

HAZİRAN 2023

Yüksek Lisans Tezi- Matematik

SEVİL AKÇADAĞ

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

NÖTROSOFİK DEMATEL METODU VE KARAR VERME
UYGULAMALARI

MATEMATİK
YÜKSEK LİSANS TEZİ

SEVİL AKÇADAĞ
HAZİRAN 2023

**NÖTROSOFİK DEMATEL METODU VE KARAR VERME
UYGULAMALARI**

Gaziantep Üniversitesi
Matematik
Yüksek Lisans Tezi

Danışman
Prof. Dr. Memet ŞAHİN

Sevil AKÇADAĞ
HAZİRAN 2023



©2023[Gaziantep Üniversitesi]

İlgili tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilmek suretiyle tezde yer aldığını beyan ederim.

Sevil AKÇADAĞ

ABSTRACT

NEUTROSOPHIC DEMATEL METHOD AND DECISION MAKING APPLICATIONS

AKÇADAĞ, Sevil

M.Sc. in Mathematics

Supervisor: Prof. Dr. Memet ŞAHİN

June 2023

54 pages

This master thesis consists of five chapters. In the first chapter; the history of fuzzy logic, neutrosophic logic, multi-criteria decision-making methods, DEMATEL method and neutrosophic DEMATEL method were mentioned. In the second chapter, which contains general information, definitions of score and precision functions for fuzzy set, trapezoidal number, intuitionistic fuzzy set, neutrosophic set, single valued neutrosophic set, single valued trapezoidal neutrosophic number, and single valued trapezoidal neutrosophic numbers are given. In addition, in this section, the DEMATEL method was reviewed and the application steps of the DEMATEL method were examined. In the third chapter, information about the neutrosophic DEMATEL method was given and the application steps of this method were examined. In the fourth chapter, an example is given about the decision making applications of the neutrosophic DEMATEL method. The applicability of the method was demonstrated in the given example. In the last chapter, the results obtained in the thesis are given.

Key Words: Neutrosophic Sets, DEMATEL Method, Neutrosophic DEMATEL Method, Multi-Criteria Decision Making Methods

ÖZET

NÖTROSOFİK DEMATEL METODU VE KARAR VERME UYGULAMALARI

AKÇADAĞ, Sevil
Yüksek Lisans Tezi, Matematik
Danışman: Prof. Dr. Memet Şahin
Haziran 2023
54 sayfa

Bu yüksek lisans tezi beş bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde; bulanık mantık, nütrosifik mantık, çok kriterli karar verme yöntemleri, DEMATEL metodu ve nütrosifik DEMATEL metodunun tarihçesinden bahsedildi. Genel bilgilerin yer aldığı ikinci bölümde bulanık küme, bulanık yamuksal sayı, sezgisel bulanık küme, nütrosifik küme, tek değerli nütrosifik küme, tek değerli yamuksal nütrosifik sayı, tek değerli yamuksal nütrosifik sayılar için skor ve kesinlik fonksiyonlarının tanımları verildi. Ayrıca bu bölümde DEMATEL metodu gözden geçirildi, metodun uygulama adımları incelendi. Üçüncü bölümde nütrosifik DEMATEL metodu hakkında bilgi verildi ve metodun uygulama adımları incelendi. Dördüncü bölümde nütrosifik DEMATEL metodunun karar verme uygulamaları ile ilgili örnek verildi. Verilen örnekte yöntemin uygulanabilirliği gösterildi. Son bölümde ise tezde elde edilen sonuçlara yer verildi.

Anahtar Kelimeler: Nütrosifik Küme, DEMATEL Metodu, Nütrosifik DEMATEL Metodu, Çok Kriterli Karar Verme Metodları



"Canım aileme"

TEŞEKKÜR

Bu çalışma süresince tüm bilgilerini benimle paylaşan, her türlü konuda desteğini benden esirgemeyen ve tezimde büyük emeği olan, Gaziantep Üniversitesi öğretim üyelerinden danışman hocam, sayın Prof. Dr. Memet ŞAHİN' e sonsuz minnet ve teşekkürlerimi sunarım.

Bilgi ve tecrübesiyle bana yol gösteren, desteklerini benden esirgemeyen Gaziantep Üniversitesi öğretim üyelerinden değerli hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Abdullah KARGIN' a çok teşekkür ederim.

Beni zorluklarla büyüten, yaşamım boyunca bana hep yol gösteren canım annem Zübeyde ÖZTÜRK' e ve canım babam Durmuş ÖZTÜRK' e, çalışma süresince beni hep destekleyen ve güvenen çok sevdiğim biricik eşim Şenol AKÇADAĞ' a, varlığıyla bana güç veren güzel oğlum Özgür AKÇADAĞ' a ve tüm kardeşlerime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ABSTRACT	v
ÖZET.....	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
TABLolar LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xii
SEMBOLLER LİSTESİ.....	xiii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xv
BÖLÜM 1: GİRİŞ	1
BÖLÜM 2: GENEL BİLGİLER	7
2.1. Bulanık küme	7
2.1.1. Yamuksal Bulanık Sayı.....	9
2.2. Sezgisel Bulanık Küme	9
2.3. Nötrosofik Küme	13
2.4. Tek Değerli Nötrosofik Küme.....	15
2.4.1. Tek Değerli Yamuksal Nötrosofik Sayı.....	18
2.4.2. Tek Değerli Nötrosofik Sayılar İçin Skor Ve Kesinlik Fonksiyonları.....	20
2.5. DEMATEL Metodu	21
BÖLÜM 3: NÖTROSOFİK DEMATEL METODU	32
BÖLÜM 4: NÖTROSOFİK DEMATEL METODU İLE KARAR	
VERME UYGULAMASI.....	38
BÖLÜM 5: SONUÇLAR.....	47
KAYNAKLAR:	49
ÖZGEÇMİŞ:	54

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.5.1	İkili karşılaştırma ölçeği tablosu	22
Tablo 2.5.2	DEMATEL metodu birinci uzman (U_1) için kriterler arası karşılaştırma matrisi tablosu.....	25
Tablo 2.5.3	DEMATEL metodu ikinci uzman (U_2) için kriterler arası karşılaştırma matrisi tablosu.....	25
Tablo 2.5.4	DEMATEL metodu üçüncü uzman (U_3) için kriterler arası karşılaştırma matrisi tablosu.....	26
Tablo 2.5.5	DEMATEL metodu dördüncü uzman (U_4) için kriterler arası karşılaştırma matrisi tablosu.....	26
Tablo 2.5.6	DEMATEL metodu doğrudan ilişki matrisi	27
Tablo 2.5.7	DEMATEL metodu doğrudan ilişki matrisinde satır ve sütunların toplamı.....	27
Tablo 2.5.8	DEMATEL metodu normleştirilmiş doğrudan ilişki matrisi.....	28
Tablo 2.5.9	DEMATEL metodu toplam ilişki matrisi.....	28
Tablo 2.5.10	DEMATEL metodu nedensel ilişkiyi göstermek için hesaplanan önem ve ilişki eksenleri.....	29
Tablo 2.5.11	DEMATEL metodu neden-sonuç grupları.....	30
Tablo 3.1.1	Kriterler arası ikili karşılaştırma matrisi tablosu.....	33
Tablo 3.1.2	α , β ve θ dereceli kriterler arasındaki ikili karşılaştırma matrisi tablosu.....	33
Tablo 3.1.3	Karşılaştırma matrisinin net değeri örneği tablosu.....	34
Tablo 3.1.4	Tüm uzmanların ortalama görüşlerinin entegrasyonu tablosu.....	35
Tablo 4.1	Birinci uzman (U_1) için kriterler arası karşılaştırma matrisi tablosu.....	39
Tablo 4.2	İkinci uzman (U_2) için kriterler arası karşılaştırma matrisi tablosu.....	39
Tablo 4.3	Üçüncü uzman (U_3) için kriterler arası karşılaştırma matrisi tablosu.....	39

Tablo 4.4	Birinci uzman (U_1) için α , β ve θ dereceli kriterler arası ikili karşılaştırma matrisi tablosu.....	40
Tablo 4.5	İkinci uzman (U_2) için α , β ve θ dereceli kriterler arası ikili karşılaştırma matrisi tablosu.....	40
Tablo 4.6	Üçüncü uzman (U_3) için α , β ve θ dereceli kriterler arası ikili karşılaştırma matrisi tablosu.....	41
Tablo 4.7	Birinci uzman (U_1) için karşılaştırma matrisinin net değeri tablosu.....	41
Tablo 4.8	İkinci uzman (U_2) için karşılaştırma matrisinin net değeri tablosu.....	42
Tablo 4.9	Üçüncü uzman (U_3) için karşılaştırma matrisinin net değeri tablosu.....	42
Tablo 4.10	Entegrasyon matrisi tablosu.....	42
Tablo 4.11	Doğrudan ilişki matrisinde satırların toplamı.....	43
Tablo 4.12	Normalleştirilmiş doğrudan ilişki matrisi tablosu.....	43
Tablo 4.13	Toplam ilişki matrisi tablosu.....	44
Tablo 4.14	Nedensel ilişkiyi göstermek için hesaplanan önem ve ilişki eksenleri tablosu.....	44
Tablo 4.15	Neden-sonuç grupları tablosu.....	46

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1.1.1 $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ yamuksal bulanık sayısı	9
Şekil 2.4.1.1 $\tilde{a} = \langle (a_1, a_2, a_3, a_4); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \theta_{\tilde{a}} \rangle$ tek değerli yamuksal nütrosofik sayısı	19
Şekil 2.5.1 DEMATEL metodu nedensel diyagramı	31
Şekil 3.1 Nütrosofik DEMATEL metodu diyagramı.....	37
Şekil 4.1. Nütrosofik DEMATEL metodu nedensel diyagramı.....	46

SEMBOLLER LİSTESİ

$\mu_H(x)$	x 'in H kümesine ait olma derecesi
$\vartheta_H(x)$	x 'in H kümesine ait olmama derecesi
$\pi_H(x)$	x 'in H kümesindeki kararsızlık derecesi
$T_P(x)$	x 'in P kümesindeki doğruluk derecesi
$I_P(x)$	x 'in P kümesindeki belirsizlik derecesi
$F_P(x)$	x 'in P kümesindeki yanlışlık derecesi
$\cup$	Birleşim işlemi
$\cap$	Kesişim işlemi
$\setminus$	Fark işlemi
$\times$	Kartezyen çarpım
$\subseteq$	Alt küme
$<$	Küçüktür işareti
$>$	Büyüktür işareti
$\leq$	Küçük eşit işareti
$\geq$	Büyük eşit işareti
$\wedge$	ve bağlacı
$\vee$	veya bağlacı
P^c	P kümesinin tümleyeni
$\mathbb{R}$	Reel sayılar kümesi
$\tilde{a}$	a tek değerli yamuksal nörtrosofik sayısı
$\tilde{b}$	b tek değerli yamuksal nörtrosofik sayısı
$\alpha_{\tilde{a}}$	a tek değerli yamuksal nörtrosofik sayısının maksimum doğruluk-üyelik derecesi
$\theta_{\tilde{a}}$	a tek değerli yamuksal nörtrosofik sayısının minimum belirsizlik-üyelik derecesi
$\beta_{\tilde{a}}$	a tek değerli yamuksal nörtrosofik sayısının minimum yanlışlık-üyelik derecesi
A	Direkt ilişki matrisi

S	Normalleştirilmiş direkt ilişki matrisi
T	Toplam ilişki matrisi
D	Toplam ilişki matrisinde satırların toplamı
R	Toplam ilişki matrisinde sütunların toplamı
$S(\tilde{a}_{ij})$	Skor fonksiyonu
$A(\tilde{a}_{ij})$	Kesinlik fonksiyonu



KISALTMALAR LİSTESİ

AHP	Analytic Hierarchy Process
ANP	Analytic Network Process
DEMATEL	The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory
ELECTRE	Elimination and Choice Translating Reality English
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
MOORA	Multi-Objective Optimization By Ratio Analysis
PROMETHEE	The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
VIKOR	Vlse Kriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenj

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Klasik mantık olarak da adlandırılan Aristo mantığı, Cantor' un küme teorisine dayanır. Cantor' un küme teorisine göre bir eleman bir kümeye aittir veya değildir. Eğer bir eleman bir kümeye ait ise üyelik değeri 1, ait değil ise üyelik değeri 0 dır. Bu yönüyle klasik mantık insan düşünce sistemini belli sınırlar içinde kalıba sokan bir yapıya sahiptir. Bu kalıpta yaklaşık değerlere, belirsizliklere, kararsızlıklara yer yoktur. Ancak günlük hayatımızda bir olguyu değerlendirmek için ara değerleri yani bulanıklık/gri değerleri kullanırız. Örneğin; klasik mantığa göre bir öğrenci girdiği bir sınavın sonucunda ya başarılıdır ya da başarısızdır. Ancak öğrenciyi başarılı ya da başarısız olarak nitelendirmek yerine sınav sonucunu “başarısız, düşük düzeyde başarılı, orta düzeyde başarılı, yüksek düzeyde başarılı, çok yüksek düzeyde başarılı” şeklinde derecelendirerek söylemek daha uygun bir durum değerlendirmesi olacaktır. Bu nedenle günümüzün gelişen bilim ve teknoloji dünyasında, karmaşık sistemlerde belirli sınırlar içinde çalışan klasik mantık yeterli olmamaktadır. Günlük yaşamımızda belirsizliğin ele alınması ve her zaman kesinliğin sağlanamadığı durumlarla karşılaşılması başka sistemlere ihtiyaç duyulmasına yol açmıştır.

Bulanık mantık kavramı ile ilgili ilk akademik çalışma 1965 yılında Azeri asıllı Lotfi A. Zadeh' in yayımladığı “Fuzzy Sets” adlı makalesidir. Zadeh bulanık mantık teorisi yardımıyla klasik mantığın çözemediği ara geçiş değerlerini de (bulanık/gri) hesaba katarak belirsizlik durumlarını modellemiş, klasik mantığa göre daha zengin bir durum değerlendirmesi sağlamıştır. Klasik mantığın üyelik derecesini $\{0,1\}$ olarak yorumladığı bir durumu, Zadeh bulanık küme teorisiyle $[0,1]$ olarak yorumlayarak matematik dünyasına farklı bir bakış açısı kazandırmıştır. Zadeh tarafından ortaya konan bulanık küme teorisi [1] bir X evrensel kümesinin elemanlarını $[0,1]$ aralığına götüren bir üyelik fonksiyonu yardımı ile inşa edilmiştir. Yani Zadeh' e göre bir elemanın bir kümeye ait olma derecesi $[0,1]$ aralığında değerler alır. Zadeh' in bulanık küme teorisini ortaya atmasının ardından bulanık kümelerde bir elemanın kümeye ait olma derecelerini gösteren üyelik derecesi üzerinde çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu

alışmalar sonucunda bulanık mantık teorisi genişletilerek yeni tip bulanık kümeler önerilmiştir. Atanassov 1986 yılında [2] bu teoriye üyelik fonksiyonunun yanına X evrensel kümesinin elemanlarını $[0,1]$ aralığına götüren bir üye olmama fonksiyonu ekleyerek bulanık kümelerin daha genel hali olan sezgisel bulanık kümeleri tanımlamıştır. Sezgisel bulanık küme teorisinde üyelik fonksiyonu ile üye olmama fonksiyonunun X evrensel kümesinin her elemanı için aldığı değerler toplamı, her zaman $[0,1]$ aralığında kalmaktadır. Bu kısıtlama günlük yaşamımızdaki belirsizlikleri modellemede yetersiz kalmıştır. Bu nedenle Smarandache [3] 1998’ de ntrosofik küme teorisini ortaya atmıştır. Ntrosofik küme teorisi bulanık kümelerin ve sezgisel bulanık kümelerin bir genellemesi olarak, gerçek dünyada var olan bulanık, kesin olmayan, eksik ve tutarsız bilgileri temsil etmek için geliştirilmiştir. Ntrosofik küme teorisi sezgisel bulanık kümelerdeki üyelik fonksiyonu yerine doğruluk fonksiyonu (T), üye olmama fonksiyonu yerine yanlışlık fonksiyonu (F) almıştır. Bunlara belirsizlik fonksiyonunu (I) ekleyerek üç parametreden oluşan (T, I, F) ntrosofik kümeleri inşa etmiştir. Ntrosofik mantık, belirsizlik durumunu da dikkate alarak bulanık ve sezgisel bulanık mantıktan ayrılır. Ntrosofik kümelerde doğruluk, kararsızlık ve yanlışlık fonksiyonlarının üyelik derecesi toplamı sezgisel bulanık kümelerde olduğu gibi 1 olmak zorunda değildir. Yani sezgisel bulanık kümelerdeki kararsızlık ait olma ve ait olmama derecesine bağılı iken ntrosofik kümelerde belirsizlik, doğruluk ve yanlışlık değerlerinden bağımsızdır. Bu da belirsizlikleri modellemede esneklik sağladığından gerçek hayat durumlarını açıklamaya daha uygundur. Ntrosofik küme yaklaşımında bir elemanın belirsizlik derecesine sahip olması insan düşünce sistemine diğer bulanık küme uzantılarına göre daha yakın olmasını sağlar. Bu yönüyle ntrosofik kümeler pek çok araştırmacının dikkatini çekmiştir. Kandasamy ve Smarandache [4] 2004 yılında temel ntrosofik cebirsel yapılar ve bunların bulanık ve ntrosofik modellere uygulamalarını vermiştir, Smarandache ve Ali [5] 2014 yılında ikili bir işlemle ilgili olarak belirli aksiyomları karşılayan ntrosofik üçlü küme kavramını ele almıştır, Uluçay ve Şahin [6] 2020 yılında ntrosofik esnek uzman graf kavramını tanımlamıştır, Wang ve ark. [7] 2010 yılında ntrosofik kümenin özel bir durumu olan tek değerli ntrosofik küme kavramını tanımlamıştır. Bu kümede gerçek hayattaki problemlere daha iyi uyum sağlamak için $]0, 1^+[$ yerine $[0, 1]$ aralığını almışlardır.

