarmanın zor olduğu sistemler karmaşık sistemler olarak adlandırılmaktadır. Toplumdaki bireyler arası ilişkiler, iletişim altyapıları, beynimizdeki sinir aktiviteleri karmaşık sistemlere örnektir. Gerçek dünyada karşılaşılan çoğu karmaşık sistem noktalar ve bunlar arasında bağlardan oluşan diyagramlarla gösterilebilir [19]. Uygulama alanlarına bağlı olarak noktalar insan, hayvan, bitki, kurum, depo, ürün, bilgisayar, web sayfası, kimyasal element gibi farklı nesneleri gösterirken 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 bağlardan oluşan karmaşık ağlar, çizge teoreminin çalışma alanına girmektedir.

Çizge teoreminin temelleri 1735'te Königsberg kentindeki yedi köprü problemine dayanmaktadır. Şekil 2.1 (a)'da gösterildiği gibi ticaret kenti olan Königsberg, Pregel nehri ile dört bölgeye ayrılmaktadır. Nehir üzerindeki yedi köprü ile bölgeler arası geçiş sağlanmaktadır. Bu yerleşim düzeninde “Kentin belirli bir noktasından hareket edip her köprüyü bir ve yalnız bir kez geçerek başlangıç noktasına dönülebilir mi?” sorusuna cevap aranmıştır. Euler ilk kez mesafelerden bağımsız olarak Königsberg problemini bir çizge ile ifade ederek (Şekil 2.1 (b)) söz konusu gezinin imkânsız olduğunu ispatlamıştır [20].



Şekil 2.1. (a) Königsberg problemi, (b) Königsberg probleminin çizge gösterimi [21]

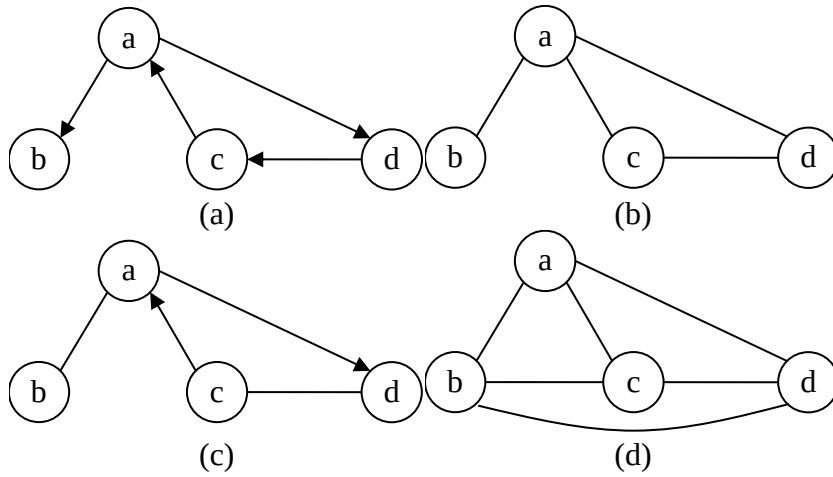
Bir bölgeden geziye başlayan birisinin aynı bölgeye farklı bir köprüden dönebilmesi için bu bölgeye bağlı bir giriş köprüsü varsa bir de çıkış köprüsü olmalıdır. Bunun için düğüm derecesi kavramı basitçe bir düğüme giren ve çıkan köprülerin sayısı ile tanımlanmıştır. Düğümlerin derecesi çift ise böyle bir gezi mümkündür, aksi halde değildir. Dolayısıyla Königsberg problemi için hangi bölgeden geziye başlanırsa başlansın çıktığı bölgeye geri dönme şansı olmadığı Euler tarafından ispatlanmıştır [20]. Takip eden alt bölümlerde temel ağ tanımlamaları, istatistiksel ağ analizi ölçüleri, gerçek dünya ağları ve karmaşık ağlarda önemli kavramlar sunulacaktır.

2.1.1. Temel ağ tanımlamaları

Ağ, bir sistemin şekilsel gösterimidir. Sistemin girdilerini gösteren noktalar ve noktalar arasındaki bir çeşit ilişkiyi göstermek üzere nokta çiftlerini birbirine bağlayan çizgilerden oluşmaktadır [22]. Bilgisayar biliminde noktalar düğüm, çizgiler bağlantı olarak adlandırılmaktadır. Bilimsel literatürde ağ ve çizge kavramları birbirinin yerine kullanılabilir. İki terminoloji arasındaki küçük ayrıma göre ağ terimi genellikle gerçek sistemlere karşılık gelirken, çizge terimi bu ağların matematiksel tanımlamalarından bahsederken kullanılır [21].

Basit bir çizge $G = (N, L)$ sıralı ikilisinden oluşur. Burada, N düğümlerin sonlu bir kümesini ve L simetrik ve geçişli olmayan N üzerindeki bir ilişkiyi gösterir. Yönlü bir çizgede L simetrik değildir [22]. Çizgedeki düğüm sayısı $|N(G)| = n$ ve bağlantı sayısı $|L(G)| = l$ ile gösterilmektedir. Bir çizge matematiksel olarak çeşitli şekillerde gösterilebilir. Çizgede yer alan düğümler $i = 1, \dots, n$ tamsayıları ile gösterilirken düğümler arasındaki bağlantılar (i, j) ile gösterilir.

Çizgeler yönlü ve yönsüz olmak üzere iki çeşit olabilirler. Bir düğümden diğer düğüme bağlantının yönü belirtilmişse yönlü, yön ayırt edilmeksizin bağlantı varsa yönsüz çizge olarak isimlendirilir. Yönlü ve yönsüz bağlantıların bir arada bulunduğu çizgeler ise karışık çizge olarak adlandırılmaktadır. Yönlü, yönsüz ve karışık çizge örnekleri sırasıyla Şekil 2.2 (a), (b) ve (c) ile gösterilmiştir. Yönsüz çizgelerde maksimum bağlantı sayısı $n(n - 1)/2$ iken yönlü çizgelerde en fazla $n(n - 1)$ bağlantı olabilir. Bir çizge maksimum bağlantıya sahip ise, yani her düğüm ile diğer bütün düğümler arasında bir bağlantı mevcutsa, bu çizgeler tam çizge olarak adlandırılır. Şekil 2.2 (d)'de tam çizge örneği gösterilmiştir [19].



Şekil 2.2. (a) Yönlü çizge, (b) yönsüz çizge, (c) karışık çizge, (d) tam çizge

Yönsüz çizgelerde, iki düğüm arasında bir bağlantı mevcutsa bu iki düğüm birbirleriyle komşu olarak adlandırılırken, yönlü çizgelerde i düğümünden j düğüme yönlü bir bağlantı tanımlanmışsa i düğümü j düğümünün komşusu olarak adlandırılır ancak bağlantı tek yönlüyse j düğümü i düğümünün komşusu değildir. Çizgeler, liste (komşuluk ve bitişiklik listeleri) ve matris (komşuluk ve bitişiklik matrisleri) yapıları ile temsil edilebilir. Listeleme yönteminde komşu düğüm çiftleri dizi şeklinde gösterilir. Komşuluk matrisi $A_{n \times n}$ matrisi i ve j düğümleri arasında bağlantı varsa 1 diğer durumda 0 değerini alan A_{ij} elemanlarından oluşan bir matristir. Basit bir çizgede komşuluk matrisi simetriktir ve matrisin köşegen elemanları sıfırdır. Düğümler arasında birden fazla bağlantı olması durumunu da bitişiklik matrisi ile göstermek mümkündür. Bu durumda örneğin i ve j düğümleri arasında iki bağlantı varsa $A_{ij} = A_{ji} = 2$ olacaktır. Bir düğümün kendisiyle bağlantısı olması durumunda $A_{ii} = 2$ değerini alır. Bitişiklik matrisi $A_{n \times l}$ ise düğümlerin bağlantılardan

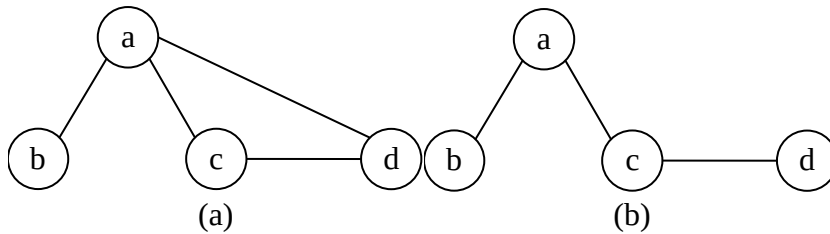
hangilerine sahip olduğunu gösteren bir matristir. Şekil 2.3'te, Şekil 2.2 (b) için (a) komşuluk matrisi, (b) bitişiklik matrisi ve (c) komşuluk listesi gösterilmiştir [19].

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

Şekil 2.3. (a) Komşuluk matrisi, (b) bitişiklik matrisi, (c) komşuluk listesi

Çizgelerin çoğunda düğümler arasında bağlantı olup olmamasıyla ilgilenirken bazı durumlarda bu bağlantıların gücü, ağırlığı veya onlara verilen bir değer ile ilgilenilebilir. Örneğin internet ağlarında düğümler arasındaki veri akışının gücü bağlantının ağırlığını göstermektedir. Ağırlıklandırılmış çizgeler bitişiklik matrisindeki elemanlara bağlantıların ağırlıkları verilerek gösterilebilir. Ağırlıklandırılmış çizgelerde ağırlıklar genellikle pozitif sayılardan oluşmaktadır. Ancak teoride negatif olmaması için bir neden yoktur. Örneğin sosyal ilişkilerin gösterildiği bir çizgede pozitif değerler arkadaşlığın gücünü gösterirken negatif değerler düşmanlığa işaret edebilir.

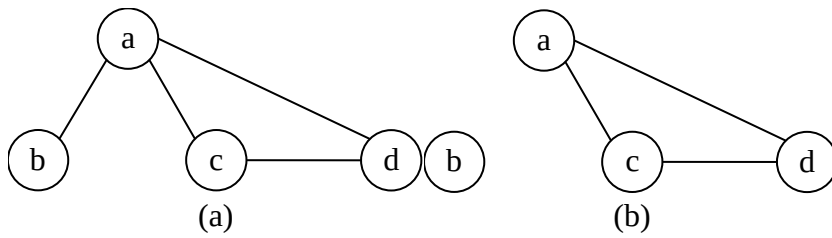
Bir çizgede yer alan bazı düğüm veya bağlantılar bu çizgeden çıkarılarak elde edilen yeni çizgeye alt çizge adı verilir. N_G ve L_G , G çizgesinin, N_H ve L_H , ise H alt çizgesinin düğüm ve bağlantı kümelerini gösterebilir. Bu durumda, $N_H \subseteq N_G$ ve $L_H \subseteq L_G$ 'dir. Şekil 2.4 (a)'da G çizgesi ve Şekil 2.4 (b)'de G çizgesinin bir alt çizgesi olan H çizgesi gösterilmektedir [19].



Şekil 2.4. (a) G çizgesi, (b) H alt çizgesi

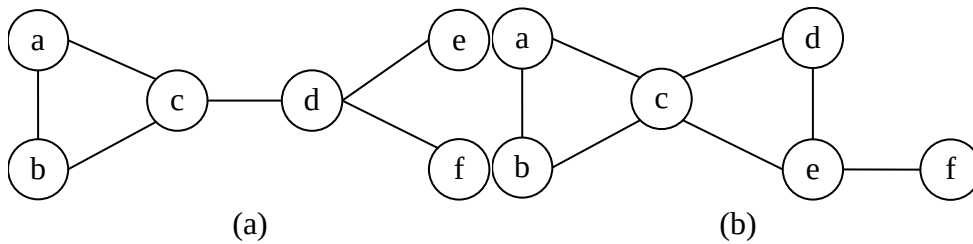
Bir çizgenin iki düğümü arasındaki bağlantıları kullanarak oluşturulan bağlantı yürüyüşü olarak adlandırılır. Başlangıç ve bitiş düğümü aynı olan yürüyüşe kapalı yürüyüş adı verilir. Kapalı yürüyüşün bütün düğüm ve bağlantıları birbirinden farklı ise bu kapalı yürüyüşe

çevrim adı verilir. Yürüyüşteki düğümler tekrar etmiyorsa bu yürüyüş yol olarak adlandırılmaktadır. Yürüyüş ya da yol için kullanılan bağlantı sayısı yürüyüşün ya da yolun uzunluğunu göstermektedir. İki düğüm arasında bir yol varsa söz konusu düğümler bağlantılıdır. Çizgede yer alan bütün düğümler arasında bir yol varsa bu çizgeye bağlantılı çizge adı verilir. Bağlantılı ve bağlantısız çizge örnekleri sırasıyla Şekil 2.5 (a) ve (b) ile gösterilmiştir [19].



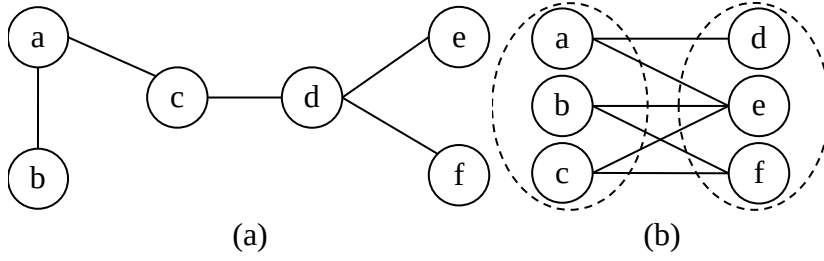
Şekil 2.5. (a) Bağlantılı çizge, (b) bağlantısız çizge

Bağlantılı bir çizgede bir bağlantının kaldırılması çizgeyi bağlantısız hale getiriyorsa o bağlantıya köprü adı verilir. Yine benzer mantıkla bir düğümün kaldırılması bağlantısız hale gelmesine neden oluyorsa o düğüme kesi düğümü denilmektedir. Şekil 2.6 (a)'da (c, d) bağlantısı köprü özelliğindedir, Şekil 2.6 (b)'de ise c düğümü kesi düğümü özelliğindedir [19].



Şekil 2.6. (a) Köprü, (b) kesi düğümü

Çevrim içermeyen bağlantılı çizgeler ağaç olarak adlandırılır. Ağaç özelliği gösteren bir çizge üzerinde her bir bağlantı köprü özelliğindedir. Bir çizgenin düğümlerini aynı altkümedeki düğümler birbirine komşu olmayacak şekilde iki alt kümeye parçalamak mümkünse bu çizge iki parçalı çizge olarak adlandırılır. İki parçalı çizgelerde bağlantıların bir ucu bir altkümeye diğer ucu ise diğer altkümeye aittir. Benzer şekilde bir çizge k alt kümeye ayrılabilirse k parçalı çizge olarak adlandırılır. Şekil 2.7 (a) ile ağaç ve Şekil 2.7 (b) ile iki parçalı çizge örnekleri gösterilmiştir [19].



Şekil 2.7. (a) Ağaç, (b) iki parçalı çizge

Bir çizgenin tümleyenini bulmak için tam çizgeden mevcut çizgedeki bağlantıların çıkarılması gerekir. Hiçbir bağlantı içermeyen çizgeye boş çizge denir ve boş çizgenin tümleyeni tam çizgedir. Bir çizge, herhangi iki bağlantı bir birini kesmeyecek şekilde oluşturulabiliyorsa düzlemsel çizge olarak adlandırılmaktadır [19].

2.1.2. İstatistiksel ağ analizi ölçüleri

Bir ağ verildiğinde genellikle bu ağdaki merkez düğümün hangisi olduğu, düğümler arasındaki yaygın etkileşimler ve benzer düğümlerin bulunması amaçlanmaktadır. Bu amaçlarla ağ analizinde kullanılan istatistiksel ölçüler düğüm seviyesinde ve ağ seviyesinde olmak üzere iki başlık altında toplanabilir [23]. Derece, arasındalık, yakınlık ve özvektör merkeziliği ölçüleri düğüm seviyesinde ölçülürken çap, yarıçap, ortalama en kısa yol uzaklığı, ortalama derece, yoğunluk, karşılıklılık, merkezileşme indisi, yerel ve küresel kümelenme katsayıları ölçüleri ve derece dağılımları ise ağ düzeyinde ölçülerdir. Devam eden alt başlıklarda ilgili ölçüler tanımlanmıştır.

Düğüm seviyesinde ölçüler

Bir ağ istatistiksel olarak analiz edilmek istendiğinde bu ağdan elde edilebilecek en önemli bilgilerden birisi ağdaki en önemli düğümün belirlenmesidir. Ağ analizinde bir düğümün önemi o düğümün ağ üzerindeki merkeziliği ile ölçülebilir [23]. Merkezilik için Freeman [24] derece, arasındalık ve yakınlık ölçülerini, Bonacich [25] özvektör ölçüsünü önermiştir.

Derece

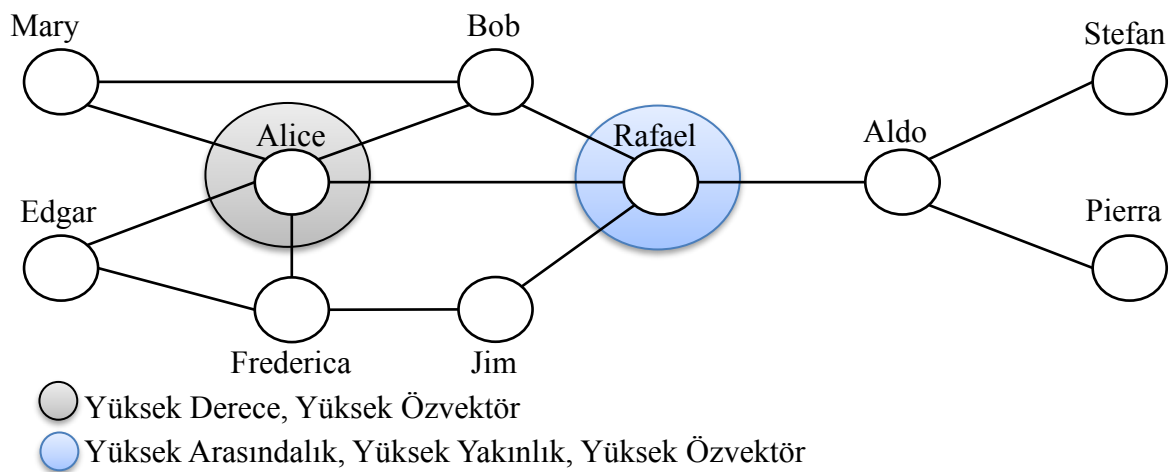
Bir düğümün bağlantılı olduğu düğümlerinin, komşularının, sayısını gösteren bir merkezilik ölçüsüdür. Eğer ağ yönlü ise gelen bağlantıların sayısını gösteren iç derece ve çıkan bağlantıların sayısını gösteren dış derece veya bunların kombinasyonu ile derece merkeziliği ölçülür. Bir düğümün ne kadar çok komşusu varsa o düğüm ağ içerisinde önemlidir. Yönsüz ağlarda derece Eş. 2.1 kullanılarak, yönlü ağlarda iç ve dış dereceler sırasıyla Eş. 2.2 ve Eş. 2.3 kullanılarak hesaplanır. a_{ij} komşuluk matrisinde i düğümünden j düğümüne bağlantı varsa 1, diğer durumda 0 değerini alan matris elemanlarını göstermektedir.

$$k_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}, 0 \leq k_i \leq n \quad (2.1)$$

$$k_i^+ = \sum_{j=1}^n a_{ji} \quad (2.2)$$

$$k_i^- = \sum_{j=1}^n a_{ij} \quad (2.3)$$

Şekil 2.8 ile örnek bir sosyal ağdaki merkezilik ölçüleri gösterilmektedir. Alice düğümünün derece merkeziliği yüksektir.



Şekil 2.8. Örnek bir sosyal ağda merkezilik dereceleri [26]

Arasındalık

Bir düğümün ağdaki diğer düğüm çiftleri arasında kalmasının bir ölçüsüdür. İlgili düğümün ağ üzerinde bilgi aktarımındaki rolünü bulmaya yöneliktir. Arasındalık merkeziliği Eş. 2.4 ile hesaplanabilir. σ_{st} , s ve t düğümleri arasındaki en kısa yolların sayısını ve $\sigma_{st}(i)$, s ve t düğümleri arasındaki i 'den geçen en kısa yolların sayısını göstermektedir. Şekil 2.8'de Rafael düğümünün arasındalık merkeziliği yüksektir.

$$b_i = \sum_{s \neq i \neq t} \frac{(\sigma_{st}(i))}{\sigma_{st}} \quad (2.4)$$

Yakınlık

Bir düğümden diğer düğümlere olan uzaklıkların ortalamasının bir ölçüsüdür. Ağ üzerinde bilgiyi en hızlı yayma potansiyeli olan düğümü bulmaya yöneliktir. Yakınlık merkeziliği Eş. 2.5 ile hesaplanır. $d(j, i)$, j ve i düğümleri arasındaki en kısa yol uzunluğunu göstermektedir. Şekil 2.8'de Rafael düğümünün yakınlık merkeziliği yüksektir.

$$C_i = \frac{n - 1}{\sum_j d(j, i)} \quad (2.5)$$

Özvektör

Derece merkeziliği bir düğüme ulaşan her bağlantının eşit derecede önemli olduğu esasına dayalıdır ve bir düğümün ne kadar fazla bağlantısı varsa o kadar önemlidir. Ancak tüm bağlantılar eşit değildir, örneğin önemli bir düğümden gelen bağlantılar daha önemlidir. Bu yaklaşıma göre güçlü bağlantıları olan düğümler daha önemli sayılmalıdır. Hem yönlü hem yönsüz ağlarda aynı şekilde tanımlanan özvektör merkeziliğine göre bir düğüm diğer önemli düğümler ile bağlantılı ise önemlidir. Özvektör merkeziliği bir düğümün ağ üzerindeki etki derecesini bulmaya yöneliktir. Özvektör merkeziliği Eş. 2.6 ile hesaplanır. a_{ij} , i ve j düğümleri arasında yol varsa 1, diğer durumda 0 değerini alan komşuluk matrisi elemanıdır. e_i , i düğümünün merkeziliği ve λ komşuluk matrisinin en büyük özdeğerini göstermektedir. Şekil 2.8'de Alice ve Rafael düğümlerinin özvektör merkeziliği yüksektir.

$$e_i = \frac{1}{\lambda} \sum_{j=1}^n a_{ij} e_j \quad (2.6)$$

Ağ seviyesinde ölçüler

Ağ seviyesindeki ölçüler ağın geneli hakkında bilgi sahibi olunmasını sağlar. Bu ölçüler ile düğümler ve bağlantılar birlikte ele alınarak analiz edilir. Çap ve yarıçap ağ seviyesindeki temel ölçülerdendir. Çap ve yarıçapın tanımlanması için öncelikle dış merkezilik değerinin tanımlanmasına ihtiyaç vardır.

Dış merkezilik

Bir düğümün diğer düğümler ile arasındaki uzaklık değerlerinin en büyük olanına denir. Eş. 2.7 ile hesaplanır.

$$\epsilon_i = \max_{i \neq j} d(i, j) \quad (2.7)$$

Örneğin, Bob düğümünün dış merkezilik değeri $\epsilon_{Bob} = \max\{1,1,2,2,2,1,2,3,3\} = 3$ olarak hesaplanır (Bkz. Şekil 2.8).

Çap ve yarıçap

Ağdaki düğümlerin dış merkezilik değeri en büyük olan düğüm ağın çapını, en küçük olanı ise ağın yarıçapını belirlemektedir. Çap ve yarıçap sırasıyla Eş. 2.8 ve Eş. 2.9 ile hesaplanabilir.

$$D = \max \{\epsilon_i : i \in N\} \quad (2.8)$$

$$R = \min \{\epsilon_i : i \in N\} \quad (2.9)$$

En büyük dış merkezilik değeri ve en küçük dış merkezilik değeri arasındaki farka bakılarak ağdaki düğümlerin birbirleri ile ne kadar sıkı bağlantı içerisinde olduğu görülmektedir. Bkz.

Şekil 2.8'deki örnek ağın çapı $D = maks \{4,4,3,4,3,2,3,4,4\} = 4$ ve yarıçapı $R = \min \{4,4,3,4,3,2,3,4,4\} = 2$ 'dir.

Ortalama en kısa yol uzaklığı

Ağdaki bütün düğüm çiftlerinin arasındaki en kısa yol uzaklıklarının ortalaması alınarak bulunur ve Eş. 2.10 ile hesaplanabilir.

$$\bar{d} = \frac{1}{\frac{n(n-1)}{2}} \sum_{i \geq j} d(i, j) \quad (2.10)$$

Ortalama en kısa yol uzaklığı ne kadar küçükse düğümler genel olarak birbirine yakındır çıkarımı yapılabilir. Bkz. Şekil 2.8'deki ağın ortalama en kısa yol uzaklığı $\bar{d} = 99/45 = 2,2$ 'dir.

Ortalama derece

Ağdaki bütün düğümlerin derecelerinin ortalaması ile Eş. 2.11'deki gibi hesaplanır.

$$\bar{k} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n k_i \quad (2.11)$$

Tam ağlarda ortalama derece $(n - 1)$ değerini almaktadır. Bkz. Şekil 2.8'deki örnek ağın ortalama derecesi $\bar{k} = 26/10 = 2,6$ 'dır.

Yoğunluk

Ağdaki mevcut bağlantıların mümkün olan maksimum bağlantı sayısına oranı ile Eş. 2.12'deki gibi hesaplanır.

$$\rho(G) = \frac{m(G)}{m_{maks}(G)}, 0 < \rho < 1 \quad (2.12)$$

$m(G)$ ağdaki mevcut bağlantıların sayısını, $m_{maks}(G)$ ise yönsüz ağlarda $n(n-1)/2$, yönlü ağlarda $n(n-1)$ değerini alan maksimum mümkün bağlantı sayısını göstermektedir. Yoğunluk ölçüsü düğümlerin birbirleriyle ne kadar bağlantılı olduğunu gösterir. Tam ağlarda yoğunluk değeri 1 değerini almaktadır. Bkz. Şekil 2.8'deki örnek ağın yoğunluk değeri $\rho(G) = 13/45 = 0,29$ 'dur.

Karşılıklılık

Ağdaki bağlantıların iki yönlü olmasının bir ölçüsüdür. Karşılıklı bağlantı sayısının toplam bağlantı sayısına oranı olarak Eş. 2.13 ile hesaplanmaktadır.

$$r = \frac{\#mut}{\#mut + \#asym}, 0 \leq r \leq 1 \quad (2.13)$$

$\#mut$ ağdaki yönsüz bağlantıların sayısını, $\#asym$ ağdaki yönlü bağlantıların sayısını göstermektedir. Bkz. Şekil 2.8'deki örnek ağda tüm bağlantılar yönsüz (iki yönlü) olduğundan $r = 13/(13 + 0) = 1$ olarak hesaplanır. Tüm bağlantıların tek yönlü olduğu ağlarda karşılıklılık değeri 0 değerini almaktadır.

Merkezileşme indisi

Ağdaki düğümlerin merkezilik değerlerinin değişkenliğinin bir ölçüsüdür. Düğüm seviyesindeki ölçülerden derece merkeziliği merkezileşme indisi hesaplanırken kullanılabilir. C_{maks}^T ağdaki en yüksek merkezilik değeri, C_i^T i düğümünün merkezilik değeri ve $\max(C_{maks}^T)$ muhtemel en yüksek merkezilik değerini göstermek üzere merkezileşme indisi Eş. 2.14 kullanılarak hesaplanır.

$$C^T = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{maks}^T - C_i^T)}{\sum_{i=1}^n (\max(C_{maks}^T) - C_i^T)} \quad (2.14)$$

Merkezileşme indisi değerinin küçük olması düğümlerin merkezilik değerlerinin birbirine yakın olduğu anlamına gelir. Bu da bir önceki altbölümde tanımlanan düğüm seviyesindeki merkezilik ölçülerini kullanmanın anlamlı olmadığını gösterir. Tam tersine merkezileşme indisi büyük olduğunda ağda bir merkezileşme olduğundan bahsedilebilir ve önemli düğümü

belirlemek anlamlı olacaktır. Bkz. Şekil 2.8'deki örnek ağın merkezileşme indisi aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$C^T = \frac{(5-2) + (5-2) + \dots + (5-1)}{(9-2) + (9-2) + \dots + (9-1)} = \frac{24}{72} = 0,33$$

On düğümlü bir ağda muhtemel en yüksek merkezilik değeri bir düğümün merkezde olup diğer dokuz düğümün merkez düğüme bağlandığı durumdur ve $\max(C_{maks}^T) = 9$ 'dur. Mevcut ağdaki en yüksek merkezilik değeri ise Alice düğümüne aittir ve $C_{maks}^T = 5$ 'tir.

Yerel ve küresel kümelenme katsayıları

Küresel kümelenme katsayısının hesaplanabilmesi için öncelikle yerel kümelenme katsayısı hesaplanmalıdır. Yerel kümelenme katsayısı düğümler için hesaplanır, bunların ortalaması alınarak küresel kümelenme katsayısı bulunur. e_{jk} , i düğüme komşu olan j ve k düğümleri arasındaki bağlantı sayısını, k_i , i düğümünün derecesini göstermek üzere yerel ve küresel kümelenme katsayıları sırasıyla Eş. 2.15 ve Eş. 2.16 ile hesaplanabilir.

$$h_i = 2 \frac{|e_{jk}|}{k_i(k_i - 1)} \quad (2.15)$$

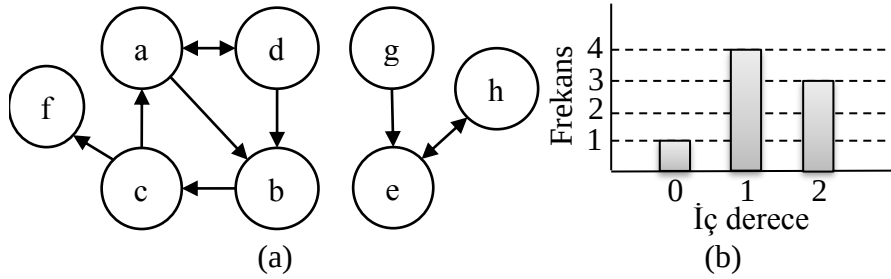
$$h = \frac{1}{n} \sum_i h_i \quad (2.16)$$

Bkz. Şekil 2.8'deki örnek ağda düğümlerin yerel kümelenme katsayıları $h_i = \{1; 1; 0,3; 0,33; 0,66; 0,16; 0; 0; 0\}$ olarak hesaplanmıştır. Küresel kümelenme katsayısı $h = 0,346$ 'dır.

Derece Dağılımları

Bir ağda rastgele seçilen bir düğümün k derecesine sahip olma olasılığı p_k olsun. Buna göre k düğüm dereceleri ve p_k bunların olasılıkları arasındaki dağılım bir histogram ile gösterilebilir. Şekil 2.9 (a)'daki örnek ağın iç derece sırası: [2(a), 2(b), 2(e), 1(c), 1(d), 1(f),

1(h), 0(g)] şeklindedir. Buna göre iç derece dağılımı Şekil 2.9 (b)'deki histogram ile gösterilmektedir.



Şekil 2.9. (a) Örnek ağ, (b) örnek ağın iç derece dağılımı

Karmaşık ağlarda yaygın olarak görülen derece dağılımları poisson dağılım, gauss dağılım, üstel dağılım ve güç yasası dağılımıdır [22].

2.1.3. Gerçek dünya ağları

Gerçek dünya problemlerinin çözümünde yararlanılan en yaygın literatür incelendiğinde ağların dört ana başlığa ayrılabilirdiği görülmektedir: (1) sosyal ağlar, (2) bilgi ağları, (3) teknolojik ağlar, (4) biyolojik ağlar [27, 28]. Sosyal ağlar, düğümlerin insanları ya da insan gruplarını gösterdiği ve bağlantıların arkadaşlık gibi bazı sosyal etkileşim biçimlerini temsil ettiği ağlardır. Örneğin, arkadaşlık ağları, iletişim ağları, işbirliği ağları. Bilgi ağları birbirine bağlanmış veri öğelerinden oluşan ağlardır. Dünya çapında ağ (www), akademik atıf ağları, öneri ağları, tercih ağları ve ticaret ağları bilgi ağları arasında yer alır. Teknolojik ağlar, modern teknolojik toplumların omurgasını oluşturan fiziksel ağlardır. İnternet, telefon ağları, elektrik nakil hatları, taşıma ve dağıtım ağları teknolojik ağlara örnek verilebilir. Ağlar, biyolojik unsurlar arasındaki etkileşimlerin uygun bir gösterimi olarak biyolojinin birçok dalında yaygın şekilde kullanılmaktadır. Biyokimyasal ağlar, sinir ağları, metabolik ağlar ve ekolojik ağlar biyolojik ağlara örnek verilebilir.

2.1.4. Karmaşık ağlarda önemli kavramlar

Karmaşık ağları daha iyi modelleyebilmek için sahip oldukları özelliklerin daha yakından incelenmesi gereklidir. Bu bölümde karmaşık ağlarda görülen küçük dünya etkisi, ölçeksizlik etkisi ve rassal ağ modeli tanıtılmaktadır.

Küçük dünya

Altı dereceli ayrılık ilkesi olarak da bilinen küçük dünya özelliği, gerçek dünya ağlarında Milgram [29] 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 birbirine yakın olduğu, düğümler arası ortalama yol uzunluklarının düşük olduğu ve düğümlerin büyük çoğunluğunun bağlantılı olduğunu göstermektedir. Sosyal ağlarda 6 adım olan bu özellik herhangi iki web sayfası arasında 18 adımda sağlanmaktadır. Düğüm sayısının büyüklüğü dikkate alındığında her iki sayı da ağın aslında ne kadar küçük olduğunu göstermektedir.

Ölçeksizlik etkisi

80/20 kuralı gereği paranın %80'i nüfusun %20'si tarafından kazanılmaktadır. Benzer şekilde internet ağlarında webdeki bağlantıların %80'i web sayfalarının %20'sine işaret eder. Bibliyografik ağlarda alıntılarının %80'i bilim adamlarının %38'ine aittir. Bu örneklerin hepsi göstermektedir ki düğümlerin sadece küçük bir çoğunluğu çok sayıda bağlantıya sahipken, düğümlerin büyük çoğunluğu az sayıda bağlantıya sahiptir. Böyle ağların derece dağılımı ise güç yasası denilen bir dağılımı takip etmektedir. Güç yasası dağılımını gösteren ağlara ise ölçeksiz ağlar denilmektedir. Güç yasası dağılımının n . momentinin limiti sonsuza gittiği için ölçeksiz ağlar ismini buradan almaktadır [21].

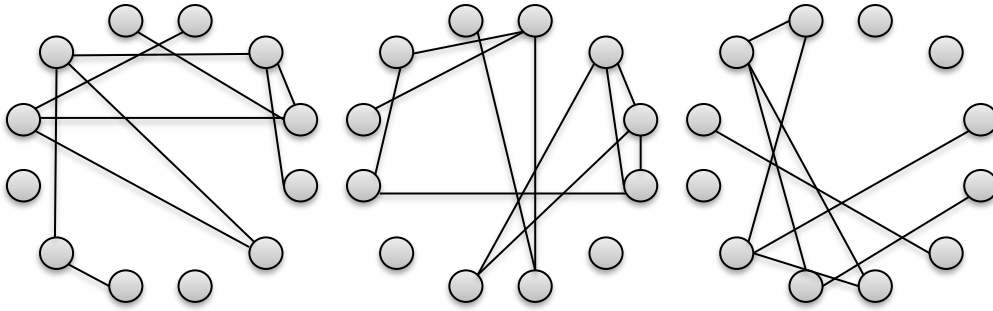
Rassal ağ modeli

Ağ bilimcileri gerçek ağların özelliklerini yansıtan modeller üretebilmek amacıyla rassal ağ teorisini geliştirmişlerdir [30]. Başlangıçta birkaç düğüm ve bağlantıdan oluşan ağların zaman içerisinde düğümler arasında yeni bağlantılar geliştirmesi tamamen rassal olarak modellenmiştir. n düğüm sayısı ve p düğüm çiftleri arasındaki bağlantılı olma olasılığı olmak üzere rassal ağ modeli $G(n, p)$ ile gösterilir. Rassal ağ oluşturma adımları aşağıdaki gibidir:

- Adım 1: n izole düğüm ile başla.
- Adım 2: Bir düğüm çifti seç ve 0 ile 1 arasında rassal bir sayı üret. Eğer rassal sayı p değerini aşarsa düğüm çiftini bir bağlantı ile birleştir; aksi halde birleştirme.

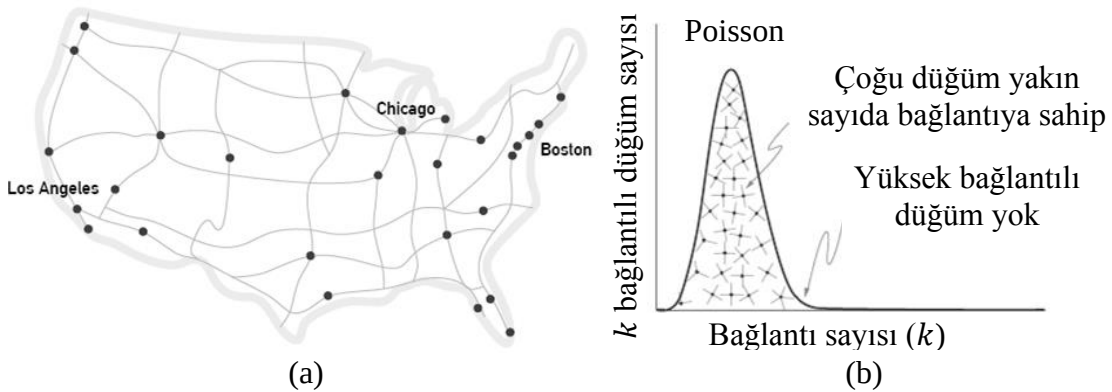
- Adım 3: $n(n - 1)/2$ adet düğüm çiftlerinin tümü için bir önceki adımı tekrarla.

Düğüm sayısı ve bağlantılı olma olasılıkları aynı olsa bile her seferinde farklı ağlar oluşabilmektedir. Örneğin $n = 12$ ve $p = 1/6$ verildiğinde oluşturulabilecek üç farklı rassal ağ Şekil 2.10'da görülmektedir.

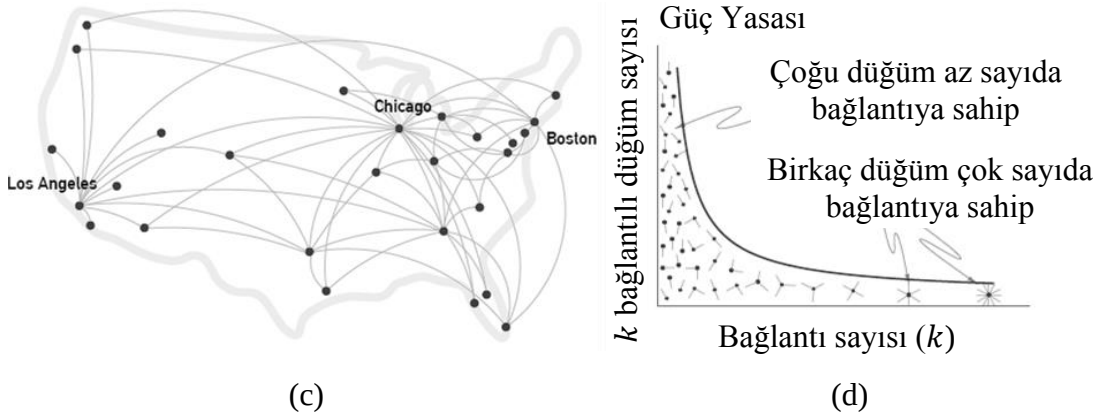


Şekil 2.10. $n = 12$ ve $p = 1/6$ olan rassal ağ örnekleri [21]

Rassal ağlar ve ölçeksiz ağlara sırasıyla karayolu ağı ve hava trafik ağı verilebilir. Şekil 2.11 (a)'da bir karayolu ağı rassal ağa örnek verilmiştir. Şekil 2.11 (b)'de ise bu karayolu ağına ait derece dağılımı gösterilmektedir. Karayolu ağına şehirlerarasındaki yollar poisson dağılım izlemektedir. Şekil 2.12 (a)'da bir hava trafik ağı ölçeksiz ağa örnek olarak verilmiştir. Şekil 2.12 (b)'de ise bu hava trafik ağına ait derece dağılımı gösterilmektedir. Hava trafik ağına az sayıda şehirden çok sayıda bağlantı çıkarken, az sayıda şehrin çok az sayıda bağlantısı olması sebebiyle güç yasası dağılımı izlediği görülmektedir.



Şekil 2.11. (a) Rassal ağ, (b) rassal ağın derece dağılımı [21]



Şekil 2.12. (a) ölçeksiz ağ, (b) ölçeksiz ağın derece dağılımı [21]

2.2. Heterojen Bilgi Ağları

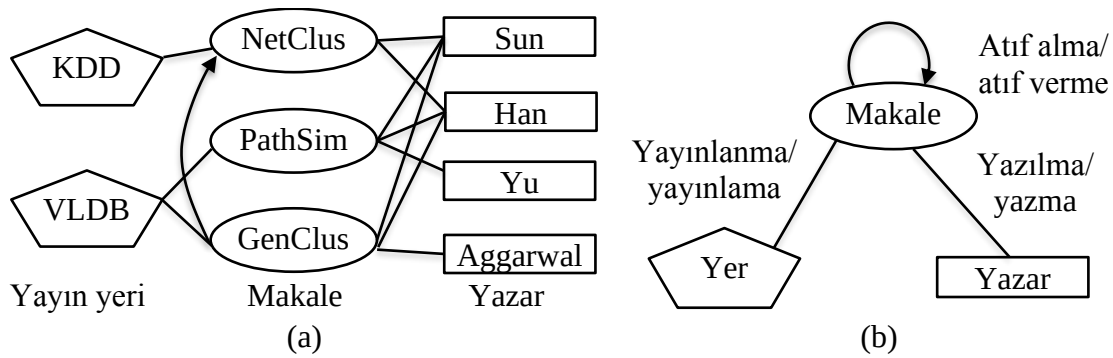
Bir bilgi ağı bir nesne tipi eşleme fonksiyonuna $\varphi: N \rightarrow A$ ve bir bağlantı tipi eşleme fonksiyonuna $\psi: L \rightarrow R$ sahip yönlü bir $G = (N, L)$ ağı olarak tanımlanır. Her $n \in N$ nesnesi $A: \varphi(n) \in A$ nesne tipleri kümesinde özel bir tipe ve her $l \in L$ bağlantısı $R: \psi(l) \in R$ ilişki tipleri kümesinde özel bir tipe aittir. Eğer iki bağlantı aynı ilişki tipindeyse bu bağlantıların başlangıç düğümleri ve bitiş düğümleri de aynı nesne tipindedirler [31].

Genel ağ tanımlamasından farklı olarak bilgi ağları tanımında nesne tipleri ve ilişki tipleri yer almaktadır. Bilgi ağındaki nesnelerin tipi $|A| > 1$ veya ilişkilerin tipi $|R| > 1$ ise bilgi ağına HBA, aksi takdirde homojen bilgi ağı denilmektedir.

Karmaşık bir HBA verildiğinde nesne tiplerini ve bağlantı tiplerini daha iyi anlamak için ağın ileri seviye tanımlamasına ihtiyaç duyulmuştur. Bunun sonucunda ağ şeması önerilmiştir [31].

$T_G = (A, R)$ ile gösterilen ağ şeması $\varphi: N \rightarrow A$ nesne tipi eşleme fonksiyonuna ve $\psi: L \rightarrow R$ bağlantı tipi eşleme fonksiyonuna sahip, bağlantıları R ilişki tiplerinden olan A nesne tipleri üzerinde tanımlı yönlü bir $G = (N, L)$ heterojen ağının meta şablonudur. Bir HBA'nın ağ şeması nesneler arasındaki ilişkiler ve nesne kümeleri üzerinde tip kısıtlarını belirler. Bu kısıtlar HBA'ları yarı-yapılandırılmış hale getirir ve ağın anlamlandırılmasına rehberlik eder.

HBA'lar sosyal, bilimsel, mühendislik uygulamalardan iş uygulamalarına kadar çok sayıda büyük boyutlu veri setlerinden oluşturulabilir [31]. Örneğin bir bibliyografik bilgi ağında nesne tipleri yayın, yayın yeri (ör. konferans, dergi), yazar olabilir. Her bir yayın için yazarlarla yazma ilişkisini gösteren, yayın yeriyle yayınlanma ilişkisini gösteren ve yayınlarla atıf verme ilişkisini gösteren çeşitli bağlantı tipleri söz konusudur. Benzer şekilde kullanıcıları, gönderileri, etiketleri içeren bir sosyal medya web sitesi veya doktor, hasta, hastalık gibi çeşitli nesneleri içeren bir sağlık bakım sistemi HBA'lara örnek verilebilir. Şekil 2.13 (a) ile HBA örneği, Şekil 2.13 (b) ile ağ şeması örneği gösterilmiştir.



Şekil 2.13. (a) HBA örneği, (b) ağ şeması [12]

Şekil 2.13 (a) bibliyografik verideki gerçek nesneleri ve onlar arasındaki bağlantıları göstermektedir. Şekil 2.13 (b) HBA'daki nesne ve ilişki tiplerini göstermektedir. Bu örneğe göre yazarlar, yayın yeri, makale olmak üzere üç nesne tipi varken, yazarlar ve makale arasında yazma/yazılma ilişkisini gösteren, yayın yeri ve makale arasında yayınlanma/yayınlama ilişkisini gösteren, makaleler arasında atıf alma/atıf verme ilişkisini gösteren bağlantı çeşitleri vardır.

Bir HBA'da iki nesnenin birbirine farklı fiziksel anlamlara sahip farklı yollarla bağlanması mümkündür. Bu yollar metayol olarak kategorize edilir. Bir P metayolu $T_G = (A, R)$ ağ şeması üzerinde tanımlı ve $\circ$ bağlantılar üzerindeki birleştirme operatörünü göstermek üzere $A_1 \xrightarrow{R_1} A_2 \xrightarrow{R_2} \dots \xrightarrow{R_l} A_{l+1}$ şeklinde gösterilen A_1 ve A_{l+1} tipleri arasında kompozit $R = R_1 \circ R_2 \circ \dots \circ R_l$ ilişkisini tanımlayan bir yoldur [32].

