

İMALAT SANAYİİNİN PERFORMANSINI DEĞERLENDİRMEDE
BULANIK KÜME VE YAKLAŞIK ÇIKARSAMA YAKLAŞIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

End.Müh. Adem GÖLEÇ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 15 Ocak 1996

Tezin Savunulduğu Tarih : 30 Ocak 1996

Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Cengiz GÜNGÖR

Diğer Jüri Üyeleri : Doç.Dr. Füsun ÜLENGİN
Yrd.Doç.Dr. Ufuk CEBECİ

OCAK 1996

ÖNSÖZ

Günümüzün en ilgi çekici konularından biri olan bulanık mantığın popülaritesi her geçen gün artmaktadır. Değişen zamana ayak uydurabilmek için bu bilim dalını yakından incelemek ve uygulamalara katkısını araştırmak zorundayız. Bu çalışmada Türk İmalat Sanayiinin performansının değerlendirilmesinde, bulanık küme ve yaklaşık çıkarsamanın kullanılması amaçlanmıştır.

Çalışmamın gerçekleşmesinde büyük bir anlayış ve sabırla bana yardımcı olan, çalışmalarımı izleyen ve yönlendiren hocam Sayın Yrd.Doç.Dr. Cengiz GÜNGÖR ve Doç.Dr. Harun TAŞKIN'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, çalışmalarım sırasında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme en içten teşekkürlerimi iletmek isterim.

Gerekli kaynakların temininde ilgi ve yardımlarını esirgemeyen İTÜ Merkez ve İşletme Fakültesi ve ODTÜ kütüphanesi yetkililerine; anket çalışmalarına yardımcı olan End.Yük.Müh. Remzi GÜMÜŞTAŞ'a ve yakın ilgi gösteren tüm kişi ve kuruluşlara teşekkürü de ayrıca borç bilirim.

İstanbul

Ocak, 1996

End.Müh. Adem GÖLEÇ

İÇİNDEKİLER

NOTASYON LİSTESİ	V
ŞEKİL LİSTESİ	VI
TABLO LİSTESİ	VII
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
BÖLÜM 2. BULANIK KÜMELER	5
2.1. Notasyon, Terminoloji ve Temel İşlemler	5
2.2. Bulanık Kümelerde İşlemler	10
2.3. Bulanık Kümelerin Özellikleri	13
2.4. Üyelik Fonksiyonu	14
2.5. Bulanık İlişkiler	17
BÖLÜM 3. BULANIK KÜME KAREKTERİSTİKLERİ	22
3.1. Bulanık Kümenin Seviye-Kümeleri	22
3.2. Temel Dilsel Terimler	24
3.3. Dilsel Pekiştirme İle Öne Geçen Birincil Terimler	25
3.4. Olasılıklı Dilsel Etiketler	28
3.5. Doğruluk Niteleme Oranı	30
BÖLÜM 4. ÖNERMELER MANTIĞI	33
4.1. Bulanık Mantık	33
4.2. Yaklaşık Çıkarıma	35
4.3. Bulanık Şartlı Önergeler	37
4.3.1. Çok Değerli İfadelerin Temsili	37
4.4. Bulanıklığı Giderme Süreci	42

BÖLÜM 5. İMALAT SANAYİNİN PERFORMANSINI	
DEĞERLENDİRME MODELİNİN KURULMASI	46
5.1. Değerlendirme Faktörleri	47
5.2. Model	48
5.2.1. Temel Seviye	48
5.2.2. Üst Seviye	50
5.3. Uygulama	55
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	63
KAYNAKLAR	65
EKLER	69
ÖZGEÇMİŞ	85



NOTASYON LİSTESİ

$\forall$: Her	$\vee$: Veya
$\exists$: Bazı	$\underline{\Delta}$: Tanım olarak eşittir
$\in$: Aittir	α : Alfa
$\notin$: Ait değildir	β : Beta
$\supseteq$: Kapsar veya eşit	γ : Gama
$\subseteq$: Kapsanır veya eşit	μ : Üyelik fonksiyonu
$\not\subset$: Kapsamaz	π : Olabilirlik fonksiyonu
$\subset$: Kapsar	τ : To
$\rightarrow$: İse	∞ : Sonsuz
$\Rightarrow$: Gerektirir	$\int$: İntegral
$\emptyset$: Boş küme	A : Bulanık küme
$\cap$: Kesişim	U : Tanım uzayı
$\cup$: Birleşim	$\bar{A}$: A 'nın tümleyeni
$[]$: Aralık parantezleri	Sup : En küçük üst sınır
$\leq$: Küçük eşit	A_α : A 'nın α -seviye kümesi
$\geq$: Büyük eşit	maks : Maksimum
$\neq$: Eşit değil	min : Minimum
$\cong$: Yaklaşık eşit	DIL(A): A 'nın genleşmesi
Π : Pi	CON(A) : A 'nın yoğunlaşması
Σ : Sigma	DEFUZZ(.) : Bulanıklığı giderme
$\ominus$: Sınırlandırılmış çıkarma	
$\oplus$: Sınırlandırılmış toplam	
$\circ$: Bileşke	
$\times$: Kartezyen Çarpım	
$\wedge$: Ve	

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2-1	Bulanık bir kümenin çekirdek, destek ve sınırı	15
Şekil 2-2	Normal(sol) ve normal olmayan(sağ) bulanık kümeler	16
Şekil 2-3	Konveks(üst) ve konveks olmayan(alt) bulanık kümeler	17
Şekil 2-4	İki konveks kümenin kesişimi	17
Şekil 3-1	Doğruluk değerleri niteleme grafikleri	31
Şekil 4-1	Bulanıklığı giderme maksimum üyelik metodu	43
Şekil 4-2	Bulanıklığı giderme ağırlık merkezi metodu	44
Şekil 4-3	Bulanıklığı giderme yükseklik metodu	45
Şekil 5-1	r_{im} 'nin gösterimi	50
Şekil 5-2	Birim değerlendirme uzayı	52
Şekil 5-3	Sektörlerin üyelik fonksiyonları	61