Bir karar verme durumunun en yüksek seviyede faydalı bir kararla sonuçlanması için süreç; olabildiğince kişisel önyargıdan uzak, bütün alternatiflerin karşılaştırıldığı,

matematik bilimine dayalı sistemli bir yaklaşımla sonuçlandırılmalıdır. İşte bu nedenle çok kriterli karar verme yöntemleri geliştirilmiştir. Çok kriterli karar verme birden fazla kriterin bulunduğu bir durumda en iyi çözüme ulaşmak için karar sürecini kriterlere göre modelleme ve analiz etmeye dayanır. Çok kriterli karar verme yöntemi, bireyin karar verme sürecinde karşılaşılabileceği farklı ölçülerde ve birbirleriyle karmaşa içinde olan ve aynı anda uygulanan birden fazla kriterin içerisinde, kendisine en uygun olan seçimi yapmasını amaçlayan sistemdir. Çok kriterli karar verme yaklaşımlarında karar verici, kararı etkileyen kriterleri değerlendirir ve mevcut alternatifleri listeler. ÇKKV (Çok kriterli karar verme) yönteminde iki veya daha fazla kriterli alternatifler arasından seçim yapma sürecinde kriterler dilsel ifadeler verilerek değerlendirilir. Yoe [8], çok kriterli karar verme sürecini; çok kriterli problemin tanımlanması ve kararda hedeflenen amacın tanımlanması, belirlenen hedeflere ulaşmak için alternatiflerin sıralanması, karar sürecinde yer alan alternatiflerin performans değerlendirmesi için; kriterlerin niteliklerin performans göstergelerinin açıklanması, karar durumunda ihtiyaç olan verilerin toplanması ve kriterlerin değerlendirme aşamasının tamamlanması, hazırlanan alternatif kriterlere karşı karar matrislerini hazırlama sürecinin yapılması, öznel veya nesnel kriter ağırlıklarının hesaplanması ve değerlendirilmesi, alternatiflerin sıralanma işlemi ve çıkar grupları ile hesaplanan sonuçların görüşülme süreci, karar verenlerin, çıkar grupları girdileri ile kararları verip ÇKKV hesaplanıp sonuçlara ulaşılması şeklinde tanımlamaktadır. Çok kriterli karar verme yöntemlerinin amaçlarını; karmaşık yapıdaki bilgiyi değerlendirmek, karar verme sürecini sistematik olarak yürütmek, karar vericilerin değerlendirmelerini uzman görüşleri ile birleştirmek, karmaşık konuları anlaşılır hale getirmek için analiz etmek, iletişim ve tartışma için birçok karar vericinin bulunduğu ortak bir platform yaratmak şeklinde sıralayabiliriz.

ÇKKV problemlerini çözmek için bazı yöntemler geliştirilmiştir. Örneğin; DEMATEL (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory- Karar Verme Deneme ve Değerlendirme Yöntemi Laboratuvarı) yöntemi, AHP (Analytic Hierarchy Process- Analitik Hiyerarşi Prosesi) yöntemi, MOORA (Multi-Objective Optimization By Ratio Analysis- Oran Analizine Dayalı Çok Amaçlı Optimizasyon) yöntemi, ANP (Analytic Network Process- Analitik Ağ Süreci) yöntemi, VIKOR (Vlse Kriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje- Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm) yöntemi, TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution- İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Tercih Sırası Tekniği) yöntemi, PROMETHEE (The

Preference Rankig Organization Method For Enrichment Evaluation- Zenginleştirme Değerlendirmesi için Tercih Sıralaması Organizasyon Yöntemi) yöntemi, ELECTRE (Elemination and Choice Translating Reality English- Eleme ve Seçim Çevirisi Gerçeklik İngilizcesi) yöntemi vb.

Çok kriterli karar verme yöntemleri ile nütrosifik mantıkta pek çok çalışma yapılmıştır. Bunlardan bazıları; Wang ve ark. [9] 2018 yılında üçgensel bulanık nütrosifik sayılarla genişletilmiş bir VIKOR yöntemi elde etti. Şahin ve ark. [10] 2017 yılında tek değerli üçgensel nütrosifik sayılara dayalı bazı genelleştirilmiş toplama operatörleri ve çok kriterli karar verme uygulamaları verdi. Aslan ve ark. [11] 2020 yılında Talcott Parsons'ın eyleminin nütrosifik modellemesi ve bunun için karar verme uygulamaları çalıştı. Şahin ve Kargın [12] 2020 yılında nütrosifik teoride mesleki yeterlilikler için karar verme uygulamaları elde etti. Şahin ve ark. [13] 2021 yılında genelleştirilmiş küme değerli nütrosifik dördü sayılar üzerine Hausdorff ölçümleri ve çevrimiçi eğitimin yeterliliği için karar verme uygulamaları yaptı. Şahin ve ark. [14] 2018 yılında çok kriterli grup karar verme uygulamasına yönelik genelleştirilmiş tek değerli üçgensel nütrosifik sayılar ve toplama operatörleri çalıştı. Şahin ve ark. [15] 2021 yılında genelleştirilmiş küme değerli nütrosifik dördü sayılara dayalı genelleştirilmiş öklid ölçüleri ve çok kriterli karar verme uygulamaları elde etti. Ecemiş ve ark. [16] 2018 yılında tek değerli nütrosifik sayı değerli genelleştirilmiş nütrosifik üçlü gruplar ve karar verme uygulamaları yaptı. Biswas ve ark. [17] 2016 yılında karar verme uygulamaları için tek değerli nütrosifik sayılara bağlı yeni bir TOPSIS yöntemini geliştirdi. Şahin ve Liu [18] 2016 yılında nütrosifik teoride maksimize edici bir sapma yöntemi elde etti.

Birden fazla kriteri aynı anda değerlendirerek en iyi alternatifi seçmek için kullanılan çok kriterli karar verme metodlarından biri de DEMATEL (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) yöntemidir. The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL) Metod; araştırmada karmaşık ve birbirine girmiş problem gruplarının çözümünde kullanılması amacıyla 1972 ve 1976 yılları arasında Cenevre Battelle Memorial Enstitüsü, Bilim ve İnsan İlişkileri programı tarafından geliştirilmiştir [19]. DEMATEL, The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory ifadesinin kısaltmasıdır ve Karar Verme Deneme ve Değerlendirme Yöntemi Laboratuvarı anlamına gelir. DEMATEL, karmaşık faktörler arasındaki nedensel ilişkileri içeren yapısal modeller oluşturmak ve analiz etmek için kapsamlı bir yöntemdir. DEMATEL karmaşık yapıda olan problemi görsel olarak

özmemizi ve planlamamızı sağlayan grafik teorisine dayanır. Bu yöntemle karar verme problemindeki kriterler arasındaki ilişkiler belirlenerek, kriterler neden-sonuç grubuna ayrılır ve aynı zamanda kriterler önem düzeyine göre sıralanır. Son olarak nedensel ilişki diyagramının çizilmesiyle problem görselleştirilerek ilişkilerin daha iyi anlaşılması sağlanır. Bu şekilde en iyi/uygun çözüme ulaşmak kolaylaşır. DEMATEL metodu çok kriterli karar verme işlemlerinde, kriterleri önem derecesi ve etki yönü açısından incelememiz gereken pek çok durumda kullanılabilir. Örneğin; finansal tahmin analizlerinin yapılmasında, iş güvenliği alanında, lokasyon seçiminde, risk analizlerinin yapılmasında, işe alımlarda, personel veya yönetici seçiminde, performans kriterlerinin değerlendirilmesi aşamasında, meslek seçiminde, tedarikçi seçiminde, proje seçimi ve geliştirilmesinde, hizmet kalitesinin arttırılmasında (eğitim, sağlık, lojistik gibi alanlarda), vb. DEMATEL metodunun temel avantajı, bir problemin kriterleri arasındaki ilişkileri açığa çıkarması ve aynı zamanda kriterleri önem düzeyine göre sıralamasıdır. Bu karar vericiye kendisine en uygun alternatifi seçmesinde kolaylık sağlar.

DEMATEL yönteminde kriterleri uzman grup belirler ve problemi çözmek için uzman gruptaki her bir uzmanın görüşü alınır. Bu noktada DEMATEL' in nütrosofik mantığa entegre edilmesi uzmanların görüşlerini daha doğru ifade etmelerine yardımcı olan belirsizlik derecesini sunar. Nütrosofik DEMATEL metodu, klasik DEMATEL metod' un, karar vericilerin kriterler hakkındaki görüşlerini sunarken nütrosofik kümeleri kullandığı özel halidir. Bu metod ile uzmanların görüşleri belirsizlik, bilgi eksikliği ve kararsızlık gibi tüm yönleriyle ele alınır. Uzmanlar nütrosofik mantığı kullanarak kriterler ile ilgili görüşlerinin daha hassas oluşturur. Bu da kriterlerin analiz edilerek ağırlıklandırılmasıyla problemin daha iyi tanımlanmasını ve çözülmesini sağlar.

Nütrosofik DEMATEL metodu kullanılarak Abdel-Basset ve ark. [21] 2018 yılında tedarikçi seçimi yaptı. Daha sonra Nütrosofik DEMATEL metodu kullanılarak farklı sektörlerde karar verme uygulamaları yapılmıştır. Örneğin Awang ve ark. [22] 2018 yılında Shapley ağırlıklandırma vektörü tabanlı nütrosofik DEMATEL yönteminde toplama operatörü, Liu ve ark. [23] 2018 yılında ulaştırma hizmet sağlayıcı seçimi, Abdel-Basset ve ark. [24] 2019 yılında proje seçimi, Awang ve ark. [25] 2019 yılında kıyı erozyonuna ilişkin risk faktörlerinin incelenmesi, Kılıç ve Yalçın [26] 2020 yılında çevresel sürdürülebilirlik, Diaz ve ark. [27] 2020 yılında erken gebelik risk faktörlerinin incelenmesi, Karamaşa [28] 2020 yılında gıda işletmelerinde yeşil lojistik

uygulamaları, Nabeeh [29] 2020 yılında teknoloji seçimi, Kılıç ve ark. [30] 2021 yılında yalınlık değerlendirme metodolojisi çalışmalarını n trosofik DEMATEL metoduyla yapmışlardır.

Bu tez beş bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde bulanık küme [1], sezgisel bulanık küme [2], n trosofik küme [3], tek değerli n trosofik küme [7], bulanık yamuksal sayı [31] ve tek değerli yamuksal n trosofik sayı [32] tanımları verildi, bu yapılarla ilgili özelliklerden bahsedildi. Ayrıca ikinci bölümde çok kriterli karar verme metotlarından biri olan DEMATEL metodu [19] ve uygulama adımları hakkında bilgi verildi.     nc  bölümde n trosofik DEMATEL metodu [21] ve uygulama adımları incelendi. Dördüncü bölümde ise n trosofik DEMATEL metodu kullanılarak bir okulun yemek hizmeti alacağı firmayı seçerken kullanacağı kriterleri ağırlıklandırmak, kriterleri önem düzeyine göre sıralamak ve kriterlerin birbirleriyle ilişkilerini ortaya çıkarmak için örnek uygulama yapıldı. Beşinci bölümde ise tezd n elde edilen sonuçlara yer verildi ve DEMATEL metodunun n trosofik ortama entegre edilmesiyle karar verme problemlerinin klasik DEMATEL metoduna göre daha uygun bir biçimde sonuçlandırıldığı gösterildi.

BÖLÜM 2

GENEL BİLGİLER

2.1. Bulanık Küme

Tanım 2.1.1: [1] X bir evrensel küme olsun. $\forall x \in X$ için

$$0 \leq \mu_H(x) \leq 1$$

olmak üzere $\mu_H: X \rightarrow [0,1]$ fonksiyonu ile bir H bulanık kümesi;

$$H = \{\langle x, \mu_H(x) \rangle : x \in X\}$$

ile verilir. Burada $\mu_H(x)$, $x \in X$ ' in H kümesine ait olma derecesidir.

X kümesi ve $\emptyset$ kümesi;

$$X = \{\langle x, 1 \rangle : x \in X\}, \emptyset = \{\langle x, 0 \rangle : x \in X\}$$

şeklinde ifade edilir.

Örnek 2.1.2:

$H = \{\langle x_1, (0.8) \rangle, \langle x_2, (0.3) \rangle : x_1, x_2 \in X\}$ bulanık kümesi verilsin. Burada

$\mu_H(x_1) = 0.8$, $x_1 \in X$ ' in H kümesine ait olma derecesi ve $\mu_H(x_2) = 0.2$, $x_2 \in X$ ' in H kümesine ait olma derecesidir.

Tanım 2.1.3: [1] X evrensel kümesi üzerinde H_1 ve H_2 bulanık kümelerinin üyelik fonksiyonları sırasıyla μ_{H_1} ve μ_{H_2} olsun. $\forall x \in X$ için H_1 ile H_2 kümelerinin $H_1 \subseteq H_2$ ile gösterilen kapsama işlemi ve $H_1 = H_2$ ile gösterilen eşitliği

$$H_1 \subseteq H_2 \Leftrightarrow \mu_{H_1}(x) \leq \mu_{H_2}(x)$$

$$H_1 = H_2 \Leftrightarrow H_1 \subseteq H_2 \text{ ve } H_2 \subseteq H_1$$

şeklinde tanımlanır.

Tanım 2.1.3: [1] X evrensel kümesi üzerinde H_1 ve H_2 bulanık kümelerinin üyelik fonksiyonları sırasıyla μ_{H_1} ve μ_{H_2} olsun. $\forall x \in X$ için

$$\mu_{H_1 \cup H_2}(x) = \max\{\mu_{H_1}(x), \mu_{H_2}(x)\}$$

olmak üzere H_1 ve H_2 kümelerinin $H_1 \cup H_2$ ile gösterilen birleşimi

$$H_1 \cup H_2 = \{\langle x, \mu_{H_1 \cup H_2}(x) \rangle : x \in X\}$$

şeklinde tanımlanır.