Metayolun uzunluğu P 'deki bağlantı sayısı ile ölçülür. Eğer metayolu tanımlayan R simetrikse metayol da simetriktir. Aynı nesne tipleri arasında birden fazla bağlantı çeşidi

tanımlı değilse metayol gösterilirken sadece nesne tipleri de kullanılabilir. Yani $P = A_1 \xrightarrow{R_1} A_2 \xrightarrow{R_2} \dots \xrightarrow{R_l} A_{l+1} = (A_1 A_2 \dots A_{l+1})$. Örneğin, bibliyografik bilgi ağında eş yazarlık ilişkisi $A \xrightarrow{\text{yazma}} P \xrightarrow{\text{yazılma}} A$ veya kısaca APA şeklinde uzunluğu iki olan bir metayol ile gösterilebilir. Eğer her bir a_i için $\phi(a_i) = A_i$ ve her bir bağlantı için $e_i = \langle a_i a_{i+1} \rangle$ P 'deki R_i bağlantısına aitse G ağındaki a_1 ve a_{l+1} nesneleri arasındaki $p = (a_1 a_2 \dots a_{l+1})$ yollarına yol örneği denir, $p \in P$ ile gösterilir. Eğer P' , T_G 'de P 'nin ters yolu ise, P' metayolu P 'nin ters metayoludur, P^{-1} ile gösterilir ve P 'nin tanımladığı bağlantının ters bağlantısını tanımlar. Benzer şekilde p 'nin ters yol örneği G 'de p 'nin ters yolu olarak tanımlanır, p^{-1} ile gösterilir.

İki metayol $P_1 = (A_1 A_2 \dots A_l)$ ve $P_2 = (B_1 B_2 \dots B_k)$ sadece $A_l = B_1$ ise zincirlenebilir. Bu durumda $P = (P_1 P_2) = (A_1 A_2 \dots A_l B_2 \dots B_k)$ olur. Basit bir örnek olarak AP ve PA metayolları zincirlenerek APA metayolunu oluşturur.

Metayolun zengin anlambilimi HBA'da önemli bir karakteristik. Nesneler arasında farklı metayollara bağlı olarak farklı bağlantıların söz konusu olduğu farklı anlamlar mevcuttur. Bu da çeşitli veri madenciliği görevlerini etkileyebilmektedir. Örneğin yazarlar arasındaki benzerlik skorları farklı metayollara bağlı olarak değerlendirilir ve farklıdır. APA metayolunda yazarlar ortak yayın yaptığı için benzerlik skorları yüksektir. Metayol benzerlik ölçümü, kümeleme ve sınıflandırma gibi çeşitli veri madenciliği görevlerinde kullanılabilir.

2.2.1. Heterojen bilgi ağları ve ilişkili diğer ağların karşılaştırılması

Sosyal ağ analizlerinin popüler olmasıyla birlikte çeşitli ağ verileri ortaya çıkmıştır ve ağ verisini modellemek için çeşitli kavramlar önerilmiştir. Bu kavramlar küçük farkları olmasına rağmen genelde benzer anlamlara sahiptir. Bu kavramlar karşılaştırmalarıyla birlikte aşağıda verilmiştir:

Heterojen ağ – Homojen ağ

Homojen ağlarda sadece bir çeşit nesne ve bir çeşit bağlantı varken, heterojen ağlarda çeşitli tiplerde nesneler ve bağlantılar mevcuttur. Aslında homojen ağlar heterojen ağların bağlantı

ve nesne sayısı bire eşit olan özel bir durumu olarak dikkate alınabilir. Heterojenlik ihmal edilerek heterojen ağlar homojen ağlara dönüştürülebilir ancak bu ihmal önemli bilgilerin kaybına sebep olacaktır.

Heterojen ağ – Çok bağlantılı ağ

Çok bağlantılı ağlarda [33] sadece bir çeşit nesne ve birden fazla bağlantı çeşidi vardır. Dolayısıyla çok bağlantılı ağlar da heterojen ağların özel bir durumu olarak dikkate alınabilir.

Heterojen ağ – Çok boyutlu/modlu ağ

Çok boyutlu ağlar [34] çok bağlantılı ağlar ile aynı anlamı taşımaktadır. Yani ağ sadece bir nesne tipi ve birden fazla ilişki tipi içermektedir. Dolayısıyla çok boyutlu ağlar da heterojen ağların özel bir durumu olarak dikkate alınabilir.

Heterojen ağ- Kompozit ağ

Zhong ve diğerleri ağdaki kullanıcıların çeşitli ilişkilere sahip oldukları, her bir ağda veya alt ağda farklı davranışlar sergiledikleri ve aynı zamanda ağlar arasında ortak bazı çıkarları paylaştıkları kompozit ağ kavramını önermişlerdir [35, 36]. Yine tek nesne tipi ve birden fazla ilişki tipi dikkate alındığı için heterojen ağların özel bir durumu olarak dikkate alınabilir.

Heterojen ağ- Karmaşık ağ

Karmaşık ağ ne çok düzenli ne de çok rassal olan elemanlar arasındaki bağlantılara ve basit olmayan topolojik özelliklere sahip bir ağdır [37]. Çalışmalar göstermiştir ki çoğu gerçek dünya ağları karmaşık ağlardır: sosyal ağlar, bilgi ağları, teknolojik ağlar ve biyolojik ağlar gibi [27]. Bu yüzden çoğu gerçek heterojen ağlar karmaşık ağlardır denilebilir.

2.2.2. Örnek heterojen bilgi ağı veri yapıları

HBA'lar her yerde yaygın olmasına rağmen, farklı veri kaynaklarında yer aldığı için çok fazla standart veri setleri bulunmamaktadır. Literatürde yaygın olarak kullanılan bazı HBA'lar aşağıda özetlenmiştir [12].

Tek nesne tipli çok bağlantılı ağ

Tek tip nesnenin ve nesneler arasında çeşitli ilişkilerin olduğu HBA çeşididir. Özellikle Facebook gibi sosyal medya web sitelerinde yaygındır. Şekil 2.14 (a) kullanıcıların birbirine kaydetme, göz atma, sohbet etme ve arkadaş uygulaması gönderme gibi ilişkilerle bağlı oldukları bir HBA'nın ağ şemasını göstermektedir.

İki parçalı ağ

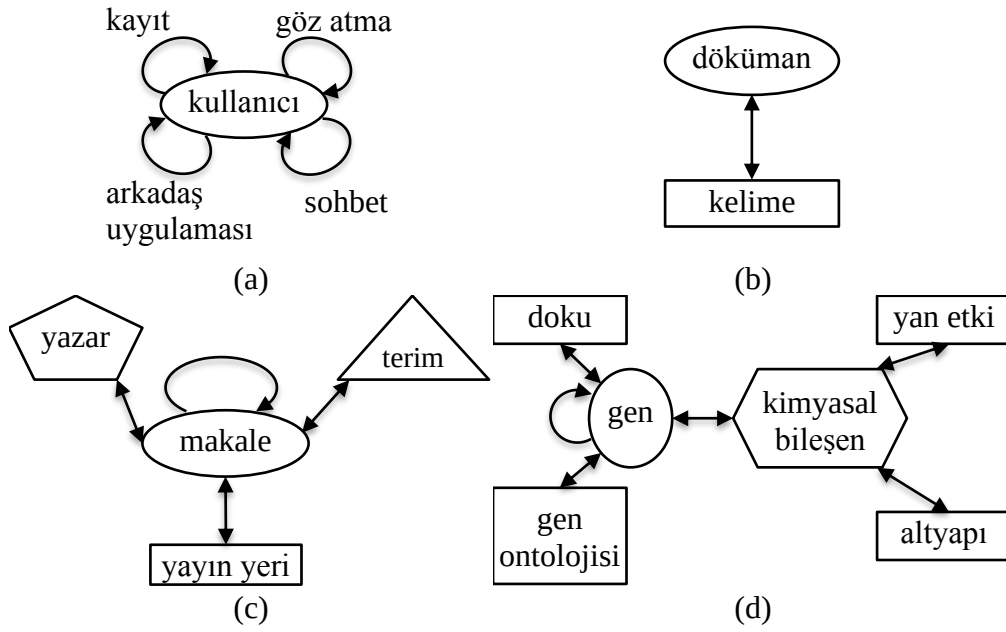
İki tip nesne arasındaki ilişkileri göstermek için kullanılan bir HBA çeşididir. Kullanıcı-nesne veya doküman-kelime ağları iki parçalı ağlara örnek verilebilir. Şekil 2.14 (b) doküman ve kelime arasındaki ilişkiyi gösteren bir HBA'nın ağ şemasını göstermektedir. İki parçalı ağlar, bağlantıların bitişik nesne tipleri arasında yer aldığı nesne sayısının daha fazla olduğu k -parçalı ağlara genişletilebilir [38].

Yıldız-şema ağ

HBA'lar içinde en popüler olan çeşididir. Veri tabanındaki bir hedef nesne ve onun özellik nesneleri bir HBA oluşturmaktadır. Hedef nesne merkez düğümüdür ve özellik nesnelere bağlıdır. Şekil 2.14 (c) tipik bir yıldız-şema ağ örneği olan bibliyografik bir ağın ağ şemasını göstermektedir. Yıldız-şema ağa diğer örnekler sinema verisi (www.imdb.com/) veya patent verisi (<http://www.uspto.gov/patents/>) olabilir.

Çok merkezli ağ

Birden fazla merkez nesne içeren HBA çeşididir. Bu çeşit ağlar genellikle biyoinformatik verilerde görülmektedir. Gen ve kimyasal bileşen olmak üzere iki merkez düğüm içeren bir çok merkezli HBA'nın ağ şeması örneği Şekil 2.14 (d) ile gösterilmiştir.



Şekil 2.14. (a) Tek nesne çok bağlantılı ağ, (b) iki parçalı ağ, (c) yıldız-şema ağ, (d) çok merkezli ağ

Bunların dışında aşağıda listelenen daha karmaşık heterojen ağlar da vardır ve yaygın olarak kullanılır [39, 40].

- Bazı gerçek uygulamalarda kullanıcılar birden fazla sosyal ağ kullanıyor olabilir. Her bir sosyal ağ HBA olarak modellenir. Kullanıcılar her bir ağda birbirlerine sosyal bağlantılar yoluyla bağlıdır. Ayrıca konumlar, zaman bilgisi ve metin içeriği gibi online aktivitelere sahiplerdir. İki farklı ağı kullanan kullanıcılar iki ağı birleştiren ortak düğümdür [39].
- Bazı sistemler basit bir ağ şeması ile modellenemeyecek kadar karmaşık olabilir [40]. Örneğin, Bilgi grafiği $\langle \text{Özne}, \text{Özellik}, \text{Nesne} \rangle$ modeliyle uyumlu olan kaynak tanımlama çerçevesi verisine bağlı oluşturulur. Kaynak tanımlama çerçevesi web üzerinde veri kaynaklarının ve diğer veri kaynaklarıyla ilişkilerinin tanımlandığı bir veri modelidir. Burada özne ve nesneler düğüm olarak, özellikler düğümler arasındaki bağlantılar olarak dikkate alınır. Böylece bilgi grafiği bir HBA olarak modellenebilir.

2.2.3. Heterojen bilgi ağlarında yapılan çalışmalar

Homojen ağlara kıyasla HBA'lar daha zengin yapı ve anlambilimi içerdiğinden çok sayıda veri madenciliği yöntemi ile analiz edilmiştir. Veri madenciliğinde çok sayıda mevcut yöntem olmasına karşın tanımlayıcı ve tahmin edici olmak üzere iki başlık altında toplanabilir [2]. Tanımlayıcı yöntemler veri tabanında yer alan özellikler arasında var olan

ilişkileri özetleyen örüntüleri elde etmeyi amaçlarken, tahmin edici yöntemler veri tabanındaki bir özelliği diğer özelliklere bağlı olarak öngörmeyi amaçlar. Bu bölümde temel veri madenciliği görevlerine göre alt başlıklara ayrılmış olarak literatürde HBA ile yapılan çalışmalara yer verilmiştir.

Benzerlik ölçüsü

Çoğu veri madenciliği yöntemlerinin temelini oluşturan benzerlik hesaplamaları nesnelerin benzerliğini değerlendirmek için kullanılır. Benzerlik ölçüsü çalışmaları iki grupta incelenebilir: özellik temelli yaklaşımlar, bağlantı temelli yaklaşımlar. Cosine benzerliği, Jaccard katsayısı ve Öklid uzaklığı gibi benzerlik ölçüleri özellik temelli yaklaşımlardır. Nesnelerin özellikleri arasındaki benzerliğin hesaplanmasına dayalıdır. Bağlantı temelli yaklaşımlar nesnelerin benzerliğini bir ağ üzerindeki bağlantı yapılarına dayalı olarak ölçmektedir. Örneğin, SimRank [41] iki nesnenin benzerliğini komşularının benzerliğine göre değerlendirir.

HBA’larda benzerlik ölçüsü dikkate alındığında homojen ağlardan farklı olarak sadece iki nesnenin yapısal benzerliğini değil aynı zamanda iki nesne arasındaki metayol bağlantısını da ele alır. Farklı metayollar farklı benzerlik skorlarını oluşturabilir.

Bir metayol geleneksel veri setinde bir özelliğe karşılık gelmektedir. Bir $P = (A_1 A_2 \dots A_l)$ metayolu verildiğinde $x \in A_1$ ve $y \in A_l$ nesne çiftleri arasındaki yol örneklerine göre çeşitli benzerlik ölçüleri tanımlanabilir. Bunlardan bazıları yol sayısı, rassal yürüyüş ve parçalı rassal yürüyüştür. Yol sayısı, x ve y arasındaki $P: s(x, y) = |\{p: p \in P\}|$ olan p yol örneklerinin sayısıdır. Rassal yürüyüş, x ’te başlayıp y ’de sona eren tüm $p \in P$ yol örneklerinin olasılıkları toplamı $Prob(p): s(x, y) = \sum_{p \in P} Prob(p)$ ile gösterilir. Burada $s(x, y)$ x ’te başlayıp y ’de sona eren rassal yürüyüşün P metayolunu izleme olasılığıdır. Bir P metayolu $P = (P_1 P_2)$ şeklinde eşit uzunlukta iki metayola ayrıştırılabilir. $s(x, y)$, x ve y ’den başlayıp aynı orta nesneye ulaşan parçalı rassal yürüyüşün olasılığıdır. Parçalı rassal yürüyüş, $Prob(p_1)$ ve $Prob(p_2^{-1})$ iki yol örneğinin rassal yürüyüş olasılıkları olmak üzere $s(x, y) = \sum_{(p_1 p_2) \in (P_1 P_2)} Prob(p_1) Prob(p_2^{-1})$ ile hesaplanır.

Farklı tip nesnelerle oluşturulan metayollardaki anlambilimi dikkate alındığında Sun ve diğerleri simetrik yollara dayalı olarak aynı tip nesnelerin benzerliğini değerlendirmek için PathSim benzerlik ölçüsünü önermişlerdir [32]. Bir P simetrik metayolu verildiğinde $p_{x \rightarrow y}$, $p_{x \rightarrow x}$ ve $p_{y \rightarrow y}$ sırasıyla x ile y , x ile x ve y ile y arasındaki bir yol örneği olmak üzere, aynı tipteki x ve y nesneleri arasında PathSim benzerlik ölçüsü Eş. 2.17'deki gibi hesaplanır.

$$s(x, y) = \frac{2 \times |\{p_{x \rightarrow y} : p_{x \rightarrow y} \in P\}|}{|\{p_{x \rightarrow x} : p_{x \rightarrow x} \in P\}| + |\{p_{y \rightarrow y} : p_{y \rightarrow y} \in P\}|} \quad (2.17)$$

Örnek

Yazarlar ve yayın yerleri arasındaki bağlantı sayısına göre oluşturulan $W_{yazar-yer}$ komşuluk matrisi aşağıda verilmiştir.

	yer_1	yer_2	yer_3	yer_4
$yazar_1$	2	1	0	0
$yazar_2$	50	20	0	0
$yazar_3$	2	0	1	0
$yazar_4$	2	1	0	0
$yazar_5$	0	0	1	1

$yazar_1$ ve $yazar_2$ arasındaki PathSim benzerlik skoru aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$s(yazar_1, yazar_2) = \frac{2 \times (2 \times 50 + 1 \times 20)}{(2 \times 2 + 1 \times 1) + (50 \times 50 + 20 \times 20)} = 0,0826$$

$yazar_1$ ve $yazar_4$ birebir aynı yerde aynı sayıda yayın yaptıkları için $s(yazar_1, yazar_4) = 1$ olur.

PathSim sadece metayoldaki bilgiyi dikkate alıp diğer destekleyici bilgileri ihmal ettiğinden PathSimExt benzerlik ölçüsü daha zengin bilgi sağlamak için önerilmiştir [42]. Örneğin, bibliyografik ağda atıf sayısı makale düğümünün önemi hakkında bilgi içermektedir, PathSimExt bunun gibi faktörleri dikkate alır. Farklı tip nesnelerin ilgililiğini ölçmek için HeteSim [43] ve daha sonra bu yöntemin bir uzantısı olan LSH-HeteSim [44] karmaşık metayollarda kullanılmak üzere önerilmiştir. HeteSim'in yüksek hesaplama zamanı ve yüksek hafıza gereksinimi dezavantajlarının üstesinden gelmek için AvgSim benzerlik

ölçüsü önerilmiştir [45]. Kullanıcının belirlediği ortak yollara göre ilk k benzer nesne çiftinin bulunmasını sağlayan bir benzerlik ölçüsü önerilmiştir [46]. Çok sayıda nesne ve bağlantı tipi içeren heterojen ağlarda benzerlik hesaplaması için Wang ve diğerleri ise RelSim benzerlik ölçüsünü önermişlerdir [47].

Kümeleme

Kümeleme analizi her bir küme içi uzaklığı en düşük ve kümeler arası uzaklığı en yüksek olacak şekilde nesnelerin kümelere ayrılması işlemidir. Nesnelerin özellikleri dikkate alınarak k -ortalamlar gibi bilinen kümeleme analizi yöntemleriyle ağ homojen olarak değerlendirilmekte ve alt ağlara ayrıştırılmaktadır. Ancak son zamanlarda çok nesne tipli heterojen ağların kümelemesi için de çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Heterojen ağlarda çok nesne tipi içerildiğinden kümeleme sonucunda da her bir kümede farklı nesne tipleri yer almaktadır.

İlk olarak iki nesne çeşidinden oluşan ağda sıralama temelli bir kümeleme algoritması olan RankClus [48] algoritması önerilmiştir. Sıralama temelli RankClus algoritmasının ardından yine sıralama temelli farklı kümeleme algoritmaları daha geliştirilmiştir. RankClus algoritması iki nesne tipinden oluşan ağlara uygulanabildiğinden yıldız şema ağlara uygulanmak üzere NetClus algoritması önerilmiştir [49]. Döngü içeren yıldız şema ağlarda homojen ve heterojen bilgiyi birleştirmek için ComClus algoritması önerilmiştir [50]. Verinin hangi yapıda olduğu fark etmeksizin (iki nesne tipli, yıldız şema vb.) uygulanabilen genel bir sıralama temelli kümeleme algoritması olan HeProjI algoritması [51] önerilmiştir. Tüm bu algoritmalarda iteratif olarak sıralama ve kümeleme işlemleri gerçekleştirilmektedir. Bunların ardından eş zamanlı olarak sıralama ve kümelemeyi gerçekleştirebilecek ve yine herhangi bir ağ tipinde uygulanabilecek bir algoritma önerilmiştir [52].

Heterojen ağlarda nesnelerin ve bağlantıların çok çeşitli olmasının yanı sıra nesnelerin sahip olduğu özellik değerleri de yapılan analizlerde dikkate alınabilir. Özellik değerlerinin kümeleme analizinde dikkate alındığı çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Ağın bütününde bir kümeleme analizi yapıldığında ya çok küçük ayrık topluluklar ya da çok büyük uyumsuz bir topluluk tespitiyle sonuçlanacaktır. Bu nedenle Aggarwal ve diğerleri ağı küresel değil de yerel özlülük ilkesiyle ele alarak ağ boyunca dengeli toplulukların tespiti için çalışmışlardır [53]. Yerel özlülük ilkesine göre ağdaki her nesnenin nispeten daha az sayıda topluluğa ait

olduğu bilinmektedir. Heterojen ağda nesnelerin özelliklerinin tam olmaması ve bağlantı tiplerinin farklı anlamlar taşıması kümeleme çalışmaları için zorluk oluşturmaktadır. Bu zorlukları aşmak için GenClus algoritması önerilmiştir [54].

Bazı kümeleme analizi çalışmalarında kullanıcılar başlangıçta bazı nesneleri farklı kümelere atayarak veya analizde kullanılacak metayolu önceden belirleyerek kümeleme işlemine yardımcı olabilir. Sun ve diğerleri kullanıcı yönlendirmeli metayol seçimine göre farklı kümeleme sonuçlarını üretmek için PathSelClus algoritmasını önermişlerdir [55].

Aykırı değer analizi veri setinden farklı davranış gösteren nesnelerin analizi işlemidir. Aykırı değer analizi ve kümeleme birbiriyle çok yakın ilişkili fakat farklı amaçlar taşıyan görevlerdir. Heterojen ağlarda aykırı değerleri tespit etmek için çeşitli algoritmalar önerilmiştir [56-59].

Sınıflandırma

Sınıflandırma veri setindeki bağımsız değişkenler aracılığıyla bağımlı değişkenin değerini tespit etme işlemidir. Verilen ağda sadece birkaç nesne etiket değeriyle etiketlenmiştir. Amaç geri kalan nesnelerin hangi sınıf etiketine sahip olduğunun belirlenmesidir. Heterojen ağlarda sınıflandırma işleminin taşıdığı bazı zorluklar vardır. İlk olarak ağ yapısı karmaşıktır. Örneğin makalelerin sınıflandırılmak istendiği bir heterojen ağda yazar veya yayın yeri bilgisini ihmal etmek önemli bilgilerin kaybına sebep olabilir. Diğer bir çözüm alternatifi olarak nesneler ve bağlantılar arasındaki çeşit farklılığı ihmal edilebilir. Ancak farklı nesne tipleri ve farklı bağlantı tipleri doğal olarak farklı dağılım gösterdiğinden hepsini eşit kabul etmek iyi bir çözüm sunmayacaktır. Geleneksel sınıflandırma yöntemlerinde nesnelerin sahip olduğu özellik değerleri ile model öğrenirken heterojen ağlarda bu yapıda bir gösterim yoktur. Bazı nesnelerin özellik değerleri tanımlı olsa bile her nesnenin özellik değeri farklı uzaylarda tanımlı olduğu için karşılaştırılması zordur. Bunların dışında her nesne tipinin sınıf etiketiyle etiketlendiği bir eğitim alt kümesine sahip olunmaması sebebiyle de iyi bir sınıflandırıcı bulmak zordur [31]. Bu zorlukların tümüne cevap vermek için GNetMine algoritması önerilmiştir [60]. Daha sonra aynı yazarlar daha doğru analizler gerçekleştirebilmek için sıralama ve sınıflandırmayı eş zamanlı olarak gerçekleştiren RankClass algoritmasını önermişlerdir [61]. RankClass'ın bir uzantısı olarak F-RankClass ikili ya da çok sınıflı sınıflandırma problemlerine uygulanabilen birleştirilmiş bir model

olarak önerilmiştir [62]. Örneğin bibliyografik ağda yazar, yayın yeri veya makale gibi farklı tipte nesneler konularına göre veri madenciliği veya veri tabanı gibi farklı sınıf etiketlerine sahip olabilir. Ancak çoğu gerçek dünya uygulamalarında her nesne tipi farklı sınıf etiketleri kümesinde değer alabilir. Çok etiketli sınıflandırma olarak adlandırılan bu problemin çözümü için Graffiti algoritması önerilmiştir [63]. Daha sonra HBA'nın bağlantı yapısından çıkarılan ilişki türleri kullanılarak çok etiketli sınıflandırma işlemini kolaylaştıracak yeni bir metot önerilmiştir [64].

Sınıflandırma problemlerinde metayollar da sıkça kullanılmıştır. İlk olarak metayol kavramı heterojen ağlardaki farklı bağlantı yollarını göstermek için kullanılmış ve HetPathMine algoritması sınıflandırma için önerilmiştir [65]. Daha sonra etiket değerleri ilişkili olan ve eş zamanlı olarak tahmin edilmesi gereken bağlantılı bir grup nesnenin bağımlılığını ortaya çıkaran kollektif sınıflandırma problemlerinde nesneler arasındaki metayol temelli bağımlılık kavramı tanıtılmıştır [66]. Metayol temelli diğer bir çalışmada metinlerin heterojen ağ olarak gösterimi yapılmıştır ve metin sınıflandırması için Kernel metodu geliştirilmiştir [67].

Bağlantı tahmini

Bağlantı tahmini gözlemlenen bağlantılara ve düğümlerin özelliklerine göre iki düğüm arasında bir bağlantının varlığının olasılık tahminini sağlar. Genellikle iki sınıflı bir sınıflandırma problemi olarak görülmektedir. Potansiyel olarak bağlı herhangi iki nesne arasında bağlantı olup olmaması iki sınıf etiketi olarak dikkate alınır. Bibliyografik ağlarda atıf ilişkisi, e-ticaret ağlarında ürün önerisi ve çevrimiçi sistemlerde reklam tıklanmasının tahmini bağlantı tahmini problemine örnek verilebilir. Tahmin edilecek bağlantıların farklı olması ve çeşitli bağlantı tipleri arasında bağımlılık olması heterojen ağlara özgü bağlantı tahmini karakteristikleridir.

Geleneksel bağlantı tahmininden farklı olarak heterojen ağlarda bağlantı tahmini yapmadan önce tahmin edilecek bağlantının tipinin belirlenmesi gereklidir. Tahmin edilecek bağlantıya hedef ilişki adı verilir ve bir metayol ile tanımlanır. Örneğin eş yazarlık ilişkisi tahmin edilecekse kullanılacak metayol $A - P - A$ ile tanımlanır. Metayoldan faydalananarak çoğu çalışmada iki adımlı bir süreç bağlantı tahmini için önerilmiştir. İlk adımda metayol temelli özellik vektörleri çıkarılır ve ikinci adımda sınıflandırma veya regresyon modeli bağlantının olup olmadığını belirlemek için çalıştırılır. Metayol temelli özellik çıkarımı ve lojistik

regresyon modeli ile eş yazarlık ilişkisini çözmek için PathPredict önerilmiştir [68]. Diğer bir çalışmada kurumsal sosyal ağlardaki metayol temelli özellikler kullanılarak yönetim hiyerarşisi tahmin edilmiştir [69]. Farklı ve karmaşık bağlantı bilgilerini kullanarak tanımlanan ilişkisi ölçüsü ile toplu olarak birden fazla bağlantı türünü tahmin etmek için iteratif bir yöntem önerilmiştir [70]. Mevcut çalışmalarda yalnızca bağlantının oluşup oluşmayacağı ile ilgilenilirken söz konusu bağlantının ne zaman oluşacağı konusunda bir öneri paylaşılmadığı için Sun ve diğerleri ilk aşamada çıkarılan topolojik özellikleri kullanarak bağlantının oluşma zamanını modellemişlerdir [71].

Olasılıklı modeller de heterojen ağlarda bağlantı tahmini konusunda kullanılmıştır. Heterojen ağlarda bağlantı tahmini yapılırken etki yayılımının modellenmesi bağlantı tahmini performansını arttıracığından gerekli görülmektedir. Bu nedenle Yang ve diğerleri [33] çok bağlantı ağlarda bağlantı tahmini için MRIP yöntemini önermişlerdir. Ayrıca heterojen ağlardaki rekabetçi ilişkileri ortaya çıkarmak için farklı ağlar üzerinde gizli bir konu katmanıya köprü kurularak yarı denetimli bir öğrenme modeli olan TFGM modeli önerilmiştir [72]. Diğer bir çalışmada çeşitli sosyal ağlardaki bağlantı örüntüleri kullanılarak bağlantı analizi ve bağlantı önerisi gerçekleştirilmiştir [73].

Tek bir heterojen ağ yerine birden fazla ağ kullanılarak gerçekleştirilen bağlantı tahminlerinde iki aşama söz konusu olmaktadır. İlk aşamada ağlardan heterojen özellikler çıkarılırken, ikinci aşamada bir eşleştirme problemi uygulanarak ortak bağlantı yorumlanmaktadır [39]. Ağa yeni kullanıcılar katıldığında ortak bağlantılar kullanılarak sosyal bağlantı tahmini için SCAN-PS önerilmiştir [74]. Aynı yazarlar sosyal bağlantı ve konum bağlantısını eş zamanlı olarak tahmin etmek için ortak bağlantıların avantajlarından yararlanarak TRAIL yöntemini önermişlerdir [75].

Heterojen ağlarda dinamik bağlantı tahmini de önemli ve zor bir konudur. Hem dinamiklik hem de heterojenlik dikkate alınarak bağlantı tahmini konusunda Aggarwal ve diğerleri [76, 77] topoloji ve tip bilgilerini birleştiren etkin kararlar almayı sağlayan iki seviyeli şema geliştirmişlerdir.

Özetlemek gerekirse, HBA’larda kümeleme, sınıflandırma, bağlantı tahmini gibi pek çok veri madenciliği görevi üzerinde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Ancak tanımlayıcı tekniklerden birisi olan özetleme ve onun bir alt konusu olan dilsel özetleme hakkında

herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bir sonraki bölümde HBA’larda dilsel özetleme prosedürleri açıklanacaktır.

3. DİLSEL ÖZETLEME

Bu bölüm üç alt başlığa ayrılmıştır: bulanık kümeler, temel dilsel özetleme ve HBA’larda dilsel özetleme. Bulanık kümeler başlığı altında bulanık küme tanımlamaları, bulanık küme işlemleri, Bulanık c-Ortalamlar (BCO) algoritması gibi ileriki bölümlerde kullanılan temel hesaplamalara yer verilmiştir. Temel dilsel özetleme başlığı altında doğruluk derecesi değerlendirme yöntemleri, yarı-bulanık niceleyici temelli yöntem ve özetlerin yorumlanabilirliği açıklanacaktır. HBA’larda dilsel özetleme başlığı altında ise genelleştirilmiş niceleyiciler ve tez kapsamında kullanılması önerilen yöntem açıklanacaktır.

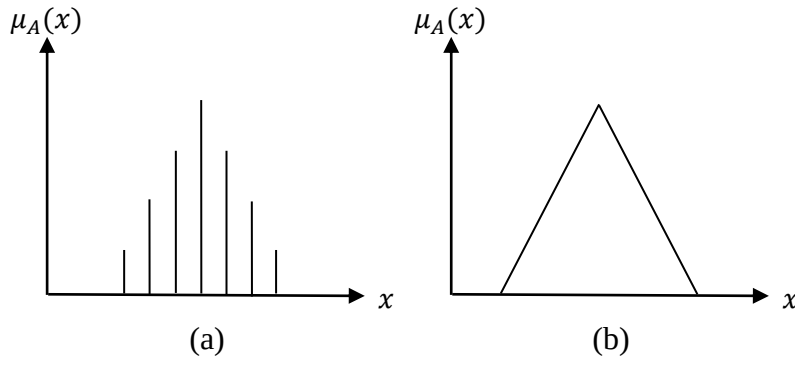
3.1. Bulanık Kümeler

Klasik küme teorisine göre elemanların E evrensel kümesinin bir alt kümesi olan A kümesine ait olmaları kesin sınırlarla belirlidir. x elemanının A kümesine aitlik derecesi 0 ya da 1 değerini alan $\mu_A(x)$ üyelik fonksiyonu ile gösterilir. Ancak belirsizlik içeren gerçek hayat durumlarında elemanların ikili üyelik fonksiyonlarıyla ifade edildiği klasik kümeler yerine dereceli üyelik fonksiyonlarıyla ifade edildiği bulanık kümelerle tanımlanması önerilmiştir [78]. A kümesi, E evrensel kümesinde tanımlı olmak üzere, A bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu $\forall x \in E$ için $\mu_A(x): E \rightarrow [0,1]$ şeklinde tanımlanır. A bulanık kümesi evrensel kümenin kesikli veya sürekli olmasına göre sırasıyla Eş 3.1 ve Eş 3.2 ile gösterilir.

$$A = \left\{ \frac{\mu_A(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_A(x_2)}{x_2} + \dots + \frac{\mu_A(x_n)}{x_n} \right\} = \sum_{i=1}^n \frac{\mu_A(x_i)}{x_i} \quad (3.1)$$

$$A = \int_x \frac{\mu_A(x)}{x} \quad (3.2)$$

Eş. 3.1 ve Eş. 3.2’de $+$, Σ ve $\int$ işaretleri cebirsel olarak değil, elemanların birleşimini göstermek için sembolik olarak kullanılır. Bir bulanık kümeye ait elemanların üyelik fonksiyonlarının gösterimleri kesikli veya sürekli olmasına göre sırasıyla Şekil 3.1 (a) ve Şekil 3.1 (b) ile verilmektedir.



Şekil 3.1. (a) Kesikli bulanık küme, (b) sürekli bulanık küme

Bulanık kümelerin kesin kümelere dönüştürülmesinde α kesmeleri kullanılmaktadır. Bir elemanın A bulanık kümesine üyelik derecesi α değerinden büyük veya eşitse bu elemanın A_α ile gösterilen kesin kümeye üyelik derecesi 1 değerini almaktadır. α^+ kesmesinde ise bir elemanın A bulanık kümesine üyelik derecesi yalnızca α değerinden büyük ise bu elemanın A_{α^+} kesin kümesine üyelik derecesi 1 değerini almaktadır. $\alpha \in [0,1]$ olmak üzere α kesmesi ve α^+ kesmesi gösterimleri sırasıyla Eş. 3.3 ve Eş. 3.4 ile verilmiştir.

$$A_\alpha = \{x \in E | \mu_A(x) \geq \alpha\} \quad (3.3)$$

$$A_{\alpha^+} = \{x \in E | \mu_A(x) > \alpha\} \quad (3.4)$$

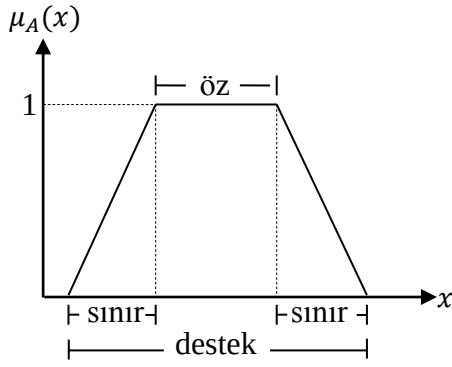
E evrensel kümesindeki bir bulanık A kümesinin özü, desteği, sınırı ve yüksekliği Eş. 3.5 ile Eş. 3.8 arasındaki eşitliklerde ve Şekil 3.2’de gösterilmiştir [79].

$$\text{Öz}(A) = \{x \in E | \mu_A(x) = 1\} \quad (3.5)$$

$$\text{Destek}(A) = \{x \in E | \mu_A(x) > 0\} \quad (3.6)$$

$$\text{Sınır}(A) = \{x \in E | 0 < \mu_A(x) < 1\} \quad (3.7)$$

$$\text{Yükseklik}(A) = \sup_{x \in E} \{\mu_A(x)\} \quad (3.8)$$



Şekil 3.2. Bulanık kümelerde öz, destek ve sınır

E evrensel kümesinde bir bulanık altküme konveks ve normal olma şartlarını sağlıyorsa bulanık sayı olarak adlandırılır. Konvekslik şartı ve normallik şartı Eş. 3.9 ve Eş. 3.10 ile tanımlanmıştır.

$$\mu_A(\lambda x_1 + (1 - \lambda)x_2) \geq \min(\mu_A(x_1), \mu_A(x_2)) \quad \forall x_1, x_2 \in E, \lambda \in [0,1] \quad (3.9)$$

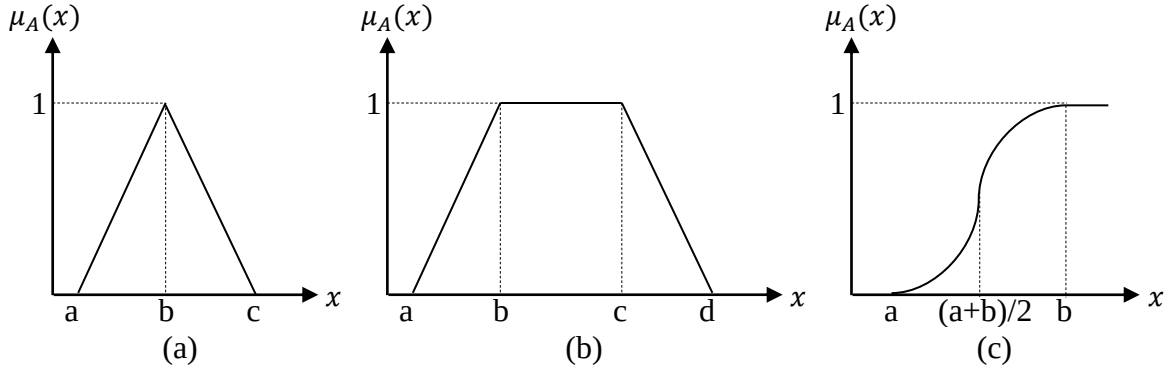
$$Yükseklik(A) = \sup_{x \in E} \{\mu_A(x)\} = 1 \quad (3.10)$$

Belirsizlik içeren mühendislik problemlerinin çözümünde sıklıkla kullanıldığından bulanık sayılar özel öneme sahiptirler. Bulanık sayılar üyelik fonksiyonlarının şekillerine göre üçgensel, yamuk, S-tipi vb. gibi isim alabilirler. Literatürde çok sayıda örnek olmasına rağmen hesaplama karmaşıklığı daha düşük olduğundan en sık karşılaşılan fonksiyonlar Eş. 3.11 – Eş. 3.13 arasındaki eşitlikler ile tanımlanmıştır ve Şekil 3.3 ile gösterilmiştir.

$$Üçgen_{a,b,c}(x) = \begin{cases} (x-a)/(b-a) & a \leq x \leq b \\ (c-x)/(c-b) & b < x \leq c \\ 0 & d.d. \end{cases} \quad (3.11)$$

$$Yamuk_{a,b,c,d}(x) = \begin{cases} (x-a)/(b-a) & a \leq x \leq b \\ 1 & b < x \leq c \\ (d-x)/(d-c) & c < x \leq d \\ 0 & d.d. \end{cases} \quad (3.12)$$

$$S_{a,b}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq a \\ 2 \left(\frac{x-a}{b-a} \right)^2 & a < x \leq \frac{a+b}{2} \\ 1 - 2 \left(\frac{x-b}{b-a} \right)^2 & \frac{a+b}{2} < x \leq b \\ 1 & x > b \end{cases} \quad (3.13)$$



Şekil 3.3. (a) Üçgen, (b) yamuk, (c) S-tipi bulanık sayılar

Bulanık kümelerde kesişim ve birleşim işlemleri yaparken t-norm ($\otimes: [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$) ve t-konorm ($\oplus: [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$) operatörlerinden faydalanılır. Bu operatörlerin sağlaması gereken özellikler Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. T-norm ve t-konorm operatörlerinin sağlaması gereken özellikler

	t-norm	t-konorm
Sınır şartı	$\otimes (x, 1) = x$	$\oplus (x, 0) = x$
Monotonluk	$y_1 \leq y_2$ için $\otimes (x, y_1) \leq \otimes (x, y_2)$	$y_1 \leq y_2$ için $\oplus (x, y_1) \leq \oplus (x, y_2)$
Simetri	$\otimes (x, y) = \otimes (y, x)$	$\oplus (x, y) = \oplus (y, x)$
Birleşme	$\otimes (x, \otimes (y, z)) = \otimes (\otimes (x, y), z)$	$\oplus (x, \oplus (y, z)) = \oplus (\oplus (x, y), z)$

A_1 ve A_2 , E evrensel kümesinin iki bulanık alt kümesi ve üyelik fonksiyonları $\mu_{A_1}(x)$ ve $\mu_{A_2}(x)$ olsun. A_1 ve A_2 bulanık kümelerinin kesişimi ve birleşimi sırasıyla Eş. 3.14 ve Eş. 3.15 ile tanımlanmaktadır.

$$\mu_{A_1 \cap A_2}(x) = \otimes (\mu_{A_1}(x), \mu_{A_2}(x)) \quad (3.14)$$

$$\mu_{A_1 \cup A_2}(x) = \oplus (\mu_{A_1}(x), \mu_{A_2}(x)) \quad (3.15)$$

Literatürde sıklıkla kullanılan t-norm ve t-konorm operatörleri Çizelge 3.2 ile gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Temel t-norm ve t-konorm operatörleri

t-norm	Fonksiyon	t-konorm	Fonksiyon
Minimum	$\min(x, y)$	Maksimum	$\max(x, y)$
Çarpım	$x \cdot y$	Çarpım	$x + y - x \cdot y$
Lukasiewicz	$\max(0, x + y - 1)$	Lukasiewicz	$\min(1, x + y)$

BCO algoritması Bezdek ve diğerleri [80] tarafından geliştirilmiştir ve bulanık kümelerin üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde kullanılır. c küme sayısının, $m \in (1, \infty)$ yineleme sayısının ve ε küçük sayısının bulunduğu varsayımına göre çalışır. m sayısı belirli bir değere ulaştığında veya son iki amaç fonksiyonu arasındaki fark ε değerinden küçük olduğunda algoritma durdurulur. En küçüklenmek istenen amaç fonksiyonu Eş. 3.16 ile tanımlanmıştır.

$$J_m = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^c U_{ij}^m \|x_i - c_j\|^2 \quad (3.15)$$

Burada U_{ij} , x_i elemanının j kümesine aitlik derecesini göstermektedir. c_j , j kümesinin merkezini göstermektedir. U üyelik matrisinin rassal atanması ile algoritma başlar. Eş. 3.16 ile küme merkezleri hesaplanır.

$$c_j = \frac{\sum_{i=1}^n U_{ij}^m x_i}{\sum_{i=1}^n U_{ij}^m} \quad (3.16)$$

Küme merkezleri hesaplandıktan sonra U matrisi Eş. 3.17'deki gibi güncellenir.

$$U_{ij} = \frac{1}{\sum_{k=1}^c \left(\frac{\|x_i - c_j\|}{\|x_i - c_k\|} \right)^{\frac{2}{m-1}}} \quad (3.17)$$

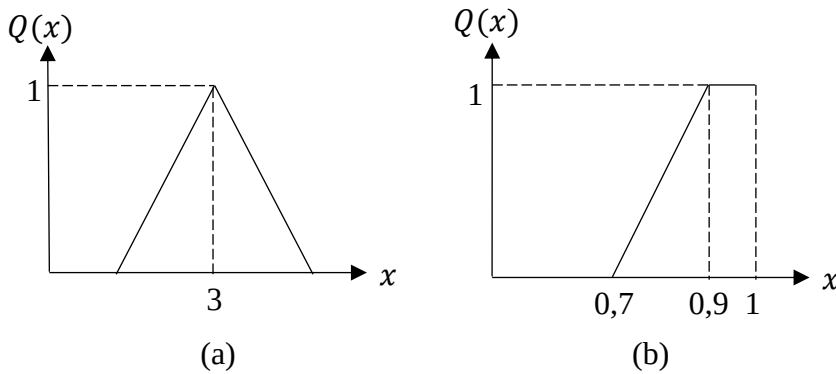
Durdurma koşulu sağlanıncaya kadar Eş. 3.15 – Eş. 3.17 arası hesaplamalar tekrarlanır. Algoritma sonucunda U_{ij} matrisi ile her i elemanının j bulanık kümesine üyelik dereceleri ve c_j küme merkezi değerleri elde edilir.

3.2. Temel Dilsel Özetleme

Veri madenciliği, verinin elde edilmesi ve ön işleme işlemlerinin yapılmasının ardından çeşitli algoritmalar ve teknikler kullanılarak anlamlı ve faydalı bilginin elde edilmesi ve bu bilginin kullanılarak bir eylemin gerçekleşmesine kadar geçen süreci ifade etmek için kullanılır [1]. Veri madenciliğinde iki temel amaç söz konusudur. Bunlardan birincisi tahmin yapmak, ikincisi ise tanımlayıcı bilgileri ortaya çıkarmaktır [2]. Tahmin edici modellerde veri tabanındaki bir özelliğin diğer özelliklere bağlı öngörülmesi vardır. Tanımlayıcı modellerde amaç, veri tabanında yer alan özellikler arasında var olan ilişkileri özetleyen örüntülerin elde edilmesidir [81]. Tanımlayıcı tekniklerden en basiti istatistiksel özetlemedir. Günlük hayatta insanlar doğal dil kullanılarak elde edilen özetleri istatistiksel metotlarla elde edilen özetlerden daha az kesin olmasına rağmen daha iyi anlayabilmektedir. Doğal dilde ‘azı’, ‘birkaçı’, ‘çoğu’ gibi belirsiz anlamlara sahip bazı niceleyiciler bulunmaktadır. Bu dilsel etiketler literatürde genellikle dilsel özetleme proseslerinde kullanıldığından Zadeh [82-84] tarafından önerilen bulanık niceleyici kavramı dilsel özetleme çalışmalarının temelini oluşturmaktadır. Dilsel özetleme çalışmaları verinin özetlenmesine yeni bir yaklaşım olarak Yager tarafından geliştirilmiştir [3]. Veri tabanının dilsel özetlenmesindeki amaç, özlü ve kolay anlaşılabilen bilgi çıkarmaktır. Bulanık kümelerle dilsel özetlemede kullanılan temel semboller aşağıda listelenmektedir:

- $\mathbb{D}$ özetlenecek veri tabanıdır. Örneğin, bir imalatçının hammadde tedarikçileri ve bitmiş ürün müşterilerini ve ürün ağaçlarını içeren veri tabanı.
- Y nesneler kümesidir. $m = 1, \dots, M$ için $Y = \{y_1, \dots, y_M\}$. Örneğin, tedarikçiler, müşteriler, hammaddeler ve ürünler.
- V özellikler kümesidir. $k = 1, \dots, K$ için $V = \{v_1, \dots, v_K\}$. Örneğin, hammadde grubu, ithalat değeri, kaliteye etkisi.
- X_k v_k özelliğinin tanım kümesidir. Örneğin, ithalat değeri için $\{0,1\}$, kaliteye etki için $[0-1]$.
- v_k^m m . nesnenin k . özelliğe ait değeridir. Örneğin, 5. müşterinin ihracat değeri 1’dir.
- Q dilsel niceleyicidir. Örneğin, ‘yaklaşık yarısı’.
- A özetleyicidir. Örneğin, ‘yüksek’.
- B öncül özetleyicidir. Örneğin, ‘yüksek’.
- T_1 doğruluk derecesidir. Örneğin, 0,85.

Dilsel özetleme çalışmalarının çoğunda Zadeh tarafından önerilen mutlak ve göreceli niceleyicilere dayalı 2 cümle yapısı kullanılmaktadır [84]. Mutlak niceleyiciler negatif olmayan tamsayılar üzerinde bir olabilirlik dağılımı olarak tanımlanır ve ‘yaklaşık 3’, ‘2 ile 4 arasında’ niceleyicileri örnek verilebilir. Göreceli niceleyiciler $[0,1]$ aralığında bir olabilirlik dağılımı olarak tanımlanır ve ‘en az yarısı’, ‘çoğu’ niceleyicileri örnek verilebilir [85]. Şekil 3.4 (a) ile mutlak niceleyici ve Şekil 3.4 (b) ile göreceli niceleyici örnekleri gösterilmektedir. Bunlara ek olarak Q niceleyicisi azalmayansa, yani $Q(0) = 0$ ve $Q(1) = 1$ ise tutarlı niceleyicidir [86, 87].



Şekil 3.4. (a) ‘Yaklaşık 3’ mutlak niceleyicisi, (b) ‘çoğu’ göreceli niceleyicisi

Dikkate alınan 2 çeşit özet cümle yapısı aşağıda kısaca tanımlanmıştır:

- Tip-I niceleyici cümle yapısı: " $Q Y A.$ " $[T_1]$. Örneğin, “Çoğu tedarikçi yüksek seviyede güvenilir.” [0,82].
- Tip-II niceleyici cümle yapısı: " $Q B Y A.$ " $[T_1]$ Örneğin, “Çoğu ithalat tedarikçisi düşük seviyede güvenilir.” [0,64].

Tip-I niceleyici cümleler $B = Y$ olan tip-II niceleyici cümlelerin özel bir halidir. Özet veri setini ne kadar iyi yansıtıyorsa T_1 doğruluk derecesinin alacağı değer o kadar yüksektir. Mutlak niceleyici (Q_{mut}) ve göreceli niceleyicilerin ($Q_{gör}$) her ikisi de her iki tip cümle yapısında kullanılabilmesine rağmen, değerlendirme metotları açısından tip-I niceleyici cümleler mutlak niceleyicilerle, tip-II niceleyici cümleler göreceli niceleyicilerle ilişkilendirilmiştir, çünkü:

- " $Q_{gör} Y A.$ " tip-I niceleyici cümlesi, $Q_{mut}(i) = Q_{gör}(i/|Y|)$ olduğundan " $Q_{mut} Y A.$ " tip-I niceleyici cümlesi ile aynı sonucu sağlar.

- " $Q_{mut} B Y A.$ " tip-II niceleyici cümlesi " $Q_{mut} Y A \cap B.$ " tip-I niceleyici cümlesi ile aynı sonucu sağlar. Örneğin, "Yaklaşık 30 iyi öğrenci gençtir." ile "Yaklaşık 30 öğrenci genç ve iyidir." cümleleri değerlendirildiğinde aynı sonucu sağlar [85].

3.2.1. Doğruluk derecesi değerlendirme yöntemleri

Dilsel özetleme işleminin en önemli adımı özetlerin değerlendirilmesidir. Niceleyici cümleler doğruluk derecesinin hesaplanmasıyla değerlendirilir. Eğer doğruluk derecesi güvenilir olarak hesaplanmaz ise elde edilen özetler gerçeği yansıtmaz ve yanlış sonuçlar çıkarılmasına neden olur. Temel doğruluk derecesi T_1 hesaplaması Zadeh yöntemine göre niceleyici cümlelerin Q niceleyicisinin mutlak veya göreceli olmasına göre sırasıyla Eş. 3.18 ve Eş. 3.19 ile hesaplanır [84].

$$Z_Q(A) = \mu_{Q_{mut}} \left(\sum_{m=1}^M \mu_A(v_k^m) \right) \quad (3.18)$$

$$Z_Q(A|B) = \mu_{Q_{gör}} \left(\frac{\sum_{m=1}^M \mu_A(v_{k_1}^m) \otimes \mu_B(v_{k_2}^m)}{\sum_{m=1}^M \mu_B(v_{k_2}^m)} \right) \quad (3.19)$$

Oluşturulan niceleyici cümlede birden fazla özetleyici bulunuyorsa bunların kesişimi Eş. 3.20'deki gibi t-norm operatörüyle elde edilir ve doğruluk derecesi hesaplamasına dâhil edilir.

$$\mu_A(v_k^m) = \mu_{A_1}(v_1^m) \otimes \mu_{A_2}(v_2^m) \otimes \dots \otimes \mu_{A_K}(v_K^m) \quad (3.20)$$

Dilsel özetleri değerlendirme yöntemleri temel olarak 3 gruba ayrılmaktadır: skalar kardinalite temelli yöntemler (sonucu skalar bir değer), bulanık kardinalite temelli yöntemler (sonucu bulanık bir küme) ve diğer yöntemler. Literatürde en yaygın yaklaşımlar skalar kardinalite ve bulanık kardinalite temelli olanlardır. Ancak daha sonraları bulanık kardinalite temelli yöntemlerden elde edilen sonucun bulanık sayı (normal ve konveks bulanık küme) olması gerektiği dikkate alınmıştır [88]. Bunun üzerine alternatif yöntemler ortaya çıkmıştır. Bu bölümde literatürde yer alan değerlendirme yöntemleri 3 başlık altında incelenmiştir.

Skalar kardinalite temelli yöntemler

Dilsel Özetleme işleminde tip-I ve tip-II niceleyici cümlelerin değerlendirilmesinde kullanılan bazı doğruluk dereceleri skalar kardinalite temellidir. İlk olarak Zadeh hem tip-I hem de tip-II niceleyici cümlelerin değerlendirilmesi için Σ –sayısı temelli Z_Q yöntemini (Bkz. Eş. 3.18 ve Eş. 3.19) önermiştir [84]. Daha sonra Yager sadece tutarlı ve göreceli niceleyicilerin kullanıldığı tip-I ve tip-II niceleyici cümleler için OWA (Ordered Weighted Averaging; Sıralı Ağırlıklı Ortalama) operatörü temelli Y_Q yöntemini sırasıyla Eş. 3.21 ve Eş. 3.22’deki gibi önermiştir [89, 90].

$$Y_Q(A) = \sum_{m=1}^M w_m b_m \quad (3.21)$$

$$w_m = \mu_Q\left(\frac{m}{M}\right) - \mu_Q\left(\frac{m-1}{M}\right), m \in \{1, 2, \dots, M\} \text{ ve } \mu_Q(0) = 0 \quad (3.22)$$

b_m , A bulanık kümesine ait elemanların üyelik dereceleri büyükten küçüğe sıralandığında m . en büyük değerdir.

$$Y_Q(A|B) = \sum_{m=1}^M w_m j_m \quad (3.23)$$

$$w_m = \mu_Q(P_m) - \mu_Q(P_{m-1}), m \in \{1, 2, \dots, M\} \quad (3.24)$$

$$P_m = \frac{1}{t} \sum_{j=1}^m e_j \text{ ve } t = \sum_{j=1}^M e_j \quad (3.25)$$

j_m , $\neg B \oplus A$ bulanık kümesinin üyelik dereceleri büyükten küçüğe sıralandığında m . en büyük üyelik derecesidir. $P_0 = 0$ ve e_j ise B bulanık kümesinin j . en küçük elemanıdır.

Bosc ve Lietard ise tip-I niceleyici cümlelerin değerlendirilmesi için Choquet integrali temelli C_Q yöntemini Eş. 3.26’daki gibi önermişlerdir [91]. Q artan fonksiyonsa Yager’ın önerdiği OWA operatörü temelli yöntem Choquet integrali temelli yönteme eşdeğerdir.

$$C_Q(A) = \sum_{m=1}^M b_m \left(\mu_Q \left(\frac{m}{M} \right) - \mu_Q \left(\frac{m-1}{M} \right) \right) \quad (3.26)$$

b_m , A bulanık kümesine ait elemanların üyelik dereceleri büyükten küçüğe sıralandığında m . en büyük değerdir.

Farklı kalite ölçümlerinin kullanıldığı teknikler

Kacprzyk ve Yager [8], Wu ve Mendel [92] tip-I ve tip-II niceleyici cümlelerin değerlendirilmesinde sadece doğruluk derecesinin kullanılmasının yeterli olmadığını savunmuşlardır. Doğruluk derecesine ek olarak Kacprzyk [93], Kacprzyk ve Strykowski [94] tarafından belirsizlik derecesi, kapsama derecesi, uygunluk derecesi ve uzunluk derecesi tanımlanmıştır. Kacprzyk ve Zadrozny bu değerlerin ağırlıklı birleştirilmesiyle elde edilen bir toplam geçerlilik derecesi tanımlayarak niceleyici cümleleri değerlendirmişlerdir [95].

Belirsizlik derecesi oldukça önemli bir kalite ölçümüdür. “hemen hemen tüm kış günleri soğuktur.” gibi bir özetin doğruluk derecesi 1’e eşit olabilir fakat herkes tarafından bilinen bir ifade olduğu için içerdiği bilgi önemli değildir. Belirsizlik derecesi T_2 Eş. 3.27 ile tanımlanmıştır.

$$T_2 = 1 - \sqrt[k]{\prod_{k=1,2,\dots,K} in(A_k)} \quad (3.27)$$

in bulanıklık derecesidir ve $kard$ kümenin bulanık olmayan kardinalitesini göstermek üzere Eş. 3.28 ile tanımlanmıştır.

$$in(A_k) = \frac{kard\{v \in X_k : \mu_{A_k}(v_k) > 0\}}{kard X_k} \quad (3.28)$$

Kapsama derecesi T_3 öncül özetleyicideki kaç nesnenin aynı zamanda özetleyici tarafından kapsandığını ölçen bir kalite ölçüsüdür ve Eş. 3.29 ile gösterilir.

$$T_3 = \frac{\sum_{m=1}^M t_m}{\sum_{m=1}^M h_m} \quad (3.29)$$

t_m ve h_m özetleyici ve öncül özetleyicinin kapsadığı nesne sayılarıdır, sırasıyla Eş. 3.30 ve Eş. 3.31 ile gösterilmiştir.

$$t_m = \begin{cases} 1 & \mu_A(v_{k_1}^m) > 0 \text{ ve } \mu_B(v_{k_2}^m) > 0 \\ 0 & dd \end{cases} \quad (3.30)$$

$$h_m = \begin{cases} 1 & \mu_B(v_{k_2}^m) > 0 \\ 0 & dd \end{cases} \quad (3.31)$$

Uygunluk derecesi T_4 özetin ilginç olup olmadığını ölçer ve Eş. 3.32 ile tanımlanır.

$$T_4 = \left| \prod_{k=1}^K r_k - T_3 \right| \quad (3.32)$$

Burada özet K parçaya bölünür ve hepsinde özetleyici aynı tutulur. Daha sonra kaç nesnenin parçalanmış özetinde yer aldığı Eş. 3.33 ile ve $t_{k,m}$ Eş. 3.34 ile hesaplanır.

$$r_k = \frac{\sum_{m=1}^M t_{k,m}}{M}, k = 1, 2, \dots, K \quad (3.33)$$

$$t_{k,m} = \begin{cases} 1 & \mu_A(v_k^m) > 0 \\ 0 & dd \end{cases} \quad (3.34)$$

Uzun özetleri anlamak zor olduğundan özetin uzunluğu T_5 önemli bir ölçüttür ve $kard(A)$ özetinde yer alan özetleyici sayısını göstermek üzere Eş. 3.35 ile gösterilmiştir.

$$T_5 = 2(0,5^{kard(A)}) \quad (3.35)$$

Toplam geçerlilik derecesi T , 5 kalite ölçütünün ağırlıklı ortalaması alınarak Eş. 3.36 ile gösterildiği gibi hesaplanır. Her bir kalite ölçütüne verilen ağırlık eşit olmak zorunda değildir, değişkenlik gösterebilir.

$$T = \sum_{j=1}^5 w_j T_j \quad (3.36)$$

Wu ve Mendel ‘eğer/ise’ yapısını kullanarak dilsel özetleme işlemini gerçekleştirmişlerdir [92]. ‘Eğer/ise’ yapısındaki kanonik form Eş. 3.37 ile tanımlanmaktadır.

$$\text{"Eğer } Y_1 A_1 \text{ ise, } Y_2 A_2 \text{ dir. "}} \quad (3.37)$$

Bu yapıda Y_1 ve Y_2 v_k ’nın tanım kümesinde bulunan elemanlardır, A_1 ve A_2 özetleyicilerdir. Bu kanonik forma örnek olarak “Eğer çalışanların yaşı genç ise, aylık kazançları ortadır.” verilebilir. Bu örnekte çalışanların yaşı ve aylık kazançları veri tabanında yer alan nesnelere ait özellikler, ‘genç’ ve ‘orta’ ise özetleyicilerdir. Eş. 3.37 ile tanımlanan kanonik form, Eş. 3.38 ile tanımlanan forma eşdeğerdir.

$$\text{"Tüm } A_1 Y A_2 \text{ dir. "}} \quad (3.38)$$

Doğruluk derecesine ek olarak Wu ve Mendel genelliği, yararlılığı, yeniliği ve basitliği dikkate alan 4 kalite ölçümünü önererek cümleleri değerlendirmişlerdir [92]. Genelliği temsil eden yeterli kapsama derecesi T_c özetin yeterli veri ile desteklenip desteklenmediğini ölçer. Genellikle çok küçük bir değer olduğundan r doğrudan değerlendirmede kullanılamamaktadır. Bu yüzden r_1 ve r_2 (örneğin, $r_1 = 0,02$ ve $r_2 = 0,15$ olan $0 \leq r_1 < r_2$ şartını sağlayan reel sayılar) ile belirlenen bir fonksiyon ile T_c Eş. 3.39 ile hesaplanır.

$$T_c = f(r) = \begin{cases} 0 & r \leq r_1 \\ 2 \left(\frac{r - r_1}{r_2 - r_1} \right)^2 & r_1 < r < \frac{r_1 + r_2}{2} \\ 1 - 2 \left(\frac{r_2 - r}{r_2 - r_1} \right)^2 & \frac{r_1 + r_2}{2} \leq r < r_2 \\ 1 & r \geq r_2 \end{cases} \quad (3.39)$$

T_c ’yi hesaplamak için Eş. 3.40 ile verilen kapsama oranı ve t_m Eş. 3.41 ile hesaplanır.

$$r = \frac{\sum_{m=1}^M t_m}{M} \quad (3.40)$$

$$t_m = \begin{cases} 1 & \mu_{A_1}(v_1^m) > 0 \text{ ve } \mu_{A_2}(v_2^m) > 0 \\ 0 & \text{dd} \end{cases} \quad (3.41)$$

Güvenilirlik derecesi T_r , çıkarılan özetin ne derece faydalı olduğunu belirtmektedir. Bir özetin faydalı olabilmesi için verilen dilsel özetin “doğruluk derecesi yüksek” ve “yeterli kapsama derecesine sahip olmalı” şartlarını sağlaması gerekir. Güvenilirlik derecesi doğruluk derecesi ve yeterli kapsama derecesi ile Eş. 3.42’deki gibi ölçülür.

$$T_r = \min \{T_1, T_c\} \quad (3.42)$$

Aykırlık derecesi T_o , özette elde edilen bilginin yeni ya da beklenmedik olduğuyla ilgilidir. Özette yeni ya da beklenmedik olabilmesi için “yeterli kapsama derecesinin düşük” ve “doğruluk derecesinin ya çok yüksek ya da çok düşük” olması gerekir. Aykırılık derecesi Eş. 3.43’te tanımlanmıştır.

$$T_o = \begin{cases} \min(\max(T_1, 1 - T_1), 1 - T_c) & T_1 > 0 \\ 0 & T_1 = 0 \end{cases} \quad (3.43)$$

Basitlik derecesi T_s özette uzunluğunu ölçmektedir. Özetin yer alan öncüllerin ve ardılların sayısına (l) göre basitlik derecesi hesaplanmaktadır. Basitlik derecesinin formülü Eş. 3.44 ile verilmiştir.

$$T_s = 2^{2-l} \quad (3.44)$$

Bulanık kardinalite temelli yöntemler

Doğruluk derecesinin hesaplanmasında skalar kardinalite kullanımı küçük üyelik derecelerinin sayısının fazla olması durumunda büyük üyelik derecelerini bastırması sebebiyle bazı durumlarda tutarsız sonuçlar üretmektedir [96]. Bu nedenle doğruluk derecesinin hesaplanmasında skalar kardinalite yerine bulanık kardinaliteyi kullanan yöntemler önerilmiştir. Delgado ve diğerleri tip-I niceleyici cümleler için E tipi bulanık kardinalitenin kullanıldığı G_Q metodunu Eş. 3.45’teki gibi, tip-I ve tip-II niceleyici cümleler için ED tipi bulanık kardinalitenin kullanıldığı olasılık temelli GD_Q metodunu Eş. 3.49’daki

gibi ve Z tipi bulanık kardinalitenin kullanıldığı olabilirlik temelli ZS_Q metodunu Eş. 3.50'deki gibi önermişlerdir [87].

$$G_Q(A) = \bigoplus_{m \in \{0, \dots, M\}} (E(A, m) \otimes \mu_Q(m)) \quad (3.45)$$

Eğer tip-I niceleyici cümle göreceli niceleyici ile modellenirse Eş. 3.46 kullanılmalıdır.

$$G_Q(A) = \bigoplus_{m \in \{0, \dots, M\}} (E(A, m) \otimes \mu_Q(m/M)) \quad (3.46)$$

$E(A, m)$, A bulanık kümesinin m tane elemana sahip olmasının olabilirliğini ifade etmekte olup Eş. 3.47 ile tanımlanmıştır.

$$E(A, m) = L(A, m) \otimes \neg L(A, m + 1) \quad (3.47)$$

$L(A, m)$, A bulanık kümesinin en az m tane elemana sahip olmasının olabilirliğini ifade etmek olup Eş. 3.48'de tanımı verilmiştir.

$$L(A, m) = \begin{cases} 1 & m = 0 \\ \bigoplus_{l_1, \dots, l_m \in I_m} (A(y_{l_1}) \otimes \dots \otimes A(y_{l_m})) & 1 \leq m \leq M \\ 0 & m > M \end{cases} \quad (3.48)$$

I_i i tane elemana sahip indislerin kümesi olup $I_m = \{(l_1, \dots, l_m) | l_1 < \dots < l_m, l_j \in \{1, \dots, M\} \forall j \in \{1, \dots, m\}\}$ şeklinde tanımlanır.

Eğer t-konorm maksimum, t-norm minimum ise $L(A, m) = b_m \forall m \in \{1, \dots, M\}$ elde edilir. b_m A bulanık kümesine ait elemanların üyelik dereceleri büyükten küçüğe sıralandığında m . en büyük değerdir.

$$GD_Q(A|B) = \sum_{\alpha_m \in \Gamma(A|B)} (\alpha_m - \alpha_{m+1}) \times \mu_Q\left(\frac{|A \cap B|_{\alpha_m}}{|B|_{\alpha_m}}\right) \quad (3.49)$$

$$ZS_Q(A|B) = \max_{\alpha_m \in \Gamma(A|B)} \min \left(\alpha_m, \mu_Q \left(\frac{|A \cap B|_{\alpha_m}}{|B|_{\alpha_m}} \right) \right) \quad (3.50)$$

Eş. 3.49 ve Eş. 3.50’de verilen $\Gamma(A|B)$, $A \cap B$ ve B kümelerinde bulunan elemanların üyelik derecelerinin birleşimiyle oluşan bir kümedir ve Eş. 3.51’de gösterilmektedir. B bulanık kümesi normal bulanık küme olmak zorundadır. Eğer normal bulanık küme değilse normalize edilir ve aynı katsayı ile A bulanık kümesi de normalize edilmelidir.

$$\Gamma(A|B) = \Gamma(A \cap B) \cup \Gamma(B) \quad (3.51)$$

$\Gamma(A|B) = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m\}$ kümesi α kesmelerinden oluşan bir küme olup $1 = \alpha_1 > \alpha_2 > \dots > \alpha_m > \alpha_{m+1} = 0$ şartını sağlamaktadır.

Literatürde tip-I niceleyici ve tip-II niceleyici cümlelerin değerlendirilmesinde bulanık kardinalite temelli farklı yöntemler önerilmiştir. Sanchez ve diğerleri [97, 98] ve Delgado ve diğerleri [99] α kesmeleri yerine bulanık kümeleri kullanan kısıtlama seviyesini önermişlerdir. Kısıtlama seviyesi kullanılarak tip-II niceleyici cümlelerin değerlendirilmesi için Sanchez ve diğerleri niceleyici ve kardinalite arasındaki uyumluluğu hesaplayan bir yöntem önermişlerdir [97, 98]. Rocacher bulanık kardinalite temelli yöntemlerden elde edilen sonucun bulanık sayı olması gerektiği savunduğu için bulanık kardinaliteye karşılık gelen dereceli doğal tamsayıları tanımlamıştır [100]. Lietard ve Rocacher [101], Rocacher ve Bosc [102] tip-II niceleyici cümleleri değerlendirmek için dereceli sayı temelli bir yöntem önermişlerdir. Böylece bulanık kardinalite temelli bu yöntem ile sonuçta bulanık sayı elde edilmiştir. Dereceli sayılar kısıtlama seviyesinin özel bir halidir [98]. Ancak iki yöntem tamamen aynı değildir. Dereceli sayı temelli değerlendirme yönteminde kardinalitesi kesin (0 veya 1) olan kısıtlamanın her seviyesinde cümle değerlendirilir ve daha sonra bu farklı değerlendirmeler tek bir değerde birleştirilirken, kısıtlama seviyesi temelli yöntemde kardinalitesi $[0,1]$ aralığında olan kısıtlamaların her seviyesinde cümle değerlendirilerek son bir değerde birleştirilmektedir.

3.2.2. Yarı-bulanık niceleyici temelli yöntem

Dilsel özetler genellikle niceleyici cümleler veya eğer/ise kural yapılarıyla elde edilir ve niceleyici cümlelerde çoğu metotta mutlak niceleyici veya göreceli niceleyici kullanılır. Ancak bazı bilgiler bu niceleyicilerle ifade edilemez. Örneğin, “3 kişi hariç tüm öğrenciler uzundur.”, “Sarışınlardan yaklaşık 3 kat daha fazla uzun insan vardır.” gibi cümleler mutlak veya göreceli niceleyicilerle modellenemez. Bu nedenle Glöckner yarı bulanık niceleyici kavramını tanıtmıştır [103-106]. Klasik niceleyiciler, kesin olguları ele alır; ancak, bulanık dilsel niceleyiciler bulanık olguları ele alır ve doğruluk derecesi $[0,1]$ aralığında bir değere eşit olur. Yarı bulanık niceleyiciler kesin olguları $[0,1]$ aralığında bir değere atar. Bir yarı bulanık niceleyici klasik niceleyici ile bulanık niceleyici arasında bir kavramdır. Bu yüzden yarı bulanık niceleyici farklı tip özet oluşturmada esnek bir yoldur. Yarı bulanık niceleyiciler konusunda yapılan çeşitli çalışmalar ile yarı bulanık niceleyicilerin farklı tip cümle yapılarını modellemede kullanılabileceği gösterilmiştir ve farklı yapıda yarı bulanık niceleyiciler tanımlanmıştır [13].

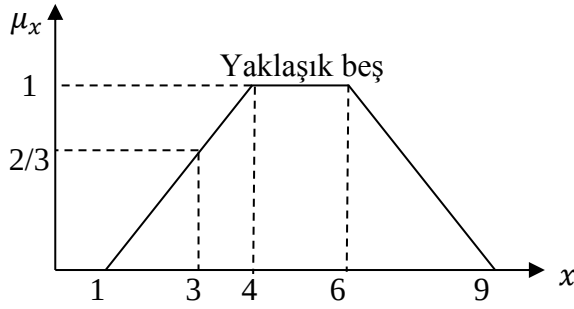
Yarı bulanık niceleyiciler 4 ana kategoriye ayrılır: birli yarı bulanık niceleyici, ikili yarı bulanık niceleyici, üçlü yarı bulanık niceleyici, dörtlü yarı bulanık niceleyici. $Q_{E,a,tip}^{FN}$ veya $Q_{E,a,tip}^v$ notasyonları çeşitli yarı bulanık niceleyici tiplerini tanımlamada kullanılır. FN bir bulanık sayıdır, $v \in [0,1]$ 'dir, E evrensel kümedir, a özellik sayısıdır ve tip farklı tip (örneğin, kardinalite temelli, oransal temelli, karşılaştırma temelli) yarı bulanık niceleyici oluşturmayı sağlayan bir parametredir. Oransallık söz konusu olduğunda v parametresi kullanılır. Birli yarı bulanık niceleyiciler tek özellik içeren yarı-bulanık niceleyicilerdir ve örnekleri Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Birli yarı bulanık niceleyici çeşitleri ve örnekleri [13]

Yarı bulanık niceleyici	Örnek
$Q_{E,1,kardinal}^{FN}(A) = FN(A)$	Yaklaşık beş kişi öğrencidir.
$Q_{E,1,oransal}^{FN}(A) = FN\left(\frac{ A }{ E }\right)$	Yaklaşık %70 veya daha fazla kişi öğrencidir.
$Q_{E,1,hepsiHariçKardinal}^{FN}(A) = FN(E \setminus A)$	Yaklaşık beş kişi hariç tümü öğrencidir.
$Q_{E,1,hepsiHariçOransal}^{FN}(A) = FN\left(\frac{ E \setminus A }{ E }\right)$	Yaklaşık %30'u hariç tümü öğrencidir.

Örnek

“Yaklaşık beş kişi öğrencidir.” ifadesini değerlendirmek için $Q_{E,1,kardinal}^{Yamuk_{1,4,6,9}}(A) = Yamuk_{1,4,6,9}(|A|)$ yarı-bulanık niceleyicisi tanımlanabilir. $Yamuk_{1,4,6,9}(x)$ $[4,6]$ öz ve $(1,9)$ destek noktalarına sahip yamuksal üyelik fonksiyonudur ve Şekil 3.5’te gösterilmektedir.



Şekil 3.5. ‘Yaklaşık beş’ yamuk üyelik fonksiyonu

Öğrenci olan kişileri gösteren küme aşağıdaki gibi olsun:

$$A = \left\{ \frac{1}{y_1}, \frac{1}{y_2}, \frac{1}{y_3}, \frac{0}{y_4}, \frac{0}{y_5}, \frac{0}{y_6}, \frac{0}{y_7}, \frac{0}{y_8}, \frac{0}{y_9}, \frac{0}{y_{10}} \right\}$$

Değerlendirme sonucu aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$Q_{E,1,kardinal}^{Yamuk_{1,4,6,9}}(A) = Yamuk_{1,4,6,9}(3) = 2/3$$

İkili yarı bulanık niceleyiciler iki özellik içeren yarı-bulanık niceleyicilerdir ve örnekleri Çizelge 3.4’te verilmektedir.

Çizelge 3.4. İkili yarı bulanık niceleyici çeşitleri ve örnekleri [13]

Yarı bulanık niceleyici	Örnek
$Q_{E,2,kardinal}^{FN}(A_1, A_2) = FN(A_1 \cap A_2)$	Yaklaşık beş öğrenci İspanyol'dur.
$Q_{E,2,koKardinal}^{FN}(A_1, A_2) = FN(A_1 \setminus A_2)$	Beş öğrenci hariç hepsi İspanyol'dur.
$Q_{E,2,oransal}^{FN,v}(A_1, A_2) = \begin{cases} FN\left(\frac{ A_1 \cap A_2 }{ A_1 }\right) & A_1 \neq \emptyset \\ v \in [0,1] & A_1 = \emptyset \end{cases}$	Öğrencilerin yaklaşık %10'u İspanyol'dur.
$Q_{E,2,koOransal}^{FN,v}(A_1, A_2) = \begin{cases} FN\left(\frac{ A_1 \setminus A_2 }{ A_1 }\right) & A_1 \neq \emptyset \\ v \in [0,1] & A_1 = \emptyset \end{cases}$	Öğrencilerin yaklaşık %10'u hariç hepsi İspanyol'dur.
$Q_{E,2,kardinalKarşılaştırma}^{FN}(A_1, A_2) = FN(A_1 - A_2)$	Kadınlardan yaklaşık beş kişi daha fazla erkek vardır.
$Q_{E,2,oransalKarşılaştırma}^{FN}(A_1, A_2) = \begin{cases} FN\left(\frac{ A_1 }{ A_2 }\right) & A_2 \neq \emptyset \\ FN(\infty) & A_1 \neq \emptyset \wedge A_2 = \emptyset \\ FN(1) & A_1 = \emptyset \wedge A_2 = \emptyset \end{cases}$	Kadınların iki katı kadar erkek vardır.

Örnek

“Beş öğrenci hariç tümü İspanyol'dur.” ifadesini değerlendirmek için

$Q_{E,2,koKardinal}^{Yamuk_{1,4,6,9}}(A_1, A_2) = Yamuk_{1,4,6,9}(|A_1 \setminus A_2|)$ yarı-bulanık niceleyicisi tanımlanabilir.

$Yamuk_{1,4,6,9}(x)$ [4,6] öz ve (1,9) destek noktalarına sahip yamuksal üyelik fonksiyonudur

(Bkz. Şekil 3.5). Öğrenci kümesi ve İspanyol kümesi sırasıyla aşağıdaki gibi olsun:

$$A_1 = \left\{ \frac{1}{y_1}, \frac{1}{y_2}, \frac{1}{y_3}, \frac{1}{y_4}, \frac{1}{y_5}, \frac{1}{y_6}, \frac{1}{y_7}, \frac{1}{y_8}, \frac{0}{y_9}, \frac{0}{y_{10}} \right\}$$

$$A_2 = \left\{ \frac{1}{y_1}, \frac{1}{y_2}, \frac{1}{y_3}, \frac{0}{y_4}, \frac{0}{y_5}, \frac{0}{y_6}, \frac{0}{y_7}, \frac{0}{y_8}, \frac{0}{y_9}, \frac{0}{y_{10}} \right\}$$

Değerlendirme sonucu aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$Q_{E,2,koKardinal}^{Yamuk_{1,4,6,9}}(A_1, A_2) = Yamuk_{1,4,6,9}(5) = 1$$

Üçlü yarı bulanık niceleyiciler üç özellik içeren yarı-bulanık niceleyicilerdir ve örnekleri

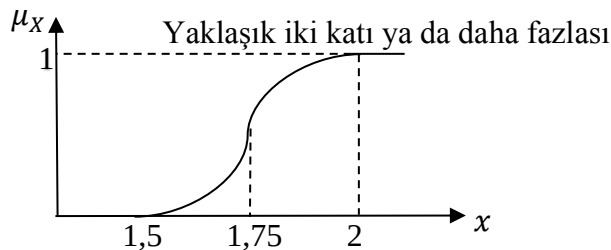
Çizelge 3.5'te verilmektedir.

Çizelge 3.5. Üçlü yarı bulanık niceleyici çeşitleri ve örnekleri [13]

Yarı bulanık niceleyici	Örnek
$Q_{E,3,kardinalKarşılaştırma}^{FN}(A_1, A_2, A_3)$ $= FN(A_1 \cap A_3 - A_2 \cap A_3)$	Öğretmenlerden yaklaşık on ya da daha fazla öğrenci partidedir.
$Q_{E,3,kardinalKarşılaştırma}^{FN}(A_1, A_2, A_3)$ $= FN(A_1 \cap A_2 - A_1 \cap A_3)$	Göldeki öğrenciler partideki öğrencilerden on ya da daha fazladır.
$Q_{E,3,oransalKarşılaştırma}^{FN}(A_1, A_2, A_3)$ $= \begin{cases} FN\left(\frac{ A_1 \cap A_3 }{ A_2 \cap A_3 }\right) & (A_1 \cap A_3 \neq \emptyset) \wedge (A_2 \cap A_3 \neq \emptyset) \\ FN(\infty) & (A_1 \cap A_3 \neq \emptyset) \wedge (A_2 \cap A_3 = \emptyset) \\ FN(1) & (A_1 \cap A_3 = \emptyset) \wedge (A_2 \cap A_3 = \emptyset) \end{cases}$	Partideki öğrenciler partideki öğretmenlerin yaklaşık iki katı ya da daha fazlasıdır.
$Q_{E,3,oransalKarşılaştırma}^{FN}(A_1, A_2, A_3)$ $= \begin{cases} FN\left(\frac{ A_1 \cap A_2 }{ A_1 \cap A_3 }\right) & (A_1 \cap A_2 \neq \emptyset) \wedge (A_1 \cap A_3 \neq \emptyset) \\ FN(\infty) & (A_1 \cap A_2 \neq \emptyset) \wedge (A_1 \cap A_3 = \emptyset) \\ FN(1) & (A_1 \cap A_2 = \emptyset) \wedge (A_1 \cap A_3 = \emptyset) \end{cases}$	Partideki öğrencilerin yaklaşık iki katı ya da daha fazlası kadar öğrenci göldedir.
$Q_{E,3,oranlarÜstündeKarşılaştırma}^{FN,v}(A_1, A_2, A_3)$ $= \begin{cases} FN\left(\frac{ A_1 \cap A_3 / A_1 }{ A_2 \cap A_3 / A_2 }\right) & \frac{ A_1 \cap A_3 }{ A_1 } \neq \emptyset \wedge \frac{ A_2 \cap A_3 }{ A_2 } \neq \emptyset \\ FN(\infty) & \frac{ A_1 \cap A_3 }{ A_1 } \neq \emptyset \wedge \frac{ A_2 \cap A_3 }{ A_2 } = \emptyset \\ v \in [0,1] & \text{diğer durumda} \end{cases}$	Bisiklete binen kadınlar bisiklete binen erkeklerin oransal olarak yaklaşık iki katı ya da daha fazlasıdır.
$Q_{E,3,oransalKarşılaştırma}^{FN}(A_1, A_2, A_3)$ $= FN\left(\frac{ A_1 \cap A_2 / A_1 }{ A_1 \cap A_3 / A_1 }\right) = FN\left(\frac{ A_1 \cap A_2 }{ A_1 \cap A_3 }\right)$	Koşu yapan kadınların yaklaşık iki katı ya da daha fazla bisiklete binen kadın vardır.

Örnek

“Partideki öğrenciler partideki öğretmenlerin yaklaşık iki katı ya da daha fazlasıdır.” ifadesini değerlendirmek için $Q_{E,3,oransalKarşılaştırma}^{S_{1,5;2}}(A_1, A_2, A_3)$ yarı-bulanık niceleyicisi tanımlanabilir. ‘Yaklaşık iki katı ya da daha fazlası’ ifadesi $S_{1,5;2}$ S tipi üyelik fonksiyonu ile Şekil 3.6’da gösterilmektedir.



Şekil 3.6. ‘Yaklaşık iki katı ya da daha fazlası’ S-tipi üyelik fonksiyonu

Öğrenci kümesi, öğretmen kümesi ve partide olanların kümesi sırasıyla aşağıdaki gibi olsun.

$$A_1 = \left\{ \frac{1}{y_1}, \frac{1}{y_2}, \frac{1}{y_3}, \frac{1}{y_4}, \frac{1}{y_5}, \frac{1}{y_6}, \frac{1}{y_7}, \frac{1}{y_8}, \frac{0}{y_9}, \frac{0}{y_{10}} \right\}$$

$$A_2 = \left\{ \frac{0}{y_1}, \frac{0}{y_2}, \frac{0}{y_3}, \frac{0}{y_4}, \frac{0}{y_5}, \frac{0}{y_6}, \frac{0}{y_7}, \frac{0}{y_8}, \frac{1}{y_9}, \frac{1}{y_{10}} \right\}$$

$$A_3 = \left\{ \frac{1}{y_1}, \frac{1}{y_2}, \frac{1}{y_3}, \frac{1}{y_4}, \frac{1}{y_5}, \frac{0}{y_6}, \frac{0}{y_7}, \frac{0}{y_8}, \frac{1}{y_9}, \frac{1}{y_{10}} \right\}$$

Değerlendirme sonucu aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$Q_{E,3,oransalkarşılaştırma}^{S_{1,5;2}}(A_1, A_2, A_3) = S_{1,5;2} \left(\frac{|A_1 \cap A_3|}{|A_2 \cap A_3|} \right) = S_{1,5;2} \left(\frac{5}{2} \right) = 1$$

Dörtlü yarı bulanık niceleyiciler dört özellik içeren yarı-bulanık niceleyicilerdir ve örnekleri Çizelge 3.6’da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Dörtlü yarı bulanık niceleyici çeşitleri ve örnekleri [13]

Yarı bulanık niceleyici	Örnek
$Q_{E,4,kardinalKarşılaştırma}^{FN}(A_1, A_2, A_3, A_4) = FN(A_1 \cap A_2 - A_3 \cap A_4)$	Partideki öğretmenlerden yaklaşık on ya da daha fazla öğrenci göldedir.
$Q_{E,4,kardinalOransalkarşılaştırma}^{FN}(A_1, A_2, A_3, A_4) = \begin{cases} FN\left(\frac{ A_1 \cap A_2 }{ A_3 \cap A_4 }\right) & (A_1 \cap A_2 \neq \emptyset) \wedge (A_3 \cap A_4 \neq \emptyset) \\ FN(\infty) & (A_1 \cap A_2 \neq \emptyset) \wedge (A_3 \cap A_4 = \emptyset) \\ FN(1) & (A_1 \cap A_2 = \emptyset) \wedge (A_3 \cap A_4 = \emptyset) \end{cases}$	Partideki öğretmenlerden yaklaşık iki kat ya da daha fazla öğrenci göldedir.
$Q_{E,4,oranlarÜstündeKarşılaştırma}^{FN,v}(A_1, A_2, A_3, A_4) = \begin{cases} FN\left(\frac{ A_1 \cap A_2 / A_1 }{ A_3 \cap A_4 / A_3 }\right) & \frac{ A_1 \cap A_2 }{ A_1 } \neq \emptyset \wedge \frac{ A_3 \cap A_4 }{ A_3 } \neq \emptyset \\ FN(\infty) & \frac{ A_1 \cap A_2 }{ A_1 } \neq \emptyset \wedge \frac{ A_3 \cap A_4 }{ A_3 } = \emptyset \\ v \in [0,1] & \text{diğer durumda} \end{cases}$	Bisiklete binen kadınların sayısı yürüyüş yapan erkeklerin oransal olarak iki kat ya da daha fazladır.

Örnek

“Bisiklete binen kadınların sayısı yürüyüş yapan erkeklerin oransal olarak iki kat ya da daha fazladır.” ifadesini değerlendirmek için $Q_{E,4,kardinalOransalKarşılaştırma}^{S_{1,5;2}}(A_1, A_2, A_3, A_4)$ yarı-bulanık niceleyicisi tanımlanabilir. ‘İki katı ya da daha fazlası’ ifadesi $S_{1,5;2}$ S tipi üyelik fonksiyonu ile tanımlanabilir (Bkz. Şekil 3.6). Kadın kümesi, bisiklete binen kümesi, erkek kümesi ve yürüyüş yapan kümesi sırasıyla aşağıdaki gibi olsun:

$$A_1 = \left\{ \frac{1}{y_1}, \frac{1}{y_2}, \frac{1}{y_3}, \frac{1}{y_4}, \frac{1}{y_5} \right\}$$

$$A_2 = \left\{ \frac{1}{y_1}, \frac{1}{y_2}, \frac{0}{y_3}, \frac{0}{y_4}, \frac{0}{y_5} \right\}$$

$$A_3 = \left\{ \frac{1}{y_6}, \frac{1}{y_7}, \frac{1}{y_8}, \frac{1}{y_9}, \frac{1}{y_{10}} \right\}$$

$$A_4 = \left\{ \frac{1}{y_6}, \frac{1}{y_7}, \frac{1}{y_8}, \frac{0}{y_9}, \frac{0}{y_{10}} \right\}$$

Değerlendirme sonucu aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$Q_{E,4,kardinalOransalKarşılaştırma}^{S_{1,5;2}}(A_1, A_2, A_3, A_4) = S_{1,5;2} \left(\frac{\frac{|A_1 \cap A_2|}{|A_1|}}{\frac{|A_3 \cap A_4|}{|A_3|}} \right) = S_{1,5;2} \left(\frac{2}{3} \right) = 0$$

Yarı bulanık niceleyiciler klasik niceleyiciler gibi sadece kesin olguları ele alırken bulanık niceleyiciler gibi $[0,1]$ aralığında doğruluk derecesi üretir [107]. Yarı bulanık niceleyici tanımlamak bulanık niceleyici tanımlamaktan daha kolay olmasına rağmen, bulanık niceleyici cümlelerin değerlendirilmesi çok zordur. “Kişilerin yaklaşık %70’i öğrencidir.” cümlesi yarı bulanık niceleyici ile değerlendirilebilirken, “Kişilerin yaklaşık %70’i sarışıdır.” cümlesinin yarı bulanık niceleyicilerle değerlendirilmesi için niceleyici bulanıklaştırma mekanizmasına ihtiyaç duyulur [13]. Niceleyici bulanıklaştırma mekanizmaları yarı bulanık niceleyici ve bulanık niceleyicinin tamamlayıcı görev yapmasını sağlayan bir çerçevedir [108]. Literatürde yarı bulanık niceleyiciler tabanında bulanık

niceleyicilerin tanımlanmasına izin veren iki niceleyici bulanıklaştırma mekanizması tanımlanmıştır. Bunlar Glöckner [108] tarafından tanımlanan F^M mekanizması ve Diaz-Hermida ve diğerleri [109] tarafından tanımlanan olasılıksal F^I mekanizmasıdır. Niceleyici bulanıklaştırma mekanizmaları sadece mutlak ve göreceli niceleyiciler ile sınırlı olmadığından avantajlıdır [85]. F^M mekanizması ve F^I mekanizması alt başlıklarda açıklanmıştır.

F^M niceleyici bulanıklaştırma mekanizması

E evrensel kümesinde tanımlı bulanık kümeler $A_1, A_2, \dots, A_s \in \wp(E)$ ve $\gamma \in [0,1]$ olsun. F^M mekanizması Eş. 3.52'deki gibi tanımlanır.

$$F^M(Q)(A_1, \dots, A_s) = \int_0^1 Q_\gamma(A_1, \dots, A_s) d\gamma \quad (3.52)$$

Burada Q_γ bulanık niceleyicisi Eş. 3.53 ile tanımlanır.

$$Q_\gamma(A_1, \dots, A_s) = m_{\frac{1}{2}}\{Q(B_1, \dots, B_s): (A_i)_\gamma^{min} \subseteq B_i \subseteq (A_i)_\gamma^{maks}\} \quad (3.53)$$

Burada $m_{\frac{1}{2}}: \wp[0,1] \rightarrow [0,1]$ genelleştirilmiş bulanık medyandır ve Eş. 3.54 ile tanımlanır.

A_γ^{min} ve A_γ^{maks} ise Eş. 3.56 ve Eş. 3.57 ile tanımlanır.

$$m_{\frac{1}{2}}A = med_{\frac{1}{2}}(inf A, sup A) \quad (3.54)$$

inf , alt sınırların en büyüğü, sup ise üst sınırların en küçüğü olarak tanımlanır. $med_{\frac{1}{2}}: \wp[0,1] \rightarrow [0,1]$ bulanık medyan ise Eş. 3.55 ile tanımlanır.

$$med_{\frac{1}{2}}(u_1, u_2) = \begin{cases} \min(u_1, u_2) & \min(u_1, u_2) > \frac{1}{2} \\ maks(u_1, u_2) & maks(u_1, u_2) < \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & d.d. \end{cases} \quad (3.55)$$

$$A_{\gamma}^{min} = \begin{cases} A_{>\frac{1}{2}} & \gamma = 0 \\ A_{\geq\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\gamma} & \gamma > 0 \end{cases} \quad (3.56)$$

$$A_{\gamma}^{maks} = \begin{cases} A_{\geq\frac{1}{2}} & \gamma = 0 \\ A_{>\frac{1}{2}-\frac{1}{2}\gamma} & \gamma > 0 \end{cases} \quad (3.57)$$

Burada $A_{\geq\alpha}$, A 'nın α –kesmesini ve $A_{>\alpha}$ ise A 'nın güçlü α –kesmesini göstermektedir.

F^I niceleyici bulanıklaştırma mekanizması

F^I mekanizması Eş. 3.58'deki gibi tanımlanır.

$$F^I(Q)(A_1, \dots, A_S) = \int_0^1 \dots \int_0^1 Q((A_1)_{\geq\alpha_1}, \dots, (A_S)_{\geq\alpha_S}) d\alpha_1 \dots d\alpha_S \quad (3.58)$$

A_s $s = 1, \dots, S$ için bir bulanık özellik, $(A_s)_{\geq\alpha_s}$ A_s 'nin α -kesmesi ve Q yarı bulanık niceleyicidir.

Eğer $A_1, \dots, A_S$ üzerindeki α -kesmeleri sonlu sayıda ise F^I niceleyici bulanıklaştırma mekanizması kütle atama teorisi [110] açısından Eş. 3.59'daki gibi yorumlanabilir.

$$F^I(Q)(A_1, \dots, A_S) = \sum_{i_1=0}^{m_1} \dots \sum_{i_S=0}^{m_S} Q((A_1)_{\geq\alpha_{1,i_1}}, \dots, (A_S)_{\geq\alpha_{S,i_S}}) m(\alpha_{1,i_1}) \dots m(\alpha_{S,i_S}) \quad (3.59)$$

α -kesmeleri arasında $1 \leq s \leq S$ olmak üzere $0 = \alpha_{s,m_s+1} < \alpha_{s,m_s} < \dots < \alpha_{s,1}$ sıralaması söz konusudur, $\alpha_{s,0} = 1$, ve $m(\alpha_{s,j}) = \alpha_{s,j} - \alpha_{s,j+1}$, $j = 0, 1, \dots, m_s$.

Örnek

“Neredeyse tüm uzun kadınlar sarışındır.” ifadesini değerlendirelim. *neredeyse* $Tüm_E$ yarı-bulanık niceleyicisi, ‘uzun’ ve ‘sarışın’ bulanık kümeleri aşağıdaki değerleri alsın:

$$uzun = \left\{ \frac{0,8}{y_1}, \frac{0,9}{y_2}, \frac{1}{y_3}, \frac{0,2}{y_4} \right\}$$

$$sarışın = \left\{ \frac{1}{y_1}, \frac{0,8}{y_2}, \frac{0,3}{y_3}, \frac{0,1}{y_4} \right\}$$

$$neredeyseTüm_Y(A_1, A_2) = \begin{cases} \max \left\{ 2 \left(\frac{|A_1 \cap A_2|}{|A_1|} \right) - 1, 0 \right\} & A_1 \neq \emptyset \\ 1 & A_1 = \emptyset \end{cases}$$

‘uzun’ ve ‘sarışın’ bulanık kümelerinin α -kesmeleri Çizelge 3.7’de, $neredeyseTüm_E(uzun_{\alpha_1}, sarışın_{\alpha_2})$ hesaplaması Çizelge 3.8’de ve $F^I(neredeyseTüm)_E(uzun, sarışın)$ hesaplaması Çizelge 3.9’da verilmektedir.