Tanım 2.1.4: [1] X evrensel kümesi üzerinde H_1 ve H_2 bulanık kümelerinin üyelik fonksiyonları sırasıyla μ_{H_1} ve μ_{H_2} olsun. $\forall x \in X$ için

$$\mu_{H_1 \cap H_2}(x) = \min\{\mu_{H_1}(x), \mu_{H_2}(x)\}$$

olmak üzere H_1 ve H_2 kümelerinin $H_1 \cap H_2$ ile gösterilen kesişimi

$$H_1 \cap H_2 = \{\langle x, \mu_{H_1 \cap H_2}(x) \rangle : x \in X\}$$

şeklinde tanımlanır.

Tanım 2.1.5: [1] X evrensel kümesi üzerinde H bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu $\mu_H(x)$ olsun. $\forall x \in X$ için

$$\mu_{H^c}(x) = 1 - \mu_H(x)$$

olmak üzere H bulanık kümesinin H^c ile gösterilen tümleyeni

$$H^c = \{\langle x, \mu_{H^c}(x) \rangle : x \in X\}$$

şeklinde tanımlanır.

Tanım 2.1.6: [1] X evrensel kümesi üzerinde H_1 ve H_2 bulanık kümelerinin üyelik fonksiyonları sırasıyla μ_{H_1} ve μ_{H_2} olsun. $\forall x \in X$ için

$$\mu_{H_1 + H_2}(x) = \mu_{H_1}(x) + \mu_{H_2}(x) - \mu_{H_1}(x) \cdot \mu_{H_2}(x)$$

olmak üzere H_1 ve H_2 kümelerinin $H_1 + H_2$ ile gösterilen toplama işlemi

$$H_1 + H_2 = \{\langle x, \mu_{H_1 + H_2}(x) \rangle : x \in X\}$$

şeklinde tanımlanır.

Tanım 2.1.7: [1] X evrensel kümesi üzerinde H_1 ve H_2 bulanık kümelerinin üyelik fonksiyonları sırasıyla μ_{H_1} ve μ_{H_2} olsun. $\forall x \in X$ için

$$\mu_{H_1.H_2}(x) = \mu_{H_1}(x) \cdot \mu_{H_2}(x)$$

olmak üzere H_1 ve H_2 kümelerinin $H_1.H_2$ ile gösterilen çarpma işlemi

$$H_1.H_2 = \{\langle x, \mu_{H_1.H_2}(x) \rangle : x \in X\}$$

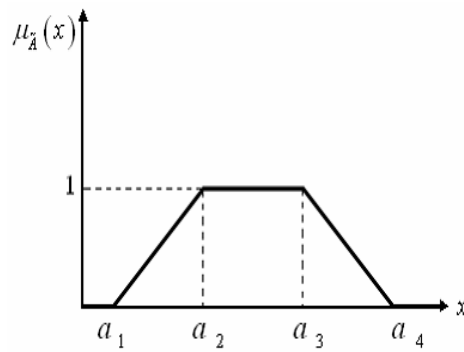
şeklinde tanımlanır.

2.1.1 Yamuksal Bulanık Sayı

Tanım 2.1.1.1: [31] $a_1, a_2, a_3, a_4 \in \mathbb{R}$ ve $a_1 \leq a_2 \leq a_3 \leq a_4$ olmak üzere (a_1, a_2, a_3, a_4) şeklindeki sıralı dörtlülerle ifade edilen ve

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \text{ ise} \\ \left(\frac{x - a_1}{a_2 - a_1}\right), & a_1 \leq x < a_2 \text{ ise} \\ 1, & a_2 \leq x \leq a_3 \text{ ise} \\ \left(\frac{a_4 - x}{a_4 - a_3}\right), & a_3 \leq x < a_4 \text{ ise} \\ 0, & x > a_4 \text{ ise} \end{cases}$$

üyelik fonsiyonu ile tanımlanan $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ bulanık sayısına yamuksal bulanık sayı denir.



Şekil 2.1.1.1: $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ yamuksal bulanık sayısı

2.2. Sezgisel Bulanık Küme

Tanım 2.2.1: [2] X evrensel küme olsun. $\forall x \in X$ için

$$0 \leq \mu_H(x) + v_H(x) \leq 1$$

olmak üzere, $\mu_H: X \rightarrow [0,1]$ ve $v_H: X \rightarrow [0,1]$ fonksiyonları ile bir H sezgisel bulanık kümesi

$$H = \{\langle x, \mu_H(x), v_H(x) \rangle : x \in X\}$$

ile verilir. Burada $\mu_H(x)$ ve $v_H(x)$ sırasıyla $x \in X'$ in üye olma ve üye olmama derecesidir. $\pi_H(x)$ ise $x \in X'$ in kararsızlık derecesidir ve

$$\pi_H(x) = 1 - \mu_H(x) - v_H(x)$$

şeklinde tanımlanır.

Örnek 2.2.2:

$H = \{\langle x_1, (0.5), (0.2) \rangle, \langle x_2, (0.1), (0.7) \rangle : x_1, x_2 \in X\}$ sezgisel bulanık kümesi verilsin. Burada $\mu_H(x_1) = 0.5$, $\mu_H(x_2) = 0.1$ sırasıyla $x_1 \in X'$ in ve $x_2 \in X'$ in H kümesine üye olma dereceleri; $v_H(x_1) = 0.2$, $v_H(x_2) = 0.7$ sırasıyla $x_1 \in X'$ in ve $x_2 \in X'$ in H kümesine üye olmama dereceleri.

$$\begin{aligned} \pi_H(x_1) &= 1 - \mu_H(x_1) - v_H(x_1) \\ &= 1 - 0.5 - 0.2 \\ &= 0.3 \end{aligned}$$

bulunur.

$$\begin{aligned} \pi_H(x_2) &= 1 - \mu_H(x_2) - v_H(x_2) \\ &= 1 - 0.1 - 0.7 \\ &= 0.2 \end{aligned}$$

bulunur.

Burada $\pi_H(x_1) = 0.3$ ve $\pi_H(x_2) = 0.2$ ise sırasıyla $x_1 \in X'$ in ve

$x_2 \in X'$ in H kümesindeki kararsızlık dereceleri.

Tanım 2.2.3: [2] X evrensel kümesi üzerinde H_1 ve H_2 sezgisel bulanık kümelerinin üyelik fonksiyonları sırasıyla μ_{H_1} ve μ_{H_2} ; üye olmama fonksiyonları sırasıyla ϑ_{H_1} ve ϑ_{H_2} olsun. $\forall x \in X$ için H_1 ile H_2 sezgisel bulanık kümelerinin eşitliği

$$\mu_{H_1}(x) = \mu_{H_2}(x) \text{ ve } \vartheta_{H_1}(x) = \vartheta_{H_2}(x)$$

şeklinde tanımlanır.

Tanım 2.2.4: [2] X evrensel kümesi üzerinde H_1 ve H_2 sezgisel bulanık kümelerinin üyelik fonksiyonları sırasıyla μ_{H_1} ve μ_{H_2} ; üye olmama fonksiyonları sırasıyla ϑ_{H_1} ve ϑ_{H_2} olsun. $\forall x \in X$ için H_2 kümesinin H_1 kümesini kapsaması $H_1 \subseteq H_2$ ile gösterilir.

$$H_1 \subseteq H_2 \text{ ise } \mu_{H_1}(x) \leq \mu_{H_2}(x) \text{ ve } \vartheta_{H_1}(x) \geq \vartheta_{H_2}(x)$$

şeklinde gösterilir.

Tanım 2.2.5: [2] X evrensel kümesi üzerinde H bir sezgisel bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu μ_H ve üye olmama fonksiyonu ϑ_H olsun. H sezgisel bulanık kümesinin H^c ile gösterilen tümleyeni $\forall x \in X$ için

$$\mu_{H^c}(x) = \vartheta_H(x) \text{ ve } \vartheta_{H^c}(x) = \mu_H(x)$$

olmak üzere

$$H^c = \{\langle x, \mu_{H^c}(x), \vartheta_{H^c}(x) \rangle : x \in X\} = \{\langle x, \vartheta_H(x), \mu_H(x) \rangle : x \in X\}$$

şeklinde tanımlanır.

Tanım 2.2.6: [2] X evrensel kümesi üzerinde H_1 ve H_2 sezgisel bulanık kümelerinin üyelik fonksiyonları sırasıyla μ_{H_1} ve μ_{H_2} ; üye olmama fonksiyonları sırasıyla ϑ_{H_1} ve ϑ_{H_2} olsun. $\forall x \in X$ için

$$\mu_{H_1 \cup H_2}(x) = \max\{\mu_{H_1}(x), \mu_{H_2}(x)\}$$

ve

$$\vartheta_{H_1 \cup H_2}(x) = \min\{\vartheta_{H_1}(x), \vartheta_{H_2}(x)\}$$

olmak üzere H_1 ve H_2 kümelerinin $H_1 \cup H_2$ ile gösterilen birleşimi

$$H_1 \cup H_2 = \{\langle x, \mu_{H_1 \cup H_2}(x), \vartheta_{H_1 \cup H_2}(x) \rangle : x \in X\}$$

şeklinde tanımlanır.

Tanım 2.2.7: [2] X evrensel kümesi üzerinde H_1 ve H_2 sezgisel bulanık kümelerinin üyelik fonksiyonları sırasıyla μ_{H_1} ve μ_{H_2} ; üye olmama fonksiyonları sırasıyla ϑ_{H_1} ve ϑ_{H_2} olsun. $\forall x \in X$ için

$$\mu_{H_1 \cap H_2}(x) = \min\{\mu_{H_1}(x), \mu_{H_2}(x)\}$$

ve

$$\vartheta_{H_1 \cap H_2}(x) = \max\{\vartheta_{H_1}(x), \vartheta_{H_2}(x)\}$$

olmak üzere H_1 ve H_2 kümelerinin $H_1 \cap H_2$ ile gösterilen kesişimi

$$H_1 \cap H_2 = \{ \langle x, \mu_{H_1 \cap H_2}(x), \vartheta_{H_1 \cap H_2}(x) \rangle : x \in X \}$$

şeklinde tanımlanır.

Tanım 2.2.8: [2] X evrensel kümesi üzerinde H_1 ve H_2 sezgisel bulanık kümelerinin üyelik fonksiyonları sırasıyla μ_{H_1} ve μ_{H_2} ; üye olmama fonksiyonları sırasıyla ϑ_{H_1} ve ϑ_{H_2} olsun.

$\forall x \in X$ için H_1 ve H_2 kümelerinin $H_1 + H_2$ ile gösterilen toplama işlemi

$$H_1 + H_2 = \{ \langle x, \mu_{H_1}(x) + \mu_{H_2}(x) - \mu_{H_1}(x) \cdot \mu_{H_2}(x), \vartheta_{H_1}(x) \cdot \vartheta_{H_2}(x) \rangle : x \in X \}$$

şeklinde tanımlanır.

Tanım 2.2.9: [2] X evrensel kümesi üzerinde H_1 ve H_2 sezgisel bulanık küme üyelik fonksiyonları sırasıyla μ_{H_1} ve μ_{H_2} ; üye olmama fonksiyonları sırasıyla ϑ_{H_1} ve ϑ_{H_2} olsun.

$\forall x \in X$ için H_1 ve H_2 kümelerinin $H_1 \cdot H_2$ ile gösterilen çarpma işlemi

$$H_1 \cdot H_2 = \{ \langle x, \mu_{H_1}(x) \cdot \mu_{H_2}(x), \vartheta_{H_1}(x) + \vartheta_{H_2}(x) - \vartheta_{H_1}(x) \cdot \vartheta_{H_2}(x) \rangle : x \in X \}$$

şeklinde tanımlanır.

Tanım 2.2.10: [2] X evrensel kümesi üzerinde H sezgisel bulanık kümesinin üye olma fonksiyonu μ_H ve üye olmama fonksiyonu ϑ_H olsun. $\lambda > 0$ olmak üzere H kümesi ile λ skalerinin çarpımı $\lambda \cdot H$ ile gösterilir ve

$$\lambda \cdot H = \{ \langle x, 1 - (1 - \mu_H(x))^\lambda, (\vartheta_H(x))^\lambda \rangle : x \in X \}$$

şeklinde tanımlanır.

2.3 Nötrosofik Küme

Tanım 2.3.1: [3] X evrensel küme ve $\forall x \in X$ için

$$0 \leq T_P(x) + I_P(x) + F_P(x) \leq 1 \text{ olmak üzere}$$

$$T_P(x): X \rightarrow]0,1^+[$$

$$I_P(x): X \rightarrow]0,1^+[$$

$$F_P(x): X \rightarrow]0,1^+[$$

fonksiyonları ile X üzerinde bir P nötrosofik kümesi

$$P = \{\langle x, T_P(x), I_P(x), F_P(x) \rangle : x \in X\}$$

şeklinde gösterilir.

Burada, $x \in X$ için $T_P(x)$, P kümesinin doğruluk derecesi; $I_P(x)$, P kümesinin kararsızlık derecesi ve $F_P(x)$, P kümesinin yanlışlık derecesidir.

Örnek 2.3.2:

$P = \{\langle x_1, (0.7), (0.4), (0.6) \rangle, \langle x_2, (0.5), (0.9), (0.3) \rangle : x_1, x_2 \in X\}$ nötrosofik kümesi verilsin. Burada $x_1 \in X$ için $T_P(x_1) = 0.7$ ve $x_2 \in X$ için $T_P(x_2) = 0.5$ P kümesinin doğruluk derecesi, $x_1 \in X$ için $I_P(x_1) = 0.4$ ve $x_2 \in X$ için $I_P(x_2) = 0.9$ P kümesinin kararsızlık derecesi $x_1 \in X$ için $F_P(x_1) = 0.6$ ve $x_2 \in X$ için $F_P(x_2) = 0.3$ P kümesinin yanlışlık derecesidir.

Tanım 2.3.3: [3] X evrensel kümesi üzerinde

$P = \{\langle x, T_P(x), I_P(x), F_P(x) \rangle : x \in X\}$ bir nötrosofik küme olsun. $\forall x \in X$ için P kümesinin P^c ile gösterilen tümleyeni

$$T_{P^c}(x) = \{1^+\} - T_P(x)$$

$$I_{P^c}(x) = \{1^+\} - I_P(x)$$

$$F_{P^c}(x) = \{1^+\} - F_P(x)$$

olmak üzere

$$P^c = \{\langle x, T_{P^c}(x), I_{P^c}(x), F_{P^c}(x) \rangle : x \in X\}$$

şeklinde tanımlanır.

Tanım 2.3.4: [3] X evrensel kümesi üzerinde

$$P_1 = \{\langle x, T_{P_1}(x), I_{P_1}(x), F_{P_1}(x) \rangle : x \in X\}$$

ve

$$P_2 = \{\langle x, T_{P_2}(x), I_{P_2}(x), F_{P_2}(x) \rangle : x \in X\}$$

iki nütrosofik küme olsun. $\forall x \in X$ için $P_1 \subseteq P_2$ ile gösterilen P_2 nütrosofik kümesinin P_1 nütrosofik kümesini kapsaması

$$\begin{aligned} P_1 \subseteq P_2 &\Leftrightarrow \inf T_{P_1}(x) \leq \inf T_{P_2}(x), \sup T_{P_1}(x) \leq \sup T_{P_2}(x), \\ &\sup F_{P_1}(x) \geq \inf F_{P_2}(x), \sup F_{P_1}(x) \geq \inf F_{P_2}(x) \end{aligned}$$

şeklinde tanımlanır.

Tanım 2.3.5: [3] X evrensel kümesi üzerinde

$$P_1 = \{\langle x, T_{P_1}(x), I_{P_1}(x), F_{P_1}(x) \rangle : x \in X\}$$

ve

$$P_2 = \{\langle x, T_{P_2}(x), I_{P_2}(x), F_{P_2}(x) \rangle : x \in X\}$$

iki nütrosofik küme olsun. $\forall x \in X$ için P_1 ile P_2 nütrosofik kümelerinin birleşimi Q nütrosofik kümesi $Q = P_1 \cup P_2$ ile verilsin. Q nütrosofik kümesinin üyelik fonksiyonları

$$Q = \{\langle x, T_{P_1 \cup P_2}(x), I_{P_1 \cup P_2}(x), F_{P_1 \cup P_2}(x) \rangle : x \in X\}$$

olmak üzere

$$T_Q(x) = T_{P_1}(x) + T_{P_2}(x) - T_{P_1}(x) \cdot T_{P_2}(x)$$

$$I_Q(x) = I_{P_1}(x) + I_{P_2}(x) - I_{P_1}(x) \cdot I_{P_2}(x)$$

$$F_Q(x) = F_{P_1}(x) + F_{P_2}(x) - F_{P_1}(x) \cdot F_{P_2}(x)$$

şeklinde tanımlanır.