Çizelge 3.7. ‘Uzun’ ve ‘sarışın’ bulanık kümelerinin α -kesmeleri

$uzun_{\geq \alpha_1}$		$sarışın_{\geq \alpha_2}$	
$\alpha_1 \in (0,9; 1]$	$\{y_3\}$	$\alpha_2 \in [1; 0,8]$	$\{y_1\}$
$\alpha_1 \in (0,8; 0,9]$	$\{y_2, y_3\}$	$\alpha_2 \in (0,8; 0,3]$	$\{y_1, y_2\}$
$\alpha_1 \in (0,2; 0,8]$	$\{y_1, y_2, y_3\}$	$\alpha_2 \in (0,3; 0,1]$	$\{y_1, y_2, y_3\}$
$\alpha_1 \in (0; 0,2]$	$\{y_1, y_2, y_3, y_4\}$	$\alpha_2 \in (0,1; 0]$	$\{y_1, y_2, y_3, y_4\}$

Çizelge 3.8. $neredeyseTüm_E(uzun_{\alpha_1}, sarışın_{\alpha_2})$ hesaplaması

$neredeyseTüm_E$ $(uzun_{\alpha_1}, sarışın_{\alpha_2})$	$\alpha_2 \in [1; 0,8]$	$\alpha_2 \in (0,8; 0,3]$	$\alpha_2 \in (0,3; 0,1]$	$\alpha_2 \in (0,1; 0]$
	$\{y_1\}$	$\{y_1, y_2\}$	$\{y_1, y_2, y_3\}$	$\{y_1, y_2, y_3, y_4\}$
$\alpha_1 \in (0,9; 1]$	$\emptyset$	$\emptyset$	$\max\{1,0\}$	$\max\{1,0\}$
$\{y_3\}$				
$\alpha_1 \in (0,8; 0,9]$	$\emptyset$	$\max\{0,0\}$	$\max\{1,0\}$	$\max\{1,0\}$
$\{y_2, y_3\}$				
$\alpha_1 \in (0,2; 0,8]$	$\max\{-1/3, 0\}$	$\max\{1/3, 0\}$	$\max\{1,0\}$	$\max\{1,0\}$
$\{y_1, y_2, y_3\}$				
$\alpha_1 \in (0; 0,2]$	$\max\{-1/2, 0\}$	$\max\{0,0\}$	$\max\{1/2, 0\}$	$\max\{1,0\}$
$\{y_1, y_2, y_3, y_4\}$				

Çizelge 3.9. $F^I(neredeyseTüm)_E(uzun, sarışın)$ hesaplaması

$neredeyseTüm_E(uzun_{\alpha_1}, sarışın_{\alpha_2})$	$\alpha_2 \in [1; 0,8]$	$\alpha_2 \in (0,8; 0,3]$	$\alpha_2 \in (0,3; 0,1]$	$\alpha_2 \in (0,1; 0]$
$\alpha_1 \in (0,9; 1]$	0,1*0,2*0	0,1*0,5*0	0,1*0,2*1	0,1*0,1*1
$\alpha_1 \in (0,8; 0,9]$	0,1*0,2*0	0,1*0,5*0	0,1*0,2*1	0,1*0,1*1
$\alpha_1 \in (0,2; 0,8]$	0,6*0,2*0	0,6*0,5*0,33	0,6*0,2*1	0,6*0,1*1
$\alpha_1 \in (0; 0,2]$	0,2*0,2*0	0,2*0,5*0	0,2*0,2*0,5	0,2*0,1*1

Değerlendirme sonucu Çizelge 3.9'daki matris elemanlarının toplanması ile elde edilir, $F^I(neredeyseTüm_E)(A_1, A_2) = 0,379$ olarak bulunur.

3.2.3. Yorumlanabilirlik

Bulanık nicelemede üç temel araştırma alanı yorumlama, muhakeme ve özetlemedir. Yorumlamanın amacı bulanık nicelemenin anlamını açıkça tanımlamaktır, muhakemenin amacı bulanık nicelemeleri kullanarak kurallardan daha fazla bilgi çıkarmaktır, özetlemenin amacı ise belirli durumlar için en iyi niceleyici ifadeyi sağlamaktır [108]. Özetlemenin gerçek hayata uygulanabilirliğini arttırmak için dilsel kalitesinin artırılması gerekmektedir. Bu nedenle yorumlanabilirliğin özetlemeye dahil edilmesi önemli bir konu haline gelmiştir [18].

Lesot ve diğerleri [17] yorumlanabilirliği bireysel cümle bazında ve cümle kümeleri üzerinde olmak üzere iki şekilde incelemiştir. İlk olarak cümle seviyesinde değerlendirme yapılmaktadır; cümlelerin kalitesi belirlenir, kaliteli cümleler seçilir ve dilsel çeviri yapılır. Cümleler kümesinin değerlendirilmesi ise bireysel cümlelerin değerlendirilmesine ve bütün olarak yorumlanabilmesine bağlıdır. Her bireysel cümle özetlenen veriyi temsil etmelidir. Bu temsil derecesi genellikle doğruluk derecesi ile ölçülse de Yager'ın bilgi vericilik düzeyi, [3], Kacprzyk'ın kalite ölçüleri [95] ve Wu ve Mendel metodu [92] gibi ilave ölçüler de geliştirilmiştir. Üretilen cümle kümesinden yüksek kalitede olanları belirlemek için sıralama bazlı eşik değer veya puan bazlı eşik değer yaklaşımları kullanılabilir [111]. Olası tüm kombinasyonlarla özetler üretildikten sonra doğruluk derecesinin azalan sırasında sıralanır. Sıralama bazlı eşik değer yaklaşımına göre en üst sıradaki k adet cümle çıkarılır. Puan bazlı eşik değer yaklaşımına göre ise önceden belirlenen bir eşik değerden yüksek doğruluk derecesine sahip olan özet cümleler çıkarılmaktadır.

Cümle kümeleri üzerinde yorumlanabilirlik örneklerle açıklanacaktır. $D\ddot{O}_i, i = 1, \dots, 16$ olan cümle kümesinde bir dilsel özeti göstermektedir. Cümle kümeleri üzerinde yorumlanabilirlik cümle kümesinin tutarlılığı, artıksızlık ve taşınan bilgi açısından incelenebilir [17]. Bir cümle kümesinin tutarlı olabilmesi için çelişmemezlik ve çift olumsuzlama özelliklerini sağlaması gerekmektedir. Çelişmemezlik özelliği iki çelişen ifadenin doğruluk derecelerinin tümleyen olması gerektiğini ifade eder. Örneğin, “ $D\ddot{O}_1: Q B Y A$ ” özet cümlesi “ $D\ddot{O}_2: Q B Y \neg A$ ” ve “ $D\ddot{O}_3: \neg Q B Y A$ ” ile çelişmektedir. Dolayısıyla, doğruluk dereceleri arasında $1 - T_1(D\ddot{O}_1) = T_1(D\ddot{O}_2) = T_1(D\ddot{O}_3)$ şeklinde bir bağlantı olmalıdır. Çift olumsuzlama özelliğine göre bir cümleye iki kez olumsuzlama uygulandığında doğruluk derecesinin değişmemesi gerekmektedir. Örneğin, “ $D\ddot{O}_4: \neg Q B Y \neg A$ ” $D\ddot{O}_1$ özetinin çift olumsuzlamasıdır ve doğruluk dereceleri eşit olmalıdır $T_1(D\ddot{O}_1) = T_1(D\ddot{O}_4)$.

Artıksızlık açısından cümle kümesinde aynı anlama gelen birden fazla cümle mevcutsa fazla olanların çıkarılması gerekmektedir. İçerilme ve benzerlik artıksızlık özelliklerindendir. İçerilme özelliğine göre eğer bir cümle niceleyici veya özetleyici açısından diğer bir cümlede içeriliyorsa kapsanan cümlelerin cümle kümesinden çıkarılması gerekmektedir. Örneğin, eğer $Q' \subseteq Q$ veya $A' \subseteq A$ ise “ $D\ddot{O}_5: Q' B' Y A'$ ” cümlesi $D\ddot{O}_1$ tarafından içerilmektedir. Bu durumda $D\ddot{O}_5$ 'in cümle kümesinden kaldırılması ile artıksızlık sağlanır. Benzerlik özelliğine göre iki cümlelerin benzerlik skoru önceden belirlenen bir eşik değerden yüksekse cümlelerden birinin cümle kümesinden çıkarılması gerekmektedir. Örneğin $D\ddot{O}_1$ ve $D\ddot{O}_5$ arasındaki benzerlik Eş. 3.60 ile hesaplanır. *sim* iki değer arasındaki benzerliği ölçmektedir [112].

$$\begin{aligned} \text{sim}(D\ddot{O}_1, D\ddot{O}_5) \\ = \min(\text{sim}(Q, Q'), \text{sim}(B, B'), \text{sim}(A, A'), \text{sim}(T_1(D\ddot{O}_1), T_1(D\ddot{O}_5))) \end{aligned} \quad (3.60)$$

Cümleler arasındaki bağlantılar ile kullanıcıya taşınan bilgi cümle yorumlama ve altta yatan anlam özellikleri açısından incelenebilir. Cümle yorumlama aynı zamanda bir muhakeme türüdür ve cümle kümesinin anlamını geliştirmeye yardımcı olur. Örneğin, “ $D\ddot{O}_6: \text{Tüm } B Y A$ ” ve “ $D\ddot{O}_7: \text{Tüm } A Y C$ ” cümleleri “ $D\ddot{O}_8: \text{Tüm } B Y C$ ” formunda yeni bir cümle ile ifade edilebilir. Altta yatan anlam özelliği öncül özetleyiciler üzerinden

hesaplanmaktadır. Örneğin, tüm B öncül özetleyicileri ile $DÖ_1$ cümleleri cümle setinde yüksek doğruluk derecesi ile yer alıyorsa bunlar tek bir cümle ile ifade edilebilir $DÖ_9: Q Y A$.

Ramos-Soto ve Pereira-Farina [18] cümle kümelerinin yorumlanabilirliğini geliştirmek için tamamlayıcı bir yaklaşım önermişlerdir. Bir dilsel özet oluşturan bileşenlerin yorumlanabilirliği nasıl etkilendiği ayrı ayrı incelenmiştir. İlk bileşen olarak özetleyici ele alınmıştır. Özetleyicilere anlam ataması bir doğal dil üretimi uzmanı tarafından yapılırsa yorumlanabilirliğin artacağı savunulmuştur. Örneğin, herhangi bir sistem tasarımcısı herhangi bir değişkene ‘düşük-orta-yüksek’ gibi bulanık dilsel etiketler atarken, doğal dil üretimi uzmanı sıcaklık değişkeni için ‘soğuk-ılık-sıcak’ veya boy değişkeni için ‘kısa-orta-uzun’ gibi bulanık dilsel etiketler atayabilir.

İkinci dilsel özetleme bileşeni niceleyicidir. Birkaç cümle niceleyiciler açısından birleştirilip tek bir cümle ile ifade edilebilir. Örneğin bir cümle kümesi “ $DÖ_{10}: Çoğu Y A$ ”, “ $DÖ_{11}: Azı Y B$ ” ve “ $DÖ_{12}: Azı Y C$ ” cümlelerini içeriyorsa bunlar “ $DÖ_{13}: Y \text{ genelde } A' \text{ dir, yer yer } B \text{ ve } C' \text{ dir}$ ” gibi tek bir cümle ile ifade edilebilir. Bir diğer örnek cümle kümesi $DÖ_{11}$, $DÖ_{12}$ ve “ $DÖ_{14}: Azı Y A$ ” cümlelerini içeriyorsa bunlar “ $DÖ_{15}: Y v_k \text{ değişkeninde çok değişkendir}$ ” gibi bir cümle ile ifade edilebilir.

Üçüncü dilsel özetleme bileşeni doğruluk derecesidir. Cümlenin doğruluk derecesi özetten ne kadar emin olduğumuzun bir ölçüsü olarak kullanılabilir. Örneğin $T_1(DÖ_9) = 0,2$ ise $DÖ_9$ yerine “ $DÖ_{16}: Q Y A \text{ hakkında çok az kanıt vardır}$ ” cümlesi kümede yer alabilir.

Son dilsel özetleme bileşeni doğruluk derecesi değerlendirme mekanizmasıdır. Literatürde çokça tartışıldığı gibi skalar kardinalite temelli yöntemler küçük üyelik derecelerinin sayıca çok olması ile büyük üyelik derecelerinin sayıca az olması arasındaki farkı ayırt edemediğinden yanıltıcı sonuçlara sebep olmaktadır [96].

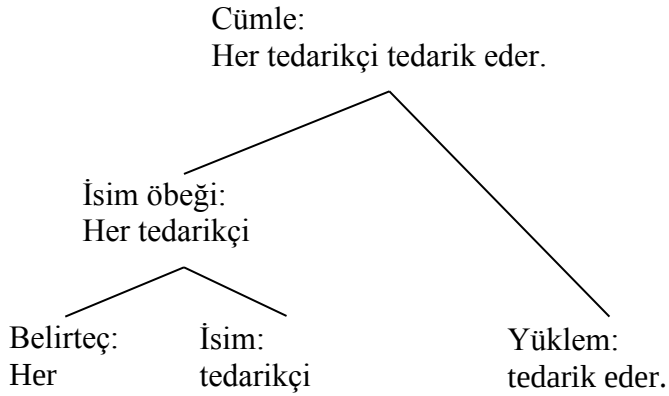
3.3. Heterojen Bilgi Ağlarında Dilsel Özetleme

Bugüne kadar yapılan dilsel özetleme çalışmaları için sayısallaştırılacak nesneler matris veri yapısında tek bir gruba aitti. Buna karşılık, nicelenecek nesneler ağ veri yapısında çeşitli gruplara aittir. Nicelenecek nesne sayısının birden fazla olması, değerlendirme sırasında

ifadelere anlam yüklemek için kapsamlı prosedürler gerektirir. Bu bağlamda devam eden alt bölümlerde ilk olarak genelleştirilmiş niceleyiciler tanıtılacaktır, daha sonra önerilen değerlendirme çerçevesi sunulacaktır.

3.3.1. Genelleştirilmiş niceleyiciler

Niceleyiciler doğal dilde genellikle belirteç olarak kullanılır. Belirteçler nesnelerle birleşerek isim öbeğini oluşturur. İsim öbekleri de yüklemle birleşerek cümleleri oluşturur [13]. Şekil 3.7 ile bir cümlenin söz dizim analizi gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Bir cümlenin söz dizim analizi

İsim (tedarikçi: A_1), E evrensel kümesinde tedarikçi olma özelliğine sahip elemanlardan oluşan bir alt kümedir. Yüklem (tedarik etmek: A_2), E evrensel kümesinde tedarik etme özelliğine sahip elemanlardan oluşan bir alt kümedir. Belirteç $her_E: (A_1 \in \wp(E)) \rightarrow (f: A_2 \in \wp(E) \rightarrow \{0,1\})$ fonksiyonudur ve Eş. 3.61 ile tanımlanır. $\wp(E)$ evrensel kümenin tüm alt kümelerinden oluşan kuvvet kümesidir.

$$her_E(A_1, A_2) = 1 \Leftrightarrow A_1 \subseteq A_2 \quad (3.61)$$

Belirteçler bazı cümlelerde isim öbeği oluştururken bazı cümlelerle eylem öbeği oluşturabilir. Belirteçlerin rolünü belirlemek için $tip\langle 1 \rangle$, $tip\langle 1,1 \rangle$ ve $tip\langle \langle 1,1 \rangle, 1 \rangle$ fonksiyon sınıfları Eş. 3.62 – Eş. 3.64 arasındaki eşitliklerle tanımlanmıştır [14].

$$tip\langle 1 \rangle = [\wp(E) \rightarrow \{0,1\}] \quad (3.62)$$

$$tip\langle 1,1 \rangle = [\wp(E) \rightarrow tip\langle 1 \rangle] \quad (3.63)$$

$$tip\langle \langle 1,1 \rangle, 1 \rangle = [\wp(E)^2 \rightarrow tip\langle 1 \rangle] \quad (3.64)$$

Standart birinci dereceden evrensel ($\forall$) ve varoluşsal ($\exists$) niceleyiciler $tip\langle 1 \rangle$ yapısındadır ve sırasıyla Eş. 3.65 ve Eş. 3.66 ile tanımlanmaktadır.

$$\forall = \{(E, A) | A = E\} \quad (3.65)$$

$$\exists = \{(E, A) | A \subseteq E \text{ ve } A \neq \emptyset\} \quad (3.66)$$

$tip\langle 1,1 \rangle$ ifadesinin ilk elemanı belirteçle birleştirilen isim öbeğinin özellik sayısını gösterirken, ikinci elemanı yüklemnin özellik sayısını göstermektedir.

Genelleştirilmiş niceleyiciler en basit haliyle içindeki niceleyicilerin anlamını tanımlayarak ifadelere anlam ataması yaparlar [113]. Örneğin, ‘her’ niceleyicisi ile “Her tedarikçi yurtiçindedir.” ifadesi oluşturulabilir. Burada ‘her’ niceleyicisi tedarikçiler kümesi ile yurtiçinde bulunma kümesi arasındaki ikili bağıntıyı gösterir. Yalnızca tedarikçiler kümesi yurtiçinde bulunanlar kümesinin içinde yer alıyorsa bu ifade doğrudur. Bu nedenle ‘her’ niceleyicisi içerilme bağıntısına karşılık gelir. Başka bir örnekte ‘çift’ niceleyicisi ile “Çift sayıda müşteri otomotiv sektöründendir.” ifadesi oluşturulabilir. Eğer müşteriler kümesi ile otomotiv sektöründe olanlar kümesinin kesişiminin kardinalitesi çift ise bu cümle doğrudur. Bu nedenle ‘çift’ niceleyicisi iki kümenin kesişiminin değişim oranı üzerinde anlam taşır. Diğer bir örnekte ‘çoğu’ niceleyicisi ile “Çoğu ürün standarttır.” ifadesi oluşturulabilir. Burada ‘çoğu’ niceleyicisinin ‘yarıdan fazla’ anlamına geldiğini kabul edersek, standart ürünler kümesi standart olmayan ürünler kümesinin kardinalitesinden büyükse bu ifade doğrudur. Yani ‘çoğu’ niceleyicisi iki ürün tipinin oranları üzerinde anlam taşır.

$t = (n_1, \dots, n_k)$ bir k dereceli vektör olsun. t tipinde bir genelleştirilmiş niceleyici $\tau_t = \{R_1, \dots, R_k\}$ kelime dağarcığı modellerinin bir Q sınıfıdır. Öyle ki R_i , $1 \leq i \leq k$ için n_i –özelliklidir ve Q izomorfizm altında kapalıdır. Yani eğer $\mathbb{E}$ ve $\mathbb{E}'$ izomorfikse, o halde $(\mathbb{E} \in Q \Leftrightarrow \mathbb{E}' \in Q)$ olur. Eğer tüm i ’ler için $n_i = 1$ ise niceleyici monadiktir, aksi halde polyadiktir.

Bir Q niceleyicisi E evrensel kümesinin A ve B gibi iki alt kümesini $\{0,1\}$ değer kümesine götüren bir fonksiyonla ilişkilendirilebilir. Örnek cümlelerdeki ‘her’, ‘çift’ ve ‘çoğu’ niceleyicileri aşağıdaki gibi tanımlanır.

E evrensel kümesi tedarik zinciri elemanları olmak üzere A tedarikçiler kümesi, B yurtiçindeki elemanların kümesi olsun. $tip\langle 1,1 \rangle$ yapısındaki ‘her’ niceleyicisi Eş. 3.67 ile tanımlanır.

$$her = \{(E, A, B) | A, B \subseteq E \text{ ve } A \subseteq B\} \quad (3.67)$$

E evrensel kümesi tedarik zinciri elemanları olmak üzere A müşteriler kümesi, B otomotiv sektöründeki elemanların kümesi olsun. ‘çift’ niceleyicisi Eş. 3.68 ile tanımlanır.

$$çift = \{(E, A, B) | A, B \subseteq E \text{ ve } kard(A \cap B) : çift\} \quad (3.68)$$

E evrensel kümesi tedarik zinciri elemanları olmak üzere A ürünler kümesi, B standart ürünler kümesi olsun. ‘çoğu’ niceleyicisi Eş. 3.69 ile tanımlanır.

$$çoğu = \{(E, A, B) | A, B \subseteq E \text{ ve } kard(A \cap B) > kard(A - B)\} \quad (3.69)$$

Genelleştirilmiş niceleyiciler hakkında çoğu çalışma monadik niceleyicilerle ilgilidir. Ancak, cümlelerin birkaç isim tamlaması ile sadece kümeleri değil, ikili veya üçlü ilişkileri de ifade eden fiilleri birleştirebileceği tartışılmazdır. Bu durumlarda anlam ataması polyadik niceleyicilerle sağlanır. Doğal dilde polyadik niceleyicileri modellemenin tek yolu onları Boole kombinasyonlarını ve polyadik kaldırmaçları kullanan monadik niceleyiciler ile tanımlamaktır.

Karmaşık isim tamlamalarını modellemek için genelleştirilmiş niceleyicilerde Boole operatörleri tanımlanır. ‘ve’, ‘veya’ ve ‘değil’ operatörleri örnekleriyle birlikte açıklanmıştır. Q ve Q' t tipinde genelleştirilmiş niceleyiciler olmak üzere ve operatörü Eş. 3.70 ile tanımlanır. Örneğin, “En az 100 ve 200’den fazla olmayan hammadde bir ürün oluşturur.”

$$(Q \wedge Q')_E[R_1, \dots, R_k] \Leftrightarrow Q_E[R_1, \dots, R_k] \text{ ve } Q'_E[R_1, \dots, R_k] \quad (3.70)$$

Q ve Q' t tipinde genelleştirilmiş niceleyiciler olmak üzere veya operatörü Eş. 3.71 ile tanımlanır. Örneğin, “En az 5 veya en fazla 10 tedarikçi kafes tedarik eder.”

$$(Q \vee Q')_E[R_1, \dots, R_k] \Leftrightarrow Q_E[R_1, \dots, R_k] \text{ veya } Q'_E[R_1, \dots, R_k] \quad (3.71)$$

Q ve Q' t tipinde genelleştirilmiş niceleyiciler olmak üzere değil operatörü Eş. 3.72 ile tanımlanır. Örneğin, “Tüm tedarikçiler düşük temin zamanında tedarik etmez.”

$$(\neg Q)_E[R_1, \dots, R_k] \Leftrightarrow \text{değil } Q_E[R_1, \dots, R_k] \quad (3.72)$$

Bazı çok bilinen polyadik kaldırıcılar yineleme, birikim ve sürdürmedir [113, 114]. Q ve Q' $tip(1,1)$ genelleştirilmiş niceleyiciler olsun. A ve B evrensel kümenin alt kümeleri ve R evrensel küme üzerinde tanımlı ikili bağıntı olmak üzere yineleme operatörü Eş. 3.73 ile tanımlanır.

$$Yineleme(Q, Q')[A, B, R] \Leftrightarrow Q[A, \{a | Q'[B, R_{(a)}]\}] \quad (3.73)$$

Burada $R_{(a)} = \{b | R(a, b)\}$ 'dir. Yineleme operatörü ayrıca iç içe geçmiş niceleyiciler konusundaki çalışmalarda yer almaktadır [13].

Örneğin, “Çoğu tedarikçi bazı hammaddeleri tedarik eder.” ifadesi polyadik bir nicelemedir ve yineleme operatörü ifadeye anlamını verir. ‘Tedarik etme’ bağıntısı ‘tedarikçi’ ve ‘hammadde’ arasında tanımlıdır. Ancak ve ancak çoğu tedarikçiden oluşan bir küme varsa ve bu kümedeki her tedarikçi en az bir hammadde tedarik ediyorsa bu cümle doğrudur. Aynı zamanda $Yineleme(\text{çoğu}, \text{bazı})[\text{tedarikçi}, \text{hammadde}, \text{tedarikEtme}]$ şeklinde gösterilebilir.

Örnek

“Çoğu tedarikçi bazı hammaddeleri tedarik eder” dilsel özetini değerlendirmek için tedarikçi, hammadde kümeleri, tedarik etme bağıntısı, çoğu ve bazı niceleyicileri aşağıda tanımlanmıştır.

$$tedarikçi = \{tedarikçi_1, tedarikçi_2, tedarikçi_3, tedarikçi_4\}$$

$$hammadde = \{hammadde_1, hammadde_2, hammadde_3, hammadde_4\}$$

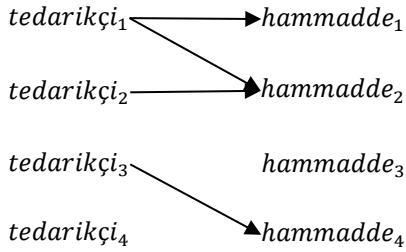
$$tedarikEtme$$

$$= \{(tedarikçi_1, hammadde_1), (tedarikçi_1, hammadde_2), (tedarikçi_2, hammadde_2), (tedarikçi_3, hammadde_4)\}$$

$$bazı(y) = \exists(y)$$

$$çoğu(y) = S_{0,6;0,8}(y) \text{ (Bkz. Şekil 3.3 (c))}$$

Tedarikçi ve hammadde kümeleri arasındaki tedarik etme bağıntısı Şekil 3.8 ile gösterilmektedir.



Şekil 3.8. Tedarikçi ve hammadde kümeleri arasındaki tedarik etme bağıntısı

İfadeyi değerlendirebilmek için yineleme operatörü kullanılmalıdır. Cümleyi monadik niceleyiciler açısından tanımlamak için öncelikle cümlemin ikinci kısmı x kümesi ile ifade edilmelidir “ x : bazı hammaddeleri tedarik eder”. Daha sonra ilk kısım “Çoğu tedarikçi x ’tir.” şeklinde değerlendirilerek sonuç elde edilir. Tedarikçi kümesindeki her eleman için ayrı ayrı “ $tedarikçi_j$ bazı hammaddeleri tedarik eder” ifadesinin değerlendirme sonuçları x kümesinin üyelik derecelerini oluşturur.

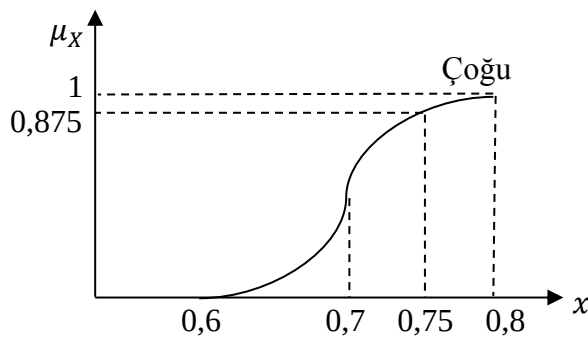
$$bazı(tedarikEtme(tedarikçi_1, hammadde_i)) = 1$$

$$bazı(tedarikEtme(tedarikçi_2, hammadde_i)) = 1$$

$$bazi(tedarikEtme(tedarikçi_3, hammadde_i)) = 1$$

$$bazi(tedarikEtme(tedarikçi_4, hammadde_i)) = 0$$

$x = \left\{ \frac{1}{tedarikçi_1}, \frac{1}{tedarikçi_2}, \frac{1}{tedarikçi_3}, \frac{0}{tedarikçi_4} \right\}$ olarak elde edilir. “Çoğu tedarikçi x ’tir” ifadesinin değerlendirilmesi $S_{0,6,0,8}(3/4)$ ile bulunur. Şekil 3.9’da görüldüğü gibi sonuç 0,875’tir.



Şekil 3.9. S-tipi bulanık küme ile tanımlı ‘çoğu’ niceleyicisi

Yineleme operatörü ile anlamı karşılanmayan ifadeler söz konusu olabilir. Örneğin, “Dört müşteri üç ürün satın alır.” ifadesini yineleme operatörü ile değerlendirirsek 12 ürün satın alındığı anlamına gelir. Ancak söylenmek istenen 4 farklı müşterinin 3 farklı üründen en az bir tanesini satın aldığıdır. Bu ifadeye birikim operatörü ile anlam ataması yapılabilir.

Q ve Q' $tip(1,1)$ genelleştirilmiş niceleyiciler olsun. A ve B evrensel kümenin alt kümeleri ve R evrensel küme üzerinde tanımlı ikili bağıntı olmak üzere birikim operatörü Eş. 3.74 ile tanımlanır.

$$Birikim(Q, Q')[A, B, R] \Leftrightarrow Yineleme(Q, Bazı)[A, B, R] \wedge Yineleme(Q', Bazı)[B, A, R^{-1}] \quad (3.74)$$

Örnek

“Dört müşteri üç ürün satın alır.” dilsel özetini değerlendirmek için müşteri, ürün kümeleri, satın alma bağıntısı, dört, üç ve bazı niceleyicileri aşağıda tanımlanmıştır.

$$\text{müşteri} = \{\text{müşteri}_1, \text{müşteri}_2, \text{müşteri}_3, \text{müşteri}_4\}$$

$$\text{ürün} = \{\text{ürün}_1, \text{ürün}_2, \text{ürün}_3\}$$

$$\text{satınAlma} =$$

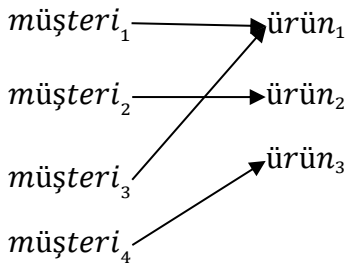
$$\{(\text{müşteri}_1, \text{ürün}_1), (\text{müşteri}_2, \text{ürün}_2), (\text{müşteri}_3, \text{ürün}_1), (\text{müşteri}_4, \text{ürün}_3)\}$$

$$\text{bazı}(y) = \exists(y)$$

$$\text{dört}(y) = \begin{cases} 1 & y = 4 \\ 0 & d.d.. \end{cases}$$

$$\text{üç}(y) = \begin{cases} 1 & y = 3 \\ 0 & d.d. \end{cases}$$

Müşteri ve ürün kümeleri arasındaki satın alma bağıntısı Şekil 3.10 ile gösterilmektedir.



Şekil 3.10. Müşteri ve ürün kümeleri arasındaki satın alma bağıntısı

İfadeyi değerlendirebilmek için birikim operatörü kullanılmalıdır. Eş. 3.74'teki birikim tanımına göre dilsel özet iki yineleme operatörünün ve operatörü kullanılarak birleştirilmesiyle değerlendirilebilir. Buna göre $\text{Birikim}(\text{dört}, \text{üç})[\text{müşteri}, \text{ürün}, \text{satınAlma}]$ ifadesi $\text{Yineleme}(\text{dört}, \text{bazı})[\text{müşteri}, \text{ürün}, \text{satınAlma}] \wedge \text{Yineleme}(\text{üç}, \text{bazı})[\text{ürün}, \text{müşteri}, \text{satınAlma}]$ ifadesiyle eşdeğerdir. Dolayısıyla “dört müşteri x_1 ’dir” ve “üç ürün x_2 ’dir” cümlelerini ayrı ayrı değerlendirip birleştirmek gerekmektedir. Müşteri kümesindeki her eleman için ayrı ayrı “müşteri_j bazı ürünleri satın alır” ifadesinin değerlendirme sonuçları x_1 kümesinin üyelik derecelerini oluşturur.

$$\text{bazı}(\text{satınAlma}(\text{müşteri}_1, \text{ürün}_i)) = 1$$

$$bazı(satınAlma(müşteri_2, ürün_i)) = 1$$

$$bazı(satınAlma(müşteri_3, ürün_i)) = 1$$

$$bazı(satınAlma(müşteri_4, ürün_i)) = 1$$

$$x = \left\{ \frac{1}{müşteri_1}, \frac{1}{müşteri_2}, \frac{1}{müşteri_3}, \frac{1}{müşteri_4} \right\} \text{ olarak elde edilir. } dört(4) = 1 \text{ bulunur.}$$

Ürün kümesindeki her eleman için ayrı ayrı “ürün_j bazı müşteriler tarafından satın alınır” ifadesinin değerlendirme sonuçları x_2 kümesinin üyelik derecelerini oluşturur.

$$bazı(satınAlınma(ürün_1, müşteri_i)) = 1$$

$$bazı(satınAlınma(ürün_2, müşteri_i)) = 1$$

$$bazı(satınAlınma(ürün_3, müşteri_i)) = 1$$

$$x_2 = \left\{ \frac{1}{ürün_1}, \frac{1}{ürün_2}, \frac{1}{ürün_3} \right\} \text{ olarak elde edilir. } üç(3) = 1 \text{ bulunur.}$$

“Dört müşteri üç ürün satın alır” ifadesinin doğruluk derecesi $dört(4) \wedge üç(3) = 1 \wedge 1 = 1$ olarak hesaplanır.

Başka bir polyadik kaldıraç sürdürmedir. Bireysel nesneler yerine nesne çiftlerine niceleme uygulanan durumlarda sürdürme operatörüne ihtiyaç vardır. Q n özneli herhangi bir monadik niceleyici, E evrensel küme ve $k \geq 1$ için $R_1, \dots, R_n \subseteq E^k$ olmak üzere sürdürme operatörü Eş. 3.75 ile tanımlanır.

$$Sürdürme^k(Q)_E[R_1, \dots, R_n] \Leftrightarrow (Q)_{E^k}[R_1, \dots, R_n] \quad (3.75)$$

Yani, $Sürdürme^k(Q)$ k -demeti içeren E^k evrensel kümesine Q uygulanmasıdır. Özellikle $Res^1(Q) = Q$ ’dur.

Örneğin, “Müşteriler genelde tedarikçilerden daha güvenilirdir.” ifadesi sürdürme operatörüyle $Sürdürme^2(genelde)$ modellenir. Bu cümleyi yineleme operatörü ile modellemek için çeşitli alternatif cümleleri dikkate alalım. İlk olarak “çoğu müşteri tüm tedarikçilerden daha güvenilirdir” cümlesi yukarıdaki cümlenin anlamını karşılamaz. İkinci olarak “çoğu müşteri bazı tedarikçilerden daha güvenilirdir” ifadesi ilk cümle tarafından içerilse de bu cümle ilk cümleyi içermez. Daha olası bir alternatif olarak “çoğu müşteri çoğu tedarikçiden daha güvenilirdir” cümlesi dikkate alınabilir. ‘çoğu’ niceleyicisini ‘%75’ten fazla’ olarak kabul edelim. 100 müşteri ve 100 tedarikçiden oluşan bir evrensel kümede 70 müşteri tüm tedarikçilerden daha güvenilir olsun, kalan 30 müşteri ise 70 tedarikçiden daha güvenilir olsun. Bu durumda “müşteriler genelde tedarikçilerden daha güvenilirdir” ifadesi doğrudur. Ancak yineleme operatörüyle kurulmuş en yakın alternatif cümle “çoğu müşteri çoğu tedarikçiden daha güvenilirdir” ifadesi doğru değildir. Çünkü müşterilerin %75’inden fazlası tedarikçilerin %75’inden fazlasından daha güvenilir değildir. Sürdürme operatörünün hesaplama karmaşıklığı yineleme ve birikim operatörlerine göre daha yüksek olduğundan sayısal örnek uygulaması yapılamamıştır.

Genç ve diğerleri [10] polyadik niceleyicilerle kurulmuş dilsel özetlerin değerlendirilmesi için yarı-bulanık niceleyici temelli yöntem önermişlerdir. Yarı-bulanık yineleme operatörü $Yineleme(Q, Q')[A, B, R] \Leftrightarrow F(Q)[A, \{y_i \mid F(Q')[B, R_{(y_i)}]\}]$ olarak tanımlanmaktadır. Burada Q ve Q' yarı-bulanık niceleyicilerdir, A ve B E evrensel kümesinin v_1 ve v_2 özellikleri için bulanık alt kümeleridir, R bulanık bir bağıntıdır. $R_{(y_i)} = \{y_j \mid R(y_i, y_j)\}$ ve F bir niceleyici bulanıklaştırma mekanizmasıdır. Sonlu durumlar için F uygulandığında doğruluk derecesi Eş. 3.76 ile bulunur.

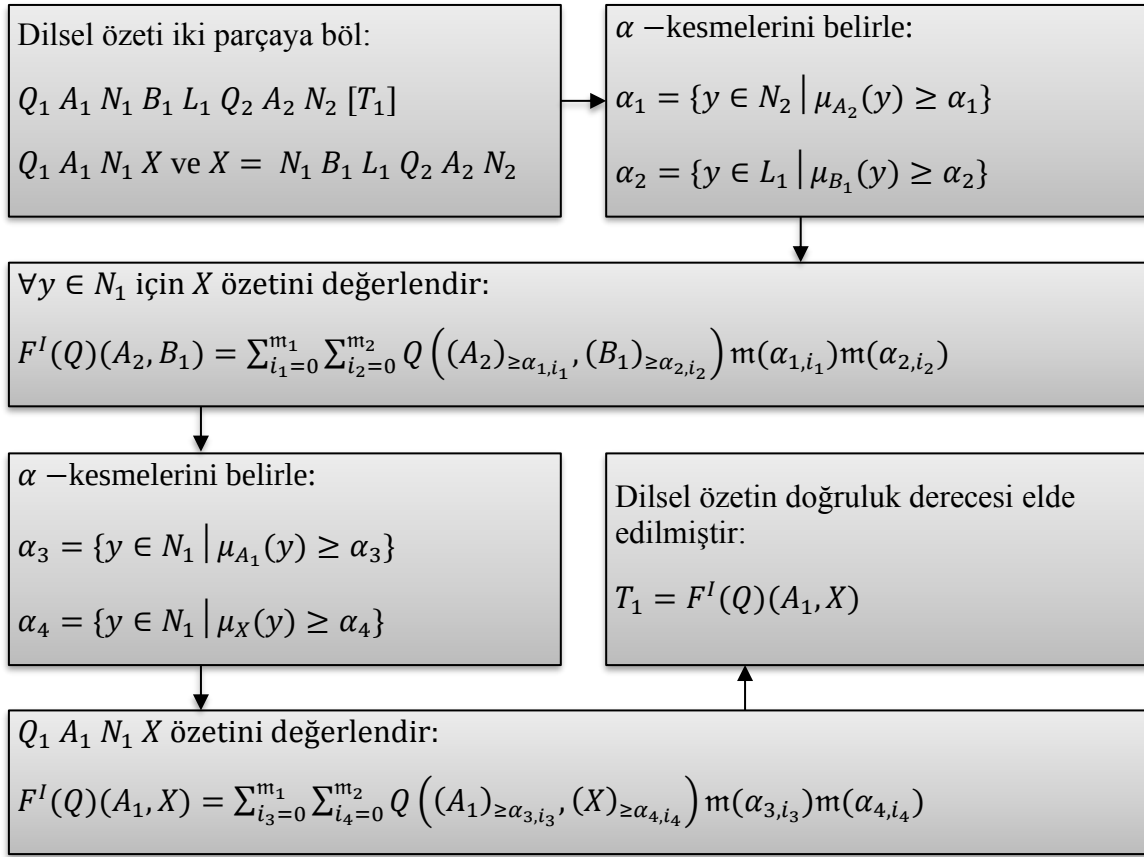
$$Yineleme(Q, Q')[A, B, R] \Leftrightarrow \sum_{i_3=0}^{m_3} \sum_{i_4=0}^{m_4} Q \left(\left(\sum_{i_1=0}^{m_1} \sum_{i_2=0}^{m_2} Q' \left(\begin{matrix} B_{\alpha_{1,i_1}} \\ R_{(y_i)} \end{matrix} \alpha_{2,i_2} \right) m(\alpha_{1,i_1}) m(\alpha_{2,i_2}) \right) \right)_{\alpha_{4,i_4}} m(\alpha_{3,i_3}) m(\alpha_{4,i_4}) \quad (3.76)$$

3.3.2. Önerilen çerçeve

Bu bölümde HBA’da düğümleri, bağlantıları ve ilişkili özellik vektörlerini dikkate alarak veriden bilgi çıkarmak için iki düğümlü ve üç düğümlü dilsel özetleme yapıları geliştirilmiştir. İç içe niceleyiciler içeren dilsel özet formlarının yineleme operatörüyle modellenmesi ve yarı-bulanık niceleyici temelli yöntemle değerlendirilmesi önerilmiştir. Dilsel özetler HBA’da metayollar üzerinden kurulabilmektedir. Önerilen çerçevede oluşturulacak ve değerlendirilecek cümleler metayolların içerdikleri düğüm sayısına göre iki düğümlü ve üç düğümlü olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Tek düğümlü cümleler, temel dilsel özetleme yaklaşımı ile değerlendirilebilecekleri için buraya dahil edilmemiştir. İki düğümlü dilsel özetlerin daha önce Genç ve diğerleri [10] tarafından bilgi ağlarında dilsel özetleme için önerilen yineleme operatörü temelli yöntem ile değerlendirilmesi önerilmiştir. Ayrıca yöntem üç düğümlü dilsel özet formlarına geliştirilerek üç düğümlü dilsel özetlerin değerlendirilmesi için önerilmiştir.

İki düğümlü özet yapısı

$N \xrightarrow{L} N$ metayolu üzerinde iki düğüm arasındaki tek bağlantı ile kurulan dilsel özet yapısıdır. “ $Q_1 A_1 N_1 B_1 L_1 Q_2 A_2 N_2 [T_1]$ ” yapısında kurulabilir. Özet formu 3 ana bileşenden oluşmaktadır: (i) N_1 ve N_2 düğüm tiplerini niceleyen Q_1 ve Q_2 niceleyicileri, (ii) N_1 ve N_2 düğümlerini özetleyen A_1 ve A_2 özetleyicileri ile L_1 bağlantısını özetleyen B_1 özetleyicisi, (iii) özetin doğruluk derecesi T_1 . İki düğümlü özet yapısını değerlendirme adımları Şekil 3.11 ile verilmiştir.



Şekil 3.11. İki düğümlü özetleri değerlendirme adımları

Örnek

“Çoğu rulman ürünü çoğu güvenilir müşteri tarafından karlı olarak satın alınır.” Buradaki düğümler, bağlantılar, niceleyiciler ve özetleyiciler aşağıdaki gibidir:

$$Q_1: \text{çoğu}(x) = x$$

$$A_1: \text{rulman} = \left\{ \frac{1}{\text{ürün}_1}, \frac{1}{\text{ürün}_2}, \frac{0}{\text{ürün}_3} \right\}$$

$$N_1: \text{ürün} = \{\text{ürün}_1, \text{ürün}_2, \text{ürün}_3\}$$

$$B_1: \text{karlı}$$

$$= \left\{ \frac{1}{(\text{ürün}_1, \text{müşteri}_1)}, \frac{1}{(\text{ürün}_2, \text{müşteri}_2)}, \frac{1}{(\text{ürün}_2, \text{müşteri}_3)}, \frac{1}{(\text{ürün}_3, \text{müşteri}_4)} \right\}$$

L_1 : satınAlma

$$= \left\{ \frac{1}{(\text{ürün}_1, \text{müşteri}_1)}, \frac{1}{(\text{ürün}_2, \text{müşteri}_2)}, \frac{1}{(\text{ürün}_2, \text{müşteri}_3)}, \frac{1}{(\text{ürün}_3, \text{müşteri}_4)} \right\}$$

Q_2 : çoğu(x) = x

$$A_2: \text{güvenilir} = \left\{ \frac{0}{\text{müşteri}_1}, \frac{1}{\text{müşteri}_2}, \frac{0,9}{\text{müşteri}_3}, \frac{0,5}{\text{müşteri}_4} \right\}$$

N_2 : müşteri = {müşteri₁, müşteri₂, müşteri₃, müşteri₄}

‘güvenilir’ α –kesmeleri $\alpha_1 = \{1; 0,9; 0,5; 0\}$

‘tedarik etme’ α –kesmeleri $\alpha_2 = \{1; 0\}$

‘rulman’ α –kesmeleri $\alpha_3 = \{1; 0\}$

α_4 –kesmelerinin belirlenmesi için cümlelerin ikinci kısmı monadik niceleyiciler açısından değerlendirilir. N_1 kümesindeki her eleman için “ $N_1 B_1 L_1 Q_2 A_2 N_2$ ” ifadesi yarı-bulanık niceleyici temelli yöntem ile değerlendirilir (Bkz. Eş. 3.59).

“ürün₁ çoğu güvenilir müşteri tarafından karlı olarak satın alınır.”

	$\alpha_2 \in (0,1] \{(\text{ürün}_1, \text{müşteri}_1)\}$
$\alpha_1 \in (0,9; 1] \{\text{müşteri}_2\}$	$\emptyset$
$\alpha_1 \in (0,5; 0,9] \{\text{müşteri}_2, \text{müşteri}_3\}$	$\emptyset$
$\alpha_1 \in (0; 0,5] \{\text{müşteri}_2, \text{müşteri}_3, \text{müşteri}_4\}$	$\emptyset$

$$Q_2 \left(\frac{0}{1} \right) (1 - 0,9)(1 - 0) + Q_2 \left(\frac{0}{2} \right) (0,9 - 0,5)(1 - 0) + Q_2 \left(\frac{0}{3} \right) (0,5 - 0)(1 - 0) = 0$$

“ürün₂ çoğu güvenilir müşteri tarafından karlı olarak satın alınır.”

	$\alpha_2 \in (0,1]\{(ürün_2, müşteri_2), (ürün_2, müşteri_3)\}$
$\alpha_1 \in (0,9; 1]\{müşteri_2\}$	$müşteri_2$
$\alpha_1 \in (0,5; 0,9]\{müşteri_2, müşteri_3\}$	$müşteri_2, müşteri_3$
$\alpha_1 \in (0; 0,5]\{müşteri_2, müşteri_3, müşteri_4\}$	$müşteri_2, müşteri_3$

$$Q_2 \left(\frac{1}{1} \right) (1 - 0,9)(1 - 0) + Q_2 \left(\frac{2}{2} \right) (0,9 - 0,5)(1 - 0) + Q_2 \left(\frac{3}{3} \right) (0,5 - 0)(1 - 0) = 0,83$$

“ürün₃ çoğu güvenilir müşteri tarafından karlı olarak satın alınır.”

	$\alpha_2 \in (0,1]\{(ürün_3, müşteri_4)\}$
$\alpha_1 \in (0,9; 1]\{müşteri_2\}$	$\emptyset$
$\alpha_1 \in (0,5; 0,9]\{müşteri_2, müşteri_3\}$	$\emptyset$
$\alpha_1 \in (0; 0,5]\{müşteri_2, müşteri_3, müşteri_4\}$	$müşteri_4$

$$Q_2 \left(\frac{0}{1} \right) (1 - 0,9)(1 - 0) + Q_2 \left(\frac{0}{2} \right) (0,9 - 0,5)(1 - 0) + Q_2 \left(\frac{1}{3} \right) (0,5 - 0)(1 - 0) = 0,167$$

Değerlendirilecek cümlelerin ikinci kısmı artık X bulanık kümesiyle ifade edilebilir.

$$X = \left\{ \frac{0}{ürün_1}, \frac{0,83}{ürün_2}, \frac{0,167}{ürün_3} \right\}$$

$$\alpha_4 = \{0,83; 0,167; 0\}$$

İkinci aşamada “Çoğu rulman ürünü X ’tir” ifadesi değerlendirilir.

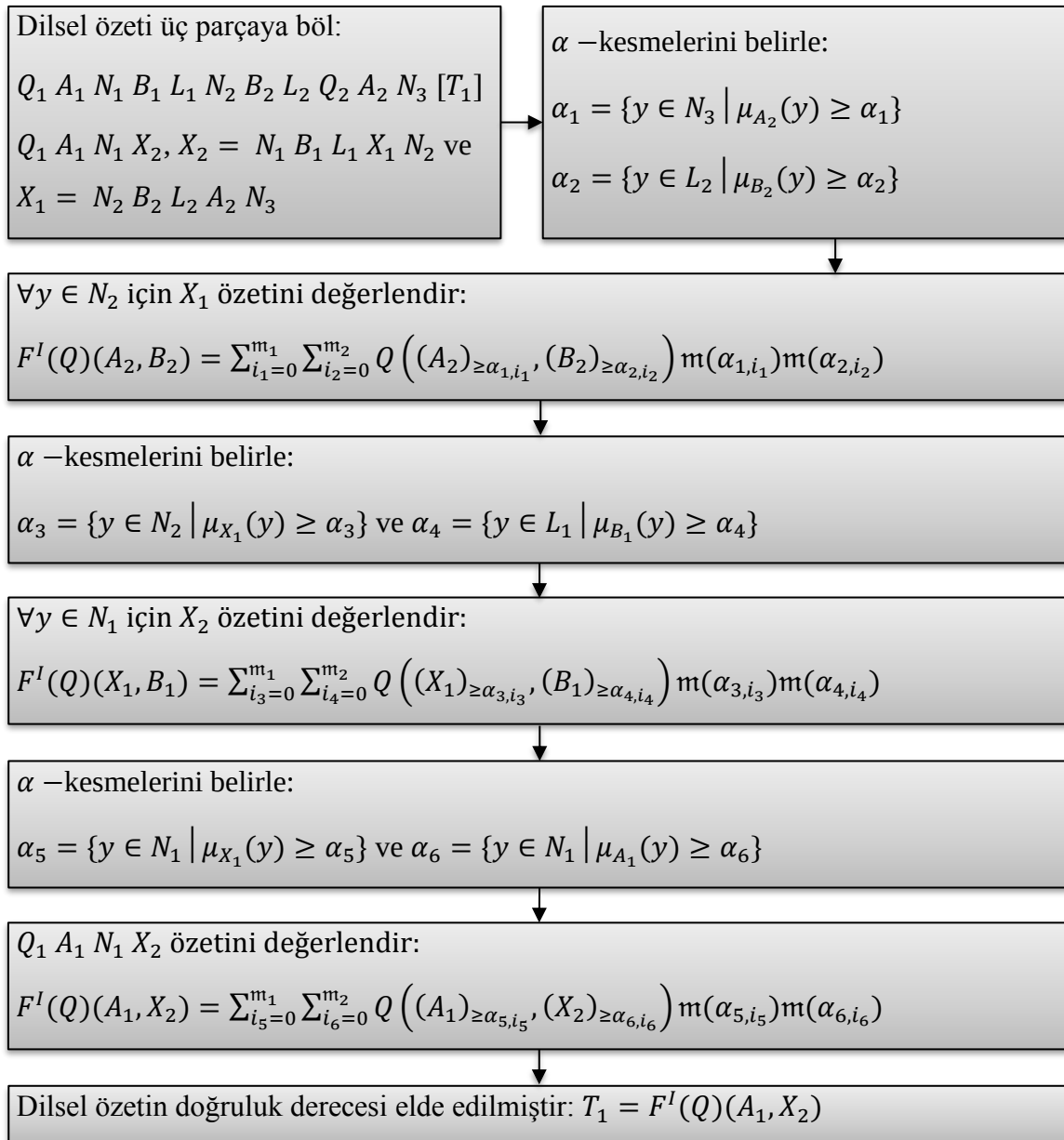
	$\alpha_4 \in (0,167; 0,83]$	$\alpha_4 \in (0; 0,167]$
	$\{ürün_2\}$	$\{ürün_2, ürün_3\}$
$\alpha_3 \in (0; 1]\{ürün_1, ürün_2\}$	$ürün_2$	$ürün_2$

$$Q_1 \left(\frac{1}{2} \right) (1 - 0)(0,83 - 0,167) + Q_1 \left(\frac{1}{2} \right) (1 - 0)(0,167 - 0) = 0,415$$

Sonuç olarak “Çoğu rulman ürünü çoğu güvenilir müşteri tarafından karlı olarak satın alınır.” cümlesinin doğruluk derecesi $T_1 = 0,415$ olarak bulunur.

Üç düğümlü özet yapısı

$N \xrightarrow{L} N \xrightarrow{L} N$ metayolu üzerinde iki düğüm arasındaki tek bağlantı ile kurulan dilsel özet yapısıdır. “ $Q_1 A_1 N_1 B_1 L_1 N_2 B_2 L_2 Q_2 A_2 N_3 [T_1]$ ” yapısında kurulabilir. Özet formu 3 ana bileşenden oluşmaktadır: (i) N_1 ve N_3 düğüm tiplerini niceleyen Q_1 ve Q_2 niceleyicileri, (ii) N_1 ve N_3 düğümlerini özetleyen A_1 ve A_2 özetleyicileri ile L_1 ve L_2 bağlantılarını özetleyen B_1 ve B_2 özetleyicileri, (iii) özetin doğruluk derecesi T_1 . Üç düğümlü özet yapısını değerlendirme adımları Şekil 3.12 ile verilmiştir.



Şekil 3.12. Üç düğümlü özetleri değerlendirme adımları

Örnek

“Çoğu otomotiv sektöründen müşteri çoğu ucuz hammaddenin oluşturduğu ürünleri satın alır.” Buradaki düğümler, bağlantılar, niceleyiciler ve özetleyiciler aşağıdaki gibidir:

$$Q_1: \text{çoğu}(x) = x$$

$$A_1: \text{otomotiv} = \left\{ \frac{1}{\text{müşteri}_1}, \frac{0}{\text{müşteri}_2}, \frac{0}{\text{müşteri}_3}, \frac{1}{\text{müşteri}_4} \right\}$$

$$N_1: \text{müşteri} = \{\text{müşteri}_1, \text{müşteri}_2, \text{müşteri}_3, \text{müşteri}_4\}$$

$$B_1: \text{satınAlma} = \left\{ \frac{1}{\text{müşteri}_1, \text{ürün}_1}, \frac{1}{\text{müşteri}_1, \text{ürün}_2}, \frac{1}{\text{müşteri}_2, \text{ürün}_2}, \right. \\ \left. \frac{1}{\text{müşteri}_3, \text{ürün}_3}, \frac{1}{\text{müşteri}_4, \text{ürün}_2}, \frac{1}{\text{müşteri}_4, \text{ürün}_3}, \frac{1}{\text{müşteri}_4, \text{ürün}_4} \right\}$$

$$L_1: \text{satınAlma} = \{(\text{müşteri}_1, \text{ürün}_1), (\text{müşteri}_1, \text{ürün}_2), (\text{müşteri}_2, \text{ürün}_2), \\ (\text{müşteri}_3, \text{ürün}_3), (\text{müşteri}_4, \text{ürün}_2), (\text{müşteri}_4, \text{ürün}_3), (\text{müşteri}_4, \text{ürün}_4)\}$$

$$N_2: \text{ürün} = \{\text{ürün}_1, \text{ürün}_2, \text{ürün}_3, \text{ürün}_4\}$$

$$B_2: \text{oluşturma} = \left\{ \frac{1}{\text{hammadde}_1, \text{ürün}_1}, \frac{1}{\text{hammadde}_1, \text{ürün}_2}, \frac{1}{\text{hammadde}_1, \text{ürün}_3}, \right. \\ \left. \frac{1}{\text{hammadde}_2, \text{ürün}_3}, \frac{1}{\text{hammadde}_2, \text{ürün}_4} \right\}$$

$$L_2: \text{oluşturma} = \{(\text{hammadde}_1, \text{ürün}_1), (\text{hammadde}_1, \text{ürün}_2), \\ (\text{hammadde}_1, \text{ürün}_3), (\text{hammadde}_2, \text{ürün}_3), (\text{hammadde}_2, \text{ürün}_4)\}$$

$$Q_2: \text{çoğu}(x) = x$$

$$A_2: \text{ucuz} = \left\{ \frac{1}{\text{hammadde}_1}, \frac{0,8}{\text{hammadde}_2} \right\}$$

$$N_3: hammadde = \{hammadde_1, hammadde_2\}$$

$$\text{'ucuz' } \alpha \text{ -kesmeleri } \alpha_1 = \{1; 0,8\}$$

$$\text{'oluşturma' } \alpha \text{ -kesmeleri } \alpha_2 = \{1; 0\}$$

α_3 –kesmelerinin belirlenmesi için cümlelerin son kısmı monadik niceleyiciler açısından değeriendirilir. N_2 kümesindeki her eleman için “ $N_2 B_2 L_2 Q_2 A_2 N_3$ ” ifadesi yarı-bulanık niceleyici temelli yöntem ile değeriendirilir (Bkz. Eş. 3.59).

“ürün₁ çoğu ucuz hammaddeden oluşur”

	$\alpha_2 \in (0,1] \{(hammadde_1, ürün_1)\}$
$\alpha_1 \in (0,8; 1] \{hammadde_1\}$	$hammadde_1$
$\alpha_1 \in (0; 0,8] \{hammadde_1, hammadde_2\}$	$hammadde_1$

$$Q_2 \left(\frac{1}{1} \right) (1 - 0,8)(1 - 0) + Q_2 \left(\frac{1}{2} \right) (0,8 - 0)(1 - 0) = 0,6$$

“ürün₂ çoğu ucuz hammaddeden oluşur”

	$\alpha_2 \in (0,1] \{(hammadde_1, ürün_2)\}$
$\alpha_1 \in (0,8; 1] \{hammadde_1\}$	$hammadde_1$
$\alpha_1 \in (0; 0,8] \{hammadde_1, hammadde_2\}$	$hammadde_1$

$$Q_2 \left(\frac{1}{1} \right) (1 - 0,8)(1 - 0) + Q_2 \left(\frac{1}{2} \right) (0,8 - 0)(1 - 0) = 0,6$$

“ürün₃ çoğu ucuz hammaddeden oluşur”

	$\alpha_2 \in (0,1] \{(hammadde_1, ürün_3), (hammadde_2, ürün_3)\}$
$\alpha_1 \in (0,8; 1] \{hammadde_1\}$	$hammadde_1$
$\alpha_1 \in (0; 0,8] \{hammadde_1, hammadde_2\}$	$hammadde_1, hammadde_2$

$$Q_2 \left(\frac{1}{1} \right) (1 - 0,8)(1 - 0) + Q_2 \left(\frac{2}{2} \right) (0,8 - 0)(1 - 0) = 1$$

“ürün₄ çoğu ucuz hammaddeden oluşur”

$\alpha_2 \in (0,1]\{(hammadde_2, ürün_4)\}$	
$\alpha_1 \in (0,8; 1]\{hammadde_1\}$	$\emptyset$
$\alpha_1 \in (0; 0,8]\{hammadde_1, hammadde_2\}$	$hammadde_2$

$$Q_2 \left(\frac{0}{1} \right) (1 - 0,8)(1 - 0) + Q_2 \left(\frac{1}{2} \right) (0,8 - 0)(1 - 0) = 0,4$$

Değerlendirilecek cümlelerin son kısmı artık X_1 bulanık kümesiyle ifade edilebilir.

$$X_1 = \left\{ \frac{0,6}{ürün_1}, \frac{0,6}{ürün_2}, \frac{1}{ürün_3}, \frac{0,4}{ürün_4} \right\}$$

$$\alpha_3 = \{1; 0,6; 0,4\}$$

İkinci aşamada “Çoğu otomotiv sektörü müşterisi X_1 ürünlerini satın alır.” ifadesi değerlendirilir.

‘satın alma’ α –kesmeleri $\alpha_4 = \{1; 0\}$

α_5 –kesmelerinin belirlenmesi için cümlelerin son kısmı monadik niceleyiciler açısından değerlendirilir. N_1 kümesindeki her eleman için “ $N_1 B_1 L_1 X_1 N_2$ ” ifadesi yarı-bulanık niceleyici temelli yöntem ile değerlendirilir (Bkz. Eş. 3.59).

“müşteri₁ X_1 ürünlerini satın alır”

$\alpha_4 \in (0,1]\{(müşteri_1, ürün_1), (müşteri_1, ürün_2)\}$	
$\alpha_3 \in (0,6; 1]\{ürün_3\}$	$\emptyset$
$\alpha_3 \in (0,4; 0,6]\{ürün_1, ürün_2, ürün_3\}$	$ürün_1, ürün_2$
$\alpha_3 \in (0; 0,4]\{ürün_1, ürün_2, ürün_3, ürün_4\}$	$ürün_1, ürün_2$

$$\left(\frac{0}{1} \right) (1 - 0,6)(1 - 0) + \left(\frac{2}{3} \right) (0,6 - 0,4)(1 - 0) + \left(\frac{2}{4} \right) (0,4 - 0)(1 - 0) = 0,333$$

“müşteri₂ X_1 ürünlerini satın alır”

	$\alpha_4 \in (0,1]\{(müşteri_2, ürün_2)\}$
$\alpha_3 \in (0,6; 1]\{ürün_3\}$	$\emptyset$
$\alpha_3 \in (0,4; 0,6]\{ürün_1, ürün_2, ürün_3\}$	$ürün_2$
$\alpha_3 \in (0; 0,4]\{ürün_1, ürün_2, ürün_3, ürün_4\}$	$ürün_2$

$$\left(\frac{0}{1}\right)(1 - 0,6)(1 - 0) + \left(\frac{1}{3}\right)(0,6 - 0,4)(1 - 0) + \left(\frac{1}{4}\right)(0,4 - 0)(1 - 0) = 0,167$$

“müşteri₃ X₁ ürünlerini satın alır”

	$\alpha_4 \in (0,1]\{(müşteri_3, ürün_3)\}$
$\alpha_3 \in (0,6; 1]\{ürün_3\}$	$ürün_3$
$\alpha_3 \in (0,4; 0,6]\{ürün_1, ürün_2, ürün_3\}$	$ürün_3$
$\alpha_3 \in (0; 0,4]\{ürün_1, ürün_2, ürün_3, ürün_4\}$	$ürün_3$

$$\left(\frac{1}{1}\right)(1 - 0,6)(1 - 0) + \left(\frac{1}{3}\right)(0,6 - 0,4)(1 - 0) + \left(\frac{1}{4}\right)(0,4 - 0)(1 - 0) = 0,567$$

“müşteri₄ X₁ ürünlerini satın alır”

	$\alpha_4 \in (0,1]\{(müşteri_4, ürün_2), (müşteri_4, ürün_3), (müşteri_4, ürün_4)\}$
$\alpha_3 \in (0,6; 1]\{ürün_3\}$	$ürün_3$
$\alpha_3 \in (0,4; 0,6]\{ürün_1, ürün_2, ürün_3\}$	$ürün_2, ürün_3$
$\alpha_3 \in (0; 0,4]\{ürün_1, ürün_2, ürün_3, ürün_4\}$	$ürün_2, ürün_3, ürün_4$

$$\left(\frac{1}{1}\right)(1 - 0,6)(1 - 0) + \left(\frac{2}{3}\right)(0,6 - 0,4)(1 - 0) + \left(\frac{3}{4}\right)(0,4 - 0)(1 - 0) = 0,833$$

Değerlendirilecek cümlelerin son kısmı artık X₂ bulanık kümesiyle ifade edilebilir.

$$X_2 = \left\{ \frac{0,333}{müşteri_1}, \frac{0,167}{müşteri_2}, \frac{0,567}{müşteri_3}, \frac{0,833}{müşteri_4} \right\}$$

$$\alpha_5 = \{0,833; 0,567; 0,333; 0,167\}$$

Üçüncü ve son aşamada “Çoğu otomotiv sektörü müşterisi X₂’dir.” ifadesi değerlendirilir.

$$\text{'otomotiv'} \alpha - \text{keseleleri } \alpha_6 = \{1; 0\}$$

	$\alpha_5 \in (0,57; 0,83]$ $\{\text{müşteri}_4\}$	$\alpha_5 \in (0,33; 0,57]$ $\{\text{müşteri}_3,$ $\text{müşteri}_4\}$	$\alpha_5 \in (0,17; 0,33]$ $\{\text{müşteri}_1,$ $\text{müşteri}_3,$ $\text{müşteri}_4\}$	$\alpha_5 \in$ $(0; 0,17]$ $\{\text{müşteri}_1,$ $\text{müşteri}_2,$ $\text{müşteri}_3,$ $\text{müşteri}_4\}$
$\alpha_6 \in (0; 1]$ $\{\text{müşteri}_1,$ $\text{müşteri}_4\}$	müşteri_4	müşteri_4	$\text{müşteri}_1,$ müşteri_4	$\text{müşteri}_1,$ müşteri_4

$$Q_1 \left(\frac{1}{2} \right) (1 - 0)(0,83 - 0,57) + Q_1 \left(\frac{1}{2} \right) (1 - 0)(0,57 - 0,33) + Q_1 \left(\frac{2}{2} \right) (1 - 0)(0,33 - 0,17) + Q_1 \left(\frac{2}{2} \right) (1 - 0)(0,17 - 0) = 0,583$$

Sonuç olarak “Çoğu otomotiv sektöründen müşteri çoğu ucuz hammaddenin oluşturduğu ürünleri satın alır.” cümlesinin doğruluk derecesi $T_1 = 0,583$ olarak bulunur.

4. BİSİKLET ÜRETİMİ TEDARİK AĞINDAKİ KARARLARI DESTEKLEMELİK İÇİN DİLSEL ÖZETLEME

Uzun vadeli stratejik hedeflere ulaşmak için lojistik altyapıyı analiz etme çabaları, Tedarik Zinciri Ağlarının (TZA) tasarlanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Geleneksel olarak, tedarik ağı etkileşimlerinin düğümden düğüme değerlendirmesi gerçekleştirilse de önemli sayıda çalışma, bir tedarik ağı içindeki etkileşimlerin daha karmaşık hale geldiğini göstermiştir [115, 116]. Bir TZA, çeşitli tedarikçiler ve müşteriler düğümlerini ve bunların karmaşık etkileşimlerini içerir. TZA’lardan faydalı bilgilerin edinilmesi başarılı karar vermeye rehberlik edebilir.

Bir tedarik zincirinin ağ mimarisi, fabrikaların ve dağıtım merkezlerinin sayısı, konumu ve ölçeği ile ilgili stratejik seçimlere dayanmaktadır [117]. TZA tasarımı, ekonomik, çevresel ve performansla ilgili özellikleri içeren çok büyük miktarda veri bulunmaktadır. Tedarik zinciri operasyonlarına bilgi sistemlerinin uygulanmasıyla birlikte, tipik olarak tedarik zinciri performansı iyileşir. Tedarik zinciri analitiği çalışmaları tanımlayıcı, tahmin edici ve kuralcı olmak üzere üç grupta toplanabilir [118, 119]. Tedarik zincirinin mevcut durumunu incelemek için tanımlayıcı yaklaşımlar kullanılırken, gelecekteki gereksinimleri tahmin edici tekniklerle öngörülür. Kuralcı analitik, hem tanımlayıcı hem de tahmine dayalı yaklaşımlarla bilgilendirilmiş kararları formüle eder. Son makaleler, literatüre katkıda bulunmak için çoğunlukla tahmin edici ve kuralcı teknikler kullanmıştır. Literatürdeki çalışmaların çoğu, çeşitli maliyet bileşenlerinin toplamını tek bir hedef olarak en aza indirerek tedarik ağı konfigürasyonunu belirlemeye çalışmaktadır [119-122]. Bununla birlikte, herhangi bir maliyet etkin TZA konfigürasyonu, çevresel veya performansla ilgili olanlar gibi diğer özellikler üzerinde istenmeyen sonuçlara neden olabilir [123]. Tanımlayıcı analitik, şirketlerin değişkenlerin gelecekteki sonuçlara nasıl katkıda bulunduğunu anlamalarını sağlar. Bu nedenle, literatürde fazla çalışılmamış olan tanımlayıcı analitiklerin kullanılması, herhangi bir amaç tercih edildiğinde sistem davranışının görülmesine yardımcı olacaktır.

Bu bölümde bisiklet üretimi tedarik ağı tasarımı alınan kararları desteklemek için dilsel özetleme önerilmektedir. İlerleyen alt bölümlerde ilk olarak sosyal ağlarda dilsel özetleme konusuyla ilgili çalışmalar incelenmiştir. Daha sonra iki modüllü bir bisiklet üretimi tedarik ağı tasarımı için skalar kardinalite temelli değerlendirme yapılmıştır [124]. TZA farklı

amaçlar için tasarlandığında bunun sisteme yansımalarının nasıl olduğu incelenmiştir. Son olarak çalışma geliştirilerek üç modüllü bisiklet tedarik ağında bulanık kardinalite temelli bir değerlendirme yapılmıştır [125]. Aynı zamanda farklı amaçların eş zamanlı olarak sağlandığı durumlar incelenmiştir. Tek amaçlı tasarımlara ait dilsel özetleme sonuçları kelime bulutları ile ifade edilirken, iki amaçlı tasarımlara ait dilsel özetleme sonuçları listelenmiştir.

4.1. Sosyal Ağlarda Dilsel Özetleme Literatürü

Ağ verisi üzerinde dilsel özetleme çalışmaları incelendiğinde bunların dilsel özetlemeden ziyade kelimelerle hesaplama ve tanecikli hesaplama gibi konularla ilişkili olduğu ve karmaşık ağların bir çeşidi olan sosyal ağlarla ilişkili olduğu görülmektedir. Bu alt bölümde sosyal ağlarda dilsel özetlemeye rehberlik eden çalışmalar incelenmektedir.

İlk olarak Yager [126] sosyal ağ analizinde tanecikli hesaplamayı kullanmıştır. Bu çalışmanın temel önermesi bazı değişkenleri ‘güçlü’ veya ‘zayıf’ gibi niteleyicilerle ifade etmenin daha faydalı olmasıdır. Örneğin, ‘güçlü’ etiketi herhangi bir $y \in Y$ için $güçlü(y)$ değeri, y ’nin güçlü bir bağlantıyı sağlama derecesini gösterecek şekilde $[0,1]$ aralığında bir bulanık küme olarak tanımlanmıştır. Bağlantının gücüne ek olarak bağlantı uzunluğu ve dilsel niceleyiciler de bulanık tanımlanmıştır. Sosyal ağlarda bir düğümün önemini belirlemede önemli olabilecek ‘yakın’ bağlantı kavramı da benzer şekilde tanımlanmıştır.

Yager [11] bir sonraki çalışmasında vektör değerli düğüm fikrini geliştirmiştir ve sosyal ağ veri tabanı teorisini önermiştir. Sosyal ağ veri tabanını analiz etmek, incelemek ve sorgulamak için bulanık sorgu tekniklerini kullanmıştır. Bulanık sorgular dilsel özetlerin bazı bileşenlerinin önceden tanımlandığı haline denk kabul edilmektedir [127, 128]. Vektör değerli düğüm fikrine göre her düğüm çeşitli değişkenlere sahiptir. Her bir K özelliğine ait özellik vektörleri $V_1, V_2, \dots, V_K$ ile gösterilebilir. Önerilen sorgu örnekleri TZA alanına göre yeniden uyarlanmıştır. Düğümler tedarikçi, üretici, dağıtıcı vb. gibi tedarik zinciri aşamalarını gösterirken, değişkenler tecrübe, ürün çeşitliliği veya bölge vb. olabilir. Her düğüm K boyutlu bir vektörle ilişkilendirilmektedir ve bu vektörün k . bileşeni o düğümün k . değişkenine ait değeri göstermektedir. Her değişken ise X_k tanım kümesinde değer almaktadır. $V_k(y_m)$ değeri y_m düğümünün V_k değişkeninden aldığı değeri göstermektedir. Örneğin, bölge değişkeni V_1 , tecrübe değişkeni V_2 olsun. X_1 tanım kümesi şehirler kümesi

iken, X_2 tanım kümesi negatif olmayan tam sayılar kümesidir. y_m ağdaki herhangi bir düğüm olmak üzere sorgu örnekleri aşağıdaki gibidir:

Sorgu 1: “ y_m ’nin Ankara’daki tedarikçilerinden en güçlü bağlantısının gücü nedir?”

A X_1 ’in Ankaraya karşılık gelen alt kümesini gösterir. $R^M(y_i, y_m)$ y_i ve y_j arasında en fazla M bağlantıyla sağlanan bir yoldaki bağlantının gücünü gösterir. Sorgu 1’in cevabı Eş. 4.1 ile verilmiştir.

$$Maks_{\{i, i \neq m\}} [A(V_1(y_i)) \wedge R^M(y_i, y_m)] \quad (4.1)$$

Sorgu 2: “ y_m ’nin Ankaradaki yüksek tecrübeli tedarikçileriyle en güçlü bağlantısının gücü nedir?”

$YükTec$ tedarikçinin yüksek tecrübeli olmasına karşılık gelen X_2 altkümesidir. Sorgu 2’nin cevabı Eş. 4.2 ile verilmiştir.

$$Maks_{\{i, i \neq m\}} [A(V_1(y_i)) \wedge YükTec(V_2(y_i)) \wedge R^M(y_i, y_m)] \quad (4.2)$$

Sorgu 3: “ y_m Ankara’daki yüksek tecrübeli bir tedarikçi ile güçlü bağlantıya sahip midir?”
Sorgu 3’ün cevabı Eş. 4.3 ile verilmiştir.

$$Maks_{\{i, i \neq m\}} [A(V_1(y_i)) \wedge YükTec(V_2(y_i)) \wedge güçlü(R^M(y_i, y_m))] \quad (4.3)$$

Sorgu 4: “ B ’de olmayıp Ankara’da olan yüksek tecrübeli bir tedarikçi ile B arasındaki en güçlü bağlantı nedir?” B Y ’nin kesin bir alt kümesi ve $\bar{B}$ tümleyen olmak üzere sorgu 4’ün cevabı Eş. 4.4 ile verilmiştir.

$$Maks_{y_i \in B} [Maks_{y_m} [A(V_1(y_i)) \wedge YükTec(V_2(y_i)) \wedge güçlü(R^M(y_i, y_m)) \wedge \bar{B}(y_m)]] \quad (4.4)$$

Sorgu 5: “Ankaradaki tüm tedarikçiler birbiri ile güçlü bağlantıya sahip midir?” Sorgu 5’in cevabı Eş. 4.5 ile verilmiştir.

$$\text{Min}_{\{y_i, y_m \in Y\}} \left[\left(1 - A(V_1(y_i)) \right) \vee \left(1 - A(V_1(y_m)) \right) \vee \text{güçlü}(R^M(y_i, y_m)) \right] \quad (4.5)$$

Sorgu 6: “Batı şehirlerindeki çoğu tedarikçi güçlü bağlantılara sahiptir.” Bu sorgu ‘çoğu’ niceleyecisi kullandığı için diğerlerinden daha karmaşıktır. ‘çoğu’ niceleyicisi $[0,1]$ birim aralığında tanımlanmış bulanık bir niceleyicidir. ‘Batı şehirleri’ X_1 üzerinde tanımlı W ile gösterilen bir bulanık altkümedir. P Y ’teki ayrık elemanların sıralı olmayan tüm çiftlerinin kümesidir. M_p P ’deki eleman sayısıdır ve M Y ’deki eleman sayısı olmak üzere $M(M-1)/2$ ile hesaplanır. P ’deki herhangi bir eleman $\{y_i, y_m\}$ çifti $q = 1, \dots, n_p$ olmak üzere p_q ile gösterilir. Her nesne çifti $p_q = \{y_i, y_m\}$ için iki değer söz konusudur. İlk değer p_q ’daki her iki elemanın da batılı olma derecesini gösteren $U_q = \text{Min}(W(V_1(y_i)), W(V_1(y_m)))$ değeridir. İkinci değer $\{y_i, y_m\}$ arasında güçlü bir bağlantı olma derecesini gösteren $\text{Güç}_q = \text{güçlü}(R^M(y_i, y_m))$ değeridir. Yager [11] sorgu 6’nın cevabını bulmak için aşağıdaki adımları takip ederek OWA operatörü [89] kullanılmasını önermiştir:

- Güç_q ’yu sırala. $\text{ind}(j)$ sıralı kümedeki j . en büyük değeri gösterebilir. Böylece, $\text{Güç}_{\text{ind}(j)}$ Güç_q ’nın j . en büyük değeridir ve $U_{\text{ind}(j)}$ ilişkili U değeri olacaktır.
- $R = \sum_{j=1}^{M_p} U_{\text{ind}(j)}$ hesapla.
- $R_j = \sum_{i=1}^j U_{\text{ind}(i)}$ olmak üzere $j = 1$ ’den M_p ’ye kadar w_j ağırlıklarını hesapla,
 $w_j = Q_{\text{çoğu}}\left(\frac{R_j}{R}\right) - Q_{\text{çoğu}}\left(\frac{R_{j-1}}{R}\right)$
- Sorgunun doğruluk derecesi şöyledir:
 $T_1(Q) = \sum_{j=1}^{M_p} w_j \text{Güç}_{\text{ind}(j)}$.

Başka bir çalışmada Yager ve Yager [9] bulanık niceleyicilere dayalı üç özet formu önermişlerdir. Bu çalışmada her düğümü bireysel bir veritabanı olarak düşünerek sosyal ağı veritabanlarının bir ağı olarak görülebileceğini savunmuşlardır. Önerilen üç özet formu aşağıda açıklanmıştır.

Özet 1: “Veri tabanındaki Q tedarikçi v_k değişkeninde A_k değerini almaktadır.” Özeti doğruluk derecesi Eş. 4.6 ile verilmiştir.

$$T_1 = Q\left(\frac{1}{M}\left(\sum_{m=1}^M A_k(v_k^m)\right)\right) \quad (4.6)$$

Özet 2: “Veri tabanındaki Q tedarikçi v_1 için A_1 ve v_2 için A_2 değerini almaktadır.” Özetin doğruluk derecesi Eş. 4.7 ile verilmiştir.

$$T_1 = Q \left(\frac{1}{M} \left(\sum_{m=1}^M (A_1(v_1^m) \times A_2(v_2^m)) \right) \right) \quad (4.7)$$

Özet 3: “Veri tabanındaki v_1 için A_g değerini alan Q tedarikçi v_2 için A değerini almaktadır.”

Özetin doğruluk derecesi Eş. 4.8 ile verilmiştir.

$$T_1 = Q \left(\sum_{m=1}^M (A_g(v_1^m) \times A(v_2^m)) / \sum_{m=1}^M A_g(v_1^m) \right) \quad (4.8)$$

Yager ve Yager [9] tarafından önerilen özet formları Zadeh [84] tarafından önerilen niceleyici cümleler ile benzerdir. Bu tip skalar kardinalite temelli metotların hesaplama karmaşıklığı oldukça düşük olduğu için literatürde yaygın olarak kullanılmaktadır.

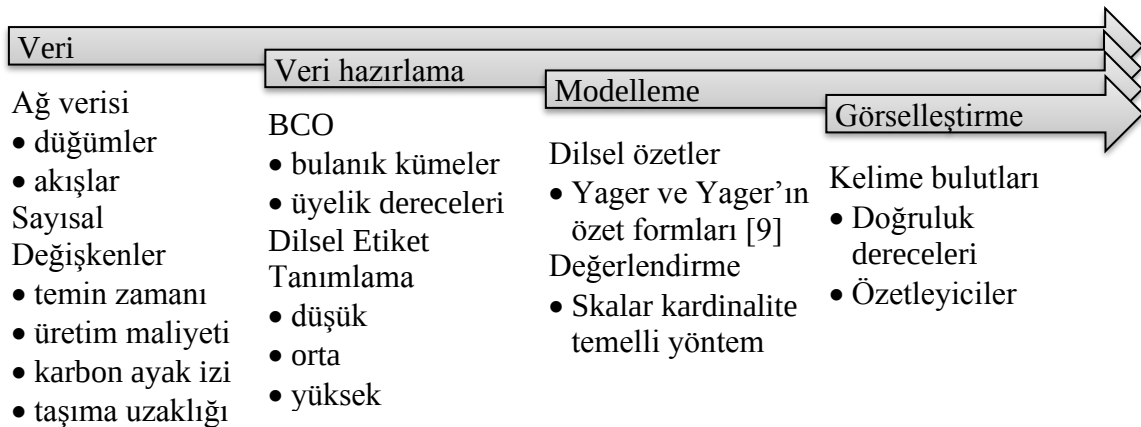
Sosyal ağlarda yapılan bir diğer çalışmada [129] küçük dünya etkisini modellemek için bir önceki çalışmalardan [11, 126] yararlanılmıştır. Ayrıca küçük dünyadaki lider düğümü belirlemek için bir öneri sunulmuştur. Rickard ve Yager [130] ise Yager [11, 126] tarafından tanıtılan kavramları aralıklı tip-2 bulanık kümelerle genişletmişlerdir. Chen ve diğerleri [131], önerilen sorgu yapılarını sezgisel bulanık kümelerle değerlendirmeyi önermiştir. Son olarak Genç ve diğerleri [10] hem düğüm özelliklerini hem de bağlantı özelliklerini dikkate alan dilsel özet formları önermişlerdir ve uluslararası ticaret ağında yöntemin uygulanabilirliğini göstermişlerdir.

Mevcut çalışmaları özetlemek gerekirse, vektör değerli düğüm kavramı tanımlanarak bir sosyal ağ veri tabanı fikri geliştirilmiştir. Sosyal ağ veri tabanı, bulanık sorgulama teknikleri kullanılarak analiz edilmiş ve veri tabanına gömülü bilgiler çıkarılmıştır. Sosyal ağ analizinde bağlantının gücü, bağlantı uzunluğu, dilsel niceleyiciler ve bazı önemli kavramlar bulanık kümeler aracılığıyla tanımlanmıştır. Tüm bu çalışmalar, sosyal ağların dilsel özetlemesi için önemli rehberlerdir.

4.2. İki Modüllü Bisiklet Üretimi Tedarik Ağı Tasarımı

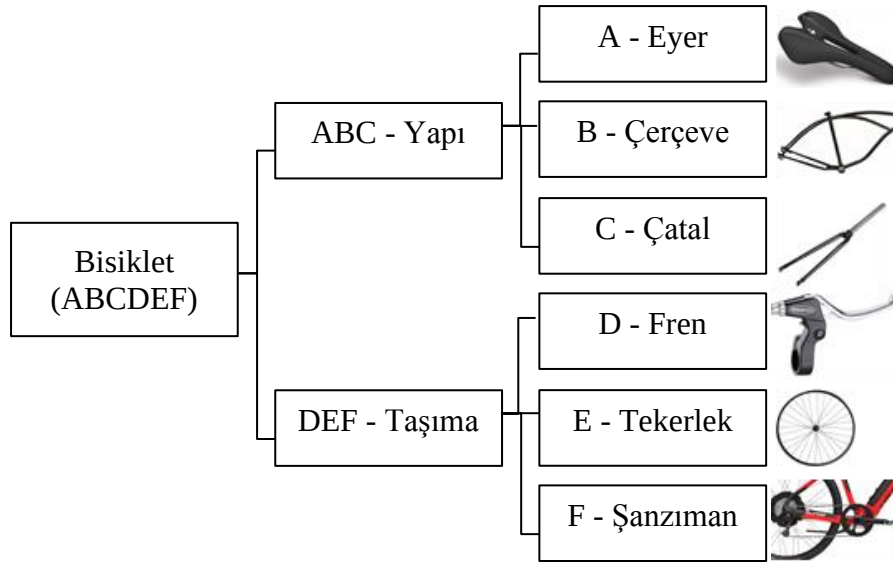
Bu alt bölümde bir bisiklet üretim ağı tasarımı ile ilgili bir uygulama gerçekleştirilmektedir. Çalışmada X-Bike bisiklet üretici ana firmadır. Doğu ABD'nin merkezinde yüksek kalite ürün lideridir. Ancak yüksek kalite ürün pazarı küçük olduğundan yönetim firmayı orta kalite ürün pazarına genişletmek istemektedir. Tasarım amacı nispeten düşük kaliteli bir yol bisikleti üretmektir. Şirket yöneticileri, pazar dinamiklerine yanıt verebilmek için kabul edilebilir bir temin zamanı aralığına sahip olmak isterler. Tasarım ekibinin görevi maliyet ve zaman açısından hem ürün tasarımı hem de tedarik zinciri hususlarını karşılayan bir veya daha fazla tasarım konsepti geliştirmektir. Bu uygulamanın amacı ise sayısız tasarım alternatifi hakkında özet bilgiler çıkararak karar vericiye destek olmaktır.

Çalışma Şekil 4.1'deki diyagram ile özetlenmiştir. Veri seti temin zamanı, üretim maliyeti, karbon ayak izi ve taşıma uzaklığı gibi sayısal değişkenlere sahip düğümler ve akışlardan oluşmaktadır. Modelleme aşamasından önce 'düşük', 'orta' ve 'yüksek' bulanık kümelerine üyelik derecelerini belirlemek için BCO algoritması çalıştırılmıştır [80]. Modelleme aşamasında ilişkileri özetlemek için Yager ve Yager [9] tarafından önerilen özet formları kullanılmıştır ve skalar kardinalite temelli yöntem ile dilsel özetler değerlendirilmiştir (Bkz. Eş. 4.6 – Eş. 4.8). Sonuçların daha iyi anlaşılmasını sağlamak için kelime bulutları tercih edilmiştir. Doğruluk derecesi yüksek olan cümlelerin özetleyicisi bulutta daha büyük olarak vurgulanmıştır.



Şekil 4.1. Çalışmanın özet diyagramı

İki modüllü bir bisikletin ürün mimarisi Şekil 4.2’deki gibidir [123]. Bisiklet mimarileri üç ana süreçte sınıflandırılır: bileşen üretimi, modül montajı ve son montaj. Bir bisiklet (son ürün ABCDEF) iki modülden oluşur: yapı (ABC modülü) ve taşıma (DEF modülü). Yapı modülü, eyer (bileşen A), çerçeve (bileşen B) ve çatal (bileşen C) olmak üzere üç bileşenin birleşimidir. Taşıma modülü fren (D bileşeni), tekerlek (E bileşeni) ve şanzıman (F bileşeni) olmak üzere üç bileşenin birleşimidir. Nihai ürün montajı için bileşen tedarikçileri ve modül tedarikçileri Çizelge 4.1.’de verilmiştir.



Şekil 4.2. İki modüllü bisiklet üretim mimarisi [123]

Çizelge 4.1. Bileşen ve modül tedarikçileri [123]

Tedarikçi	Bileşenler						Modüller		Nihai Ürün
	A	B	C	D	E	F	ABC	DEF	ABCDEF
TED1	XBike						*	*	*
TED2	ADK		*	*			*		
TED3	Advanced		*				*		
TED4	Topkey		*				*		
TED5	Velo	*							
TED6	Viscount	*							
TED7	Easton		*						
TED8	Campagnola							*	
TED9	Shimano			*		*		*	
TED10	Sram			*				*	
TED11	Tektro			*					
TED12	Formula				*				
TED13	Tien Hsin					*			

Temin zamanı, üretim maliyeti ve karbon ayak izi bir tedarikçiden diğerine değişiklik göstermektedir. Çizelge 4.2’de her bileşen veya modülün farklı tedarikçilerden sağlanan temin zamanı, üretim maliyeti ve karbon ayak izi değerleri sunulmuştur. Herhangi iki tedarikçi arasındaki taşıma uzaklıkları Çizelge 4.3’te verilmiştir.

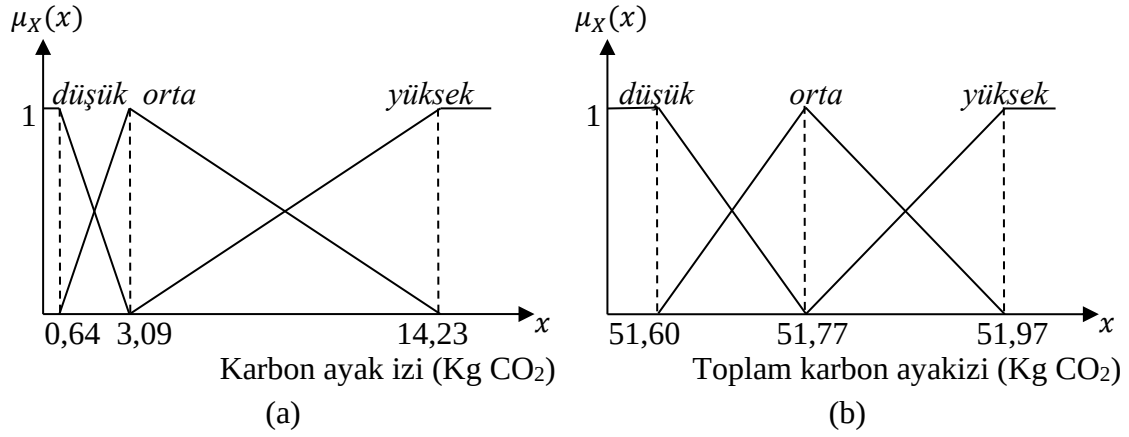
Çizelge 4.2. Bileşen ve modüllerin üretim maliyeti, temin zamanı ve karbon ayak izi [123]

	No	Tedarikçi	Üretim maliyeti (USD)	Temin zamanı (gün)	Karbon ayak izi (Kg CO ₂)
A	TED5	Velo	7,75	45	0,644
	TED6	Viscount	6,15	45	0,597
B	TED2	ADK	290,00	45	15,520
	TED4	Topkey	278,60	35	15,520
C	TED2	ADK	53,00	10	4,118
	TED3	Advanced	22,66	15	4,118
	TED7	Easton	93,45	8	4,118
D	TED9	Shimano	8,44	40	13,206
	TED10	Sram	56,76	60	13,369
	TED11	Tektro	23,00	45	13,570
E	TED12	Formula	17,50	45	15,540
F	TED9	Shimano	39,65	50	2,576
	TED13	Tien Hsin	34,00	45	2,622
ABC	TED2	ADK	10,00	3	-
	TED3	Advanced	12,00	2,5	-
	TED4	Topkey	8,00	3,2	-
	TED1	X-Bike	20,00	2	-
DEF	TED8	Campagnola	8,00	3,9	-
	TED9	Shimano	11,00	3,5	-
	TED10	Sram	13,00	3,2	-
	TED1	X-Bike	25,00	2,2	-
ABCDEF	TED1	X-Bike	10,00	2	-

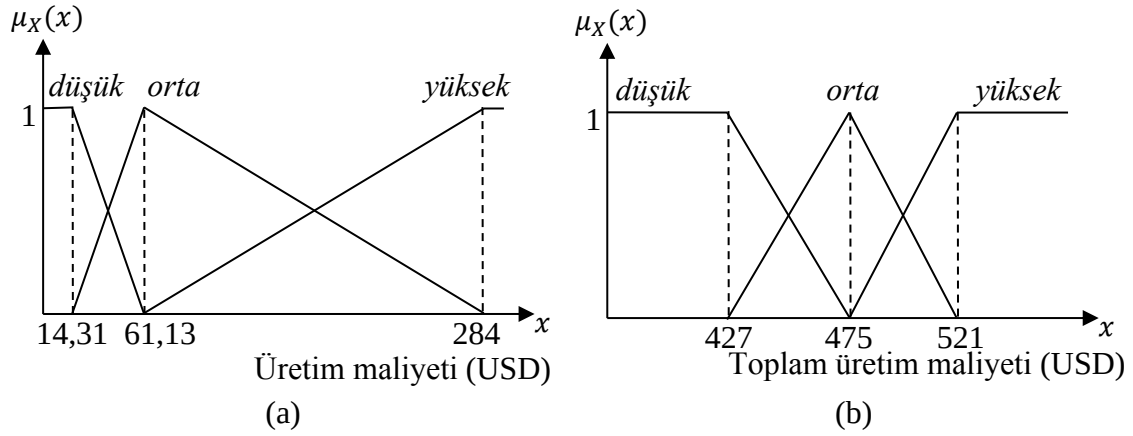
Çizelge 4.3. Tesisler arası taşıma uzaklığı (km) [123]

	TED2	TED3	TED4	TED5	TED6	TED7
TED1	12451	12641	12451	12451	12250	12250
TED2	0	173	0	0	133	133
TED3		0	173	173	293	293
TED4			0	0	133	133
TED5				0	133	133
TED6					0	0
TED7						0
	TED8	TED9	TED10	TED11	TED12	TED13
TED1	6792	10934	867	12451	12451	12451
TED2	9453	1851	12084	0	0	0
TED3	9546	1992	12322	173	173	173
TED4	9453	1851	12084	0	0	0
TED5	9453	1851	12084	0	0	0
TED6	9424	1713	12061	133	133	133
TED7	9424	1713	12061	133	133	133
TED8	0	9438	7447	9453	9453	9453
TED9		0	10436	1851	1851	1851
TED10			0	12084	12084	12084
TED11				0	0	0
TED12					0	0
TED13						0

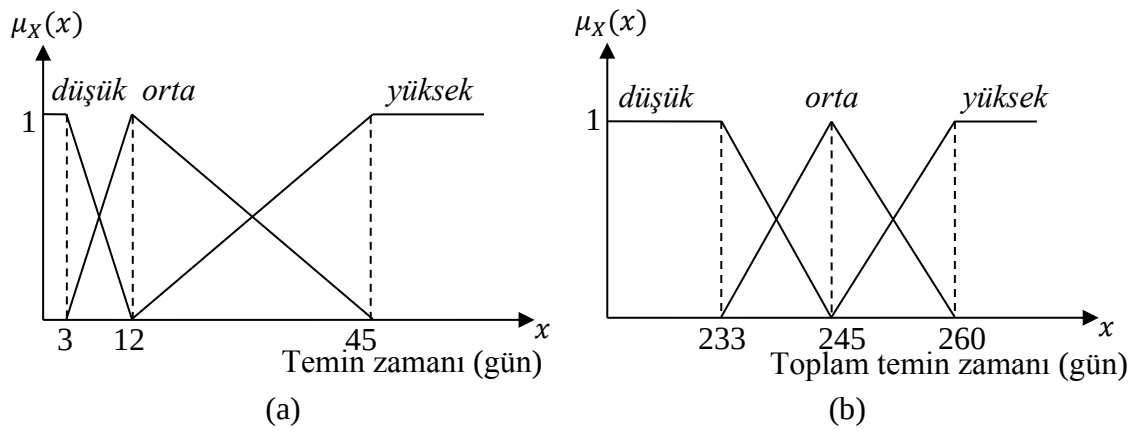
Nihai ürünü üretmek için 1152 farklı iki modül ürün mimarisi mevcuttur. Dilsel etiketleri tanımlamak için, ilk olarak BCO algoritmasını kullanarak ‘düşük’, ‘orta’ ve ‘yüksek’ olarak etiketlenen üç bulanık alt küme ile öznitelikler kümelenmiştir. Algoritmanın sonucunda bulanık kümeler ve bunlara karşılık gelen üyelik fonksiyonları elde edilmektedir. Karbon ayak izi ile toplam karbon ayak izi için elde edilen bulanık kümelere ait üyelik fonksiyonları Şekil 4.3, üretim maliyeti ile toplam üretim maliyeti için Şekil 4.4, temin zamanı ile toplam temin zamanı için Şekil 4.5 ve toplam taşıma uzaklığı ile dilsel niceleyici için Şekil 4.6’da gösterilmiştir.