Tanım 2.3.6: [3] X evrensel kümesi üzerinde

$$P_1 = \{\langle x, T_{P_1}(x), I_{P_1}(x), F_{P_1}(x) \rangle : x \in X\}$$

ve

$$P_2 = \{\langle x, T_{P_2}(x), I_{P_2}(x), F_{P_2}(x) \rangle : x \in X\}$$

iki nütrosofik küme olsun. $\forall x \in X$ için P_1 ile P_2 nütrosofik kümelerinin kesişimi Q nütrosofik kümesi $Q = P_1 \cap P_2$ ile verilsin. Q nütrosofik kümesinin üyelik fonksiyonları

$$Q = \{\langle x, T_{P_1 \cap P_2}(x), I_{P_1 \cap P_2}(x), F_{P_1 \cap P_2}(x) \rangle : x \in X\}$$

olmak üzere

$$T_Q(x) = T_{P_1}(x) \cdot T_{P_2}(x)$$

$$I_Q(x) = I_{P_1}(x) \cdot I_{P_2}(x)$$

$$F_Q(x) = F_{P_1}(x) \cdot F_{P_2}(x)$$

şeklinde tanımlanır.

2.4 Tek Değerli Nütrosofik Küme

Tanım 2.4.1: [7] X evrensel küme ve $\forall x \in X$ için

$$0 \leq T_P(x) + I_P(x) + F_P(x) \leq 3$$

olmak üzere

$$T_P(x): X \rightarrow [0,1], \quad I_P(x): X \rightarrow [0,1] \quad \text{ve} \quad F_P(x): X \rightarrow [0,1]$$

fonksiyonları ile X üzerinde bir P tek değerli nütrosofik kümesi

$$P = \{\langle x, T_P(x), I_P(x), F_P(x) \rangle : x \in X\}$$

ile tanımlanır. Burada $x \in X$ için $T_P(x)$; P kümesinin doğruluk derecesi, $I_P(x)$; P kümesinin kararsızlık derecesi ve $F_P(x)$; P kümesinin yanlışlık derecesidir.

Tanım 2.4.2: [7] X evrensel kümesi üzerinde

$P = \{\langle x, T_P(x), I_P(x), F_P(x) \rangle : x \in X\}$ kümesi bir tek değerli nôtrosifik küme olsun. $\forall x \in X$ için P tek değerli nôtrosifik kümesinin P^c ile gösterilen tümleyeni:

$$T_{P^c}(x) = F_P(x)$$

$$I_{P^c}(x) = 1 - I_P(x)$$

$$F_{P^c}(x) = T_P(x)$$

olmak üzere

$$P^c = \{\langle x, T_{P^c}(x), I_{P^c}(x), F_{P^c}(x) \rangle : x \in X\}$$

şeklinde tanımlanır.

Tanım 2.4.3: [7] X evrensel kümesi üzerinde

$$P_1 = \{\langle x, T_{P_1}(x), I_{P_1}(x), F_{P_1}(x) \rangle : x \in X\}$$

ve

$$P_2 = \{\langle x, T_{P_2}(x), I_{P_2}(x), F_{P_2}(x) \rangle : x \in X\}$$

iki tek değerli nôtrosifik küme olsun. $\forall x \in X$ için $P_1 \subseteq P_2$ ile gösterilen P_2 tek değerli nôtrosifik kümesinin P_1 tek değerli nôtrosifik kümesini kapsaması

$$P_1 \subseteq P_2 \Leftrightarrow T_{P_1}(x) \leq T_{P_2}(x),$$

$$I_{P_1}(x) \geq I_{P_2}(x)$$

$$F_{P_1}(x) \geq F_{P_2}(x)$$

şeklinde tanımlanır.

Tanım 2.4.4: [7] X evrensel kümesi üzerinde

$$P_1 = \{\langle x, T_{P_1}(x), I_{P_1}(x), F_{P_1}(x) \rangle : x \in X\}$$

ve

$$P_2 = \{\langle x, T_{P_2}(x), I_{P_2}(x), F_{P_2}(x) \rangle : x \in X\}$$

iki tek değerli nôtrosifik küme olsun. $\forall x \in X$ için P_1 ile P_2 tek değerli nôtrosifik kümelerinin birleşimi Q tek değerli nôtrosifik kümesi

$Q = P_1 \cup P_2$ ile verilsin. Q tek değerli nütrosifik kümesinin üyelik fonksiyonları

$$T_Q(x) = \max(T_{P_1}(x), T_{P_2}(x))$$

$$I_Q(x) = \min(I_{P_1}(x), I_{P_2}(x))$$

$$F_Q(x) = \min(F_{P_1}(x), F_{P_2}(x))$$

olmak üzere

$$Q = \{ \langle x, T_{P_1 \cup P_2}(x), I_{P_1 \cup P_2}(x), F_{P_1 \cup P_2}(x) \rangle : x \in X \}$$

şeklinde tanımlanır.

Tanım 2.4.5: [7] X evrensel kümesi üzerinde

$$P_1 = \{ \langle x, T_{P_1}(x), I_{P_1}(x), F_{P_1}(x) \rangle : x \in X \}$$

ve

$$P_2 = \{ \langle x, T_{P_2}(x), I_{P_2}(x), F_{P_2}(x) \rangle : x \in X \}$$

iki tek değerli nütrosifik küme olsun. $\forall x \in X$ için P_1 ile P_2 tek değerli nütrosifik kümelerinin kesişimi Q tek değerli nütrosifik kümesi

$Q = P_1 \cap P_2$ ile verilsin. Q tek değerli nütrosifik kümesinin üyelik fonksiyonları

$$T_Q(x) = \min(T_{P_1}(x), T_{P_2}(x))$$

$$I_Q(x) = \max(I_{P_1}(x), I_{P_2}(x))$$

$$F_Q(x) = \max(F_{P_1}(x), F_{P_2}(x))$$

olmak üzere

$$Q = \{ \langle x, T_{P_1 \cap P_2}(x), I_{P_1 \cap P_2}(x), F_{P_1 \cap P_2}(x) \rangle : x \in X \}$$

şeklinde tanımlanır.

Tanım 2.4.6: [7]]] X evrensel kümesi üzerinde

$$P_1 = \{ \langle x, T_{P_1}(x), I_{P_1}(x), F_{P_1}(x) \rangle : x \in X \}$$

ve

$$P_2 = \{ \langle x, T_{P_2}(x), I_{P_2}(x), F_{P_2}(x) \rangle : x \in X \}$$

iki tek değerli nörtrosofik küme olsun. $\forall x \in X$ için P_1 ile P_2 tek değerli nörtrosofik kümelerinin farkı Q tek değerli nörtrosofik kümesi

$Q = P_1 \setminus P_2$ ile verilsin. Q tek değerli nörtrosofik kümesinin üyelik fonksiyonları

$$T_Q(x) = \min(T_{P_1}(x), F_{P_2}(x))$$

$$I_Q(x) = \max(I_{P_1}(x), 1 - I_{P_2}(x))$$

$$F_Q(x) = \max(F_{P_1}(x), T_{P_2}(x))$$

olmak üzere

$$Q = \{ \langle x, T_{P_1 \setminus P_2}(x), I_{P_1 \setminus P_2}(x), F_{P_1 \setminus P_2}(x) \rangle : x \in X \}$$

şeklinde tanımlanır.

2.4.1 Tek Değerli Yamuksal Nörtrosofik Sayı

Tanım 2.4.1.1: [32] $\alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \theta_{\tilde{a}} \in [0,1]$, $a_1, a_2, a_3, a_4 \in \mathbb{R}$ ve

$a_1 \leq a_2 \leq a_3 \leq a_4$ olsun. Tek değerli yamuksal nörtrosofik sayı

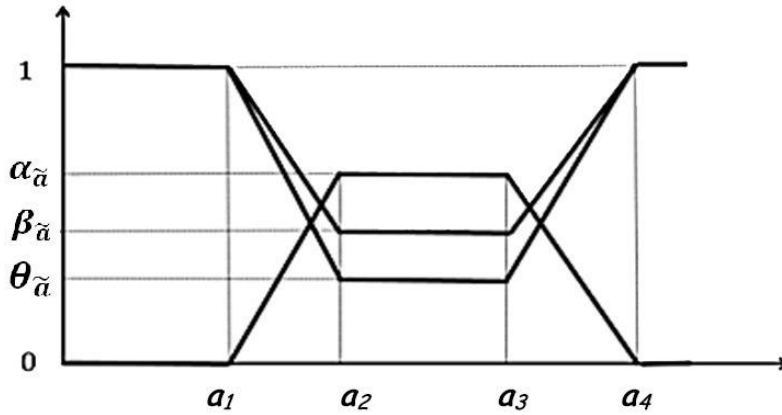
$\tilde{a} = \langle (a_1, a_2, a_3, a_4); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \theta_{\tilde{a}} \rangle$ doğruluk, kararsızlık ve yanlışlık fonksiyonları aşağıdaki gibi tanımlanmış olan, özel bir nörtrosofik kümedir:

$$T_{\tilde{a}} = \begin{cases} \alpha_{\tilde{a}} \left(\frac{a - a_1}{a_2 - a_1} \right), & a_1 \leq a < a_2 \text{ ise} \\ \alpha_{\tilde{a}}, & a_2 \leq a \leq a_3 \text{ ise} \\ \alpha_{\tilde{a}} \left(\frac{a_4 - a}{a_4 - a_3} \right), & a_3 \leq a < a_4 \text{ ise} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$I_{\tilde{a}} = \begin{cases} \frac{(a_2 - a + \theta_{\tilde{a}}(a - a_1))}{(a_2 - a_1)} & a_1 \leq a < a_2 \text{ ise} \\ a_{\tilde{a}} & a_2 \leq a \leq a_3 \text{ ise} \\ \frac{(a - a_3 + \theta_{\tilde{a}}(a_4 - a))}{(a_4 - a_3)} & a_3 \leq a < a_4 \text{ ise} \\ 1 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$F_{\tilde{a}} = \begin{cases} \frac{(a_2 - a + \beta_{\tilde{a}}(a - a_1))}{(a_2 - a_1)} & a_1 \leq a < a_2 \text{ ise} \\ a_{\tilde{a}} & a_2 \leq a \leq a_3 \text{ ise} \\ \frac{(a - a_3 + \beta_{\tilde{a}}(a_4 - a))}{(a_4 - a_3)} & a_3 \leq a < a_4 \text{ ise} \\ 1 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

Burada $\alpha_{\tilde{a}}$ tek değerli yamuksal nütrosifik sayıların maksimum doğruluk-üyelik derecesini, $\theta_{\tilde{a}}$ tek değerli yamuksal nütrosifik sayıların minimum belirsizlik-üyelik derecesini ve $\beta_{\tilde{a}}$ tek değerli yamuksal nütrosifik sayıların minimum yanlışlık-üyelik derecesini belirtir.



Şekil 2.4.1.1: $\tilde{a} = \langle (a_1, a_2, a_3, a_4); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \theta_{\tilde{a}} \rangle$ tek değerli yamuksal nütrosifik sayısı

Tanım 2.4.1.2: [32] $\tilde{a} = \langle (a_1, a_2, a_3, a_4); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \theta_{\tilde{a}} \rangle$

ve

$$\tilde{b} = \langle (b_1, b_2, b_3, b_4); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \theta_{\tilde{a}} \rangle$$

iki tek değerli yamuksal nütrosifik sayı ve $\gamma \neq 0$ herhangi bir reel sayı olsun. O halde tek değerli yamuksal nütrosifik sayılarda aritmetik işlemler aşağıdaki gibi tanımlanır:

1. $\tilde{a}$ ve $\tilde{b}$ tek değerli yamuksal nütrosifik sayıların toplanması:

$$\tilde{a} + \tilde{b} = \langle (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3, a_4 + b_4); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \theta_{\tilde{a}} \vee \theta_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}} \rangle$$

2. $\tilde{a}$ ve $\tilde{b}$ tek değerli yamuksal nütrosifik sayıların çıkarılması:

$$\tilde{a} - \tilde{b} = \langle (a_1 - b_4, a_2 - b_3, a_3 + b_2, a_4 - b_1); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \theta_{\tilde{a}} \vee \theta_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}} \rangle$$

3. $\tilde{a}$ tek değerli yamuksal nütrosifik sayısının tersi:

$$\tilde{a}^{-1} = \langle (\frac{1}{a_4}, \frac{1}{a_3}, \frac{1}{a_2}, \frac{1}{a_1}); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \theta_{\tilde{a}} \rangle \quad (\tilde{a} \neq 0)$$

4. $\tilde{a}$ tek değerli yamuksal nütrosifik sayısının sabit değerle çarpımı:

$$\gamma \tilde{a} = \begin{cases} \langle (\gamma a_1, \gamma a_2, \gamma a_3, \gamma a_4); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \theta_{\tilde{a}} \rangle & \text{eğer } \gamma > 0 \\ \langle (\gamma a_1, \gamma a_2, \gamma a_3, \gamma a_4); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \theta_{\tilde{a}} \rangle & \text{eğer } \gamma < 0 \end{cases}$$

5. $\tilde{a}$ ve $\tilde{b}$ tek değerli yamuksal nütrosifik sayıların bölünmesi:

$$\frac{\tilde{a}}{\tilde{b}} = \begin{cases} \langle (\frac{a_1}{b_4}, \frac{a_2}{b_3}, \frac{a_3}{b_2}, \frac{a_4}{b_1}); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \theta_{\tilde{a}} \vee \theta_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \wedge \beta_{\tilde{b}} \rangle & \text{eğer } a_4 > 0, b_4 > 0 \\ \langle (\frac{a_4}{b_4}, \frac{a_3}{b_3}, \frac{a_2}{b_2}, \frac{a_1}{b_1}); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \theta_{\tilde{a}} \vee \theta_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \wedge \beta_{\tilde{b}} \rangle & \text{eğer } a_4 < 0, b_4 > 0 \\ \langle (\frac{a_4}{b_1}, \frac{a_3}{b_2}, \frac{a_2}{b_3}, \frac{a_1}{b_4}); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \theta_{\tilde{a}} \vee \theta_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \wedge \beta_{\tilde{b}} \rangle & \text{eğer } a_4 > 0, b_4 < 0 \end{cases}$$

6. $\tilde{a}$ ve $\tilde{b}$ tek değerli yamuksal nütrosifik sayıların çarpımı:

$$\tilde{a}\tilde{b} = \begin{cases} \langle (a_1b_1, a_2b_2, a_3b_3, a_4b_4); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \theta_{\tilde{a}} \vee \theta_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}} \rangle & \text{eğer } a_4 > 0, b_4 > 0 \\ \langle (a_1b_4, a_2b_3, a_3b_2, a_4b_1); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \theta_{\tilde{a}} \vee \theta_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}} \rangle & \text{eğer } a_4 < 0, b_4 > 0 \\ \langle (a_4b_4, a_3b_3, a_2b_2, a_1b_1); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \theta_{\tilde{a}} \vee \theta_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}} \rangle & \text{eğer } a_4 < 0, b_4 < 0 \end{cases}$$

2.4.2 Tek Değerli Nütrosifik Sayılar İçin Skor ve Kesinlik Fonksiyonları

Tanım 2.4.2.1: [20] $\tilde{a} = \langle (a_1, a_2, a_3, a_4); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \theta_{\tilde{a}} \rangle$ bir tek değerli nütrosifik sayı olsun. $S(\tilde{a}_{ij})$ ile gösterilen skor fonksiyonu ve $A(\tilde{a}_{ij})$ ile gösterilen kesinlik fonksiyonu;

$$S(\tilde{a}_{ij}) = \frac{1}{16} [a_i + b_i + c_i + d_i] \times (2 + \alpha_{\tilde{a}} - \theta_{\tilde{a}} - \beta_{\tilde{a}})$$

$$A(\tilde{a}_{ij}) = \frac{1}{16} [a_i + b_i + c_i + d_i] \times (2 + \alpha_{\tilde{a}} - \theta_{\tilde{a}} + \beta_{\tilde{a}})$$

şeklinde tanımlanır. Bu fonksiyonlar herhangi iki tek değerli nütrosifik sayıyı karşılaştırmak için kullanılır.

Tanım 2.4.2.2: [20] $\tilde{a}$ ve $\tilde{b}$ iki tek değerli nütrosofik sayı olsun. Bu sayıların karşılaştırılması

1) $S(\tilde{a}) < S(\tilde{b})$ ise $\tilde{a} < \tilde{b}$ dir.

2) $S(\tilde{a}) > S(\tilde{b})$ ise $\tilde{a} > \tilde{b}$ dir.

3) $S(\tilde{a}) = S(\tilde{b})$ ise

i. $A(\tilde{a}) < A(\tilde{b})$ ise $\tilde{a} < \tilde{b}$ dir.

ii. $A(\tilde{a}) > A(\tilde{b})$ ise $\tilde{a} > \tilde{b}$ dir.

iii. $A(\tilde{a}) = A(\tilde{b})$ ise $\tilde{a} = \tilde{b}$ dir.

ile tanımlanır.

Örnek 2.4.2.3:

$\tilde{a} = \langle (0.2, 0.5, 0.7, 1.0); 0.1, 0.4, 0.6 \rangle$ ve $\tilde{b} = \langle (0.1, 0.4, 0.6, 0.8); 0.3, 0.7, 0.9 \rangle$

iki tek değerli yamuksal sayı olsun.

$$S(\tilde{a}) = \frac{1}{16} [0.2 + 0.5 + 0.7 + 1.0] \times (2 + 0.1 - 0.6 - 0.4) = 0.165$$

$$S(\tilde{b}) = \frac{1}{16} [0.1 + 0.4 + 0.6 + 0.8] \times (2 + 0.3 - 0.9 - 0.7) = 0.083$$

olduğundan $S(\tilde{a}) > S(\tilde{b})$ ve $\tilde{a} > \tilde{b}$ dir.

2.5. DEMATEL METODU

DEMATEL metodu beş adımdan oluşur. Bu adımlara geçmeden önce kriterler arasındaki ilişkileri ortaya çıkarılacak olan problem belirlenir.

Adım 1: Alanda deneyimi olan uzmanların veya karar vericilerin seçimi yapılır.

Adım 1.1: n uzman sayısı olmak üzere uzmanların kümesi $U = \{U_1, U_2, U_3, \dots, U_n\}$ olsun. Her uzmanın görüşü eşit öneme sahiptir.

Adım 1.2: m kriter sayısı olmak üzere kriterlerin kümesi $K = \{K_1, K_2, K_3, \dots, K_m\}$ olsun.

Adım 2: Direkt ilişki matrisi oluşturulur.

Uzmanlar her bir kriterin diğerini etkileme derecesini ifade etmek için 5 seviyeden oluşan ikili karşılaştırma ölçeğini [33] kullanır.

Tablo 2.5.1: İkili karşılaştırma ölçeği

Sayısal Değerler	Dilsel ifade
0	Etkisiz
1	Düşük Etki
2	Orta Etki
3	Yüksek etki
4	Çok yüksek Etki

Kriterler arasındaki ilişkiler, ikili karşılaştırma ölçeği kullanılarak uzman grup tarafından belirlenir. Karşılaştırmaların sonucunda her uzman için direkt-ilişki matrisi elde edilir. İlk doğrudan ilişki matrisi A , kriterler arasındaki etkiler ve yönler açısından ikili karşılaştırmalarla elde edilen bir $n \times n$ matrisidir; burada a_{ij} , i kriterinin j kriterini etkileme derecesi olarak gösterilir [34].

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Eğer karar verici bir kişi ise bu uzmanın karşılaştırmaları sonucunda direkt -ilişki matrisi elde edilmiş olur. Ancak karar verici birden fazla ise her bir uzmanın oluşturduğu direkt ilişki matrisinde her bir kriterin birbirini etkileme derecelerinin aritmetik ortalaması alınarak doğrudan ilişki matrisi oluşturulur. Bu matrisin köşegen değerleri 0' dır.

Adım 3: Normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisi elde edilir.

Bu adımda direkt ilişki matrisi A ve (2) ile verilen k değerleri (1) de kullanılarak normalleştirilmiş direkt ilişki matrisi S elde edilir. Burada A matrisinin köşegen değerleri 0' dır [34].

$$S = k \times A \quad (1)$$

$$k = \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n a_{ij}} \quad (2)$$

$$i, j \in \{1, 2, 3, \dots, n\}$$

Adım 4: Toplam ilişki matrisi elde edilir.

Normalleştirilmiş direkt ilişki matrisi S 'nin elde edilmesinin ardından (3) kullanılarak toplam ilişki matrisi T elde edilir [18].

$$T = S + S^2 + \dots = \sum_{i=1}^{\infty} S^i = S \times (I - S)^{-1} \quad (3)$$

Burada I birim matristir.

Adım 5: Bu adım ikiye ayrılır.

Adım 5.1: Etkileyen (neden-gönderici) ve Etkilenen (sonuç-alıcı) grup belirlenir.

Satırların toplamı ve sütunların toplamı (5) ve (6) denklemleri aracılığıyla toplam ilişki matrisi T içinde ayrı ayrı D ve R olarak gösterilir. Burada D vektörü satırların toplamını, R vektörü sütunların toplamını gösterir [34].

$$T = [t_{ij}] \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

$$D = (D_i) = \left(\sum_{j=1}^n t_{ij} \right) \quad i, j \in \{1, 2, 3, \dots, n\} \quad (5)$$

$$R = (R_j) = \left(\sum_{i=1}^n t_{ij} \right) \quad i, j \in \{1, 2, 3, \dots, n\} \quad (6)$$

Toplam ilişki matrisinde D (satırların toplamı) ve R (sütunların toplamı) değerleri kullanılarak bir etki düzeyi ve bir ilişki düzeyi tanımlanır [35].

Nedensel diyagram, “önem” adı verilen yatay eksen ($D + R$) ve “ilişki” adı verilen dikey eksen ($D - R$) ile oluşturulur. Yatay eksen “önem”, faktörün ne kadar önemli olduğunu gösterirken, dikey eksen “ilişki”, faktörleri neden (etkileyen) grubu ve sonuç (etkilenen) grubu olarak ayırır. Genel olarak, ($D - R$) pozitif ise, faktör neden (etkileyen) grubuna aittir. Ancak ($D - R$) negatif ise faktör sonuç (etkilenen) grubuna aittir. Bu nedenle, nedensel diyagramlar, faktörlerin karmaşık nedensel ilişkilerini görünür bir yapısal modelde görselleştirir ve problem çözme için değerli bilgiler

sağlar. Ayrıca, nedensel diyagramın yardımıyla neden ve sonuç faktörleri arasındaki farkı tanıyarak uygun kararlar verebiliriz [34].

$(D + R)$ değeri her bir kriterin diğer kriterlerle arasındaki ilişki derecesini gösterir ve $(D + R)$ değeri yüksek olan kriterler diğer kriterler ile daha çok ilişkilidir, düşük olanların ise diğerleriyle ilişkisi azdır [36].

Bazı kriterler $(D - R)$ değeri için pozitif değerlere sahiptir. Bu kriterler diğerleri üzerinde daha yüksek etkiye sahiptirler ve daha yüksek önceliğe sahip oldukları kabul edilir. Bu tip kriterler gönderici olarak adlandırılır. $(D - R)$ değeri için negatif değere sahip olan kriterler ise diğer kriterlerden daha fazla etkilenirler. Daha düşük önceliğe sahip olduğu kabul edilen bu kriterler alıcı olarak adlandırılır.

Adım 5.2: Eşik değerinin ayarlanması ve nedensel diyagramının elde edilmesi.

Eğer T matrisindeki tüm bilgiler etki diyagramı haritasına dönüştürülürse, harita karar vermek için gerekli bilgileri gösteremeyecek kadar karmaşık olacaktır. Uygun bir etki diyagramı haritası elde etmek için karar vericinin etki düzeyi için bir eşik değeri belirlemesi gerekir. T matrisinde eşik değerinden daha büyük etki değerlerine sahip olan bazı elemanlar seçilir ve etki-yönlü graf diyagramına dönüştürülür. Eşik değeri karar verici ya da uzmanlar tarafından tartışma yoluyla belirlenir [37].

Uzman grup tarafından karar verilen eşik değeri, elde edilmiş olan etki-yönlü diyagramın karmaşık olmasının önüne geçmesi açısından önemlidir. Kullanılacak eşik değerinin büyük ya da küçük olması kriterler arasındaki ilişkinin boyutunu etkileyebilmekte ve çözümün daha karmaşık veya basit olmasını sağlayabilmektedir.

Eşik değeri çok düşükse, harita karar verme için, gerekli bilgileri gösteremeyecek kadar karmaşık olacaktır. Eşik değeri çok yüksekse, birçok eleman diğer öğelerle ilişkileri göstermeden bağımsız olarak sunulacaktır [37]

Örnek 2.6: Fabrika kurulacak yeri seçerken dikkat edilecek kriterleri DEMATEL metodu ile ağırlıklandırarak önem düzeyine göre sıralayalım.

Adım1: Uzman ekip seçilir ve kriterler belirlenir.

1. Bu alanda dört uzman seçilir. Uzmanların kümesi $U = \{U_1, U_2, U_3, U_4\}$ olsun.

2. Uzmanlardan oluşan ekip tarafından belirlenen beş tane değerlendirme kriteri sıralanır. Kriterlerin kümesi $K = \{K_1, K_2, K_3, K_4, K_5\}$ olsun. Bu kriterler hammaddeye yakınlık (K_1), iklim (K_2), iş gücü (K_3), ulaşım (K_4) ve pazara yakınlık (K_5) olarak belirlenmiştir.

Adım 2: Direkt ilişki matrisi oluşturulur.

Adım 2.1: Her bir uzman kriterler için ikili karşılaştırma matrisleri oluşturur. Tablo 2.5.2, Tablo 2.5.3, Tablo 2.5.4 ve Tablo 2.5.5’ te gösterildiği gibi her kriteri birbirine karşı değerlendirmek için ikili karşılaştırma matrisleri yapılır. Daha sonra her bir uzmanın oluşturduğu direkt ilişki matrisleri kullanılarak Tablo 2.5.6 da gösterildiği gibi doğrudan ilişki matrisi oluşturulur. Bunun için her uzmanın karşılaştırma matrisinde her bir kriterin diğerini etkileme derecesinin aritmetik ortalaması alınır.

Tablo 2.5.2: DEMATEL metodu birinci uzman (U_1) için kriterler arası karşılaştırma matrisi

Kriter	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
K_1	0	1	1	2	2
K_2	1	0	3	4	4
K_3	1	2	0	3	3
K_4	2	2	4	0	4
K_5	1	2	4	4	0

Tablo 2.5.3: DEMATEL metodu ikinci uzman (U_2) için kriterler arası karşılaştırma matrisi

Kriter	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
K_1	0	2	4	3	3

K_2	1	0	4	3	4
K_3	0	1	0	2	4
K_4	2	2	3	0	3
K_5	2	1	4	4	0

Tablo 2.5.4: DEMATEL metodu üçüncü uzman (U_3) için kriterler arası karşılaştırma matrisi

Kriter	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
K_1	0	1	4	4	3
K_2	2	0	4	4	3
K_3	2	1	0	3	2
K_4	3	1	4	0	3
K_5	2	1	3	3	0

Tablo 2.5.5: DEMATEL metodu dördüncü uzman (U_4) için kriterler arası karşılaştırma matrisi

Kriter	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
K_1	0	1	4	3	4
K_2	2	0	4	4	3
K_3	2	1	0	4	3
K_4	3	2	3	0	4
K_5	2	1	4	3	0

Tablo 2.5.6: DEMATEL metodu doğrudan ilişki matrisi

Kriter	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
K_1	0	1.25	3.25	3	3
K_2	1.5	0	3.75	3.5	3.5
K_3	1.25	1.25	0	3	3
K_4	2.5	1.75	3.5	0	3.5
K_5	1.75	1.25	3.75	3.5	0

Adım 3: Doğrudan ilişki matrisi normalleştirilir.

Doğrudan ilişki matrisini normalleştirmek için öncelikle doğrudan ilişki matrisinin her bir satırının toplamı Tablo 2.5.8 deki gibi bulunur. Daha sonra satır toplamında en büyük değer alınır ve (2) uygulanarak k değeri bulunur.

Tablo 2.5.7: DEMATEL metodu doğrudan ilişki matrisinde satırların toplamı

Satır numarası	Satır toplamı
1	10.5
2	12.25
3	8.5
4	11.25
5	10.25

$$max = 12.25 \quad k = \frac{1}{12.25}$$

Bulunan k değeri (1) de kullanılarak normalleştirilmiş doğrudan ilişki matrisi S elde edilir.

Tablo 2.5.8: DEMATEL metodu normalleştirilmiş doğrudan ilişki matrisi

Kriter	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
K_1	0	0.102	0.265	0.244	0.244
K_2	0,122	0	0.306	0.285	0.285
K_3	0.102	0.102	0	0.244	0.244
K_4	0.204	0.142	0.285	0	0.285
K_5	0.142	0.102	0.306	0.285	0

Adım 4: Toplam ilişki matrisi elde edilir.

Toplam ilişki matrisi (3) kullanılarak elde edilir. Burada I birim matristir. Toplam ilişki matrisi Tablo 2.5.9’ da gösterilmiştir.

Tablo 2.5.9: DEMATEL metodu toplam ilişki matrisi

Kriter	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
K_1	0.670	0.631	1.405	1.301	1.301
K_2	0.880	0.619	1.613	1.496	1.496
K_3	0.665	0.550	1.014	1.133	1.133
K_4	0.877	0.692	1.490	1.172	1.394
K_5	0.780	0.620	1.405	1.303	1.081

Adım 5: Bu adım ikiye ayrılır.

Adım 5.1: Neden ve sonuç grupları belirlenir.

Bunun için toplam ilişki matrisinde satırların ve sütunların toplamı elde edilir.

(5) ve (6) kullanılarak satırların toplamı D ve sütunların toplamı R hesaplanır. Daha sonra $(D + R)$ ve $(D - R)$ değerleri bulunur. Nedensel ilişkiyi göstermek için hesaplanan önem $(D + R)$ ve ilişki $(D - R)$ eksenleri Tablo 2.5.10' da gösterilmiştir.

Tablo 2.5.10: DEMATEL metodu nedensel ilişkiyi göstermek için hesaplanan önem ve ilişki eksenleri

Kriter	D	R	$D + R$	$D - R$
K_1	5.308	3.872	9.18	1.436
K_2	6.104	3.112	9.216	2.992
K_3	4.495	6.927	11.422	-2.432
K_4	5.625	6.405	12.03	-0.78
K_5	5.189	6.405	11.594	-1.216

i) $(D + R)$ değeri her bir kriterin diğer kriterlerle arasındaki ilişki derecesini ve önem düzeyini gösterir. Buna göre fabrika kurulacak yeri seçerken dikkat edeceğimiz kriterler arasında en yüksek öneme sahip olan kriterler 12.03 olan $(D + R)$ değerleriyle ulaşım (K_4) kriterleridir. $(D + R)$ değerleri incelendiğinde kriterlerin önem sıralamasının

$$K_4 > K_5 > K_3 > K_2 > K_1$$

şeklinde olduğu görülmektedir.

ii) $(D + R)$ değeri yüksek olan kriterler diğer kriterler ile daha çok ilişkilidir, düşük olanların ise diğerleriyle ilişkisi azdır. Buna göre 12.03 olan $(D + R)$ değerleriyle ulaşım (K_4) kriteri diğer kriterlerle en yüksek ilişkiye sahipken, 9.18 olan $(D + R)$ değeriyle hammaddeye yakınlık (K_1) kriteri diğer kriterlerle en az ilişkiye sahiptir. Kriterlerin birbirleriyle olan ilişki sıralaması

$$K_4 > K_5 > K_3 > K_2 > K_1$$

şeklindedir.