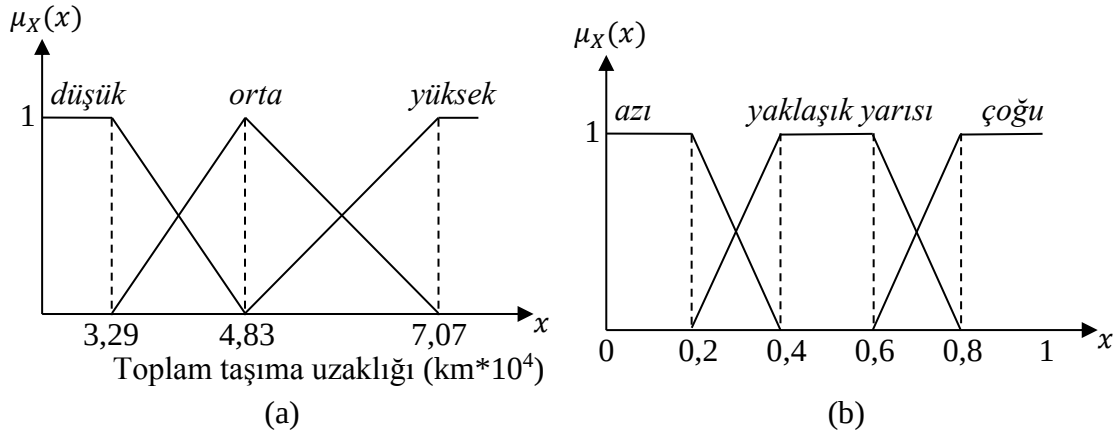
Şekil 4.3. (a) Karbon ayak izi (b) toplam karbon ayak izi için bulanık üyelik fonksiyonları



Şekil 4.4. (a) Üretim maliyeti, (b) toplam üretim maliyeti için bulanık üyelik fonksiyonları



Şekil 4.5. (a) Temin zamanı, (b) toplam temin zamanı için bulanık üyelik fonksiyonları



Şekil 4.6. (a) Toplam taşıma uzaklığı, (b) dilsel niceleyici için bulanık üyelik fonksiyonları

TZA'ları tasarlamaktan sorumlu olan karar vericiler, TZA tasarımını belirli bir amacı gerçekleştirmek üzerine tasarlayabilirler. Ancak bu kararlarının tüm sistemi nasıl etkileyebileceği konusunda bilgi sahibi olmalıdırlar. Karar vericinin potansiyel amaçları toplam üretim maliyetini, toplam temin zamanını, toplam karbon ayak izini veya toplam taşıma uzaklığını en küçükleme olabilir. Karar vericinin belirli hedeflerine karşılık gelen sabit bir öncül özetleyici ile dilsel özetler oluşturulmuştur ve doğruluk dereceleri hesaplanmıştır. Üretilen dilsel özetler sabit öncül özetleyiciler ile oluşturulduğundan benzer anlamlara sahip ifadeler tekrar etmektedir. Burada önemli olan özetleyicinin ayırt edilmesidir. Kelime bulutları kullanıcıların bilgiyi ayırt etmelerinin önemli olduğu durumlarda metinde sıklığı daha yüksek olan kelimelerin bulutta daha büyük görünecek şekilde konumlandırılmasına dayalıdır. Metin sonuçlar üreten dilsel özetleme için de elverişli bir görselleştirme tekniğidir. Bu nedenle sayısal çalışmanın sonuçları kelime bulutları ile görselleştirilmiştir. Ancak metinde sık olan ifadeler yerine doğruluk derecesi yüksek olan ifadelerin ön plana çıkması amaçlandığı için sıklık yerine doğruluk derecesine dayalı bir yaklaşım izlenmiştir.

Toplam üretim maliyetinin en küçüklemesi için “*Q* düşük maliyetli üretim mimarisi ... özelliklere sahiptir.” yapısında özet cümleler oluşturulup değerlendirilmiştir (Bkz. Özet 3). Elde edilen sonuçlar kelime bulutları ile görselleştirilmiştir. *Q* niceleyicisinin ‘çoğu’, ‘yaklaşık yarısı’ ve ‘azı’ gibi durumlarına karşılık gelen özetler sırasıyla Şekil 4.7 (a), (b) ve (c)’de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. “Q düşük maliyetli üretim mimarisi ... özelliklere sahiptir” özetlerine ait kelime bulutları (a) Q: çoğu, (b) Q: yaklaşık yarısı, (c) Q: azı

Şekil 4.7 (a)’ya göre verilerin çoğu, düşük üretim maliyetinin B, D ve E bileşenlerinin yüksek karbon ayak izi değerlerine neden olabileceğini desteklemektedir. Şekil 4.7 (b)’ye göre verilerin yaklaşık yarısı, düşük üretim maliyetinin düşük veya orta toplam süreye neden olabileceğini desteklemektedir. Şekil 4.7 (c)’ye göre veri noktalarından birkaçı, düşük üretim maliyetinin yüksek bir toplam taşıma mesafesine karşılık gelebileceğini desteklemektedir.

Toplam üretim maliyetine benzer şekilde temin zamanının, karbon ayak izinin ve taşıma uzaklığının en küçüklenmesi için dilsel özetler üretilip değerlendirilmiştir ve sonuçlar sırasıyla Şekil 4.8, Şekil 4.9 ve Şekil 4.10 ile gösterilmiştir.



Şekil 4.8. “Q düşük temin zamanlı üretim mimarisi ... özelliklere sahiptir” özetlerine ait kelime bulutları (a) Q: çoğu, (b) Q: yaklaşık yarısı, (c) Q: azı

Şekil 4.8’e göre verilerin çoğu, düşük temin süresinin D ve E bileşenlerinin düşük üretim maliyetlerine yol açtığını desteklemektedir. Verilerin yaklaşık yarısı, düşük temin süresinin, aynı zamanda arzu edilen düşük toplam karbon ayak izi değerine neden olabileceğini desteklemektedir. Veri noktalarından yalnızca birkaçı, düşük temin süresinin yüksek bir toplam taşıma mesafesine neden olabileceğini destekler.



Şekil 4.9. “ Q düşük karbon ayak izine sahip üretim mimarisi ... özelliklere sahiptir” özetlerine ait kelime bulutları (a) Q : çoğu, (b) Q : yaklaşık yarısı, (c) Q : azı

Şekil 4.9’a göre verilerin çoğu, düşük toplam karbon ayak izinin, bileşen B için yüksek üretim maliyeti değerine neden olabileceğini desteklemektedir. Verilerin yaklaşık yarısı, düşük toplam karbon ayak izinin orta veya yüksek toplam modül montaj sürelerine yol açabileceğini desteklemektedir. Veri noktalarından çok azı, düşük toplam karbon ayak izinin yüksek bir toplam bileşen süresine karşılık gelebileceğini destekler.



Şekil 4.10. “*Q* düşük taşıma uzaklığına sahip üretim mimarisi ... özelliklere sahiptir” özetlerine ait kelime bulutları (a) *Q*: çoğu, (b) *Q*: yaklaşık yarısı, (c) *Q*: azı

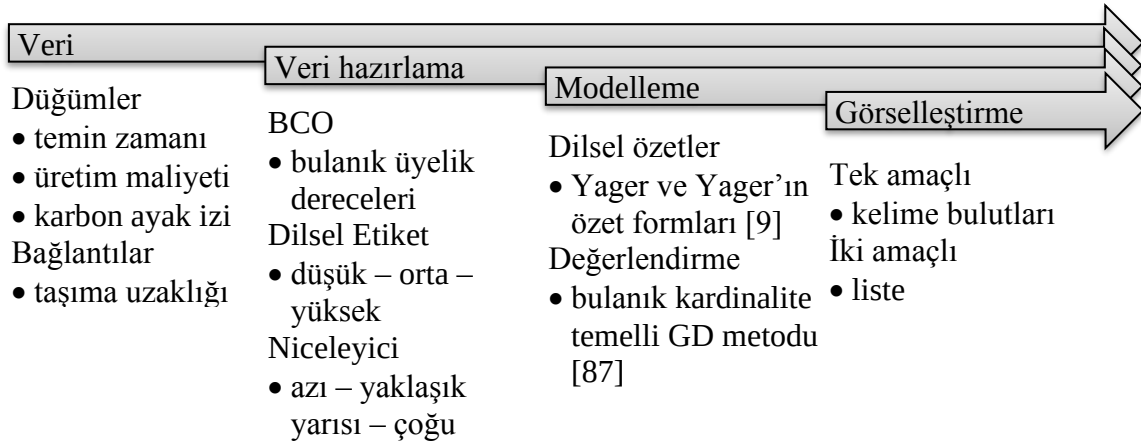
Şekil 4.10’a göre verilerin çoğu, düşük toplam taşıma uzaklığının C ve F bileşenlerinin orta karbon ayak izi değerlerine neden olabileceğini desteklemektedir. Verilerin yaklaşık yarısı, düşük toplam taşıma mesafesinin orta veya yüksek toplam bileşen üretim maliyetlerine yol açabileceğini desteklemektedir. Veri noktalarından yalnızca birkaçı, düşük toplam taşıma mesafesinin yüksek toplam modül üretim maliyetine neden olabileceğini destekler.

Düşük üretim maliyeti, düşük temin zamanı, düşük karbon ayak izi ve düşük taşıma mesafesi sağlayan çözümlerin incelenmesi, insan-makine sistemlerini destekleyen bir yaklaşımla gerçekleştirilmiştir. Genel bir değerlendirme yapmak gerekirse çalışmanın sonuçları, değişkenler arasında anlamlı ve anlaşılması/açıklanması kolay ilişkiler sağlayarak belirli hedeflere ulaşmak için tüm tedarik zinciri sistemini tasarlamada karar vericiye yardımcı olur. ‘Çoğu’ niceleyicisi ile kurulan özetler, ilişkili öznelilikleri gösterirken, ‘azı’ niceleyicisi ile

kurulan özetler, veri kümesinde ilişkisiz öznitelikleri gösterir. Bu nedenle karar verici TZA'nın verimliliğini korumak için bu özetlerden önemli bilgiler çıkarabilir. Örneğin, düşük taşıma mesafesi, düşük modül maliyeti ile ilişkilidir. Bu nedenle, ağ toplam taşıma mesafesinin en aza indirilmesi için tasarlandığında, ödenen bileşen maliyetinin düşük olması oldukça olasıdır ve bu birçok karar verici tarafından arzu edilir. Bununla birlikte, ilginç bir şekilde, düşük toplam üretim maliyeti, yüksek toplam süre ile ilişkili değildir. Bu tür yararlı bilgi toplama, karar vericinin TZA'yı amaca yönelik bir şekilde yönetmesine ve stratejik yönleri desteklemek için operasyonları yönetmesine yardımcı olur.

4.3. Üç Modüllü Bisiklet Üretimi Tedarik Ağı Tasarımı

İki modüllü bisiklet üretimi tedarik ağı tasarımı çalışması geliştirilerek üç modüllü bisiklet üretimi tedarik ağı tasarımı veri setine uygulanmıştır. Bir önceki uygulamada kullanılan Yager ve Yager [9] tarafından önerilen özet formları için bulanık kardinalite temelli değerlendirme yapılması önerilmiştir (Bkz. Eş. 4.11). Ayrıca TZA tasarımının tek bir amaç için tasarlanmasının yanı sıra iki amacı aynı anda sağlayan tasarım durumları da incelenmiştir. Bu alt bölümde yürütülen çalışma Şekil 4.11'deki diyagram ile özetlenmiştir.



Şekil 4.11. Çalışmanın özet diyagramı

Veri seti düğümlere ait temin süresi, üretim maliyeti ve karbon ayak izi değişkenleri ile bağlantılara ait taşıma mesafesi değişkenini içermektedir. Böylece, hem düğümler hem de bağlantılar hakkındaki veriler dikkate alınmaktadır. Veri hazırlama bloğunda BCO algoritması ile sayısal değişkenler bulanık kümelerle ayrıştırılmıştır ve üyelik dereceleri belirlenmiştir. Bu bulanık kümeler, 'düşük', 'orta', 'yüksek' gibi dilsel etiketlerle

tanımlanmaktadır. Cümle yapılarındaki bulanık niceleyiciler ise ‘azı’, ‘yaklaşık yarısı’ ve ‘çoğu’ olarak tanımlanır. Çalışmanın modelleme aşamasında, tutarlı doğruluk derecelerine ulaşmak için Yager ve Yager [9] tarafından önerilen özet formlar bulanık kardinalite tabanlı formülasyonlarla [87] değerlendirilmiştir. Araştırma bulguları iki şekilde yorumlanmıştır. Tedarik ağı tek bir amaç için tasarlandığında, her bir değişkenin nasıl davranacağını incelemek için kelime bulutları kullanmıştır. Tedarik ağı tasarımında aynı anda iki hedefe ulaşmak istendiğinde, diğer değişkenlerin nasıl davranacağını incelemek için doğruluk derecesi hesaplandıktan sonra belirli bir eşik düzeyini aşan dilsel özetler listelenmiştir.

Delgado ve diğerleri [87] tarafından önerilen bulanık kardinalite temelli GD metodu Yager ve Yager [9] tarafından önerilen özet formlarına aşağıdaki gibi uyarlanmıştır:

Özet 1: “Veri tabanındaki Q tedarikçi v_k değişkeninde A_k değerini almaktadır.”

M nesne sayısı ve b_i A_k bulanık kümesine aitlik dereceleri arasında i . en büyük değer olmak üzere $ED(A_k(v_k), i) = b_i - b_{i+1}$ şeklinde hesaplanır. Özeti doğruluk derecesi Eş. 4.9’daki gibidir.

$$GD_Q = \sum_{i=0}^M ED(A_k(v_k), i) \times Q\left(\frac{i}{M}\right) \quad (4.9)$$

Özet 2: “Veri tabanındaki Q tedarikçi v_1 için A_1 ve v_2 için A_2 değerini almaktadır.”

M nesne sayısı ve b_i A_1 ve A_2 bulanık kümelerinin kesişim kümesine aitlik dereceleri arasında i . en büyük değer olmak üzere $ED(A_1(v_1) \wedge A_2(v_2), i) = b_i - b_{i+1}$ şeklinde hesaplanır. Özeti doğruluk derecesi Eş. 4.10’daki gibidir.

$$GD_Q = \sum_{i=0}^M ED(A_1(v_1) \wedge A_2(v_2), i) \times Q\left(\frac{i}{M}\right) \quad (4.10)$$

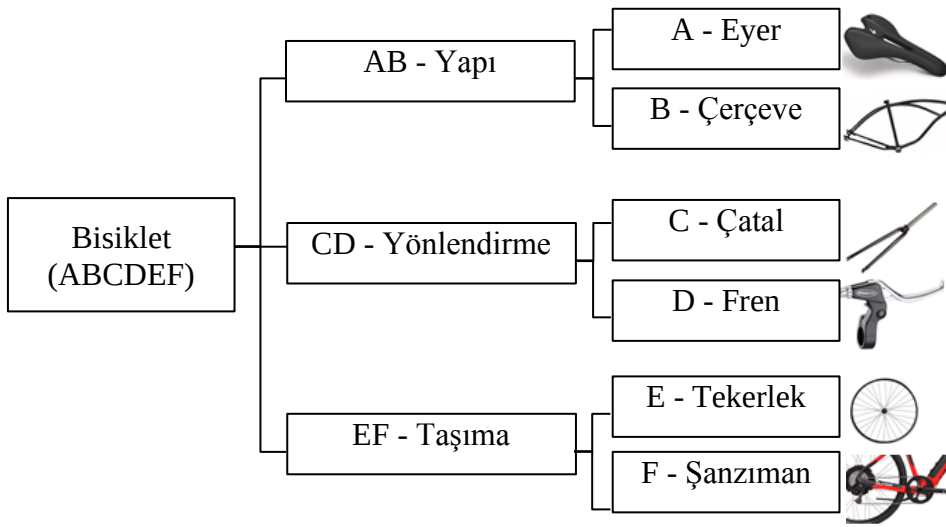
Özet 3: “Veri tabanındaki v_1 için A_g değerini alan Q tedarikçi v_2 için A değerini almaktadır.”

$1 = \alpha_1 > \alpha_2 > \dots > \alpha_m > \alpha_{m+1} = 0$ şartını sağlamak üzere α -kesmelerinin kümesi $\Gamma(A|A_g) = \Gamma(A \cap A_g) \cup \Gamma(A_g) = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m\}$ olsun. Eğer A_g normal bulanık küme

değilse, A_g ve $A \cap A_g$ kümeleri A_g kümesini normalize eden katsayı ile çarpılarak normalize edilmelidir. Özetin doğruluk derecesi Eş. 4.11'deki gibidir.

$$GD_Q = \sum_{\alpha_i \in \Gamma(A|A_g)} (\alpha_i - \alpha_{i+1}) \times Q \left(\frac{|(A \cap A_g)_{\alpha_i}|}{|(A_g)_{\alpha_i}|} \right) \quad (4.11)$$

Üç modüllü bir bisikletin ürün mimarisi Şekil 4.12'deki gibidir [123]. Bisiklet mimarileri üç ana süreçte sınıflandırılır: bileşen üretimi, modül montajı ve son montaj. Bir bisiklet (son ürün ABCDEF) üç modülden oluşur: yapı (AB modülü), yönlendirme (CD modülü) ve taşıma (EF modülü). Yapı modülü, eyer (bileşen A) ve çerçeve (bileşen B) olmak üzere iki bileşenin birleşimidir. Yönlendirme modülü, çatal (bileşen C) ve fren (D bileşeni) olmak üzere iki bileşenin birleşimidir. Taşıma modülü, tekerlek (E bileşeni) ve şanzıman (F bileşeni) olmak üzere iki bileşenin birleşimidir.



Şekil 4.12. Üç modüllü bisiklet üretim mimarisi [123]

Bileşenlerin imalatı, modüllerin alt montajı ve nihai ürünün montajı görevini yerine getirebilecek 15 tedarikçi bulunmaktadır. Tedarikçiler ve bunlarla ilgili üretim yetenekleri Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Bileşen ve modül tedarikçileri [123]

Tedarikçiler		Bileşenler						Modüller			Nihai Ürün
		A	B	C	D	E	F	AB	CD	EF	ABCDEF
TED1	XBike							×	×	×	×
TED2	ADK		×	×				×			
TED3	Advanced			×				×			
TED4	Topkey		×								
TED5	Velo	×									
TED6	Viscount	×									
TED7	Easton			×							
TED8	Campagnola								×	×	
TED9	Shimano				×		×			×	
TED10	Sram				×				×		
TED11	Tektro				×				×		
TED12	Formula					×					
TED13	Tien-Hsin						×				
TED14	Ten-tech							×			
TED15	Mavic									×	

Temin zamanı, üretim maliyeti ve karbon ayak izi bir tedarikçiden diğerine değişiklik göstermektedir. Çizelge 4.5'te her bileşen veya modülün farklı tedarikçilerden sağlanan temin zamanı, üretim maliyeti ve karbon ayak izi değerleri sunulmuştur. Herhangi iki tedarikçi arasındaki taşıma uzaklıkları Çizelge 4.6'da verilmiştir.

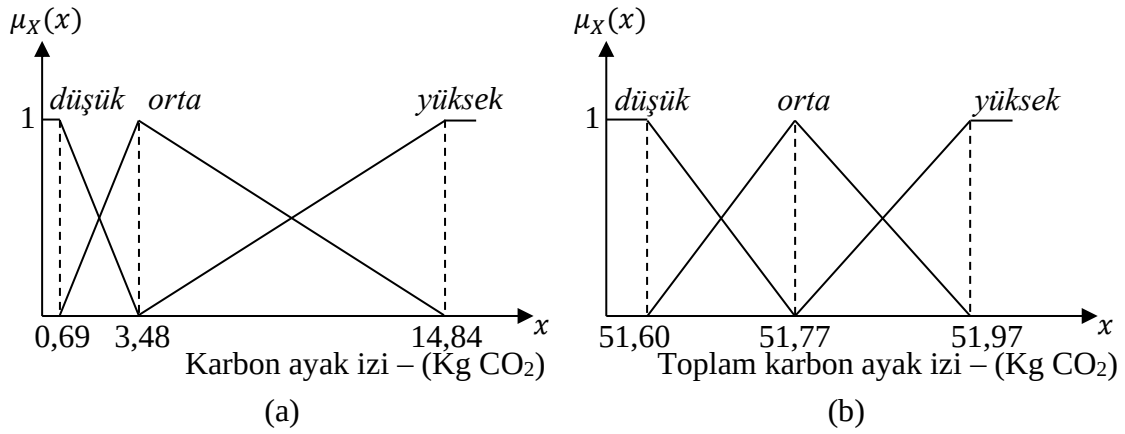
Çizelge 4.5. Bileşen ve modüllerin üretim maliyeti, temin zamanı ve karbon ayak izi [123]

	Tedarikçi		Birim maliyet (USD)	Temin zamanı (gün)	Karbon ayak izi (Kg CO2)
A	TED5	Velo	7,75	45	0,644
	TED6	Viscount	6,15	45	0,597
B	TED2	ADK	290,00	45	15,520
	TED4	Topkey	278,60	35	15,520
C	TED2	ADK	53,00	10	4,118
	TED3	Advanced	22,66	15	4,118
	TED7	Easton	93,45	8	4,118
D	TED9	Shimano	8,44	40	13,206
	TED10	Sram	56,76	60	13,369
	TED11	Tektro	23,00	45	13,570
E	TED12	Formula	17,50	45	15,540
F	TED9	Shimano	39,65	50	2,576
	TED13	Tien-Hsin	34,00	45	2,622
AB	TED1	XBike	18,00	0,5	-
	TED2	ADK	5,00	0,8	-
	TED3	Advanced	8,00	0,7	-
	TED14	Ten-tech	6,00	1,2	-
CD	TED1	XBike	20,00	1,2	-
	TED8	Campagnola	9,00	3	-
	TED10	Sram	7,00	2,6	-
	TED11	Tektro	8,00	4,8	-
EF	TED1	XBike	12,00	1,5	-
	TED8	Campagnola	4,00	2,5	-
	TED9	Shimano	3,00	3	-
	TED15	Mavic	6,00	2,1	-
ABCDEF	TED1	XBike	10,00	2	-

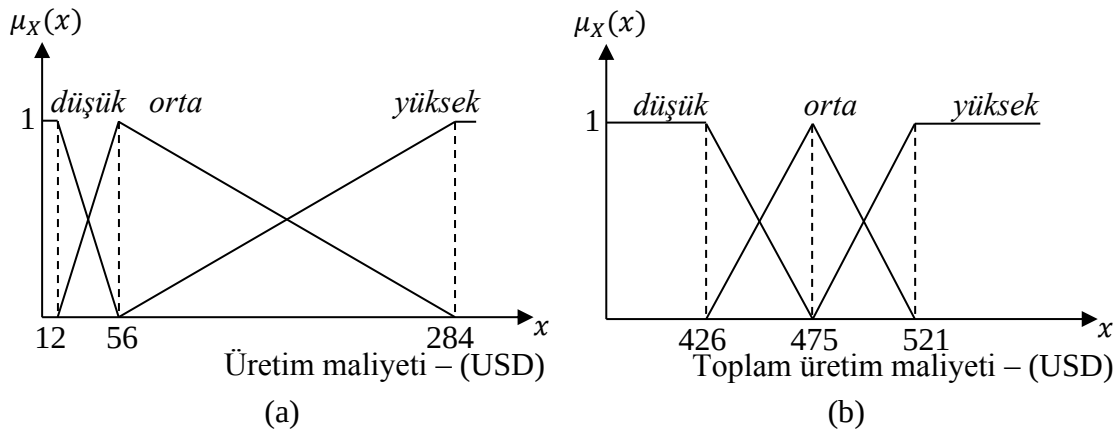
Çizelge 4.6. Tesisler arası taşıma uzaklığı [123]

	TED ₂	TED ₃	TED ₄	TED ₅	TED ₆	TED ₇	TED ₈
TED ₁	12451	12641	12451	12451	12250	12250	6792
TED ₂	0	173	0	0	133	133	9453
TED ₃		0	173	173	293	293	9546
TED ₄			0	0	133	133	9453
TED ₅				0	133	133	9453
TED ₆					0	0	9424
TED ₇						0	9424
TED ₈							0
	TED ₉	TED ₁₀	TED ₁₁	TED ₁₂	TED ₁₃	TED ₁₄	TED ₁₅
TED ₁	10934	867	12451	12451	12451	12451	6432
TED ₂	1851	12084	0	0	0	0	9768
TED ₃	1992	12322	173	173	173	173	9921
TED ₄	1851	12084	0	0	0	0	9768
TED ₅	1851	12084	0	0	0	0	421
TED ₆	1713	12061	133	133	133	133	9769
TED ₇	1713	12061	133	133	133	133	9769
TED ₈	9438	7447	9453	9453	9453	9453	421
TED ₉	0	10436	1851	1851	1851	1851	9629
TED ₁₀		0	12084	12084	12084	12084	7077
TED ₁₁			0	0	0	0	9768
TED ₁₂				0	0	0	9768
TED ₁₃					0	0	9768
TED ₁₄						0	9768
TED ₁₅							0

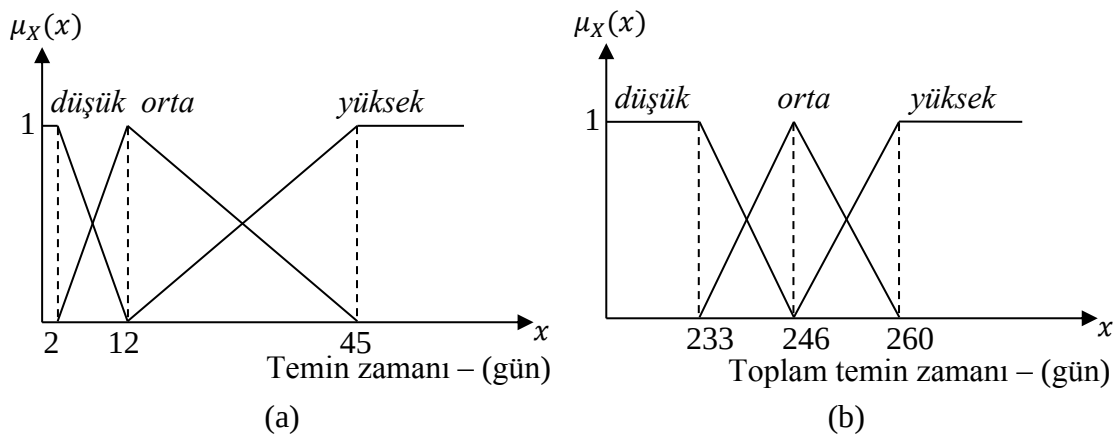
Bu uygulamada, bir bisiklet üretmek için 4608 farklı üç modüllü ürün mimarisi mevcuttur. İlk olarak, BCO algoritması kullanılarak öznitelikler (üretim maliyeti, temin zamanı, karbon ayak izi, nakliye mesafesi) ‘düşük’, ‘orta’ ve ‘yüksek’ olarak tanımlanan üç bulanık alt kümeye ayrıştırılmıştır. Algoritmanın sonucunda bulanık kümeler ve bunlara karşılık gelen üyelik fonksiyonları elde edilmiştir. Karbon ayak izi ile toplam karbon ayak izi için elde edilen bulanık kümelere ait üyelik fonksiyonları Şekil 4.13, üretim maliyeti ile toplam üretim maliyeti için Şekil 4.14, temin zamanı ile toplam temin zamanı için Şekil 4.15 ve toplam taşıma uzaklığı ile dilsel niceleyici için Şekil 4.16’da gösterilmiştir.



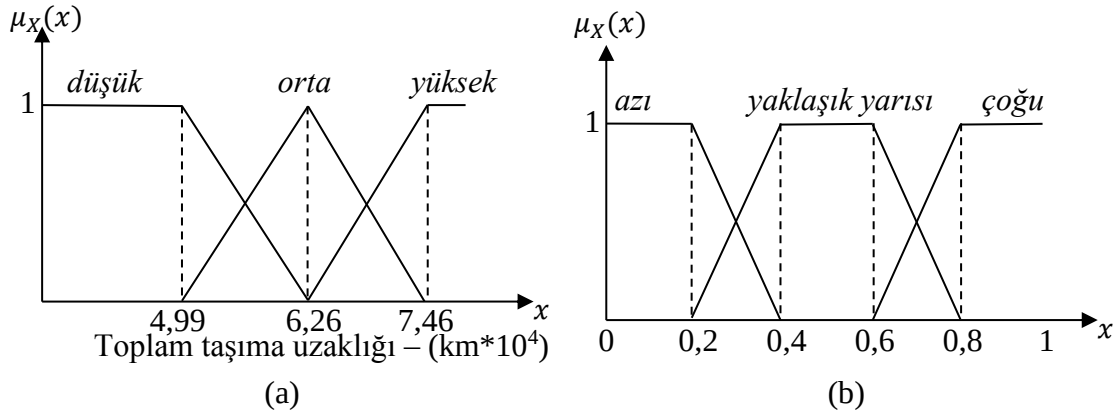
Şekil 4.13. (a) Karbon ayak izi (b) toplam karbon ayak izi için bulanık üyelik fonksiyonları



Şekil 4.14. (a) Üretim maliyeti, (b) toplam üretim maliyeti için bulanık üyelik fonksiyonları



Şekil 4.15. (a) Temin zamanı, (b) toplam temin zamanı için bulanık üyelik fonksiyonları



Şekil 4.16. (a) Toplam taşıma uzaklığı, (b) dilsel niceleyici için bulanık üyelik fonksiyonları

Karar vericiler, TZA tasarımı sürecinde tek bir amacı en iyilemenin yanı sıra iki amacı da aynı anda en iyilemeye çalışabilirler. Bunun için önce tek amaçlı tasarım durumları için dilsel özet formları sabit bir öncül özetleyici ile oluşturulup sonuçlar kelime bulutları ile görselleştirilmiştir. Daha sonra iki amaçlı tasarım durumların için dilsel özetlerin iki adet öncül özetleyici ile kurulması sağlanmıştır. Burada sonuçları görselleştirmeye ihtiyaç duyulmamış ve belirli bir eşik değeri aşan sonuçlar listelenmiştir.

Toplam üretim maliyetinin en küçüklenmesi için “ Q düşük maliyetli üretim mimarisi ... özelliklere sahiptir.” yapısında özet cümleler oluşturulup bulanık kardinalite temelli yöntem ile değerlendirilmiştir (Bkz. Eş. 4.11). Elde edilen sonuçlar kelime bulutları ile görselleştirilmiştir. Q niceleyicisinin ‘azı’, ‘yaklaşık yarısı’ ve ‘çoğu’ gibi durumlarına karşılık gelen özetler sırasıyla Şekil 4.17 (a), (b) ve (c)’de gösterilmiştir.



Şekil 4.17. “*Q* düşük maliyetli üretim mimarisi ... özelliklere sahiptir” özetlerine ait kelime bulutları (a) *Q*: azı, (b) *Q*: yaklaşık yarısı, (c) *Q*: çoğu

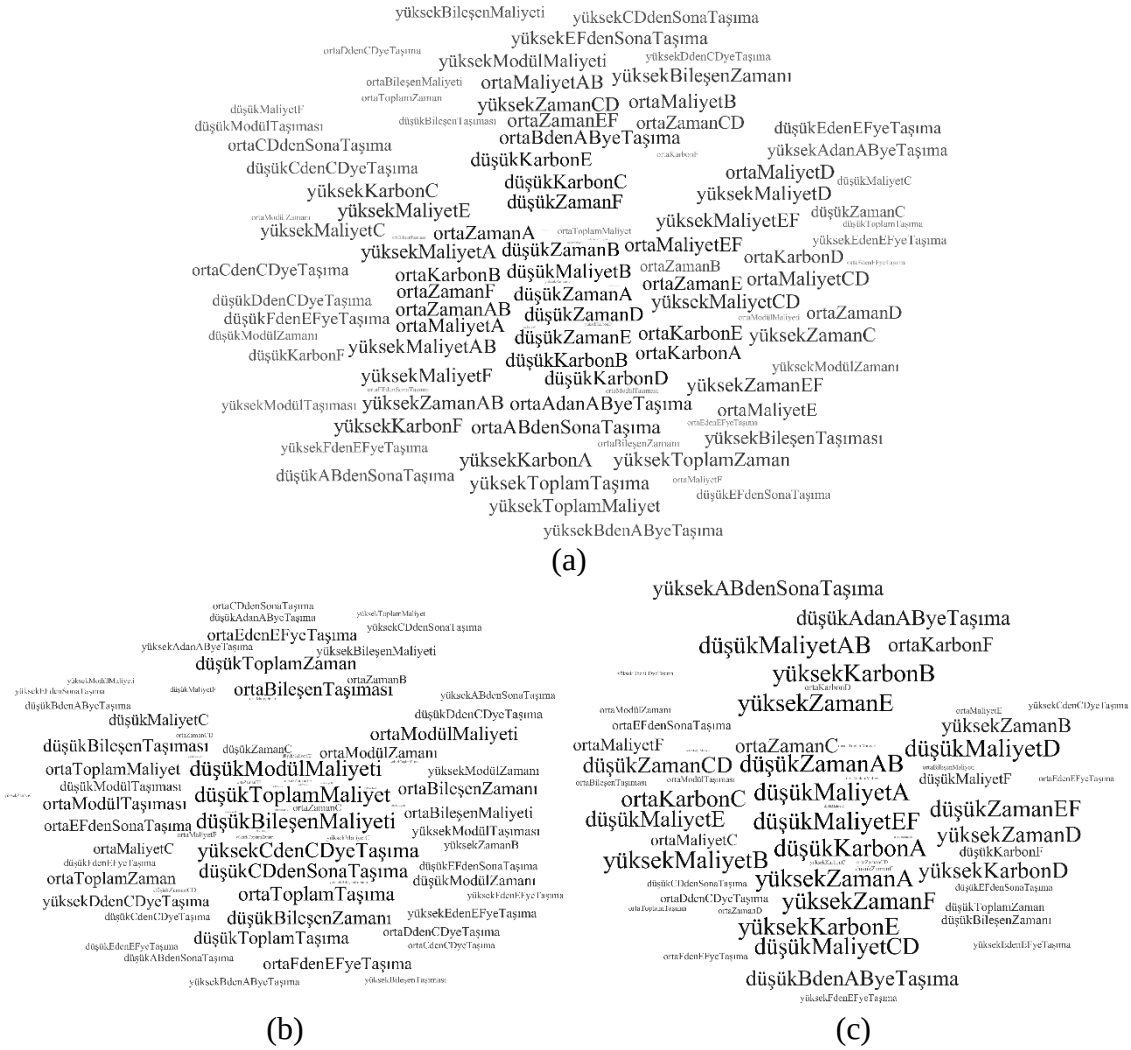
Şekil 4.17 tedarik zinciri tasarımının amacı toplam üretim maliyetini en aza indirmek olduğunda elde edilen sonuçları göstermektedir. Örneğin, Şekil 4.17 (c)'deki görselleştirmeler, düşük üretim maliyetinin B ve E bileşenlerinin yüksek karbon ayak izine neden olabileceğini desteklemektedir. Ancak Şekil 4.17 (b)'deki görselleştirmeler, toplam maliyeti en aza indiren tedarik ağı tasarımlarının yarısının düşük toplam karbon ayak izine neden olabileceğini desteklemektedir. Bu, düşük toplam karbon ayak izine sahip alternatif ürün tasarımları yakalamamanın mümkün olduğu anlamına gelir.

Toplam üretim maliyetine benzer şekilde temin zamanının, karbon ayak izinin ve taşıma uzaklığının en küçüklenmesi için dilsel özetler üretilip değerlendirilmiştir ve sonuçlar sırasıyla Şekil 4.18, Şekil 4.19 ve Şekil 4.20 ile gösterilmiştir.



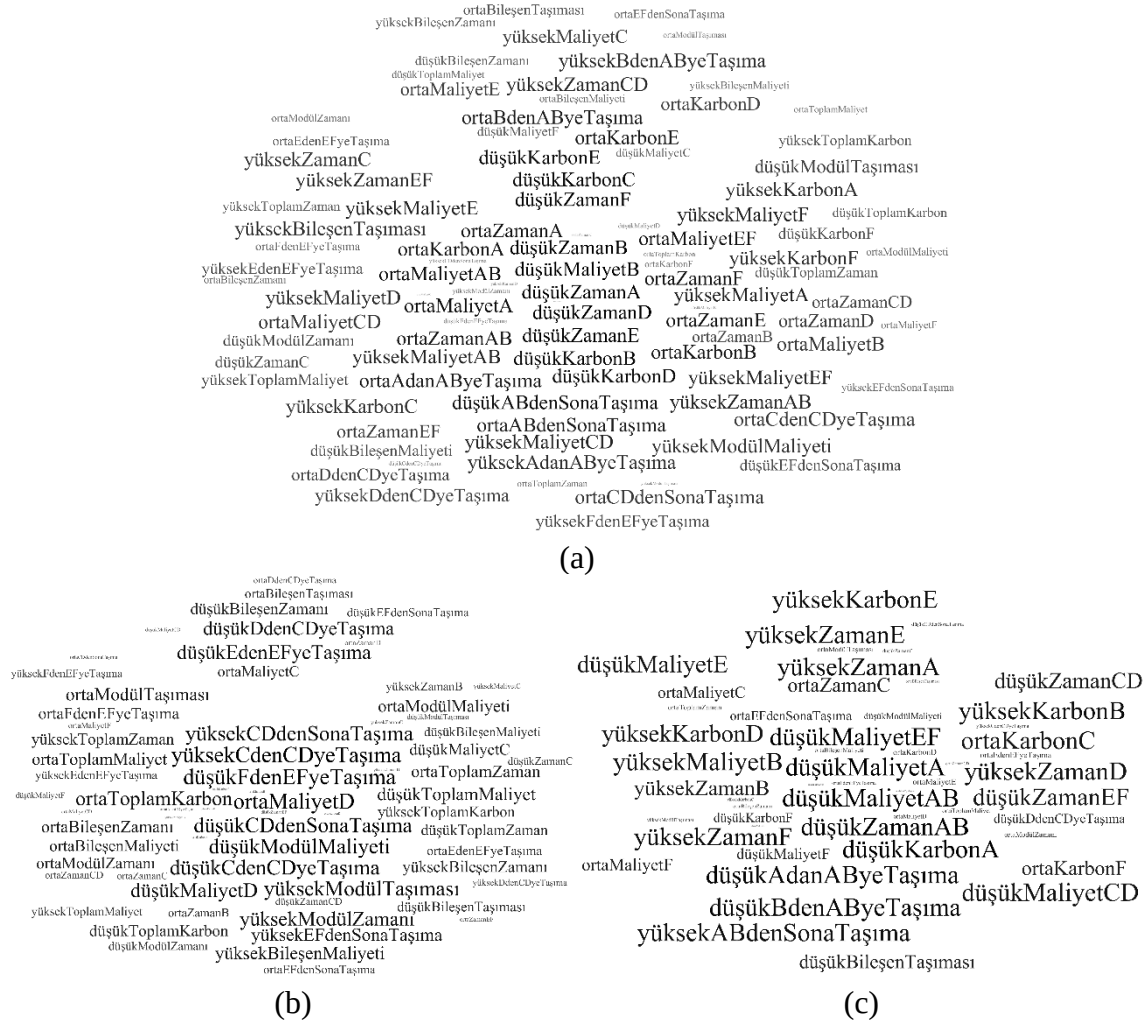
Şekil 4.18. “ Q düşük temin zamanlı üretim mimarisi ... özelliklere sahiptir” özetlerine ait kelime bulutları (a) Q : azı, (b) Q : yaklaşık yarısı, (c) Q : çoğu

Şekil 4.18, tedarik zinciri tasarımının amacı toplam temin zamanını en aza indirmek olduğunda elde edilen sonuçları göstermektedir. Örneğin, Şekil 4.18 (c)’deki görselleştirmeler, düşük temin zamanlarının toplam bileşen temin zamanının da düşük olduğunu gösterdiğini destekler. Yani, bileşen temin zamanı, toplam temin zamanı üzerinde belirleyici bir faktördür.



Şekil 4.19. “ Q düşük karbon ayak izine sahip üretim mimarisi ... özelliklere sahiptir” özetlerine ait kelime bulutları (a) Q : azı, (b) Q : yaklaşık yarısı, (c) Q : çoğu

Şekil 4.19, tedarik zinciri tasarımının amacı toplam karbon ayak izini en aza indirmek olduğunda elde edilen sonuçları göstermektedir. Örneğin, Şekil 4.19 (a)’da, toplam karbon ayak izini en aza indiren tedarik ağı tasarımlarından birkaçı, yüksek bir toplam temin zamanı ile sonuçlanmaktadır.



Şekil 4.20. “Q düşük taşıma mesafesine sahip üretim mimarisi ... özelliklere sahiptir” özetlerine ait kelime bulutları (a) Q: azı, (b) Q: yaklaşık yarısı, (c) Q: çoğu

Şekil 4.20, toplam taşıma mesafesini en aza indiren tedarik zinciri tasarımı durumunun sonuçlarını göstermektedir. Örneğin, Şekil 4.20 (c)’deki görselleştirmeler, düşük toplam taşıma mesafesi çözümlerinin çoğunun AB modülünün düşük temin zamanı çözümlerini içerdiğini desteklemektedir. Yani, AB modül tedarikçisinden nihai montajcıya kadar olan nakliye mesafesi, toplam nakliye mesafesi üzerinde belirleyici bir faktör değildir. Ek içgörüler benzer şekilde elde edilebilir.

Düşük üretim maliyeti, düşük temin zamanı, düşük karbon ayak izi ve düşük taşıma mesafesi sağlayan çözümlerin incelenmesi, insan-makine sistemlerinde verimliliği ve etkinliği destekleyen bir yaklaşımla gerçekleştirilmiştir. Başka bir deyişle, burada sunulan dilsel özetleme tabanlı yöntem, karar vermede verimliliğe ve etkinliğe yardımcı olmak için bilgilerin kolay kullanımını destekler.

İkinci bir durum olarak, tedarik ağı tasarım hedefleri olarak dört hedefin ikili kombinasyonları incelenmiştir. İnceleme toplam maliyet, toplam temin zamanı, toplam karbon ayak izi ve toplam taşıma uzaklığı değişkenleri üzerinden yapıldığında 108 özet cümle üretmek mümkündür. Eşik değeri 0,70 olarak belirleyip doğruluk derecesi bu değeri aşan özetler Çizelge 4.7’de sunulmaktadır.

Çizelge 4.7 tedarik ağı tasarımının bir öncekilere göre daha kapsamlı bir analizini sağlar. Sonuçlar incelendiğinde örneğin karar verici hem toplam maliyetin hem de toplam temin zamanının en aza indirilmesini sağlamak istiyorsa, yalnızca birkaç veri noktası yüksek bir taşıma mesafesine katlanmak zorunda olacaktır. Benzer şekilde, karar verici toplam taşıma maliyetinin yanı sıra toplam maliyeti de en aza indirmek istiyorsa, birkaç veri noktası yüksek bir toplam temin süresine sebep olacaktır. Daha olumlu olarak, hem temin zamanını hem de karbon ayak izini en aza indirmeyi sağlayan veri noktalarının yarısı da düşük bir toplam maliyet sağlayacaktır.

Çizelge 4.7. İkili amaçlar için üretilen dilsel özetler ve doğruluk dereceleri

#	Dilsel Özet	GD_Q
1	Düşük maliyetli ve düşük temin zamanlı üretim mimarilerinin bir kaçı orta karbon ayak izine sahiptir.	91,43
2	Düşük maliyetli ve düşük temin zamanlı üretim mimarilerinin bir kaçı yüksek taşıma uzaklığına sahiptir.	91,26
3	Düşük maliyetli ve düşük karbon ayak izine sahip üretim mimarilerinin bir kaçı yüksek temin zamanına sahiptir.	98,81
4	Düşük maliyetli ve düşük karbon ayak izine sahip üretim mimarilerinin bir kaçı yüksek taşıma uzaklığına sahiptir.	95,54
5	Düşük maliyetli ve düşük taşıma uzaklığına sahip üretim mimarilerinin bir kaçı yüksek temin zamanına sahiptir.	77,15
6	Düşük maliyetli ve düşük taşıma uzaklığına sahip üretim mimarilerinin bir kaçı orta karbon ayak izine sahiptir.	73,98
7	Düşük temin zamanlı ve düşük karbon ayak izine sahip üretim mimarilerinin bir kaçı yüksek maliyete sahiptir.	95,77
8	Düşük temin zamanlı ve düşük karbon ayak izine sahip üretim mimarilerinin bir kaçı yüksek taşıma uzaklığına sahiptir.	93,49
9	Düşük temin zamanlı ve düşük taşıma uzaklığına sahip üretim mimarilerinin bir kaçı yüksek maliyete sahiptir.	90,15
10	Düşük temin zamanlı ve düşük taşıma uzaklığına sahip üretim mimarilerinin bir kaçı orta karbon ayak izine sahiptir.	92,61
11	Düşük karbon ayak izine ve düşük taşıma uzaklığına sahip üretim mimarilerinin bir kaçı yüksek maliyete sahiptir.	88,67
12	Düşük karbon ayak izine ve düşük taşıma uzaklığına sahip üretim mimarilerinin bir kaçı yüksek temin zamanına sahiptir.	85,79
13	Düşük maliyetli ve düşük temin zamanlı üretim mimarilerinin yaklaşık yarısı düşük karbon ayak izine sahiptir.	70,42
14	Düşük maliyetli ve düşük temin zamanlı üretim mimarilerinin yaklaşık yarısı orta taşıma uzaklığına sahiptir.	77,90
15	Düşük maliyetli ve düşük karbon ayak izine sahip üretim mimarilerinin yaklaşık yarısı orta taşıma uzaklığına sahiptir.	77,34
16	Düşük maliyetli ve düşük taşıma uzaklığına sahip üretim mimarilerinin yaklaşık yarısı düşük karbon ayak izine sahiptir.	97,70
17	Düşük maliyetli ve düşük taşıma uzaklığına sahip üretim mimarilerinin yaklaşık yarısı yüksek karbon ayak izine sahiptir.	85,61
18	Düşük temin zamanlı ve düşük karbon ayak izine sahip üretim mimarilerinin yaklaşık yarısı düşük maliyetlidir.	75,70
19	Düşük temin zamanlı ve düşük karbon ayak izine sahip üretim mimarilerinin yaklaşık yarısı orta taşıma uzaklığına sahiptir.	75,77
20	Düşük temin zamanlı ve düşük taşıma uzaklığına sahip üretim mimarilerinin yaklaşık yarısı düşük maliyetlidir.	78,94
21	Düşük temin zamanlı ve düşük taşıma uzaklığına sahip üretim mimarilerinin yaklaşık yarısı düşük karbon ayak izine sahiptir.	85,43
22	Düşük karbon ayak izine ve düşük taşıma uzaklığına sahip üretim mimarilerinin yaklaşık yarısı düşük maliyetlidir.	89,73
23	Düşük karbon ayak izine ve düşük taşıma uzaklığına sahip üretim mimarilerinin yaklaşık yarısı düşük temin zamanına sahiptir.	78,98

Çizelge 4.7’deki dilsel özetlere yorumlanabilirlik özelliklerini uygulayarak anlamını zenginleştirebiliriz. Örneğin, #7, #9 ve #11 dilsel özetleri incelendiğinde düşük maliyet haricindeki amaçların (karbon ayak izi, temin zamanı, taşıma uzaklığı) tüm ikili kombinasyonları için “Birkaç *amaç1* ve *amaç2*’ye sahip üretim mimarisi yüksek maliyetlidir” özetleri üretilmiştir. Buna göre altında yatan anlam özelliğine göre “*amaç1* ve *amaç2*’ye bağlı olmadan birkaç üretim mimarisi yüksek maliyetlidir” dilsel özeti çıkarılabilir. Benzer şekilde #18, #20 ve #22 dilsel özetlerinden “*amaç1* ve *amaç2*’ye bağlı olmadan üretim mimarilerinin yarısı düşük maliyetlidir” dilsel özeti elde edilir. Yorumlanan dilsel özetler Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Yorumlanan dilsel özetler

#	Dilsel Özet	GD_Q
1	Birkaç üretim mimarisi yüksek maliyetlidir.	88,67
2	Üretim mimarilerinin yarısı düşük maliyetlidir.	75,70
3	Birkaç üretim mimarisi yüksek temin zamanına sahiptir.	77,15
4	Birkaç üretim mimarisi orta karbon ayak izine sahiptir.	73,98
5	Üretim mimarilerinin yarısı düşük karbon ayak izine sahiptir.	70,42
6	Birkaç üretim mimarisi yüksek taşıma uzaklığına sahiptir.	91,26
7	Üretim mimarilerinin yarısı orta taşıma uzaklığına sahiptir.	75,77

Bunlara ek olarak iki amaçlı tasarım mimarileri farklı kalite ölçüleriyle de değerlendirilmiştir (Bkz. Eş. 3.27, Eş. 3.29, Eş. 3.32 ve Eş. 3.35). Niceleyicilerden bağımsız olarak oluşturulan dilsel özetlerin kalite ölçüleri Çizelge 4.9 ile verilmiştir. A ardılı sırasıyla düşük, orta ve yüksek dilsel etiketlerini göstermektedir.