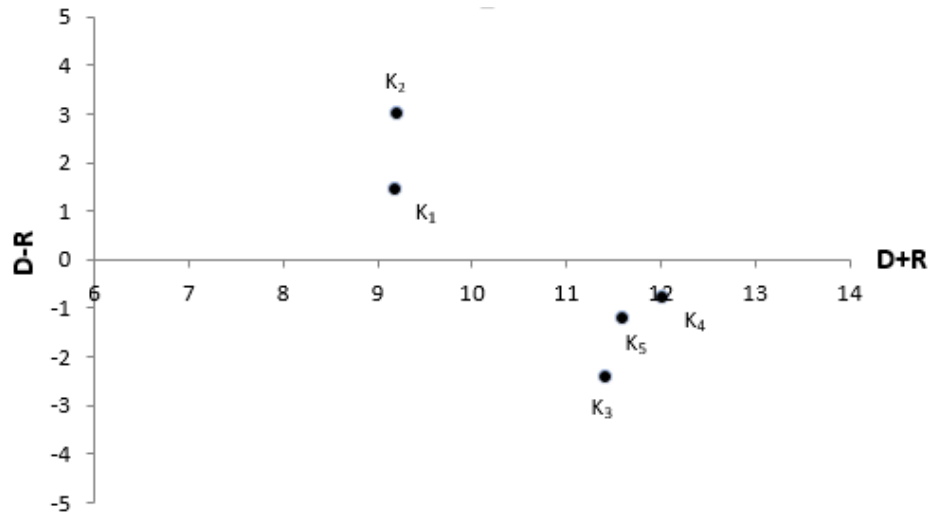
iii) $(D - R)$ değerinin pozitif veya negatif olması ile etkileyen (neden-gönderici) grup ve etkilenen (sonuç-alıcı) grup belirlenir. $(D - R)$ değeri pozitif olan kriterler diğerleri üzerinde daha yüksek etkiye sahiptirler ve daha yüksek önceliğe sahip oldukları kabul edilir. Bu kriterler gönderici (neden-etkileyen) grup olarak adlandırılır. $(D - R)$ değeri negatif olan kriterler ise diğer kriterlerden daha fazla etkilenirler. Daha düşük önceliğe sahip olduğu kabul edilen bu kriterler alıcı (sonuç-etkilenen) grup olarak adlandırılır. $(D - R)$ değeri hammaddeye yakınlık (K_1) kriteri için 1.436 ve iklim (K_2) kriteri için 2.992' dir. Buna göre hammaddeye yakınlık (K_1) ve iklim (K_2) kriterleri etkileyen (neden-gönderici) grubu oluşturur. Yani hammaddeye yakınlık ve iklim kriterleri diğer kriterleri etkiler. $(D - R)$ değeri iş gücü (K_3) kriteri için -2.432, ulaşım (K_4) kriteri için -0.75, pazara yakınlık (K_5) kriteri için -1.216' tür. Buna göre iş gücü (K_3) kriteri, ulaşım (K_4) kriteri ve pazara yakınlık (K_5) kriteri etkilenen (sonuç-alıcı) grubu oluşturur.

Tablo 2.5.11: DEMATEL metodu neden - sonuç grupları

Neden grubu	Sonuç grubu
K_1	K_3
K_2	K_4
	K_5

Adım 5.2: Neden-sonuç diyagramı çizilir.

$(D + R)$ ile gösterilen yatay eksen ve $(D - R)$ ile gösterilen dikey eksen çizilir. Diyagramda bütün kriterler için hesaplanmış olan $(D + R)$ ve $(D - R)$ değerleri işaretlenir.



Şekil 2.5.1: DEMATEL metodu nedensel diyagramı

BÖLÜM 3

NÖTROSOFİK DEMATEL METODU

3.1 Nötrosofik Dematel Metodu ve Adımları

Nötrosofik Dematel metodunun adımları aşağıdaki gibidir [21]:

Adım 1. Karar hedefleri belirlenir ve problemle ilgili bilgiler toplanır.

1. Alanda deneyimi olan uzmanların ve karar vericilerin seçimi yapılır.

Uzmanların kümesi $U = \{U_1, U_2, U_3, \dots, U_n\}$ olsun. Burada n uzman sayısıdır ve her uzmanın görüşü eşit öneme sahiptir.

2. Problemle ilgili kriterler belirlenir.

Kriterlerin kümesi $K = \{K_1, K_2, K_3, \dots, K_m\}$ olsun. Burada m kriter sayısıdır.

Adım 2. İlgili kriterler arasında ikili karşılaştırma matrisleri yapılır.

1. Kriterler tanımlanır.

2. Uzmanlar, kriterler arasında ikili karşılaştırma matrisleri yapar. İkili karşılaştırma matrisinin bileşenleri karar vericiler tarafından belirlenen tek değerli yamuksal nötrosofik sayılar $(l_{mm}, t_{mm}, r_{mm}, z_{mm})$ dır.

a. Her bir kriterin diğer kriterlere etkisi bir tek değerli yamuksal nötrosofik sayı ile

$(l_{11}, t_{11}, r_{11}, z_{11})$ ile ifade edilir.

b. Tablo 3.1.1'de gösterildiği gibi her uzman tarafından kriterler arasında karşılaştırmalar yapılır. Bunun sonucunda her bir uzman kriterler arası karşılaştırma matrisi elde edilir. Kriterler arası karşılaştırma matrisinde köşegen değerleri $(0.5, 0.5, 0.5, 0.5)$ alınır.

Tablo 3.1.1: Kriterler arası ikili karşılaştırma matrisi

Kriter	K_1	K_2	...	K_m
K_1	$(l_{11}, t_{11}, r_{11}, z_{11})$	$(l_{12}, t_{12}, r_{12}, z_{12})$	...	$(l_{1m}, t_{1m}, r_{1m}, z_{1m})$
K_2	$(l_{21}, t_{21}, r_{21}, z_{21})$	$(l_{22}, t_{22}, r_{22}, z_{22})$	...	$(l_{2m}, t_{2m}, r_{2m}, z_{2m})$
...	...	...	...	...
K_m	$(l_{m1}, t_{m1}, r_{m1}, z_{m1})$	$(l_{m2}, t_{m2}, r_{m2}, z_{m2})$	...	$(l_{mm}, t_{mm}, r_{mm}, z_{mm})$

c. 0 ile 1 arasında bir ölçek kullanarak yalnızca $(n - 1)$ fikir birliği kararlarına odaklanır [38].

3. Uzmanlar, Tablo 3.1.2' de gösterildiği gibi tek değerli nütrosifik sayıların maksimum doğruluk-üyelik derecesini (α), minimum belirsizlik-üyelik derecesini (β) ve minimum yanlış üyelik derecesini (θ) belirlemelidir. Bunun sonucunda her bir uzman α , β ve θ dereceli kriterler arasındaki ikili karşılaştırma matrisi elde eder. Elde edilen bu matriste köşegen değerleri (0.5, 0.5, 0.5, 0.5; 0, 0, 0) alınır.

Tablo 3.1.2: α , β ve θ dereceli kriterler arasındaki ikili karşılaştırma matrisi

Kriter	K_1	K_2	...	K_m
K_1	$(l_{11}, t_{11}, r_{11}, z_{11}; \alpha_{\bar{a}}, \beta_{\bar{a}}, \theta_{\bar{a}})$	$(l_{12}, t_{12}, r_{12}, z_{12}; \alpha_{\bar{a}}, \beta_{\bar{a}}, \theta_{\bar{a}})$	...	$(l_{1m}, t_{1m}, r_{1m}, z_{1m}; \alpha_{\bar{a}}, \beta_{\bar{a}}, \theta_{\bar{a}})$
K_2	$(l_{21}, t_{21}, r_{21}, z_{21}; \alpha_{\bar{a}}, \beta_{\bar{a}}, \theta_{\bar{a}})$	$(l_{22}, t_{22}, r_{22}, z_{22}; \alpha_{\bar{a}}, \beta_{\bar{a}}, \theta_{\bar{a}})$	...	$(l_{2m}, t_{2m}, r_{2m}, z_{2m}; \alpha_{\bar{a}}, \beta_{\bar{a}}, \theta_{\bar{a}})$
...	...	...	...	...
K_m	$(l_{m1}, t_{m1}, r_{m1}, z_{m1}; \alpha_{\bar{a}}, \beta_{\bar{a}}, \theta_{\bar{a}})$	$(l_{m2}, t_{m2}, r_{m2}, z_{m2}; \alpha_{\bar{a}}, \beta_{\bar{a}}, \theta_{\bar{a}})$	...	$(l_{mm}, t_{mm}, r_{mm}, z_{mm}; \alpha_{\bar{a}}, \beta_{\bar{a}}, \theta_{\bar{a}})$

4. Her bir uzman α , β ve θ dereceli kriterler arasındaki ikili karşılaştırma matrisi oluşturduktan sonra Tanım 2.4.2.1 ile verilen $S(\tilde{a}_{ij})$ skor fonksiyonu ve $A(\tilde{a}_{ij})$

kesinlik fonksiyonu kullanılarak Tablo 3.1.3' te gösterildiği gibi her bir uzman için karşılaştırma matrislerinin net değeri bulunur. Burada;

$$S(\tilde{a}_{ij}) = \frac{1}{16} [a_1 + b_1 + c_1 + d_1] \times (2 + \alpha_{\tilde{a}} - \theta_{\tilde{a}} - \beta_{\tilde{a}}) \quad (7)$$

$$A(\tilde{a}_{ij}) = \frac{1}{16} [a_1 + b_1 + c_1 + d_1] \times (2 + \alpha_{\tilde{a}} - \theta_{\tilde{a}} + \beta_{\tilde{a}}) \quad (8)$$

olmak üzere

$$KV_{ij} = S(\tilde{a}_{ij}) \quad (9)$$

şeklindedir.

Burada karşılaştırma matrisinin net değeri her bir uzman için ayrı ayrı hesaplanır. Örneğin; birinci uzman için karşılaştırma matrisinin net değerinde 1. kriterin 1. kritere etki düzeyini KV_{11}^{n1} ile gösterelim. Benzer şekilde ikinci uzman için 1. kriterin 1. kritere etki düzeyi KV_{11}^{n2} ile gösterilir.

Tablo 3.1.3 : Birinci uzman için karşılaştırma matrisinin net değeri örneği

Kriter	K_1	K_2	...	K_m
K_1	KV_{11}^{n1}	KV_{12}^{n1}	...	KV_{1m}^{n1}
K_2	KV_{21}^{n1}	KV_{22}^{n1}	...	KV_{2m}^{n1}
...	...	...	...	...
K_m	KV_{m1}^{n1}	KV_{m2}^{n1}	...	KV_{mm}^{n1}

Adım 3. Matrislerin entegrasyonu yapılır.

Karşılaştırma matrislerinin net değerleri oluşturulduktan sonra, uzmanların tüm görüşlerinin, Tablo 3.1.4' te gösterildiği gibi, her bir kriter hakkında tüm uzmanların ortalama görüşlerini sunan bir matrise entegre edilmesi gerekir. Bunun için her

uzmanın karşılaştırma matrislerinde her bir kriterin diğerini etkileme derecesinin aritmetik ortalaması alınır. Örneğin üç uzmanın matrislerinin entegrasyonu

$$KE_{11} = \frac{KV_{11}^{n1} + KV_{11}^{n2} + KV_{11}^{n3}}{n} \quad (10)$$

şeklinde yapılır.

Burada n uzman sayısıdır.

Böylece tüm değerler için ortalamayı elde ederek entegrasyon matrisi oluşturulur. Adım 2' de uzman sayısı kadar olan matris, tek matrise indirgenmiş olur.

Tablo 3.1.4: Tüm uzmanların ortalama görüşlerinin entegrasyonu

Kriter	K_1	K_2	...	K_m
K_1	KE_{11}	KE_{12}	...	KE_{1m}
K_2	KE_{21}	KE_{22}	...	KE_{2m}
...	...	...	...	...
K_m	KE_{m1}	KE_{m2}	...	KE_{mm}

Adım 4. Doğrudan ilişki matrisi oluşturulur.

Bu matris, bir önceki adımda ikili karşılaştırma matrislerinin entegrasyonu sonucu oluşan A matrisidir. Doğrudan ilişki matrisi A , $n \times n$ biçimindedir.

$$A = [A_{ij}]_{n \times n}$$

A_{ij} , i kriterinin j kriterini ne derece etkilediğini gösterir.

Adım 5. Doğrudan ilişki matrisi normalleştirilir.

Doğrudan ilişki matrisinde (11) ve (12) ile verilen denklemler kullanılarak normalleştirilmiş doğrudan ilişki matrisi S elde edilir.

$$k = \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq j} \sum_{j=1}^n a_{ij}} \quad (11)$$

$$S = k \times A \quad (12)$$

Adım 6. Toplam ilişki matrisi elde edilir.

Toplam ilişki matrisi T , normalleştirilmiş doğrudan ilişki matrisi S yardımıyla (13)' de verilen denklem kullanılarak elde edilir.

$$\begin{aligned} T &= S + S^2 + \dots = \sum_{i=1}^{\infty} S^i \\ &= S \times (I - S)^{-1} \end{aligned} \quad (13)$$

Adım 7. Satır ve sütunların toplamı elde edilir.

Toplam ilişki matrisinde satırların toplamı D ile ve sütunların toplamı R ile gösterilir. $(D + R)$ ve $(D - R)$ hesaplanır.

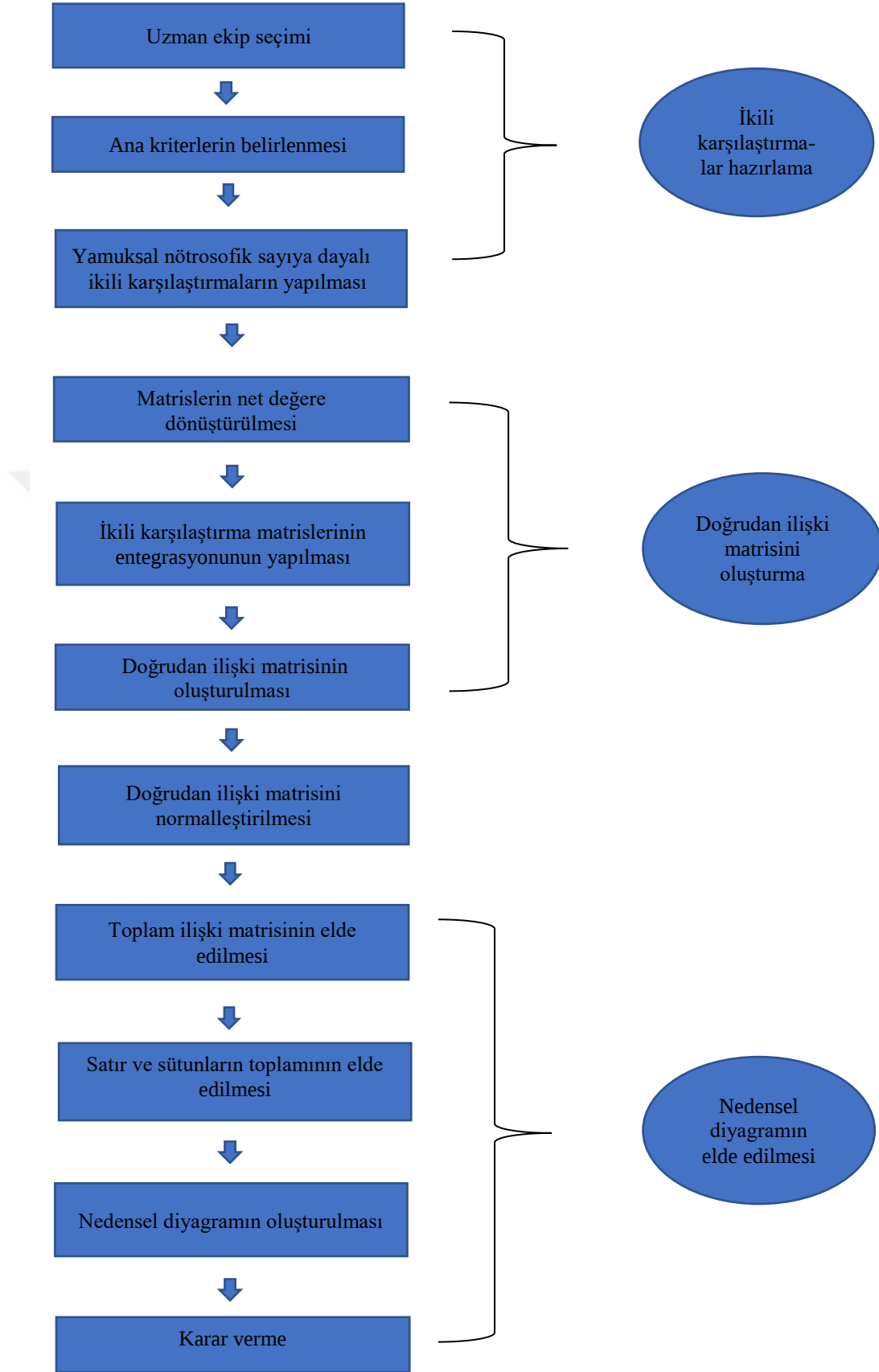
$$T = [t_{ij}] \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (14)$$

$$D = (D_i) = \left(\sum_{j=1}^n t_{ij} \right) \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (15)$$

$$R = (R_j) = \left(\sum_{i=1}^n t_{ij} \right) \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (16)$$

Adım 8. Neden -sonuç diyagramı çizilir.