Çizelge 4.9. Farklı kalite ölçüleri ile yapılan değerlendirme sonuçları

Dilsel Özet	T_2	T_3	T_4	T_5
Düşük maliyet ve düşük temin zamanına sahip üretim mimarileri A karbon ayak izine sahiptir.	0,42	0,61	0,03	1,00
	0,42	0,75	0,08	1,00
	0,43	0,39	0,03	1,00
Düşük maliyet ve düşük temin zamanına sahip üretim mimarileri A taşıma uzaklığına sahiptir.	0,39	0,59	0,02	1,00
	0,31	0,85	0,02	1,00
	0,62	0,41	0,02	1,00
Düşük maliyet ve düşük karbon ayak izine sahip üretim mimarileri A temin zamanına sahiptir.	0,41	0,68	0,12	1,00
	0,37	0,64	0,10	1,00
	0,50	0,32	0,11	1,00
Düşük maliyet ve düşük karbon ayak izine sahip üretim mimarileri A taşıma uzaklığına sahiptir.	0,39	0,70	0,08	1,00
	0,31	0,84	0,02	1,00
	0,62	0,30	0,08	1,00
Düşük maliyet ve düşük taşıma uzaklığına sahip üretim mimarileri A temin zamanına sahiptir.	0,41	0,61	0,05	1,00
	0,37	0,74	0,00	1,00
	0,50	0,38	0,05	1,00
Düşük maliyet ve düşük taşıma uzaklığına sahip üretim mimarileri A karbon ayak izine sahiptir.	0,42	0,65	0,07	1,00
	0,42	0,81	0,03	1,00
	0,43	0,35	0,07	1,00
Düşük temin zamanı ve düşük karbon ayak izine sahip üretim mimarileri A maliyete sahiptir.	0,40	0,69	0,13	1,00
	0,36	0,72	0,03	1,00
	0,52	0,31	0,13	1,00
Düşük temin zamanı ve düşük karbon ayak izine sahip üretim mimarileri A taşıma uzaklığına sahiptir.	0,39	0,66	0,05	1,00
	0,31	0,88	0,05	1,00
	0,62	0,34	0,05	1,00
Düşük temin zamanı ve düşük taşıma uzaklığına sahip üretim mimarileri A maliyete sahiptir.	0,40	0,65	0,08	1,00
	0,36	0,73	0,01	1,00
	0,52	0,35	0,08	1,00
Düşük temin zamanı ve düşük taşıma uzaklığına sahip üretim mimarileri A karbon ayak izine sahiptir.	0,42	0,65	0,06	1,00
	0,42	0,75	0,08	1,00
	0,43	0,35	0,06	1,00
Düşük karbon ayak izine ve düşük taşıma uzaklığına sahip üretim mimarileri A maliyete sahiptir.	0,40	0,55	0,01	1,00
	0,36	0,68	0,06	1,00
	0,52	0,45	0,01	1,00
Düşük karbon ayak izine ve düşük taşıma uzaklığına sahip üretim mimarileri A temin zamanına sahiptir.	0,41	0,52	0,04	1,00
	0,37	0,66	0,08	1,00
	0,50	0,48	0,04	1,00

Sonuçlar incelendiğinde belirsizlik derecesini ölçen T_2 değerlerinin ne düşük ne de yüksek olduğu görülmektedir. Bu da özetlerin çok bilinen sonuçlar vermediğini fakat çok da beklenenin dışında olmadığını göstermektedir. T_3 değerleri ile kapsama dereceleri ölçülmüştür. Öncüldeki nesnelerin ardındaki oranı hesaplanmıştır. Değerler genelde yüksek olduğundan kapsama derecesi yeterlidir. T_4 değerleri uygunluk ölçüsüdür ve sıfıra yakın olması öncül ve ardılın eşit ölçüde dağılım gösterdiği anlamına gelir. T_5 ise uzunluk

derecesidir. Tüm özetler tek özetleyici ile kurulduğundan anlaşılır olması sebebiyle 1,00 değerini almıştır.

Genel olarak çalışma sonuçları belirli hedeflere ulaşmak için tüm TZA'yı tasarlamada karar vericiye yardımcı olur. 'Çoğu' niceleyicisini kullanan özetler, ilişkili öznitelikleri gösterirken, 'azı' niceleyicisini kullanan özetler, veri kümesinde ilişkisiz öznitelikler gösterir. Bu nedenle, karar verici, TZA'nın verimliliğini korumak için bu özetlerden önemli bilgiler çıkarabilir. Önerilen bulanık kardinalite temelli değerlendirme yöntemi, skalar kardinalite temelli yöntemlerden daha yüksek hesaplama maliyetine sahip olmasına rağmen, ayırt edilen bilgiyi daha doğru bir şekilde iletmektedir.

5. TEDARİK ZİNCİRİ AĞLARINDAKİ İLİŞKİLERİN PERFORMANSA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Gelişen teknoloji, küreselleşme ve tüketimdeki artışın neden olduğu rekabet avantajını ve operasyonel hayatta kalmayı sürdürmek için endüstriler yeni stratejiler uygulamak zorunda kalmıştır [132]. Tedarik zinciri ortaklarıyla etkin işbirliğine dayanan bu stratejiler, müşterilerin düşük maliyet ve yüksek kalite gibi beklentilerine hızlı yanıtlar verebilir. Tedarik zincirleri, endüstride bir değer zinciri aracılığıyla faaliyet gösteren tedarikçiler, üreticiler, distribütörler ve müşteriler dahil olmak üzere farklı şirketler arasındaki organizasyonlar arası ağlardır [133, 134]. Tedarik zincirinin etkin yönetimi için hem organizasyon içinde hem de tedarik zinciri ortaklarıyla birlikte çalışmak esastır. Tedarik Zinciri Yönetimi (TZY), tüm tedarik zincirine en düşük maliyetle değer katmak için müşterilere ürün, hizmet ve bilgi sağlayan orijinal sağlayıcılar aracılığıyla temel iş süreçlerinin bütünleşmesinden oluşur [135, 136].

Verimli tedarik zinciri sistemlerinin yapısı karmaşık ağlar tarafından modellenebilir [134, 137, 138]. TZA nesneler ve nesnelerin kendi aralarındaki etkileşiminden doğan bağlantıların oluşturduğu bilgi ağı tanımına uyar (Bkz. Bölüm 2.1.3). Tüm düğümleri benzer olduklarını varsayarak incelemek bazı önemli bilgi kayıplarına neden olabilir. Bilgi kaybını en aza indirmek için TZA'lar HBA olarak modellenmelidir (Bkz. Bölüm 2.2). Örneğin, bir TZA'da düğümler müşterileri, tedarikçileri, ürünleri vb. temsil ederken, bağlantılar tedarik etme/tedarik edilme, satın alma/satın alınma gibi ilişkileri temsil eder. TZA'lar HBA olarak modellendiğinde hammadde tedarikçisinden bitmiş ürün müşterisine kadar dolaylı etkileşimleri sunabilir hale gelir. Buna ek olarak, hem düğümler hem de bağlantılar için ilişkili öznitelik vektörleri tanımlamak ağın bilgi içeriğini zenginleştirebilmektedir.

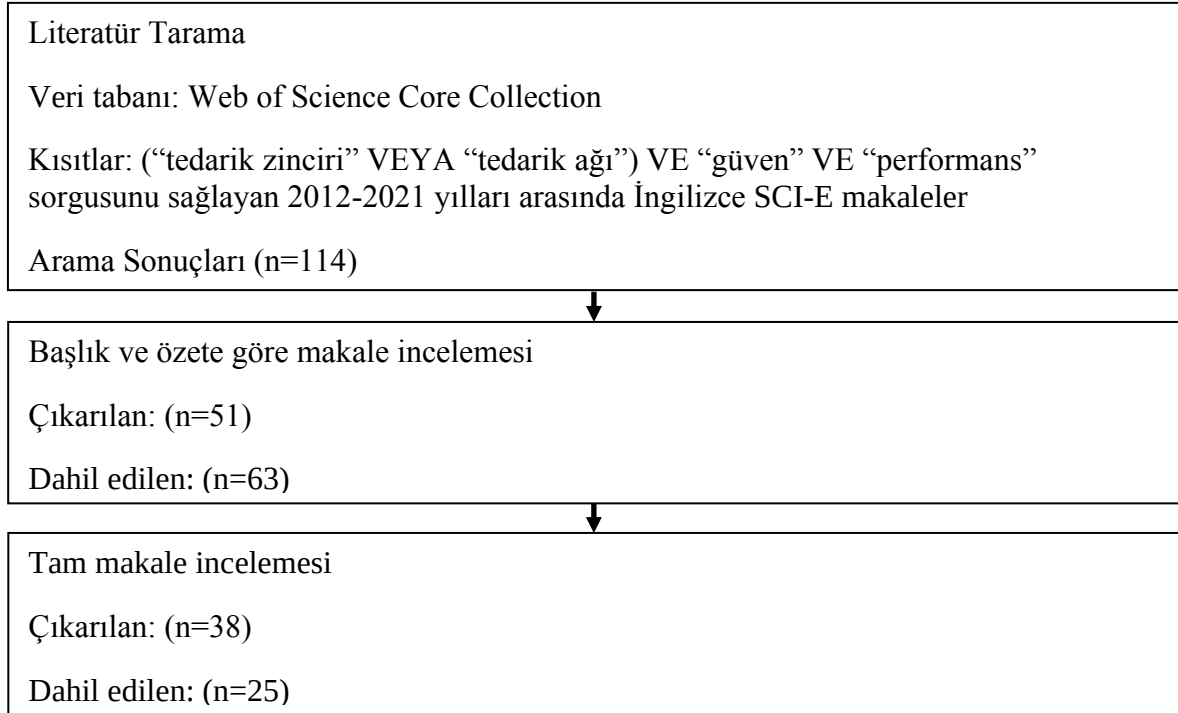
Bu bölümde, ilişkilerin Tedarik Zinciri Ağ Performansını (TZAP) nasıl etkilediğine dair dilsel özetler oluşturmak ve değerlendirmek amaçlanmaktadır. Bir sonraki alt bölümde TZA'daki ilişkilerin TZAP'yi nasıl etkilediği ile ilgili literatür değerlendirmesi sunulacaktır. Literatürdeki hipotezler dilsel özetleme ile yeniden oluşturulacak ve Bölüm 5.2.1'de detaylıca açıklanan veri seti üzerinde nicel değerlendirme sağlanacaktır. Oluşturulan özetler, mevcut literatürdeki nitel çalışmaların geçerliliğini doğruluk derecesi ile test etmek için kullanılmaktadır.

5.1. Tedarik Zinciri İşbirliği İlişkilerinin Operasyonel ve Organizasyonel Performansa Etkisi

TZY çalışmalarında istatistiksel analiz, simülasyon ve optimizasyon literatürde öne çıkan başlıklardır [118, 119]. İstatistiksel analiz teknikleri tanımlayıcı ve tahmin edici olmak üzere iki grupta toplanır. Birincisinde TZA'nın özellikleri hakkında bilgi çıkarmak için veriler kullanılmaktadır. İkincisinde geçmiş verilere dayanarak gelecek tahminleri yapılmaktadır. Simülasyon, geliştiricilerin sistemin çeşitli konfigürasyonlar ve karmaşıklık düzeyi altında nasıl etkilendiğini belirlemelerini sağlar. Optimizasyon, çok sayıda amaç ve kısıt içeren karmaşık bir sistemden iç görü elde edilmesini sağlamaktadır. TZY ile ilgili sorunları bu üç kategori altında çözmek faydalı olsa da TZA'ları HBA olarak ele alan çalışmalar sınırlıdır. Açıkçası, bu sınırlı çalışmalar da, TZA'ların HBA olarak değil, karmaşık ağ olarak kabul edilmesiyle ilgilidir [115, 134, 139].

Bir TZA'nın performansı kaynaklar, çıktılar ve esneklik açısından ölçülebilir [140]. Kaynak ölçüsü, yüksek düzeyde verimlilik için üretim maliyetini, dağıtım maliyetini, stok maliyetini ve yatırım getirisini dikkate almaktadır. Çıktı ölçüsü, yüksek düzeyde müşteri hizmetleri için satışları, karı, doluluk oranını, zamanında teslimatı, stoksuzluk durumlarını, müşteriye yanıt süresini, temin süresini, nakliye hatalarını ve müşteri şikâyetlerini dikkate almaktadır. Esneklik ölçüsü, değişen durumlara yanıt verme yeteneğini dikkate almaktadır. TZA'lardaki işbirliği kalitesi TZAP için anlam ifade edebileceğinden literatürde büyük ilgi görmüştür [141-143]. Bununla birlikte, ilişki dinamikleri üzerine yapılan önceki çalışmaların çoğu, anket uygulamalarına dayanan nitel analizlerdir. Tedarik ağı ilişkileri ile TZAP arasındaki etkileşimi ortaya koymak için nicel yöntemlere de ihtiyaç duyulmaktadır. Dilsel özetlemedeki doğruluk derecesi gibi nicel çalışmalar sayesinde literatürdeki hipotezlerin geçerliliği test edilebilir.

TZA üyeleri arasındaki güven ilişkisinin TZAP'yi nasıl etkilediğini araştırmak için sistematik bir literatür taraması yapılmıştır. Çalışma Şekil 5.1'deki PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis: Sistematik Derleme ve Meta Analizler için Tercih Edilen Raporlama Ögeleri) diyagramı ile iletmiştir [144].



Şekil 5.1. Literatür araştırması için PRISMA şeması

İlk olarak, Web of Science Core Collection’da (“tedarik zinciri” VEYA “tedarik ağı”) VE “güven” VE “performans” sorgularını içeren, son 10 yıllık dönem içinde İngilizce dilindeki SCI-E makaleler arasında literatür tarama yapılmıştır. 114 arama sonucunun özetlerinden yola çıkılarak, alakasız 51 tanesi çıkarılmıştır. Kalan 63 tanesinin tam metni analiz edilmiştir. Konu dışı bulunan 38’i çalışma dışı bırakılmıştır. Nihai 25 makale, güven-TZAP ilişkisi açısından Çizelge 5.1’deki gibi kısa ve öz bir şekilde gruplandırılmıştır.

Çizelge 5.1. Güven ilişkisinin TZAP üzerinde doğrudan, dolaylı ve bağdaştırıcı etkisi

Güven	X	Operasyonel TZAP	+/-	Organizasyonel TZAP	+/-
Doğrudan etki	-	Shi ve Liao [145]	+	Akhtar ve Khan [146]	+
		Jie ve diğerleri [147]	+	Michalski ve diğerleri [148]	±
		Odongo ve diğerleri [149]	+	Yang ve diğerleri [142]	+
		Amentae ve diğerleri [150]	+	Rodriguez-Lopez ve diğerleri [151]	+
		Narayanan ve diğerleri [152]	+	Zhou ve diğerleri [143]	+
		Jones ve diğerleri [153]	+	Arora ve diğerleri [154]	-
		Zhong ve diğerleri [155]	+		
		Arora ve diğerleri [154]	+		
		Brinkhoff ve diğerleri [156]	+		
Dolaylı etki	Çeviklik Sadakat	Yang [157]	+	Yang [157]	-
		Mutonyi ve diğerleri [158]	+	Susanty ve diğerleri [159]	-
		Susanty ve diğerleri [159]	-		
	Bilgi alışverişi	Ryoo ve Kim [160]	+		
		Nagati ve Rebolledo [161]	+		
		Chen ve diğerleri [162]	+		
	Bilgi paylaşımı	Wu ve diğerleri [163]	+	Wu ve diğerleri [163]	+
				Youn ve diğerleri [164]	+
	İşbirliği	Wu ve diğerleri [163]	+	Wu ve diğerleri [163]	+
Bağdaştırıcı etki	Nesnelerin bulutu adaptasyonu	Narwane ve diğerleri [165]	+		
	Bilgi paylaşımı	Devaraj ve diğerleri [166]	+	Li ve diğerleri [141]	+

+: desteklenen, -: desteklenmeyen, ±: kısmi desteklenen

Çizelge 5.1'deki ilk grupta güvenin TZAP üzerindeki doğrudan etkisi gösterilmektedir. Birinci gruptaki hipotezler "Güven operasyonel/organizasyonel TZAP'yi olumlu etkiler" anlamında kurulmuşlardır. İkinci grup, güvenin TZAP üzerindeki dolaylı etkisini göstermektedir. İkinci gruptaki hipotezler, X'in çeviklik, sadakat, bilgi alışverişi vb. olabileceği "Güven X'i olumlu etkiler" ve "X TZAP'yi olumlu etkiler" şeklinde

kurulmuştur. Üçüncü grup, güvenin TZAP üzerindeki “Güven bilgi paylaşımı ve TZAP arasındaki ilişkiyi yönetir” gibi bağdaştırıcı etkisini gösterir. Bazı çalışmalar maliyet, kalite, verimlilik ve temin zamanı gibi operasyonel çıktıları performans ölçütü olarak kabul ederken, diğerleri performans ölçütü olarak kar, satış, pazar payı, yatırım getirisi ve inovasyon gibi stratejik çıktıları dikkate almaktadır. TZAP, bu nedenle, Operasyonel Performans (OPP) ve Organizasyonel Performans (ORP) olarak iki sütuna bölünmüştür.

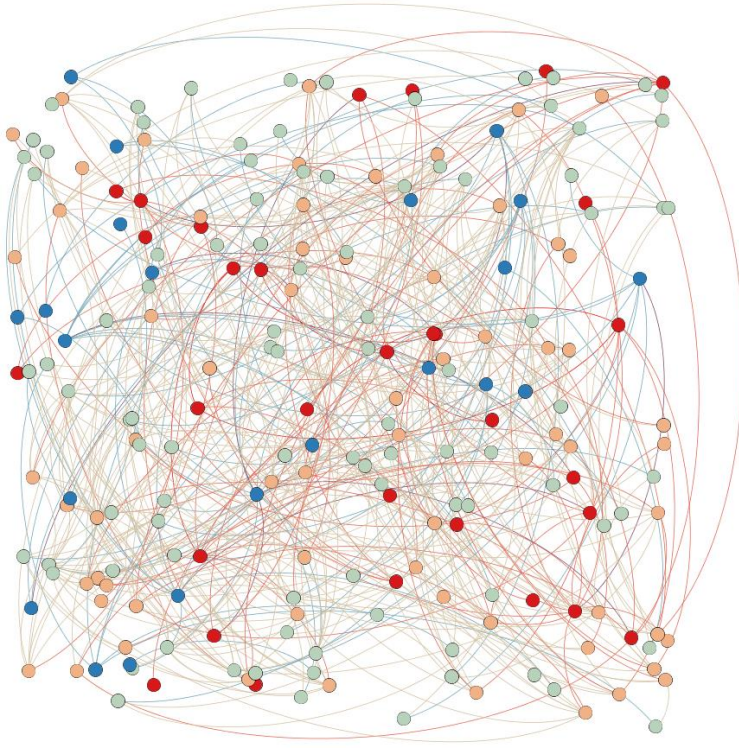
Anket çalışmalarının dezavantajı, hem ilişki hem de performans ölçümünde istatistiksel yöntemleri kullanmakla birlikte yorumlama ve analizde kişisel algıları içermesidir. Bu bölümdeki uygulamada kişisel algılardan bağımsız olarak hipotezler dilsel özetlerin doğruluk dereceleriyle test edilmektedir.

5.2. Uygulama

TZA’lar, hammadde tedarikçisi ile bitmiş ürünü satın alan müşteri arasındaki birçok aşamadan çeşitli zengin bilgiler içerdiğinden analiz edilmesi oldukça gereklidir. Gerçek dünya problemlerinin çoğu teoride birkaç varsayımla çözülmeye çalışılır. Kullanılan varsayımlar çözümleri gerçeklikten uzaklaştırır. Düğümlerin ve ilişkilerin aynı türden olduğunu varsaymak dışında, TZA’ları HBA olarak modellemek bilgi kayıplarını en aza indireceğinden tercih edilebilir. Bu alt bölümde hem zengin ve karmaşık TZA’ların modellenmesi hem de insan algısına uygun anlamlı özetlerin üretilmesi sağlanmaktadır.

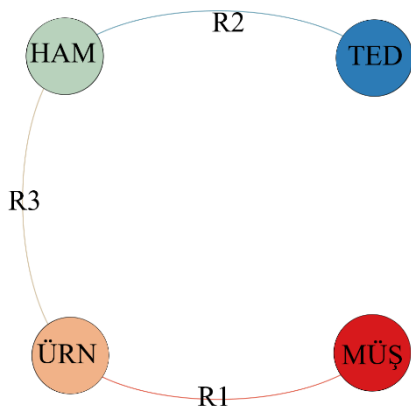
5.2.1. Veri tanımlama

Hammadde tedarikçileri ve bitmiş ürün satın alanların (müşterilerin) ilgili verileri, üretilen önemli kalemlerin satın alma raporları, satış raporları ve ürün ağaçları kullanılarak bir şirketin (çalışma boyunca “Firma” olarak anılacaktır) Kurumsal Kaynak Planlama (KKP) sisteminden toplanmıştır. Firma, sadece otomotiv sektörü için değil, beyaz eşya ve elektrik motorları gibi çeşitli sektörler için de çelik parçalar üreten bir imalat firmasıdır. Veri seti, dört tipte 214 düğüm ve üç tipte 466 bağlantı içermektedir. 214 düğüm arasında 31 müşteri düğümü, 66 ürün düğümü, 95 hammadde düğümü ve 22 tedarikçi düğümü vardır. Müşteriler ve ürünler arasında 72, tedarikçiler ve hammaddeler arasında 95, ürünler ve hammaddeler arasında 299 bağlantı vardır. Heterojen TZA Şekil 5.2’de sunulmaktadır.



Şekil 5.2. Heterojen TZA

Tedarikçi düğümü (*TED*), hammadde düğümü (*HAM*), ürün düğümü (*ÜRN*) ve müşteri düğümü (*MÜŞ*), veri kümesindeki farklı düğüm türleridir. Ürün ile müşteri arasında bir satın alma/satın alınma (*R1*) bağlantısı, tedarikçi ile hammadde arasında bir tedarik etme/tedarik edilme bağlantısı (*R2*) ve hammadde ile ürün arasında parçası olması/oluşturma bağlantısı (*R3*) vardır. Heterojen TZA'nın ağ şeması Şekil 5.3'te ve TZA'ya ait ağ seviyesinde özet istatistikler Çizelge 5.2'de sunulmaktadır.



Şekil 5.3. Heterojen TZA'nın ağ şeması

Çizelge 5.2. TZA'nın ağ seviyesinde özet istatistikleri

Özellik	Değer
Düğüm sayısı	214
Bağlantı sayısı	466
Ortalama derece	4,355
Çap	10
Ortalama yol uzunluğu	4,185
Karşılıklılık	1
Yoğunluk	0,020
Kümelenme katsayısı	0

Ağ seviyesinde özet istatistiklerden ortalama derece ağdaki tüm düğümlerin derecelerinin ortalamasını göstermektedir. Ölçülen bu değer ile bir nesnenin ortalama 4,355 komşusu olduğu söylenir. Diğer bir ağ seviyesi ölçü çaptır. TZA'daki herhangi iki düğüm arasındaki maksimum uzaklığı ifade eden bu değer 10 olarak ölçülmüştür. Ortalama yol uzunluğu 4,185'tir. Bu da düğümlerin büyük çoğunluğunun bağlantılı olduğunu göstermektedir. TZA'daki tüm bağlantılar yönsüz (iki yönlü) olduğu için karşılıklılık değeri 1'dir. Kümelenme katsayısının 0 olması bir düğümün komşuları arasında bağlantı olmadığını dolayısıyla kümelenme olmadığını göstermektedir.

Her düğüm türü ve bağlantı türü ile ilişkili farklı değişkenler mevcuttur. Düğümler ve bağlantılar için değişkenler, açıklamalar ve aldıkları değerler sırasıyla Çizelge 5.3 ve Çizelge 5.4'te verilmiştir. Müşteri düğümlerinin güven ve süreklilik değişkenleri ile tedarikçi düğümlerinin güven, kalite, çeviklik ve işbirliği değişkenleri bulanık dilsel etiketlerle tanımlanmıştır. Müşteri düğümlerinin grup, sektör, uygulama ve konum değişkenleri, ürün düğümlerinin ürün grubu ve durum değişkenleri, hammadde düğümlerinin malzeme türü değişkeni ve tedarikçi düğümlerinin rekabetçi fiyat ve konum değişkenleri, düğümler hakkında ekstra açıklayıcı bilgi sağlar ve kategorik olarak tanımlanmaktadır. Veri setinde *R1* bağlantılarının karlılık, görünürlük ve hacim değişkenleri ile *R2* bağlantılarının temin zamanı değişkenleri sayısal olarak tanımlanmaktadır. *R3* bağlantılarının kalite, maliyet ve verimlilik değişkenleri dilsel etiketlerle tanımlanmıştır.

Çizelge 5.3. Düğüm tiplerine ait değişkenler, açıklamalar ve değerleri

Düğüm tipi	Değişken	Açıklama	Değer
Müşteri	Müşteri No	Müşteri düğümlerinin anahtar değişkeni	<MÜŞ001-MÜŞ031>
	Güven	Müşteri ile olan ilişkilerde risk alma isteği seviyesi	<düşük, orta, yüksek, çok yüksek>
	Süreklilik	Müşterinin düzenli siparişlerinin seviyesi	< düşük, orta, yüksek>
	Grup	Müşteri segmenti	<satış sonrası, orijinal ürün üreticisi>
	Sektör	Müşterinin performans gösterdiği sektör	<otomotiv, dağıtım, imalat>
	Uygulama	Müşterinin tüketicilere sattığı nihai ürün	<tarım, beyaz eşya, oto, diğer, motor>
	Konum	Müşterinin yurtiçi veya yurtdışı konumda olması	<yurtiçi, ihracat>
Ürün	Ürün No	Ürün düğümlerinin anahtar değişkeni	<ÜRN001-ÜRN066>
	Ürün grubu	Ürün tipi	<rulman, yüzük, silindir>
	Durum	Ürünün özel ya da standart olması	<özel, standart>
Ham madde	Hammadde No	Ham madde düğümlerinin anahtar değişkeni	<HAM001-HAM095>
	Malzeme tipi	Ham madde tipi	<kafes, gres yağı, ambalaj, perçin, mühür, metal levha, çelik çubuk, tüp>
Tedarikçi	Tedarikçi No	Tedarikçi düğümünün anahtar değişkeni	<TED001-TED022>
	Güven	Tedarikçi ile olan ilişkilerde risk alma isteği seviyesi	< düşük, orta, yüksek>
	Kalite	Tedarikçinin üstünlük seviyesi	< standart, yüksek, çok yüksek>
	Çeviklik	Tedarikçinin değişikliklere hızlı ve kolay yanıt verme seviyesi	<düşük, standart, yüksek, çok yüksek>
	İşbirliği	Tedarikçinin birlikte çalışma isteği seviyesi	< düşük, orta, yüksek>
	Rekabetçi fiyat	Alternatif tedarikçiler arasındaki fiyat seviyesi açısından rekabetçi olup olmaması	<evet, hayır>
	Konum	Tedarikçinin yurtiçi veya yurtdışı konumda olması	<yurtiçi, ithalat>

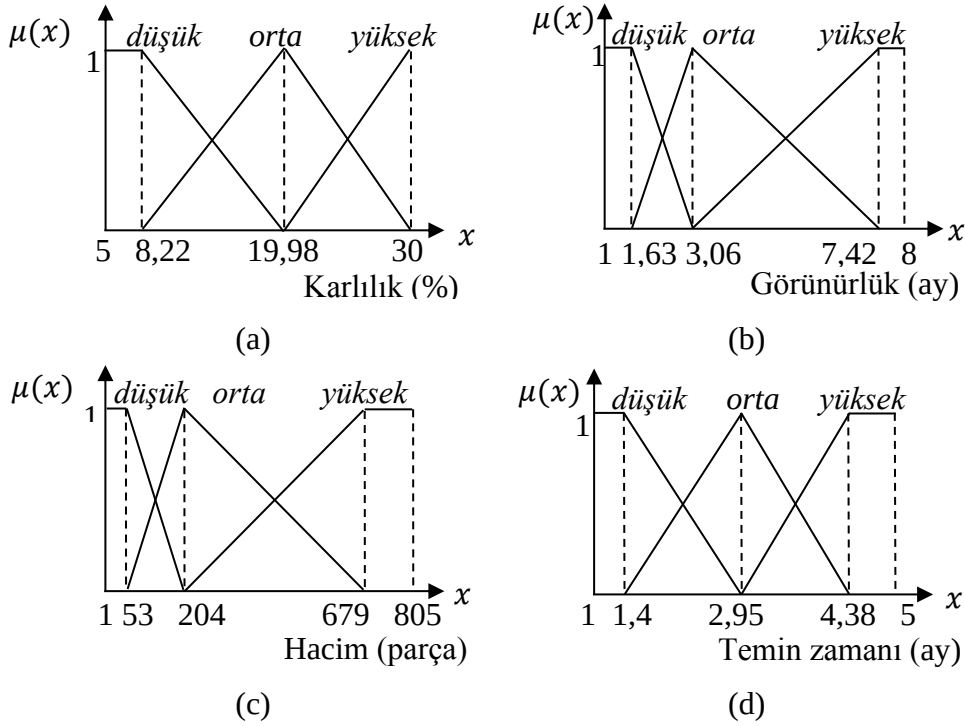
Çizelge 5.4. Bağlantı tiplerine ait değişkenler, açıklamalar ve değerleri

Bağlantı tipi	Değişken	Açıklama	Değer
R1 – satın alma/ satın alınma	No 1	Müşteri düğümlerinin anahtar değişkeni	<MÜŞ001-MÜŞ031>
	No 2	Ürün düğümlerinin anahtar değişkeni	<ÜRN001-ÜRN066>
	Satın alma	Belirli bir ürünün belirli bir müşteri tarafından satın alınıp alınmadığını gösteren değişken	<0,1>
	Karlılık	Firmanın ticari karlılık seviyesi	< düşük, orta, yüksek>
	Görünürlük	Müşterinin ne kadar süreyi kapsayan gelecek ihtiyaçlarının firma tarafından bilindiği	< düşük, orta, yüksek>
	Hacim	Müşteriye satılan ürün miktarı	< düşük, orta, yüksek>
R2 – tedarik etme/ tedarik edilme	No 1	Tedarikçi düğümlerinin anahtar değişkeni	<TED001-TED022>
	No 2	Hammadde düğümlerinin anahtar değişkeni	<HAM001-HAM095>
	Tedarik etme	Belirli bir hammaddenin belirli bir tedarikçi tarafından tedarik edilip edilmediğini gösteren değişken	<0,1>
	Temin zamanı	Tedarik etmeye ait temin zamanı	< düşük, orta, yüksek>
R3 – parçası olma/ oluşturma	No 1	Ürün düğümlerinin anahtar değişkeni	<ÜRN001-ÜRN066>
	No 2	Hammadde düğümlerinin anahtar değişkeni	<HAM001-HAM095>
	Parçası olma	Hammaddenin bir ürünün alt bileşeni olup olmadığını gösteren değişken	<0,1>
	Kalite	Hammaddenin ürünün kalitesine olan etkisi	<düşük, orta, yüksek, çok yüksek>
	Maliyet	Hammaddenin ürünün maliyetine olan etkisi	<düşük, orta, yüksek, çok yüksek>
	Verimlilik	Hammaddenin ürünün üretilmesindeki verimliliğine olan etkisi	< düşük, orta, yüksek>

Tedarik zincirlerindeki ilişkilerin TZAP üzerindeki etkisi son yıllarda dikkat çeken bir araştırma alanı olduğundan güven ve işbirliği gibi kavramlar önem kazanmaktadır [141-143, 167]. Beamon [140], TZAP'yi ölçerken kaynaklar, çıktılar ve esneklik açısından incelenmesi gerektiğini önermiştir. R3 bağlantılarının verimlilik ve maliyet değişkenleri, kaynaklarla ilgili performans göstergeleridir. R1 bağlantılarının karlılık ve hacim değişkenleri, R2 bağlantılarının temin zamanı değişkeni ve R3 bağlantılarının kalite değişkeni, çıktılarla ilgili performans göstergeleridir. R1 bağlantılarının görünürlük

değişkeni, esneklikle ilgili performans göstergeleridir. Özetlemek gerekirse, müşteri ve güven ilişkilerine ve bunların TZAP üzerindeki etkilerine odaklanacağız.

$R1$ bağlantılarının karlılık, görünürlük ve hacim değişkenleri ve $R2$ bağlantılarının temin süresi değişkeni, BCO algoritması ile üç bulanık kümeye ayrıştırılmıştır [80]. BCO algoritması tarafından çıkarılan bulanık kümeler Şekil 5.4'te gösterilmektedir.



Şekil 5.4. (a) Karlılık, (b) görünürlük, (c) hacim ve (d) temin zamanı değişkenleri için bulanık üyelik fonksiyonları

5.2.2. Metayollar ve özet formları

Veri kümesindeki düğüm sayısına göre sınıflandırılan iki düğümlü $(N \xrightarrow{L} N)$ ve üç düğümlü $(N \xrightarrow{L} N \xrightarrow{L} N)$ metayollar söz konusu olabilir. Veri kümesine ait metayollar ve karşılık gelen özet formları Çizelge 5.5'te gösterilmektedir.

Çizelge 5.5. Metayollar ve özet formları

Sınıf	Metayol	Özet Formu
İki düğümlü	$(MÜŞ \xrightarrow{R_1} ÜRN)$	" $Q_1 A_1 MÜŞ R_1 Q_2 A_2 ÜRN$ "
	$(TED \xrightarrow{R_2} HAM)$	" $Q_1 A_1 TED A_2 R_1 Q_2 A_3 HAM.$ "
	$(HAM \xrightarrow{R_3} ÜRN)$	" $Q_1 A_1 ÜRN A_2 R_1 Q_2 A_3 HAM.$ "
Üç düğümlü	$(MÜŞ \xrightarrow{R_1} ÜRN \xrightarrow{R_3} HAM)$	" $Q_1 A_1 MÜŞ A_2 R_1 ÜRN A_3 R_3 Q_2 A_4 HAM.$ "
	$(TED \xrightarrow{R_2} HAM \xrightarrow{R_3} ÜRN)$	" $Q_1 A_1 TED A_2 R_2 HAM A_3 R_3 Q_2 A_4 ÜRN.$ "

5.2.3. Dilsel özetlerin üretilmesi, değerlendirilmesi ve tartışılması

Tüm olası niceleyici ve değişken kombinasyonları için dilsel özetler oluşturulmuştur ve bir MATLAB kodu ile değerlendirilmiştir [168]. 8550'si $(MÜŞ \xrightarrow{R_1} ÜRN)$, 4896'sı $(TED \xrightarrow{R_2} HAM)$, 4320'si $(HAM \xrightarrow{R_3} ÜRN)$, 164160'ı $(MÜŞ \xrightarrow{R_1} ÜRN \xrightarrow{R_3} HAM)$ ve 36720'si $(TED \xrightarrow{R_2} HAM \xrightarrow{R_3} ÜRN)$ metayolu ile ilgili olmak üzere toplam 218646 dilsel özet oluşturulmuştur. Bunlardan özetlerinden 4415 tanesi 0,7 eşik değerine eşit veya daha büyük bir doğruluk derecesine sahiptir. Kalan özetlerde, Çizelge 5.5'teki her bir metayol için önemli özellikler incelenmiştir. Örneğin, $(MÜŞ \xrightarrow{R_1} ÜRN)$ metayolu üzerinde ORP açısından önemli bir özellik olan yüksek karlılıktır. " $Q_1 A_1 MÜŞ A_2 R_1 Q_2 A_3 ÜRN.$ " özet formunda $A_2 = \text{yüksekKar}$ özetleyicisi ve $Q_1 = \text{çoğu}$ niceleyicisi olsun. İndirgenmiş 15 dilsel özet ve bunların doğruluk dereceleri Çizelge 5.6'da gösterilmektedir. Çizelge 5.3'teki ürünlerin tüm A_3 özellikleri için #1-5 arasındaki dilsel özetler üretilmiştir. Bu nedenle altta yatan anlam özelliğine göre #1-5 arası dilsel özetleri tek bir dilsel özet ile yorumlamak mümkündür [17]. Yorumlama sonucu elde edilen dilsel özetin doğruluk derecesi öncekilerin minimumu ile bulunur. Dolayısıyla elde edilen dilsel özet "Çoğu motor üreticisi müşteri bazı ürünleri yüksek karla satın alır. [1,00]" formunda olur. Benzer şekilde #6-10 ve #11-15 arası dilsel özetler de yorumlanarak sırasıyla "otomotiv sektöründeki çoğu müşteri bazı ürünleri yüksek karla satın alır. [0,75]" ve "Çoğu yüksek güvenilir müşteri bazı ürünleri yüksek karla satın alır. [0,71]" dilsel özetleri elde edilir.

Çizelge 5.6. $(MÜŞ \xrightarrow{R_1} ÜRN)$ metayolunda $A_2 = yüksekKar$ ve $Q_1 = çoğu$ olan dilsel özetler

#	Dilsel Özet	T_1
1	Çoğu motor üreticisi müşteri bazı rulmanları yüksek karla satın alır.	1,00
2	Çoğu motor üreticisi müşteri bazı yüzükleri yüksek karla satın alır.	1,00
3	Çoğu motor üreticisi müşteri bazı silindirleri yüksek karla satın alır.	1,00
4	Çoğu motor üreticisi müşteri bazı standart ürünleri yüksek karla satın alır.	1,00
5	Çoğu motor üreticisi müşteri bazı özel ürünleri yüksek karla satın alır.	1,00
6	Çoğu otomotiv sektöründeki müşteri bazı rulmanları yüksek karla satın alır.	0,75
7	Çoğu otomotiv sektöründeki müşteri bazı yüzükleri yüksek karla satın alır.	0,75
8	Çoğu otomotiv sektöründeki müşteri bazı silindirleri yüksek karla satın alır.	0,75
9	Çoğu otomotiv sektöründeki müşteri bazı standart ürünleri yüksek karla satın alır.	0,75
10	Çoğu otomotiv sektöründeki müşteri bazı özel ürünleri yüksek karla satın alır.	0,75
11	Çoğu yüksek güvenilir müşteri bazı rulmanları yüksek karla satın alır.	0,71
12	Çoğu yüksek güvenilir müşteri bazı yüzükleri yüksek karla satın alır.	0,71
13	Çoğu yüksek güvenilir müşteri bazı silindirleri yüksek karla satın alır.	0,71
14	Çoğu yüksek güvenilir müşteri bazı standart ürünleri yüksek karla satın alır.	0,71
15	Çoğu yüksek güvenilir müşteri bazı özel ürünleri yüksek karla satın alır.	0,71

Aynı yaklaşımla Çizelge 5.5'teki diğer metayollardaki önemli özellikler hakkında üretilen ilk dilsel özetler yorumlanmıştır ve nihai dilsel özetler Çizelge 5.7'de sunulmaktadır. $(MÜŞ \xrightarrow{R_1} ÜRN)$ metayolunda yüksek karlılık, yüksek görünürlük ve yüksek hacim incelenmiştir.

Uygulama, sektör ve güven gibi müşteri özelliklerinin karlılık için önemli olduğu, ürün özelliklerinin ise önemli olmadığı tespit edilmiştir. Yüksek görünürlük için uygulama ve sektör gibi müşteri özellikleri önemlidir. Yüksek hacim için ne müşteri özellikleri ne de ürün

özellikleri önemlidir. $(TED \xrightarrow{R_2} HAM)$ metayolunda düşük temin zamanı incelenmiştir.

Tedarikçinin çeviklik seviyesinin temin zamanı için önemli olduğu ancak hammadde

özelliklerinin önemli olmadığı tespit edilmiştir. $(HAM \xrightarrow{R_3} ÜRN)$ metayolunda yüksek kalite,

düşük maliyet ve yüksek verim incelenmiştir. Yüksek kalite için durum ve ürün grubu gibi

ürün özelliklerinin önemli olduğu, hammadde özelliklerinin ise önemli olmadığı tespit

edilmiştir. Düşük maliyet için durum ve ürün grubu gibi ürün özellikleri önemlidir. Yüksek

verim için ne ürün özellikleri ne de hammadde özellikleri önemlidir. $(MÜŞ \xrightarrow{R_1} ÜRN$

$\xrightarrow{R_3} HAM)$ ve $(TED \xrightarrow{R_2} HAM \xrightarrow{R_3} ÜRN)$ metayolları üzerinde eşik değeri aşan daha az dilsel

özet olduğundan yorumlanabilir özetler de sınırlıdır. Sınırlı sayıdaki özete göre, nesne

türlerinin herhangi bir özelliği kalite, temin zamanı ve maliyet açısından önemli bulunmamıştır.

Çizelge 5.7. Çizelge 5.5'teki metayollar üzerinde önemli özelliklere ait nihai dilsel özetler

Metayol	#	Dilsel Özet	T_1
$(MÜŞ \xrightarrow{R_1} ÜRN)$	1	Çoğu motor üreticisi müşteri bazı ürünleri yüksek karla satın alır.	1,00
	2	Çoğu otomotiv sektöründeki müşteri bazı ürünleri yüksek karla satın alır.	0,75
	3	Çoğu yüksek güvenilir müşteri bazı ürünleri yüksek karla satın alır.	0,71
	4	Otomobil üreticisi müşterilerin yaklaşık yarısı bazı ürünleri yüksek görünürlükte satın alır.	0,86
	5	Otomotiv sektöründeki müşterilerin yaklaşık yarısı silindir hariç bazı ürünleri yüksek görünürlükte satın alır.	0,78
	6	Çeşitli müşteriler çeşitli ürünleri yüksek hacimde satın alır.	0,90
$(TED \xrightarrow{R_2} HAM)$	7	Çoğu çok çevik tedarikçi bazı hammaddeleri düşük temin zamanında tedarik eder.	1,00
	8	Çoğu çok çevik tedarikçi bazı mühürleri düşük temin zamanında tedarik eder.	0,80
$(HAM \xrightarrow{R_3} ÜRN)$	9	Çoğu standart ürün bazı hammaddelerden yüksek kalite ile oluşur.	0,94
	10	Çoğu rulman bazı hammaddelerden yüksek kalite ile oluşur.	0,91
	11	Çoğu rulman bazı hammaddelerden düşük maliyet ile oluşur.	1,00
	12	Çoğu silindir bazı hammaddelerden düşük maliyet ile oluşur.	1,00
	13	Çoğu standart ürün bazı hammaddelerden düşük maliyet ile oluşur.	0,96
	14	Çoğu ürün bazı hammaddelerden yüksek verim ile oluşur.	1,00
$(MÜŞ \xrightarrow{R_1} ÜRN \xrightarrow{R_3} HAM)$	15	Çeşitli müşteriler çeşitli hammaddelerden orta kalite ile oluşan ürünleri satın alırlar.	0,81
$(TED \xrightarrow{R_2} HAM \xrightarrow{R_3} ÜRN)$	16	Çeşitli tedarikçiler çeşitli ürünleri çok yüksek maliyet ile oluşturan hammaddeleri yüksek temin zamanında tedarik eder.	0,74

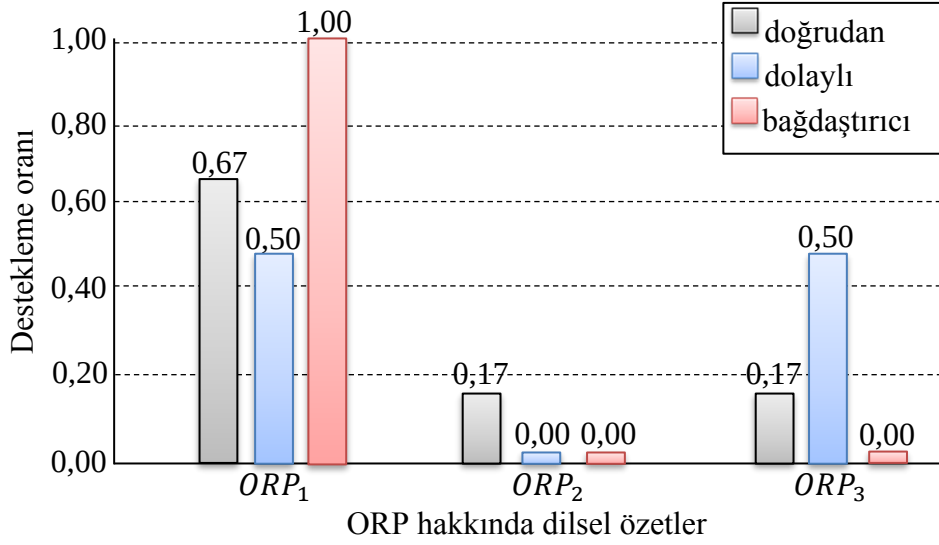
Bunlara ek olarak, güven ilişkileri ile ilgili sonuçlar da Bölüm 5.1'de ilgili çalışmalarla karşılaştırılmak üzere detaylı olarak incelenmiştir. Daha önce bahsedildiği gibi karlılık, görünürlük ve satış ORP'nin ölçütleridir. Güven ile bu ölçüler arasındaki ilişki $(MÜŞ$

$\xrightarrow{R_1} \text{ÜRN}$) metayolu üzerinde incelenmiştir. Müşteri güveni ve ORP açısından sonuçlar ($ORP_1 - ORP_3$) Çizelge 5.8’de sunulmaktadır.