$(D + R)$ ile gösterilen yatay eksenler ve $(D - R)$ ile gösterilen dikey eksenlerle elde edilen nedensel diyagram çizilir. Elde edilen neden -sonuç diyagramı probleme neden olan kriterler arasındaki ilişkiyi görselleştirerek karar vericiye kriterleri ağırlıklandırmasında kolaylık sağlar.



Şekil 3.1: Nötrosofik DEMATEL metodu diyagramı

BÖLÜM IV

NÖTROSOFİK DEMATEL METODU İLE KARAR VERME

UYGULAMASI

Tezin bu bölümünde bir özel okulun öğrencilerine sunacağı yemeği sağlayan yemek firmasını seçerken dikkat edeceği kriterleri nütrosolik DEMATEL yöntemi ile ağırlıklandıracağız.

Beslenme çocukların bilişsel ve fizyolojik gelişimi için çok önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle okulun bu hizmeti alacağı yemek firmasını seçerken çok titiz davranması ve bunun içinde dikkat edeceği kriterleri doğru ağırlıklandırması gerekmektedir.

Adım1: Uzman ekip seçilir ve kriterler belirlenir.

1. Yemek firması alanında üç uzman seçilsin. Uzmanların kümesi

$U = \{U_1, U_2, U_3\}$ olsun.

2. Uzmanlardan oluşan ekip tarafından belirlenen 4 tane değerlendirme kriteri sıralanır. Kriterlerin kümesi $K = \{K_1, K_2, K_3, K_4\}$ olsun. Bu kriterler lezzet (K_1), menü çeşitliliği (K_2), fiyat (K_3) ve hijyen (K_4) olarak belirlenmiştir.

Adım2: Uzmanlar, kriterler arasında ikili karşılaştırma matrisleri yapar.

Adım 2.1: Her bir uzman kriterler için ikili karşılaştırma matrisleri oluşturur. Bu matrislerin bileşenleri karar vericiler tarafından belirlenen yamuksal nütrosolik sayılardır. Tablo 4.1, Tablo 4.2, Tablo 4.3' te gösterildiği gibi her kriteri birbirine karşı değerlendirmek için ikili karşılaştırma matrisleri yapılır.

Tablo 4.1: Birinci uzman (U_1) için kriterler arası karşılaştırma matrisi

Kriter	K_1	K_2	K_3	K_4
K_1	(0.5,0.5,0.5,0.5)	(0.2,0.5,0.6,0.7)	(0.2,0.8,0.9,1.0)	(0.1,0.2,0.5,0.6)
K_2	(0.3,0.8,0.9,1.0)	(0.5,0.5,0.5,0.5)	(0.5,0.8,0.9,1.0)	(0.1,0.3,0.6,0.8)
K_3	(0.0,0.2,0.3,0.4)	(0.2,0.4,0.6,0.7)	(0.5,0.5,0.5,0.5)	(0.2,0.4,0.7,0.7)
K_4	(0.3,0.4,0.5,0.7)	(0.1,0.1,0.5,0.6)	(0.2,0.3,0.5,0.8)	(0.5,0.5,0.5,0.5)

Tablo 4.2: İkinci uzman (U_2) için kriterler arası karşılaştırma matrisi

Kriter	K_1	K_2	K_3	K_4
K_1	(0.5, 0.5, 0.5, 0.5)	(0.3, 0.4, 0.6, 0.6)	(0.4,0.7, 0.9, 1.0)	(0.1, 0.2, 0.4, 0.5)
K_2	(0.5, 0.6, 0.9, 1.0)	(0.5, 0.5, 0.5, 0.5)	(0.5, 0.8, 0.9,1.0)	(0.2, 0.3, 0.4, 0.5)
K_3	(0.1, 0.2, 0.4, 0.5)	(0.1, 0.4, 0.5, 0.6)	(0.5, 0.5, 0.5, 0.5)	(0.2, 0.3, 0.4, 0.6)
K_4	(0.6, 0.7, 0.9, 1.0)	(0.4, 0.5, 0.6, 0.8)	(0.1, 0.3, 0.4, 0.7)	(0.5, 0.5, 0.5, 0.5)

Tablo 4.3: Üçüncü uzman (U_3) için kriterler arası karşılaştırma matrisi

Kriter	K_1	K_2	K_3	K_4
K_1	(0.5,0.5,0.5,0.5)	(0.2,0.4,0.6,0.8)	(0.3,0.5,0.8,1.0)	(0.1,0.2,0.4,0.5)
K_2	(0.3,0.7,0.9,1.0)	(0.5,0.5,0.5,0.5)	(0.5,0.7,0.8,0.9)	(0.1,0.4,0.5,0.6)
K_3	(0.2,0.3,0.4,0.5)	(0.3,0.4,0.6,0.7)	(0.5,0.5,0.5,0.5)	(0.3,0.4,0.5,0.6)
K_4	(0.3,0.4,0.4,0.5)	(0.2,0.4,0.6,0.7)	(0.2,0.4,0.6,0.7)	(0.5,0.5,0.5,0.5)

Adım 2.2: Yamuksal n trosofik sayılara dayalı ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur.

Uzmanlar tarafından, tek değerli n trosofik sayıların maksimum doğruluk üyelik derecesi (α), minimum belirsizlik üyelik derecesi (β) ve minimum yanlış üyelik derecesi (θ) belirlenerek, Tablo 4.4, Tablo 4.5 ve Tablo 4.6'da gösterildiği gibi α , β ve θ dereceli kriterler arası ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur.

Tablo 4.4: Birinci uzman (U_1) için α , β ve θ dereceli kriterler arası ikili karşılaştırma matrisi

Kriter	K_1	K_2	K_3	K_4
K_1	(0.5,0.5,0.5,0.5) (0.1,0.2,0.5,0.6;0.6,0.2,0.1)	(0.2,0.5,0.6,0.7;0.7,0.2,0.4)		(0.2,0.8,0.9,1.0;0.9,0.4,0.3)
K_2	(0.3,0.8,0.9,1.0;0.8,0.2,0.5) (0.1,0.3,0.6,0.8;0.5,0.1,0.2)	(0.5,0.5,0.5,0.5)		(0.5,0.8,0.9,1.0;0.9,0.4,0.5)
K_3	(0.0,0.2,0.3,0.4;0.6,0.3,0.4) (0.2,0.4,0.7,0.7;0.7,0.3,0.4)	(0.2,0.4,0.6,0.7;0.8,0.5,0.3)		0.5,0.5,0.5,0.5)
K_4	(0.3,0.4,0.5,0.7;0.7,0.2,0.1) (0.5,0.5,0.5,0.5)	(0.1,0.1,0.5,0.6;0.3,0.1,0.5)		(0.2,0.3,0.5,0.8;0.9,0.4,0.6)

Tablo 4.5: İkinci uzman (U_2) için α , β ve θ dereceli kriterler arası ikili karşılaştırma matrisi

Kriter	K_1	K_2	K_3	K_4
K_1	(0.5,0.5,0.5,0.5) (0.1,0.2,0.4,0.5;0.5,0.4,0.2)	(0.3,0.4,0.6,0.6;0.5,0.4,0.3)		(0.4,0.7,0.9,1.0;0.9,0.3,0.3)
K_2	(0.5,0.6,0.9,1.0;0.8,0.3,0.4) (0.2,0.3,0.4,0.5;0.4,0.8,0.1)	(0.5,0.5,0.5,0.5)		(0.5,0.8,0.9,1.0;0.5,0.6,0.4)
K_3	(0.1,0.2,0.4,0.5;0.7,0.4,0.6) (0.2,0.3,0.4,0.6;0.5,0.4,0.6)	(0.1,0.4,0.5,0.6;0.2,0.1,0.7)		(0.5,0.5,0.5,0.5)

K_4	(0.6,0.7,0.9,1.0;0.8,0.6,0.2)	(0.4,0.5,0.6,0.8;0.6,0.3,0.8)	(0.1,0.3,0.4,0.7;0.5,0.4,0.4)
	(0.5,0.5,0.5,0.5)		

Tablo 4.6: Üçüncü uzman (U_3) için α , β ve θ dereceli kriterler arası ikili karşılaştırma matrisi

Kriter	K_1	K_2	K_3	K_4
K_1	(0.5,0.5,0.5,0.5) (0.1,0.2,0.4,0.5;0.5,0.2,0.4)	(0.2,0.4,0.6,0.8;0.6,0.7,0.5)		(0.3,0.5,0.8,1.0;0.8,0.4,0.1)
K_2	(0.3,0.7,0.9,1.0;0.9,0.4,0.2) (0.1,0.4,0.5,0.6;0.3,0.1,0.7)	(0.5,0.5,0.5,0.5)		(0.5,0.7,0.8,0.9;0.9,0.3,0.2)
K_3	(0.2,0.3,0.4,0.5;0.4,0.6,0.5) (0.3,0.4,0.5,0.6;0.2,0.3,0.6)		(0.3,0.4,0.6,0.7;0.4,0.5,0.7)	(0.5,0.5,0.5,0.5)
K_4	(0.3,0.4,0.4,0.5;0.6,0.2,0.3) (0.5,0.5,0.5,0.5)	(0.2,0.4,0.6,0.7;0.5,0.3,0.4)		(0.2,0.4,0.6,0.7;0.6,0.4,0.7)

Adım 2.3: (7) ile verilen skor ve (8) ile verilen kesinlik fonksiyonu kullanılarak karşılaştırma matrislerinin net değeri bulunur.

Tablo 4.7: Birinci uzman (U_1) için karşılaştırma matrisinin net değeri

Kriter	K_1	K_2	K_3	K_4
K_1	0.5	0.262	0.398	0.201
K_2	0.393	0.5	0.4	0.247
K_3	0.106	0.237	0.5	0.25
K_4	0.285	0.138	0.213	0.5

Tablo 4.8: İkinci uzman (U_2) için karşılaştırma matrisinin net değeri

Kriter	K_1	K_2	K_3	K_4
K_1	0.5	0.213	0.431	0.142
K_2	0.393	0.5	0.3	0.131
K_3	0.127	0.14	0.5	0.140
K_4	0.4	0.215	0.159	0.5

Tablo 4.9: Üçüncü uzman (U_3) için karşılaştırma matrisinin net değeri

Kriter	K_1	K_2	K_3	K_4
K_1	0.5	0.175	0.373	0.142
K_2	0.416	0.5	0.435	0.15
K_3	0.113	0.15	0.5	0.146
K_4	0.21	0.213	0.178	0.5

Adım 3: (9) kullanılarak tüm uzmanların ortalama görüşlerinin entegrasyonu yapılır.

Tablo 4.10: Entegrasyon matrisi

Kriter	K_1	K_2	K_3	K_4
K_1	0.5	0.216	0.4	0.161
K_2	0.4	0.5	0.378	0.176
K_3	0.115	0.175	0.5	0.178
K_4	0.298	0.188	0.183	0.5

Adım 4: Doğrudan ilişki matrisi oluşturulur.

Başlangıç doğrudan ilişki matrisi olan A , ikili karşılaştırmalarla oluşan $n \times n$ 'lik bir matristir.

Adım 5: Doğrudan ilişki matrisi normalleştirilir.

Doğrudan ilişki matrisini normalleştirmek için öncelikle doğrudan ilişki matrisinin her bir satırının toplamı Tablo 4.11 deki gibi bulunur. Daha sonra satır toplamında en büyük değer alınır ve (11) uygulanarak k değeri bulunur.

Tablo 4.11: Doğrudan ilişki matrisinde satırların toplamı

Satır numarası	Satır toplamı
1	1.277
2	1.454
3	0.968
4	1.169

$$max = 1.454 \quad k = \frac{1}{1.454}$$

Bulunan k değeri (12) de kullanılarak normalleştirilmiş doğrudan ilişki matrisi S elde edilir.

Tablo 4.12: Normalleştirilmiş doğrudan ilişki matrisi

Kriter	K_1	K_2	K_3	K_4
K_1	0.343	0.148	0.275	0.110
K_2	0.275	0.343	0.259	0.121
K_3	0.079	0.120	0.343	0.122

K_4	0.204	0.129	0.125	0.343
-------	-------	-------	-------	-------

Adım 6: Toplam ilişki matrisi elde edilir.

Toplam ilişki matrisi (13) kullanılarak elde edilir. Burada I birim matristir. Toplam ilişki matrisi Tablo 4.13’ de gösterilmiştir.

Tablo 4.13: Toplam ilişki matrisi

Kriter	K_1	K_2	K_3	K_4
K_1	1.40	0.999	1.57	0.876
K_2	1.54	1.40	1.78	1.03
K_3	0.792	0.729	1.27	0.689
K_4	1.20	0.919	1.27	1.13

Adım 7: Toplam ilişki matrisinde atırların ve sütunların toplamı elde edilir. (15) ve (16) kullanılarak satırların toplamı D ve sütunların toplamı R hesaplanır. Daha sonra $(D + R)$ ve $(D - R)$ değerleri bulunur. Nedensel ilişkiyi göstermek için hesaplanan önem $(D + R)$ ve ilişki $(D - R)$ eksenleri Tablo 4.14 de gösterilmiştir.