Çizelge 5.8. Müşteri güveni ile ORP

#	Dilsel Özet	T_1
ORP_1	Çoğu yüksek güvenilir müşteri bazı ürünleri yüksek karla satın alır.	0,71
ORP_2	Yüksek güvenilir müşterilerin yaklaşık yarısı bazı ürünleri yüksek görünürlükte satın alır.	0,69
ORP_3	Bazı yüksek güvenilir müşteriler bazı ürünleri yüksek hacimde satın alır.	0,96

Güvenin ORP üzerindeki doğrudan etkisi incelendiğinde, ORP_1 altı hipotezden dördünü [142, 143, 146, 151], ORP_2 altı hipotezden birini [148] ve ORP_3 altı hipotezden birini desteklemektedir [154]. Bazı çalışmalar güvenin TZAP’yi doğrudan etkileyip etkilemediğini incelemese de dolaylı olarak bu çıkarımı yapabiliriz. Güvenin ORP üzerindeki dolaylı etkisi incelendiğinde, ORP_1 dört hipotezden ikisini [163, 164], ORP_3 ise dört hipotezden diğer ikisini desteklemektedir [157, 159]. ORP_2 ’yi destekleyen veya karşıt olan herhangi bir çalışma bulunamamıştır. Doğrudan veya dolaylı etkinin haricinde başka bir çalışmada ise güvenin TZAP üzerinde bağdaştırıcı bir rol oynadığı öne sürülmüştür [141]. ORP_1 bu hipotezi desteklerken, ORP_2 ve ORP_3 desteklememektedir. ORP_{1-3} ile güvenin doğrudan, dolaylı ve bağdaştırıcı etkisine ilişkin hipotezlerin destek yüzdesi, Şekil 5.5’te histogramlarla gösterilmektedir. ORP ölçülerinden karlılık üzerinde güvenin oldukça etkili olduğu görülmektedir.



Şekil 5.5. ORP_{1-3} tarafından hipotezlerin desteklenme oranı

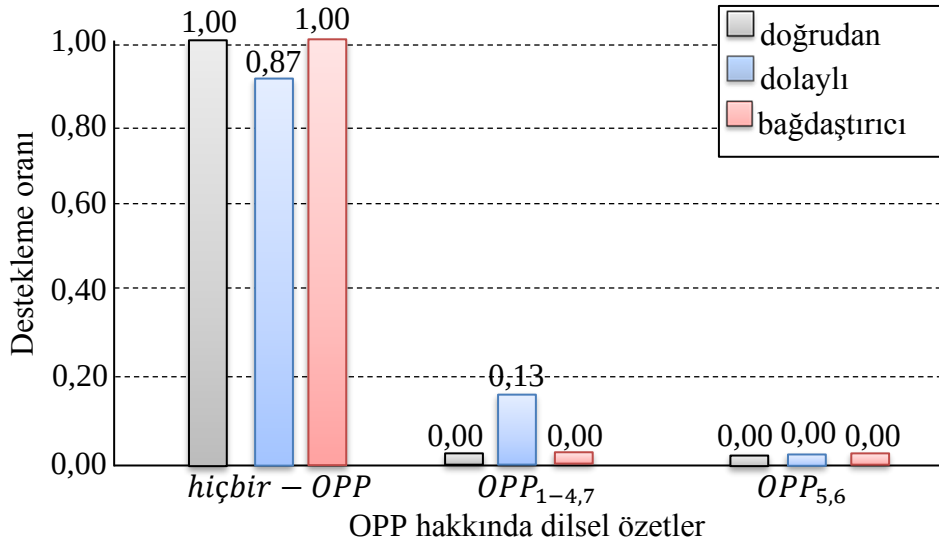
Temin zamanı, verimlilik, maliyet ve kalite OPP'nin ölçütleridir. Güven ve bu ölçüler arasındaki ilişki $(TED \xrightarrow{R_2} HAM)$, $(MÜŞ \xrightarrow{R_1} ÜRN \xrightarrow{R_3} HAM)$ ve $(TED \xrightarrow{R_2} HAM \xrightarrow{R_3} ÜRN)$ metayollarında incelenmiştir. Tedarikçi ve müşteri güveni ve OPP açısından sonuçlar ($OPP_1 - OPP_7$) Çizelge 5.9'da sunulmaktadır.

Çizelge 5.9. Tedarikçi ve müşteri güveni ile OPP

#	Dilsel özet	T_1
OPP_1	Bazı yüksek güvenilir tedarikçiler bazı hammaddeleri düşük temin zamanında tedarik ederler.	0,99
OPP_2	Çoğu yüksek güvenilir müşteri bazı hammaddelerden yüksek verimle oluşan ürünleri satın alır.	0,02
OPP_3	Çoğu yüksek güvenilir müşteri bazı hammaddelerden düşük maliyetle oluşan ürünleri satın alır.	0,02
OPP_4	Çoğu yüksek güvenilir müşteri bazı hammaddelerden yüksek kalite ile oluşan ürünleri satın alır.	0,02
OPP_5	Yüksek güvenilir tedarikçilerin yaklaşık yarısı bazı ürünleri yüksek verim ile oluşturan hammaddeleri tedarik eder.	0,39
OPP_6	Yüksek güvenilir tedarikçilerin yaklaşık yarısı bazı ürünleri düşük maliyetle oluşturan hammaddeleri tedarik eder.	0,52
OPP_7	Çoğu yüksek güvenilir tedarikçi bazı ürünleri yüksek kalitede oluşturan hammaddeleri tedarik eder.	0,04

Güvenin OPP üzerindeki doğrudan etkisi incelendiğinde, OPP_{1-7} 'yi destekleyen herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Güvenin OPP üzerindeki dolaylı etkisi incelendiğinde, $OPP_{1-4,7}$ sekiz hipotezden birini desteklemektedir [159]. $OPP_{5,6}$ 'yı destekleyen ya da karşı

çıkan hiçbir çalışma bulunamamaktadır. Güvenin OPP üzerindeki bağdaştırıcı etkisi incelendiğinde, OPP_{1-7} 'yi destekleyen herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. OPP_{1-7} ile güvenin doğrudan, dolaylı ve düzenleyici etkisine ilişkin hipotezler için destek yüzdesi, Şekil 5.6'da histogramlarla gösterilmektedir. Güvenin OPP üzerinde neredeyse hiç etkili olmadığı görülmektedir.



Şekil 5.6. OPP_{1-7} tarafından hipotezlerin desteklenme oranı

Çizelge 5.9'daki dilsel özetler doğruluk derecesi açısından yeniden yorumlanabilir. Bunun için doğruluk derecesi sıfıra yakın olan dilsel özetler 'neredeyse hiç kanıt yok' ifadesiyle birleştirilerek doğruluk derecesinden bağımsız hale getirilebilir. Benzer şekilde doğruluk derecesi 0,50'ye yakın olan dilsel özetler 'bazı kanıtlar var' ifadesiyle ve doğruluk derecesi 1'e yakın olan dilsel özetler 'güçlü kanıt var' ifadesiyle birleştirilebilir. Yeniden yorumlanan dilsel özetler Çizelge 5.10'da sunulmaktadır.

Çizelge 5.10. OPP ile ilgili yeniden yorumlanan dilsel özetler

#	Dilsel özet
<i>OPP₁</i>	Bazı yüksek güvenilir tedarikçilerin bazı hammaddeleri düşük temin zamanında tedarik ettiğine dair güçlü kanıt vardır.
<i>OPP₂</i>	Çoğu yüksek güvenilir müşterinin bazı hammaddelerden yüksek verimle oluşan ürünleri satın aldığına dair neredeyse hiç kanıt yoktur.
<i>OPP₃</i>	Çoğu yüksek güvenilir müşterinin bazı hammaddelerden düşük maliyetle oluşan ürünleri satın aldığına dair neredeyse hiç kanıt yoktur.
<i>OPP₄</i>	Çoğu yüksek güvenilir müşterinin bazı hammaddelerden yüksek kalite ile oluşan ürünleri satın aldığına dair neredeyse hiç kanıt yoktur.
<i>OPP₅</i>	Yüksek güvenilir tedarikçilerin yaklaşık yarısının bazı ürünleri yüksek verim ile oluşturan hammaddeleri tedarik ettiğine dair bazı kanıtlar vardır.
<i>OPP₆</i>	Yüksek güvenilir tedarikçilerin yaklaşık yarısının bazı ürünleri düşük maliyetle oluşturan hammaddeleri tedarik ettiğine dair bazı kanıtlar vardır.
<i>OPP₇</i>	Çoğu yüksek güvenilir tedarikçinin bazı ürünleri yüksek kalitede oluşturan hammaddeleri tedarik ettiğine dair neredeyse hiç kanıt yoktur.

Dilsel özetlerin yorumlanabilirliği ile ilgili incelemeleri de özetlemek gerekirse önce bireysel bazda puana dayalı bir eşik değer uygulanmıştır. Daha sonra cümle kümeleri bazında aktarılan bilgiler açısından incelenmiştir. Altta yatan anlam özelliğinden dolayı bir grup cümle tek bir cümlede ifade edilmiştir. Aynı zamanda az önce bahsedilen gruptaki ilk cümleler kaldırıldığı için artıksızlık da sağlanmıştır. Bunlara ek olarak dilsel özetler niceleyici ve doğruluk derecesi açısından yeniden yorumlanmıştır. Böylece, Bölüm 3.2.3'te bahsedilen yorumlanabilirlik araçlarının çoğu gerçek vaka çalışması üzerinde uygulanmıştır.

6. SONUÇLAR

Büyük veri kümelerinden elde edilen bilgiler belirli amaçları gerçekleştirmek için karar vericiler tarafından kullanılır. Veriden bilgi edinme süreciyle ilgili çalışmalar veri madenciliğinin konusudur. Veri madenciliğindeki tanımlayıcı yöntemlerden birisi olan dilsel özetleme, bulanık kümeler yardımıyla veriden kolay anlaşılabilir doğal dil ifadeleri üretir. Günümüzde karar verme problemleri karmaşık ağ yapılarıyla modellendiğinden dilsel özetlemenin de ağ verisinde kullanılabilir olması bir gereklilik haline gelmektedir.

Teknolojik gelişmeler, küreselleşme ve tüketimin artmasıyla birlikte TZA'lar önemli bir çalışma alanı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu tez çalışmasında ilk olarak tek amaçlı TZA tasarımı için gerçek veri seti üzerinde karar vericiye destek olmak üzere dilsel özetleme uygulanmıştır. Hem düğüm özelliklerinin hem de bağlantı özelliklerinin dikkate alındığı bu uygulamaya kadar sosyal ağlarla sınırlı olan dilsel özetleme ilk kez TZA'ya uygulanmıştır. İkinci olarak farklı bir veri setinde hem tek amaçlı hem de iki amaçlı TZA tasarımı için bir önceki değerlendirme yöntemi bulanık kardinaliteye genişletilmiştir. Çok sayıda alternatif TZA tasarımını kolayca analiz edebilmek için dilsel özetler kelime bulutları ile görselleştirilmiştir. Böylece çarpıcı bilgilerin algılanmasına katkıda bulunulmuştur. Ayrıca dinamik koşullar söz konusu olduğunda olası tüm sonuçları görme fırsatı karar vericiye sağlanmıştır.

Nesnelerin veya bağlantıların tek tipe ait olmadığı gerçek dünya problemlerinin çözümünde homojen ağlar için geliştirilen yöntemlerin kullanılması bilgi kayıplarına sebep olacağından üçüncü olarak bir sonraki aşamada TZA'lar HBA olarak modellenmiştir. Literatürde ilk defa gerçekleştirilen bu modelleme sayesinde ürün ve hammadde gibi nesne türlerinin TZA'da hariç tutulmasından kaynaklanan bilgi kaybı giderilmiştir. HBA ile modellemenin bir avantajı olarak düğüm özellikleri ve bağlantı özellikleri arasındaki etkileşimler analiz edilebilmiştir. HBA'daki metayollar üzerinde iki düğümlü ve üç düğümlü dilsel özet formları geliştirilmiştir. Son zamanlarda TZY uygulamalarıyla birlikte TZA işbirlikçileri arasındaki ilişkilerin TZAP'yi hem operasyonel hem organizasyonel seviyede nasıl etkilediği önemli bir konu haline gelmiştir. Sistematik bir literatür taraması ile TZA işbirlikçileri arasındaki güvenin TZAP üzerine doğrudan, dolaylı ve bağdaştırıcı etkileri için anket uygulamalarından geliştirilen hipotezler çıkarılmıştır. Kişisel algılara dayalı mevcut

Çalışmaların eksikliğini gidermek üzere otomotiv sektöründe gerçek bir uygulama yapılmıştır. Literatürle uyumlu olan veya çelişen hipotezler raporlanmıştır. Elde edilen bulgular nicel yöntemle elde edilmiş olsa da tek bir firmaya ait olduğundan sınırlıdır. Araştırma farklı sektörlerde tekrar edildiğinde farklı sonuçlar elde edilebileceği unutulmamalıdır.

Dilsel özetlerin yorumlanabilirliği de üretilen özetlerin kalitesini arttırdığı için literatürde son zamanlarda ne çıkan konulardan birisidir. Dördüncü olarak literatürde önerilen yorumlanabilirlik özellikleri ilk kez gerçek bir veri seti üzerinde test edilmiştir.

Karmaşık ağlar alanında gelecek çalışmalarda önerilen zet formları ve değerlendirme yaklaşımları teknolojik ağlar, sosyal ağlar veya biyolojik ağlara uygulanabilir. Bunun yanı sıra ağ seviyesinde istatistiksel ölçüler hesaplamaya dahil edilerek sonuçlar dilsel özetlerle ifade edilebilir.

Dilsel zetleme alanında gelecek çalışmalarda daha zengin özetler üretmek amacıyla dilsel zetleri bağlaçlarla birleştiren karmaşık cümle yapıları retiler. Ayrıca belirsizliği farklı açıdan ele alması sebebiyle kullanılan yaklaşımlar tip-2 bulanık kümelere genişletilebilir.

TZA tasarımı alanında karar vericiye destek olması için tasarım amaçlarına göre geliştirilen zet yapıları çeşitlendirilebilir, karar vermede etkili olabilecek konum faktörü, para birimi faktörü, stokastik veya dinamik durumlar dahil edilebilir.

TZY alanında gelecek çalışmalarda güven dışında işbirliği, bilgi paylaşımı vb. gibi unsurların TZAP zerine etkisi değerlendirilebilir. Ayrıca otomotiv sektöründe uygulanan araştırma farklı sektörlerde test edilebilir.

Dilsel özetlerin görselleştirilmesi alanında gelecek çalışmalarda kelime bulutları dışında kelime köprüleri, ağaç diyagramları vb. farklı görsel ara yzler kullanılabilir.

KAYNAKLAR

1. Vercellis, C. (2009). *Business intelligence*. United Kingdom: John Wiley & Sons, 3-4.
2. Han, J., Kamber, M. and Pei, J. (2012). *Data mining: Concepts and techniques*. USA: Morgan Kaufmann, 4-6.
3. Yager, R. R. (1982). A new approach to the summarization of data. *Information Sciences*, 28 (1), 69-86.
4. Wilbik, A., Keller, J. M. and Alexander, G. L. (2011). *Linguistic summarization of sensor data for eldercare*. IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, Anchorage, Alaska USA, 2595-2599.
5. Jain, A., Popescu, M., Keller, J., Rantz, M. and Markway, B. (2019). Linguistic summarization of in-home sensor data. *Journal of Biomedical Informatics*, 96, 103240.
6. Kacprzyk, J. and Zadrozny, S. (2016). Fuzzy logic-based linguistic summaries of time series: A powerful tool for discovering knowledge on time varying processes and systems under imprecision. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 6 (1), 37-46.
7. Kaczmarek-Majer, K. and Hryniewicz, O. (2019). Application of linguistic summarization methods in time series forecasting. *Information Sciences*, 478, 580-594.
8. Kacprzyk, J. and Yager, R. R. (2001). Linguistic summaries of data using fuzzy logic. *International Journal of General Systems*, 30 (2), 133-154.
9. Yager, R. R. and Yager, R. L. (2013). *Social networks: Querying and sharing mined information*. 46th Hawaii International Conference on System Sciences, Maui, Hawaii USA, 1435-1442.
10. Genç, S., Akay, D., Boran, F. E. and Yager, R. R. (2020). Linguistic summarization of fuzzy social and economic networks: An application on the international trade network. *Soft Computing*, 24 (2), 1511-1527.
11. Yager, R. R. (2010). Concept representation and database structures in fuzzy social relational networks. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans*, 40 (2), 413-419.
12. Shi, C., Li, Y., Zhang, J., Sun, Y. and Yu, P. S. (2017). A survey of heterogeneous information network analysis. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 29 (1), 17-37.
13. 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, 49-88.
14. Keenan, E. L. and Westerstahl, D. (1997). Generalized quantifiers in linguistics and logic. In van Benthem, J. and ter Meulen, A. (Eds.), *Handbook of logic and language*. Amsterdam. North Holland, 837-893.

15. Alonso, J. M., Ramos-Soto, A., Reiter, E. and van Deemter, K. (2017). *An exploratory study on the benefits of using natural language for explaining fuzzy rule-based systems*. 2017 IEEE International Conference on Fuzzy Systems, Naples, Italy, 1-6.
16. Alonso, J. M., Castiello, C. and Mencar, C. (2015). Interpretability of fuzzy systems: Current research trends and prospects. In Kacprzyk, J. and Pedrycz, W. (Eds.), *Handbook of computational intelligence*. Springer, 219-237.
17. Lesot, M.-J., Moyse, G. and Bouchon-Meunier, B. (2016). Interpretability of fuzzy linguistic summaries. *Fuzzy Sets and Systems*, 292, 307-317.
18. Ramos-Soto, A. and Pereira-Fariña, M. (2018). *Reinterpreting interpretability for fuzzy linguistic descriptions of data*. 17th International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems, Cádiz, Spain, 1-12.
19. Bondy, J. A. and Murty, U. S. R. (1976). *Graph theory with applications*. Britain: The Macmillan Press, 1-31.
20. Euler, L. (1741). *Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis*. *Euler Archive - All Works*, 53, 128-140.
21. Barabasi, A. L. (2016). *Network science personal introduction*. United Kingdom: Cambridge University Press, 42-160.
22. Estrada, E. (2011). *The structure of complex networks: Theory and applications*. Oxford: Oxford University Press, 27-30.
23. Wasserman, S. and Faust, K. (1994). *Social network analysis: Methods and applications*. USA: Cambridge University Press, 177-192.
24. Freeman, L. C. (1979). Centrality in social networks conceptual clarification. *Social networks*, 1 (3), 215-239.
25. Bonacich, P. (1987). Power and centrality: A family of measures. *American journal of sociology*, 92 (5), 1170-1182.
26. İnternet: Social network analysis diagrams. Web: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.fmsasg.com%2Ffmsasg%2FSocialNetworkAnalysis&date=2016-08-07> Son Erişim Tarihi: 23.05.2021.
27. Newman, M. E. J. (2003). The structure and function of complex networks. *SIAM Review*, 45 (2), 167-256.
28. Newman, M. (2010). *Networks: An introduction*. USA: Oxford University Press, 17-106.
29. Milgram, S. (1967). The small world problem. *Psychology today*, 2 (1), 60-67.
30. Erdos, P. and Rényi, A. (1959). On random graphs. *Publicationes Mathematicae Debrecen*, 6, 290-297.

31. Sun, Y. and Han, J. (2012). Mining heterogeneous information networks: Principles and methodologies. In Han, J., et al. (Eds.), *Synthesis Lectures on Data Mining and Knowledge Discovery*, Morgan & Claypool Publishers, 1-159.
32. Sun, Y., Han, J., Yan, X., Yu, P. S. and Wu, T. (2011). Pathsim: Meta path-based top-k similarity search in heterogeneous information networks. *Proceedings of the VLDB Endowment*, 4 (11), 992-1003.
33. Yang, Y., Chawla, N., Sun, Y. and Hani, J. (2012). *Predicting links in multi-relational and heterogeneous networks*. IEEE International Conference on Data Mining, Brussels, Belgium, 755-764.
34. Tang, L., Liu, H., Zhang, J. and Nazeri, Z. (2008). *Community evolution in dynamic multi-mode networks*. The 14th International conference on Knowledge discovery and data mining, Las Vegas, Nevada USA, 677-685.
35. Zhong, E., Fan, W., Wang, J., Xiao, L. and Li, Y. (2012). *Comsoc: Adaptive transfer of user behaviors over composite social network*. The 18th International conference on Knowledge discovery and data mining, Beijing, China, 696-704.
36. Zhong, E., Fan, W., Zhu, Y. and Yang, Q. (2013). *Modeling the dynamics of composite social networks*. The 19th International conference on Knowledge discovery and data mining, Chicago, Illinois USA, 937-945.
37. Kim, J. and Wilhelm, T. (2008). What is a complex graph? *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 387 (11), 2637-2652.
38. Long, B., Wu, X., Zhang, Z. and Yu, P. S. (2006). *Unsupervised learning on k-partite graphs*. The 12th International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, Philadelphia, Pennsylvania USA, 317-326.
39. Kong, X., Zhang, J. and Yu, P. S. (2013). *Inferring anchor links across multiple heterogeneous social networks*. The 22nd International Conference on Information and Knowledge Management, San Francisco, California USA, 179-188.
40. Zou, L., Özsu, M. T., Chen, L., Shen, X., Huang, R. and Zhao, D. (2013). Gstore: A graph-based sparql query engine. *The VLDB Journal*, 23 (4), 565-590.
41. Jeh, G. and Widom, J. (2002). *Simrank: A measure of structural-context similarity*. The 8th International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, Edmonton Alberta, Canada, 538-543.
42. Leong Hou, U., Yao, K. and Mak, H. F. (2014). Pathsimext: Revisiting pathsim in heterogeneous information networks. In Li, F., et al. (Eds.), *Web-Age Information Management. WAIM 2014. Lecture Notes in Computer Science*, Springer International Publishing, 38-42.
43. Shi, C., Kong, X., Huang, Y., S. Yu, P. and Wu, B. (2014). Hetesim: A general framework for relevance measure in heterogeneous networks. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 26 (10), 2479-2492.

44. Li, C., Sun, J., Xiong, Y. and Zheng, G. (2014). An efficient drug-target interaction mining algorithm in heterogeneous biological networks. In Peng, W. C., et al. (Eds.), *Trends and Applications in Knowledge Discovery and Data Mining. PAKDD 2014. Lecture Notes in Computer Science*, Springer International Publishing, 65-76.
45. Meng, X., Shi, C., Li, Y., Zhang, L. and Wu, B. (2014). Relevance measure in large-scale heterogeneous networks. In Chen, L., et al. (Eds.), *Web Technologies and Applications. APWeb 2014. Lecture Notes in Computer Science*, Springer, 636-643.
46. Xiong, Y., Zhu, Y. and Yu, P. S. (2015). Top-k similarity join in heterogeneous information networks. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 27 (6), 1710-1723.
47. Wang, C., Sun, Y., Song, Y., Han, J., Song, Y., Wang, L. and Zhang, M. (2016). *Relsim: Relation similarity search in schema-rich heterogeneous information networks*. The 16th Society for Industrial and Applied Mathematics International Conference on Data Mining, Miami, Florida USA, 621-629.
48. Sun, Y., Han, J., Zhao, P., Yin, Z., Cheng, H. and Wu, T. (2009). *Rankclus: Integrating clustering with ranking for heterogeneous information network analysis*. 12th International Conference on Extending Database Technology: Advances in Database Technology, Saint Petersburg, Russia, 565-576.
49. Sun, Y., Yu, Y. and Han, J. (2009). *Ranking-based clustering of heterogeneous information networks with star network schema*. The 15th International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, Paris, France, 797-805.
50. Wang, R., Shi, C., Yu, P. S. and Wu, B. (2013). Integrating clustering and ranking on hybrid heterogeneous information network. In Pei, J., et al. (Eds.), *Advances in Knowledge Discovery and Data Mining. PAKDD 2013. Lecture Notes in Computer Science*, Springer, 583-594.
51. Shi, C., Wang, R., Li, Y., Yu, P. S. and Wu, B. (2014). *Ranking-based clustering on general heterogeneous information networks by network projection*. The 23rd International Conference on Information and Knowledge Management, Shanghai, China, 699-708.
52. Chen, J., Dai, W., Sun, Y. and Dy, J. (2015). *Clustering and ranking in heterogeneous information networks via gamma-poisson model*. Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM) International Conference on Data Mining, Vancouver, British Columbia, Canada, 424-432.
53. Aggarwal, C. C., Xie, Y. and Yu, P. S. (2011). *Towards community detection in locally heterogeneous networks*. Proceedings of the 11th Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM) International Conference on Data Mining, Mesa, Arizona USA, 391-402.
54. Sun, Y., Aggarwal, C. C. and Han, J. (2012). Relation strength-aware clustering of heterogeneous information networks with incomplete attributes. *Proceedings of the VLDB Endowment*, 5 (5), 394-405.

55. Sun, Y., Norick, B., Han, J., Yan, X., Yu, P. S. and Yu, X. (2012). *Integrating meta-path selection with user-guided object clustering in heterogeneous information networks*. The 18th International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, Beijing, China, 1348-1356.
56. Gupta, M., Gao, J. and Han, J. (2013). Community distribution outlier detection in heterogeneous information networks. In Blockeel, H., et al. (Eds.), *Machine Learning and Knowledge Discovery in Databases. ECML PKDD 2013. Lecture Notes in Computer Science*, Springer-Verlag, 557-573.
57. Gupta, M., Gao, J., Yan, X., Cam, H. and Han, J. (2013). *On detecting association-based clique outliers in heterogeneous information networks*. International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining, Niagara Ontario, Canada, 108-115.
58. Kuck, J., Zhuang, H., Yan, X., Cam, H. and Hant, J. (2015). *Query-based outlier detection in heterogeneous information networks*. 18th International Conference on Extending Database Technology, Brussels, Belgium, 325-336.
59. Zhuang, H., Zhang, J., Brova, G., Tang, J., Cam, H., Yan, X. and Han, J. (2015). *Mining query-based subnetwork outliers in heterogeneous information networks*. IEEE International Conference on Data Mining, Atlantic City, New Jersey USA, 1127-1132.
60. Ji, M., Sun, Y., Danilevsky, M., Han, J. and Gao, J. (2010). Graph regularized transductive classification on heterogeneous information networks. In Balcazar, J. L., et al. (Eds.), *Machine Learning and Knowledge Discovery in Databases. ECML PKDD 2010. Lecture Notes in Computer Science*, Springer, 570-586.
61. Ji, M., Han, J. and Danilevsky, M. (2011). *Ranking-based classification of heterogeneous information networks*. The 17th International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, San Diego, California USA, 1298-1306.
62. Chen, S. D., Chen, Y. Y., Han, J. and Moulin, P. (2013). *A feature-enhanced ranking-based classifier for multimodal data and heterogeneous information networks*. IEEE International Conference on Data Mining, Dallas, Texas USA, 997-1002.
63. Angelova, R., Kasneci, G. and Weikum, G. (2011). Graffiti: Graph-based classification in heterogeneous networks. *World Wide Web*, 15 (2), 139-170.
64. Kong, X., Cao, B. and Yu, P. S. (2013). *Multi-label classification by mining label and instance correlations from heterogeneous information networks*. The 19th International conference on Knowledge discovery and data mining, Chicago, Illinois USA, 614-622.
65. Luo, C., Guan, R., Wang, Z. and Lin, C. (2014). Hetpathmine: A novel transductive classification algorithm on heterogeneous information networks. In de Rijke, M., et al. (Eds.), *Advances in Information Retrieval. ECIR 2014. Lecture Notes in Computer Science*, Springer, 210-221.
66. Kong, X., Yu, P. S., Ding, Y. and Wild, D. J. (2012). *Meta path-based collective classification in heterogeneous information networks*. The 21st International Conference on Information and Knowledge Management, Maui, Hawaii USA, 1567-1571.

67. Wang, C., Song, Y., Li, H., Zhang, M. and Han, J. (2016). *Text classification with heterogeneous information network kernels*. The 30th Association for the Advancement of Artificial Intelligence Conference on Artificial Intelligence, Phoenix, Arizona, USA, 2130-2136.
68. Sun, Y., Barber, R., Gupta, M., Aggarwal, C. C. and Han, J. (2011). *Co-author relationship prediction in heterogeneous bibliographic networks*. International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining, Kaohsiung, Taiwan, 121-128.
69. Zhang, J., Yu, P. S. and Lv, Y. (2015). *Organizational chart inference*. The 21st International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, Sydney, Australia, 1435-1444.
70. Cao, B., Kong, X. and Yu, P. S. (2015). *Collective prediction of multiple types of links in heterogeneous information networks*. IEEE International Conference on Data Mining, Atlantic City, New Jersey USA, 50-59.
71. Sun, Y., Han, J., Aggarwal, C. C. and Chawla, N. V. (2012). *When will it happen? - relationship prediction in heterogeneous information networks*. The 5th International Conference on Web Search and Data Mining, Seattle, Washington USA, 663-672.
72. Yang, Y., Tang, J., Keomany, J., Zhao, Y., Li, J., Ding, Y., Li, T. and Wang, L. (2012). *Mining competitive relationships by learning across heterogeneous networks*. The 21st international conference on Information and knowledge management, Maui, Hawaii USA, 1432-1441.
73. Dong, Y., Tang, J., Wu, S., Tian, J., Chawla, N. V., Rao, J. and Cao, H. (2012). *Link prediction and recommendation across heterogeneous social networks*. IEEE International Conference on Data Mining, Brussels, Belgium, 181-190.
74. Zhang, J., Kong, X. and Yu, P. S. (2013). *Predicting social links for new users across aligned heterogeneous social networks*. IEEE International Conference on Data Mining, Dallas, Texas USA, 1289-1294.
75. Zhang, J., Kong, X. and Yu, P. S. (2014). *Transferring heterogeneous links across location-based social networks*. The 7th International Conference on Web Search and Data Mining, New York, USA, 303-312.
76. Aggarwal, C., Xie, Y. and Yu, P. S. (2012). *On dynamic link inference in heterogeneous networks*. Proceedings of the 12th Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM) International Conference on Data Mining, Minneapolis, Minnesota USA, 415-426.
77. Aggarwal, C. C., Xie, Y. and Yu, P. S. (2014). A framework for dynamic link prediction in heterogeneous networks. *Statistical Analysis and Data Mining: The ASA Data Science Journal*, 7 (1), 14-33.
78. Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8 (3), 338-353.
79. Klir, G. and Yuan, B. (1995). *Fuzzy sets and fuzzy logic*. New Jersey: Prentice Hall 1-55.

80. Bezdek, J. C., Ehrlich, R. and Full, W. (1984). Fcm: The fuzzy c-means clustering algorithm. *Computers & Geosciences*, 10 (2-3), 191-203.
81. Tan, P. N., Steinbach, M. and Kumar, V. (2006). *Introduction to data mining*. Boston: Pearson Addison Wesley 2-3.
82. Zadeh, L. A. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning—i. *Information Sciences*, 8 (3), 199-249.
83. Zadeh, L. A. (1978). Pruf—a meaning representation language for natural languages. *International Journal of Man-Machine Studies*, 10 (4), 395-460.
84. Zadeh, L. A. (1983). A computational approach to fuzzy quantifiers in natural languages. *Computers & Mathematics with Applications*, 9 (1), 149-184.
85. 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.
86. Delgado, M., Sánchez, D. and Vila, M. A. (1999). *A survey of methods for evaluating quantified sentences*. First European Society for Fuzzy Logic and Technologies Conference, Balearic Island, Spain, 279-282.
87. Delgado, M., Sánchez, D. and Vila, M. A. (2000). Fuzzy cardinality based evaluation of quantified sentences. *International Journal of Approximate Reasoning*, 23, 23-66.
88. Chamorro-Martínez, J., Sánchez, D., Soto-Hidalgo, J. M. and Martínez-Jiménez, P. M. (2014). A discussion on fuzzy cardinality and quantification. Some applications in image processing. *Fuzzy Sets and Systems*, 257, 85-101.
89. Yager, R. R. (1988). On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decisionmaking. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 18 (1), 183-190.
90. Yager, R. R. (1991). Fuzzy quotient operators for fuzzy relational data bases. *Fuzzy Engineering toward Human Friendly Systems*, 1, 13-15.
91. Bosc, P. and Lietard, L. (1994). *Monotonic quantified statements and fuzzy integrals*. Proceedings of the First International Joint Conference of The North American Fuzzy Information Processing Society Biannual Conference, San Antonio, Texas USA, 8-12.
92. Wu, D. R. and Mendel, J. M. (2011). Linguistic summarization using if-then rules and interval type-2 fuzzy sets. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 19 (1), 136-151.
93. Kacprzyk, J. (1999). *An interactive fuzzy logic approach to linguistic data summaries*. 18th International Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society, New York, USA, 595-599.
94. Kacprzyk, J. and Strykowski, P. (1999). *Linguistic summaries of sales data at a computer retailer via fuzzy logic and a genetic algorithm*. Congress on Evolutionary Computation, Washington DC, USA, 1-943

95. Kacprzyk, J. and Zadrozny, S. (2005). Linguistic database summaries and their protoforms: Towards natural language based knowledge discovery tools. *Information Sciences*, 173 (4), 281-304.
96. Boran, F. E., Akay, D. and Yager, R. R. (2016). An overview of methods for linguistic summarization with fuzzy sets. *Expert Systems with Applications*, 61, 356-377.
97. Sánchez, D., Delgado, M. and Vila, M.-A. (2009). Fuzzy quantification using restriction levels. In Di Gesù, V., et al. (Eds.), *Fuzzy logic and applications*. Springer Berlin Heidelberg, 28-35.
98. 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 (1), 159-175.
99. 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.
100. Rocacher, D. (2003). On fuzzy bags and their application to flexible querying. *Fuzzy Sets and Systems*, 140 (1), 93-110.
101. Lietard, L. and Rocacher, D. (2008). Evaluation of quantified statements using gradual numbers. In Galindo, J. (Eds.), *Handbook of research on fuzzy information processing in databases*, . Hershey, PA, USA. IGI Global, 246-269.
102. Rocacher, D. and Bosc, P. (2005). The set of fuzzy rational numbers and flexible querying. *Fuzzy Sets and Systems*, 155 (3), 317-339.
103. Glöckner, I. (2000). Advances in dfs theory. *TR2000-01, Technische Fakultät, Universität Bielefeld*, Bielefeld, 4-12.
104. Glöckner, I. (1997). Dfs—an axiomatic approach to fuzzy quantification. *TR97-06, Techn. Fakultät, Univ. Bielefeld*, Bielefeld, 5-11.
105. Glöckner, I. (1999). A framework for evaluating approaches to fuzzy quantification. *TR99-03, Techn. Fakultät, Univ. Bielefeld*, Bielefeld, 3-6.
106. Glöckner, I. (2009). Generalized fuzzy quantifiers and the modeling of fuzzy branching quantification. *International Journal of Intelligent Systems*, 24 (6), 624-648.
107. Díaz-Hermida, F. and Bugarín, A. (2011). *Semi-fuzzy quantifiers as a tool for building linguistic summaries of data patterns*. 2011 IEEE Symposium on Foundations of Computational Intelligence, Paris, France, 45-52.
108. Glöckner, I. (2006). *Fuzzy quantifiers: A computational theory*. Netherland: Springer-Verlag, 25-27.
109. Díaz-Hermida, F., Losada, D. E., Bugarín, 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.

110. Baldwin, J. F., Lawry, J. and Martin, T. P. (1996). A mass assignment theory of the probability of fuzzy events. *Fuzzy Sets and Systems*, 83 (3), 353-367.
111. Pilarski, D. (2011). Linguistic summarization of databases with quantirius: A reduction algorithm for generated summaries. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 18 (03), 305-331.
112. Wilbik, A. and Keller, J. M. (2012). A distance metric for a space of linguistic summaries. *Fuzzy Sets and Systems*, 208, 79-94.
113. Szymanik, J. (2016). Quantifiers and cognition logical and computational perspectives. In Condoravdi, C., et al. (Eds.), *Studies in Linguistics and Philosophy*, Springer, 1-210.
114. Peters, S. and Westerstahl, D. (2006). *Quantifiers in language and logic*. Oxford: Clarendon Press, 346-374.
115. Choi, T. Y., Dooley, K. J. and Rungtusanatham, M. (2001). Supply networks and complex adaptive systems: Control versus emergence. *Journal of Operations Management*, 19 (3), 351-366.
116. Perera, S., Perera, H. N. and Kasthurirathna, D. (2017). *Structural characteristics of complex supply chain networks*. Moratuwa Engineering Research Conference, Moratuwa, Sri Lanka, 135-140.
117. Bai, X. and Liu, Y. (2016). Robust optimization of supply chain network design in fuzzy decision system. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 27 (6), 1131-1149.
118. Tiwari, S., Wee, H. M. and Daryanto, Y. (2018). Big data analytics in supply chain management between 2010 and 2016: Insights to industries. *Computers and Industrial Engineering*, 115, 319-330.
119. Wang, G., Gunasekaran, A., Ngai, E. W. and Papadopoulos, T. (2016). Big data analytics in logistics and supply chain management: Certain investigations for research and applications. *International Journal of Production Economics*, 176, 98-110.
120. Baghalian, A., Rezapour, S. and Farahani, R. Z. (2013). Robust supply chain network design with service level against disruptions and demand uncertainties: A real-life case. *European Journal of Operational Research*, 227 (1), 199-215.
121. Hasani, A., Zegordi, S. H. and Nikbakhsh, E. (2015). Robust closed-loop global supply chain network design under uncertainty: The case of the medical device industry. *International Journal of Production Research*, 53 (5), 1596-1624.
122. Klibi, W., Martel, A. and Guitouni, A. (2010). The design of robust value-creating supply chain networks: A critical review. *European Journal of Operational Research*, 203 (2), 283-293.
123. Chiu, M.-C. and Okudan, G. (2011). An integrative methodology for product and supply chain design decisions at the product design stage. *Journal of Mechanical Design*, 133 (2), 021008.

124. Aydoğan, S., Günay, E., Akay, D. and Kremer, G. (2019). *Linguistic summarization of supply network interactions*. 10th International Symposium on Intelligent Manufacturing and Service Systems, Sakarya, Turkey, 622-632.
125. Aydoğan, S., Okudan Kremer, G. E. and Akay, D. (2021). Linguistic summarization to support supply network decisions. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 32, 1573-1586.
126. Yager, R. R. (2008). Intelligent social network analysis using granular computing. *International Journal of Intelligent Systems*, 23 (11), 1197-1219.
127. Kacprzyk, J. and Zadrozny, S. (2000). On a fuzzy querying and data mining interface. *Kybernetika*, 36 (6), 657-670.
128. 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.
129. Casasús-Estellés, T. and Yager, R. R. (2014). Fuzzy concepts in small worlds and the identification of leaders in social networks. In Laurent, A., et al. (Eds.), *Information processing and management of uncertainty in knowledge-based systems*. Montpellier, France. Springer International Publishing, 37-45.
130. Rickard, J. T. and Yager, R. R. (2013). *Perceptual computing in social networks*. 2013 Joint IFSA World Congress and NAFIPS Annual Meeting (IFSA/NAFIPS), Edmonton, Alberta, Canada,
131. 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.
132. Addo-Tenkorang, R., Helo, P. T. and Kantola, J. (2017). Concurrent enterprise: A conceptual framework for enterprise supply-chain network activities. *Enterprise Information Systems*, 11 (4), 474-511.
133. Capaldo, A. and Giannoccaro, I. (2015). Interdependence and network-level trust in supply chain networks: A computational study. *Industrial Marketing Management*, 44, 180-195.
134. Surana, A., Kumara, S., Greaves, M. and Raghavan, U. N. (2005). Supply-chain networks: A complex adaptive systems perspective. *International Journal of Production Research*, 43 (20), 4235-4265.
135. Christopher, M. (2005). *Logistics & supply chain management* (3rd Edition). Britain: Pearson Education, 5.
136. Cooper, M. C., Lambert, D. M. and Pagh, J. D. (1997). Supply chain management: More than a new name for logistics. *The international journal of logistics management*, 8 (1), 1-14.
137. Hearnshaw, E. J. and Wilson, M. M. (2013). A complex network approach to supply chain network theory. *International Journal of Operations & Production Management*, 33 (4), 442-469.

138. Pathak, S. D., Dilts, D. M. and Biswas, G. (2007). On the evolutionary dynamics of supply network topologies. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 54 (4), 662-672.
139. Li, Y., Tao, F., Cheng, Y., Zhang, X. and Nee, A. (2017). Complex networks in advanced manufacturing systems. *Journal of Manufacturing Systems*, 43, 409-421.
140. Beamon, B. M. (1999). Measuring supply chain performance. *International Journal of Operations and Production Management*, 19 (3), 275-292.
141. Li, G., Fan, H., Lee, P. K. C. and Cheng, T. C. E. (2015). Joint supply chain risk management: An agency and collaboration perspective. *International Journal of Production Economics*, 164, 83-94.
142. Yang, H., Chen, W. and Hao, Y. F. (2020). Supply chain partnership, inter-organizational knowledge trading and enterprise innovation performance: The theoretical and empirical research in project-based supply chain. *Soft Computing*, 24 (9), 6433-6444.
143. Zhou, G. L., Fei, Y. L. and Hu, J. (2016). The analysis of vertical transaction behavior and performance based on automobile brand trust in supply chain. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2016, 1-13.
144. Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J. and Moher, D. (2009). The prisma statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: Explanation and elaboration. *Journal of clinical epidemiology*, 62 (10), e1-e34.
145. Shi, X. P. and Liao, Z. Q. (2015). Inter-firm dependence, inter-firm trust, and operational performance: The mediating effect of e-business integration. *Information & Management*, 52, 943-950.
146. Akhtar, P. and Khan, Z. (2015). The linkages between leadership approaches and coordination effectiveness a path analysis of selected new zealand-uk international agri-food supply chains. *British Food Journal*, 117 (1), 443-460.
147. Jie, F., Parton, K. A. and Cox, R. J. (2013). Linking supply chain practices to competitive advantage an example from australian agribusiness. *British Food Journal*, 115 (7), 1003-1024.
148. Michalski, M., Yurov, K. M. and Botella, J. L. M. (2014). Trust and it innovation in asymmetric environments of the supply chain management process. *Journal of Computer Information Systems*, 54 (3), 10-24.
149. Odongo, W., Dora, M., Molnar, A., Ongeng, D. and Gellynck, X. (2016). Performance perceptions among food supply chain members a triadic assessment of the influence of supply chain relationship quality on supply chain performance. *British Food Journal*, 118 (7), 1783-1799.

150. Amentae, T. K., Gebresenbet, G. and Ljungberg, D. (2018). Examining the interface between supply chain governance structure choice and supply chain performances of dairy chains in ethiopia. *International Food and Agribusiness Management Review*, 21 (8), 1061-1081.
151. Rodriguez-Lopez, N., Diz-Comesana, M. E. and Mondragon, A. E. C. (2017). Exploring quality generating factors in customer-supplier relationships. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi-Mineral Resources Management*, 33 (4), 157-176.
152. Narayanan, S., Narasimhan, R. and Schoenherr, T. (2015). Assessing the contingent effects of collaboration on agility performance in buyer-supplier relationships. *Journal of Operations Management*, 33-34, 140-154.
153. Jones, S. L., Fawcett, S. E., Wallin, C., Fawcett, A. M. and Brewer, B. L. (2014). Can small firms gain relational advantage? Exploring strategic choice and trustworthiness signals in supply chain relationships. *International Journal of Production Research*, 52 (18), 5451-5466.
154. Arora, A., Arora, A., Anyu, J. and McIntyre, J. R. (2021). Global value chains' disaggregation through supply chain collaboration, market turbulence, and performance outcomes. *Sustainability*, 13 (8), 4151.
155. Zhong, Y. G., Lai, I. K. W., Guo, F. F. and Tang, H. J. (2020). Effects of partnership quality and information sharing on express delivery service performance in the e-commerce industry. *Sustainability*, 12 (20), 1-19.
156. Brinkhoff, A., Ozer, O. and Sargut, G. (2015). All you need is trust? An examination of inter-organizational supply chain projects. *Production and Operations Management*, 24 (2), 181-200.
157. Yang, J. (2014). Supply chain agility: Securing performance for chinese manufacturers. *International Journal of Production Economics*, 150, 104-113.
158. Mutonyi, S., Beukel, K., Gyau, A. and Hjortso, C. N. (2016). Price satisfaction and producer loyalty the role of mediators in business to business relationships in kenyan mango supply chain. *British Food Journal*, 118 (5), 1067-1084.
159. Susanty, A., Bakhtiar, A., Jie, F. and Muthi, M. (2017). The empirical model of trust, loyalty, and business performance of the dairy milk supply chain a comparative study. *British Food Journal*, 119 (12), 2765-2787.
160. Ryoo, S. Y. and Kim, K. K. (2015). The impact of knowledge complementarities on supply chain performance through knowledge exchange. *Expert Systems with Applications*, 42 (6), 3029-3040.
161. Nagati, H. and Rebolledo, C. (2013). Improving operational performance through knowledge exchange with customers. *Production Planning & Control*, 24 (8-9), 658-670.
162. Chen, D. Q., Preston, D. S. and Xia, W. D. (2013). Enhancing hospital supply chain performance: A relational view and empirical test. *Journal of Operations Management*, 31 (6), 391-408.

163. Wu, I. L., Chuang, C. H. and Hsu, C. H. (2014). Information sharing and collaborative behaviors in enabling supply chain performance: A social exchange perspective. *International Journal of Production Economics*, 148, 122-132.
164. Youn, S., Yang, M. G., Hong, P. and Park, K. (2013). Strategic supply chain partnership, environmental supply chain management practices, and performance outcomes: An empirical study of korean firms. *Journal of Cleaner Production*, 56, 121-130.
165. Narwane, V. S., Raut, R. D., Mangla, S. K., Gardas, B. B., Narkhede, B. E., Awasthi, A. and Priyadarshinee, P. (2020). Mediating role of cloud of things in improving performance of small and medium enterprises in the indian context. *Annals of Operations Research*, Article in Press, 1-30.
166. Devaraj, S., Vaidyanathan, G. and Mishra, A. N. (2012). Effect of purchase volume flexibility and purchase mix flexibility on e-procurement performance: An analysis of two perspectives. *Journal of Operations Management*, 30, 509-520.
167. Demiray, A., Akay, D., Tekin, S. and Boran, F. E. (2017). A holistic and structured cpfr roadmap with an application between automotive supplier and its aftermarket customer. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 91 (5), 1567-1586.
168. MATLAB (2017). 9.2.0.538062 (r2017a). Natick, Massachusetts: The MathWorks Inc.



GAZİ GELECEKTİR..