Tablo 4.14: Nedensel ilişkiyi göstermek için hesaplanan önem ve ilişki eksenleri

Kriter	D	R	$D + R$	$D - R$
K_1	4.845	4.932	9.777	-0.087
K_2	5.75	4.047	9.797	1.703
K_3	3.48	5.89	9.37	-2.41
K_4	4.519	3.725	8.244	0.794

Örnek uygulamamızın sonucu olan Tablo 4.14 incelendiğinde ($D + R$) değerlerinin lezzet (K_1) kriteri için 9.777, menü çeşitliliği (K_2) kriteri için 9.797, fiyat (K_3) kriteri için 9.37 ve hijyen (K_4) kriteri için 8.244 olduğu görülmektedir. Buna göre aşağıdaki sonuçlara ulaşabiliriz.

i) ($D + R$) değeri her bir kriterin diğer kriterlerle arasındaki ilişki derecesini ve önem düzeyini gösterir. ($D + R$) değeri yüksek olan kriter diğer kriterlere göre daha fazla öneme sahipken ($D + R$) değeri düşük olan kriter diğer kriterlere göre daha az öneme sahiptir. Buna göre catering firmasını seçerken dikkat edeceğimiz kriterler arasında en yüksek öneme sahip olan kriter 9.797 olan ($D + R$) değeriyle menü çeşitliliği (K_2) kriteridir. İkinci olarak en yüksek öneme sahip olan kriter 9.777 olan ($D + R$) değeriyle lezzet (K_1) kriteridir. Üçüncü en yüksek öneme sahip olan kriter 9.37 olan ($D + R$) değeriyle fiyat (K_3) kriteri ve en düşük öneme sahip olan kriter 8.244 olan ($D + R$) değeriyle hijyen (K_4) kriteridir. Kriterlerin önem sıralaması

$$K_2 > K_1 > K_3 > K_4$$

şeklindedir.

ii) ($D + R$) değeri yüksek olan kriterler diğer kriterler ile daha çok ilişkilidir, düşük olanların ise diğerleriyle ilişkisi azdır. Buna göre 9.797 olan ($D + R$) değeriyle menü çeşitliliği (K_2) diğer kriterlerle en yüksek ilişkiye sahipken, 8.244 olan ($D + R$) değeriyle hijyen (K_4) kriterleri diğer kriterlerle en az ilişkiye sahiptir. Kriterlerin birbirleriyle olan ilişki sıralaması

$$K_2 > K_1 > K_3 > K_4$$

şeklindedir.

iii) ($D - R$) değerinin pozitif veya negatif olması ile etkileyen (neden-gönderici) grup ve etkilenen (sonuç-alıcı) grup belirlenir. ($D - R$) değeri pozitif olan kriterler diğerleri üzerinde daha yüksek etkiye sahiptirler ve daha yüksek önceliğe sahip oldukları kabul edilir. Bu kriterler gönderici (neden-etkileyen) grup olarak adlandırılır. ($D - R$) değeri negatif olan kriterler ise diğer kriterlerden daha fazla etkilenirler. Daha düşük önceliğe sahip olduğu kabul edilen bu kriterler alıcı (sonuç-etkilenen) grup olarak adlandırılır. ($D - R$) değeri menü çeşitliliği (K_2) kriteri için 1.703 ve hijyen (K_4) kriteri için 0.794' tür. Buna göre menü çeşitliliği (K_2) ve hijyen (K_4) kriterleri

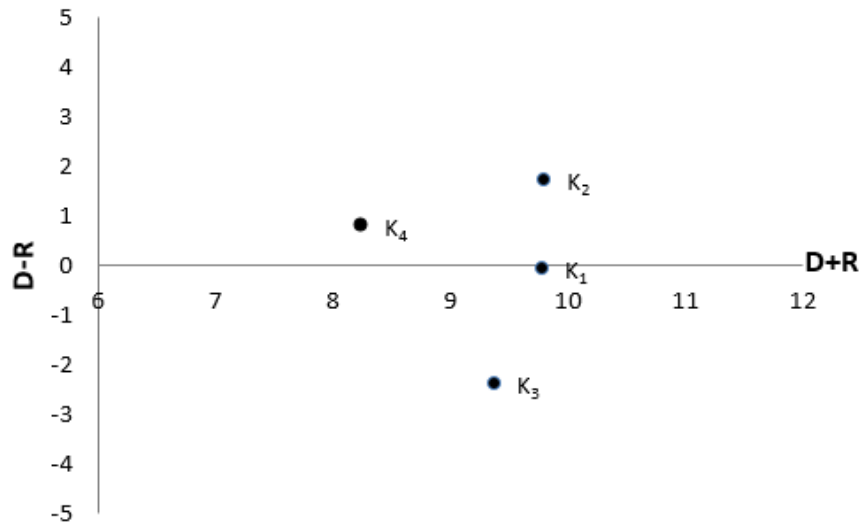
etkileyen (neden-gönderici) grubu oluşturur. Yani menü çeşitliliği ve hijyen kriterleri diğer kriterleri etkiler. $(D - R)$ değeri lezzet (K_1) kriteri için -0.087 ve fiyat (K_3) kriteri için -2.41 dir. Buna göre lezzet (K_1) kriteri ve fiyat (K_3) kriteri etkilenen (sonuç-alıcı) grubu oluşturur. Yani lezzet kriteri ve fiyat kriteri diğer kriterlerden etkilenir.

Tablo 4.15: Neden - sonuç grupları

Neden grubu	Sonuç grubu
K_2	K_1
K_4	K_3

Adım 8: Neden-sonuç diyagramı çizilir.

$(D + R)$ ile gösterilen yatay eksen ve $(D - R)$ ile gösterilen dikey eksen çizilir. Diyagramda bütün kriterler için hesaplanmış olan $(D + R)$ ve $(D - R)$ değerleri işaretlenir.



Şekil 4.1 : Nötrosofik DEMATEL metodu nedensel diyagramı

BÖLÜM 5

SONUÇLAR

Beş bölümden oluşan bu yüksek lisans tezinde; birinci bölümde bulanık küme, sezgisel bulanık küme, nörtrosofik küme, tek değerli nörtrosofik küme, çok kriterli karar verme metodları, DEMATEL metodu ve nörtrosofik DEMATEL metodu hakkında bilgi verildi.

İkinci bölümde bulanık kümeler, sezgisel bulanık kümeler, nörtrosofik kümeler, tek değerli nörtrosofik kümeler ve DEMATEL metodu incelendi.

Üçüncü bölümde nörtrosofik DEMATEL metodu verildi, uygulama adımları incelendi. Nörtrosofik DEMATEL metodun klasik DEMATEL metoddan farklı olduğu gösterildi.

Dördüncü bölümde nörtrosofik DEMATEL metodu' nun daha anlaşılabilir olması için örnek uygulaması yapılmıştır. Yapılan uygulamanın sonucunda yemek firması seçiminde dikkat edilecek kriterler arasındaki ilişkiler açığa çıkarılmış, kriterler önem düzeyine göre sıralanmış, neden ve sonuç grubuna ayrılmıştır. Örnek uygulamasının sonuçları ayrıntılı olarak incelenmiştir. Yaptığımız uygulamanın sonucunda yemek firmasını seçerken dikkat edeceğimiz kriterler arasında en yüksek öneme sahip olan kriter menü çeşitliliği (K_2) kriteridir ve diğerlerine göre en düşük öneme sahip olan kriter hijyen (K_4) kriteridir. Birbirleriyle olan ilişki derecesi açısından değerlendirildiğinde menü çeşitliliği (K_2) diğer kriterlerle en yüksek ilişkiye sahipken, hijyen (K_4) kriterleri diğer kriterlerle en az ilişkiye sahiptir. Ayrıca menü çeşitliliği (K_2) ve hijyen (K_4) kriterleri etkileyen (neden-gönderici) grubu oluştururken lezzet (K_1) kriteri ve fiyat (K_3) kriteri etkilenen (sonuç-alıcı) grubu oluşturur.

Uzmanlar görüşlerini sunarken nörtrosofik mantığı kullanarak doğruluk, belirsizlik ve yanlışlığı bir arada göz önünde bulundurmuş ve objektif bir sonuç elde edilmiştir. Böylece nörtrosofik DEMATEL metod' un, klasik DEMATEL

metoda göre günlük yaşamımızdaki karar verme problemlerini çözmede daha kullanışlı olduğu grlmştır. Bu tez ile günlük hayatımızda her an karşılaştığımız karar verme durumlarını çözerken oluşan belirsizliklere ışık tutulması amaçlanmıştır.



KAYNAKLAR

- [1] Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Sets, *Information and Control*, **8(3)**, 338-353.
- [2] Atanassov, T. K. (1986). Intuitionistic Fuzzy Sets, *Fuzzy Sets System*, **20**, 87–96
- [3] Smarandache, F. (1998). *A Unifying Field in Logics, Neutrosophy: Neutrosophic Probability, Set and Logic*. American Research Press: Rehoboth, MA, USA
- [4] Kandasamy, W. V., & Smarandache, F. (2004). *Basic neutrosophic algebraic structures and their application to fuzzy and neutrosophic models*, Hexis, Church Rock.
- [5] Smarandache, F., & Ali, M. (2014). The Neutrosophic Triplet Group and its Application to Physics, presented by FS to Universidad Nacional de Quilmes. *Department of Science and Technology, Bernal, Buenos Aires, Argentina (02 June 2014)*.
- [6] Uluçay, V., & Şahin, M. (2020). Decision-making method based on neutrosophic soft expert graphs. In *Neutrosophic Graph Theory and Algorithms* (pp. 33-76). IGI Global.
- [7] Wang, H., Smarandache, F., Zhang, Y., & Sunderraman, R. (2010). Single valued neutrosophic sets. *Multispace Multistructure.*, **4**, 410–413.
- [8] Yoe, C. (2002). Trade-off analysis planning and procedures guidebook. *US Army Corps of Engineers*, 310.
- [9] Wang, J., Wei, G., Lu, M. (2018). An Extended VIKOR Method for Multiple Criteria Group Decision Making with Triangular Fuzzy Neutrosophic Numbers. *Symmetry*, **10**, 497.

- [10] Şahin, M., Ecemiş, O., Uluçay, V., & Kargın, A. (2017). Some new generalized aggregation operators based on centroid single valued triangular neutrosophic numbers and their applications in multi-attribute decision making. *Asian Journal of Mathematics and Computer Research*, 63-84.
- [11] Aslan, C., Kargın, A., & Şahin, M. (2020). Neutrosophic modeling of Talcott Parsons's action and decision-making applications for it. *Symmetry*, 12(7), 1166.
- [12] Şahin, M., & Kargın, A. (2020). New similarity measure between single-valued neutrosophic sets and decision-making applications in professional proficiencies. In *Neutrosophic Sets in Decision Analysis and Operations Research* (pp. 129-149). IGI Global.
- [13] Şahin, S., Kargın, A., & Yücel, M. (2021). Hausdorff Measures on Generalized Set Valued Neutrosophic Quadruple Numbers and Decision Making Applications for Adequacy of Online Education. *Neutrosophic Sets and Systems*, **40**, 86-116.
- [14] Şahin, M., Kargın, A., & Smarandache, F. (2018). *Generalized single valued triangular Neutrosophic numbers and aggregation operators for application to multi-attribute group decision making*. *New trends in Neutrosophic Theory and Applications*, **2**, 51-84
- [15] Şahin, M., Kargın, A., & Uz, M. S. (2021). Generalized Euclid Measures Based on Generalized Set Valued Neutrosophic Quadruple Numbers and Multi Criteria Decision Making Applications. *Neutrosophic Sets and Systems*, **47**, 573-600.
- [16] Ecemiş, O., Şahin, M., & Kargın, A. (2018). Single valued neutrosophic number valued generalized neutrosophic triplet groups and its applications for decision making applications. *Asian Journal Of Mathematics And Computer Research*. **25(4)**, 205-2018
- [17] Biswas, P., Pramanik, S., Giri, B.C. (2016). TOPSIS Method for Multi-Attribute Group Decision-Making Under Single-Valued Neutrosophic Environment. *Neural Comput. Appl.*, **27**, 727–737.

- [18] Şahin, R.;Liu, P. (2016). Maximizing Deviation Method for Neutrosophic Multiple Attribute Decision Making with Incomplete Weight Information. *Neural Comput. Appl.*, **27**, 2017–2029.
- [19] Fontela, E., & Gabus, A. (1974). *DEMATEL, innovative methods. Structural analysis of the world problematique. Battelle Geneva Research Institute* (No. 2). Report.
- [20] Ye, J. (2017). Some weighted aggregation operators of trapezoidal neutrosophic numbers and their multiple attribute decision making method. *Informatica*, **28(2)**, 387-402.
- [21] Abdel-Basset, M., Manogaran, G., Gamal, A., & Smarandache, F. (2018). A hybrid approach of neutrosophic sets and DEMATEL method for developing supplier selection criteria. *Design Automation for Embedded Systems*, **22(3)**, 257-278
- [22] Awang, A., Ab Ghani, A. T., Abdullah, L., & Ahmad, M. F. (2018, November). The Shapley weighting vector-based neutrosophic aggregation operator in DEMATEL method. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1132, No. 1, p. 012059). IOP Publishing.
- [23] Liu, F., Aiwu, G., Lukovac, V., & Vukic, M. (2018). A multicriteria model for the selection of the transport service provider: A single valued neutrosophic DEMATEL multicriteria model. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, **1(2)**, 121-130.
- [24] Abdel-Basset, M., Atef, A., & Smarandache, F. (2019). A hybrid Neutrosophic multiple criteria group decision making approach for project selection. *Cognitive Systems Research*, **57**, 216-227.
- [25] Awang, A., Aizam, N. A. H., & Abdullah, L. (2019). An integrated decision-making method based on neutrosophic numbers for investigating factors of coastal erosion. *Symmetry*, **11(3)**, 328.
- [26] Kilic, H. S., & Yalcin, A. S. (2021). Comparison of municipalities considering environmental sustainability via neutrosophic DEMATEL based TOPSIS. *Socio-Economic Planning Sciences*, **75**, 100827.

- [27] Díaz, D. R. B., López, L. R. R., & Castro, L. P. A. (2020). Neutrosophic DEMATEL to Prioritize Risk Factors in Teenage Pregnancy. *Neutrosophic sets and Systems, {Special Issue: Impact of neutrosophy in solving the latin america's problems}*, **37**.
- [28] Karamaşa, Ç. (2020). Gıda işletmelerinde yeşil lojistik uygulamalarının Nötrosifik DEMATEL yöntemi ile analiz edilmesi: Giresun ili örneği. *Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, **2(2)**, 1-12.
- [29] Nabeeh, N. (2020). A hybrid neutrosophic approach of DEMATEL with AR-DEA in technology selection. *Neutrosophic Sets and Systems*, **31**, 17-30.
- [30] Kilic, H. S., Yurdaer, P., & Aglan, C. (2021). A leanness assessment methodology based on neutrosophic DEMATEL. *Journal of Manufacturing Systems*, **59**, 320-344.
- [31] Kaufmann, A., & Gupta, M. M. (1988). *Fuzzy mathematical models in engineering and management science*. Elsevier Science Inc..
- [32] Deli, I., & Subas, Y. (2014). Single valued neutrosophic numbers and their applications to multicriteria decision making problem. *Neutrosophic Sets Syst*, **2(1)**, 1-13.
- [33] Chiu, Y. J., Chen, H. C., Tzeng, G. H., & Shyu, J. Z. (2006). Marketing strategy based on customer behaviour for the LCD-TV. *International journal of management and decision making*, **7(2-3)**, 143-165.
- [34] Wu, W. W., & Lee, Y. T. (2007). Developing global managers' competencies using the fuzzy DEMATEL method. *Expert systems with applications*, **32(2)**, 499-507.
- [35] Hori, S., & Shimizu, Y. (1999). Designing methods of human interface for supervisory control systems. *Control engineering practice*, **7(11)**, 1413-1419.
- [36] Seyed-Hosseini, S. M., Safaei, N., & Asgharpour, M. J. (2006). Reprioritization of failures in a system failure mode and effects analysis by decision making trial and evaluation laboratory technique. *Reliability Engineering & System Safety*, **91(8)**, 872-881.

- [37] Tzeng, G. H., Chiang, C. H., & Li, C. W. (2007). Evaluating intertwined effects in e-learning programs: A novel hybrid MCDM model based on factor analysis and DEMATEL. *Expert systems with Applications*, **32(4)**, 1028-1044.
- [38] Abdel-Basset, M., Mohamed, M., & Sangaiah, A. K. (2018). Neutrosophic AHP-Delphi Group decision making model based on trapezoidal neutrosophic numbers. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, **9(5)**, 1427-1443.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı ve Soyadı: Sevil AKÇADAĞ

Öğrenim Durumu: Yüksek Lisans

EĞİTİM BİLGİLERİ

Mezun olduğu okul	Mezuniyet yılı
Yüksek Lisans: Gaziantep Üniversitesi	2023
Lisans: İnönü Üniversitesi	2011
Pedagojik Formasyon: İnönü Üniversitesi	2011
Lise: Bayraktar Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi	2006

İŞ TECRÜBESİ

Çalıştığı Kurum	Görevi
2012- Halen T.C. Millî Eğitim Bakanlığı	Öğretmen