TABLO LİSTESİ

Tablo 4-1	Çok-değerli ifadeler	39
Tablo 4-2	İfadelerin özellikleri	40
Tablo 4-3	Üçgensel normlar ve yalancı-tümel evetlemelerin gösterimi..	42
Tablo 5-1	Değerlendirme faktörleri	47
Tablo 5-2	Sektörler	47
Tablo 5-3	Girdi T_{ij} matrisleri	56
Tablo 5-4	R ve CR matrisleri	58
Tablo 5-5	D_j matrisleri	59
Tablo 5-6	Bulanık çok amaçlı karar matrisi	61
Tablo 5-7	Birinci sektörün α -seviye-kümeleri	62
Tablo 5-8	Sektörlerin iyiden kötüye doğru sıralanması	62

ÖZET

Bu çalışmada Türk İmalat Sanayiinin performansını tanıma ve karar verme için insan düşüncesini karakterize eden bulanık ifadelerle bir değerlendirme modeli kurulmuştur. Bu değerlendirme modeli, bulanık yapay karar ve bulanık çok-kriterli kararlar ile temsil edilen iki aşamada gerçekleştirilmiştir ve imalat sanayiindeki sektörlerin performansını kantitatif bir değerlendirme yapmak için kullanılmıştır.

Bu çalışmada daha fazla bilgi kaybını önlemek için $D = (\text{Min}_{j=1, \dots, J} d_j(m, l))$ bulanık operatorü $D = (\prod_{j=1}^J d_j(m, l))$ olarak değiştirilmiştir ve bulanık çok-kriterli karar modelinin daha doğru ve güvenilir bir sonuç verdiği görülmüştür.

Bu değerlendirmeyi yapmak için önce bulanık kümeler, bulanık küme karakteristikleri, bulanık mantık, yaklaşık çıkarsama ve bulanık şartlı (eğer ... o halde ...) önermeler üzerinde durulmuştur. Daha sonra değerlendirme modeli kurulmuş ve yapılan anket sonucunda elde edilen veriler kullanılarak bu modelin uygulanması yapılmıştır. Bu uygulama neticesinde sektörlerin performansı iyiden kötüye doğru sıralanmıştır.

SUMMARY

AN APPROACH OF FUZZY SET AND APPROXIMATE REASONING IN EVALUATION OF MANUFACTURING INDUSTRY PERFORMANCE

With the intention of reflecting the fuzzy characteristic of a person's brain for recognition and judgment in the Turkish Manufacturing Industry, a double model based on fuzzy synthetic decision and multicriterion decision is presented in this work. The model has been used successfully to make a quantitative evaluation of the manufacturing sectors.

Some basic notations, fuzzy set operations, fuzzy relations, α -level-sets and fuzzy propositions that are used in this study will be discussed briefly.

In classical sets, or crisp sets, the transition between membership and non-membership in a given set for an element in the universe is abrupt and well-defined. For an element in a universe which contains fuzzy sets this transition can be gradual. This transition among various degrees of membership can be thought of as conforming to the fact that the boundaries of the fuzzy sets are vague and ambiguous. Hence, membership of an element from the universe in this set is measured by a function which attempts to describe vagueness and ambiguity.

A fuzzy set then is a containing elements which have varying degrees of membership in the set. This idea is contrasted with classical, or crisp, sets because members of a crisp set would not be members unless their membership was full or complete in that set (i.e., their membership is assigned a value of 1). Elements in a fuzzy set, because their membership can be a value other than complete, can also be members of other fuzzy sets on the same universe.

Elements of a fuzzy set are mapped to a universe of "membership values" using a function-theoretic form. This function maps elements of a fuzzy set A to a real numbered value on the interval 0 to 1. If an element in the universe, say u , is a member of fuzzy set A then this mapping is given as,

$$\mu_A(u) \in [0, 1]$$

$$A = (u, \mu_A(u) \mid u \in U)$$

A notation convention for fuzzy sets that is popular in the literature when the universe of discourse, U , is discrete and finite, is given below for a fuzzy set A by,

$$A = \mu_A(u_1)/u_1 + \mu_A(u_2)/u_2 + \dots = \sum_i \mu_A(u_i)/u_i$$

and, when the universe, U , is continuous and infinite, the fuzzy set A is denote by,

$$A = \int \mu_A(u)/u$$

In both notations, the horizontal bar is not a quotient, but rather a delimiter. In both notations, the numerator in each individual expression is the membership value in set A associated with the element of the universe indicated in the denominator of each expression. In the first notation, the summation symbol is not for algebraic summation, but rather is denoting a fuzzy union; hence the “+” signs in the first notation are not algebraic “add,” but rather function-theoretic union. In the second notation the integral sign is not an algebraic integral, but rather a set union notation for continuous variables.

Fuzzy Set Operations

Define three fuzzy sets A, B, C , on the universe U . For a given element x of the universe, the following function theoretic operations for the set-theoretic operations of union, intersection, and complement are defined,

A, B, C , on U

Union : $\mu_{A \cup B}(u) = \mu_A(u) \vee \mu_B(u)$

Intersection: $\mu_{A \cap B}(u) = \mu_A(u) \wedge \mu_B(u)$

Complement: $\mu_{\bar{A}}(u) = 1 - \mu_A(u)$

Any fuzzy set A defined on a universe U is a subset of that universe. Also by definition, just as with classical sets, the membership value of any element u in the null set $\emptyset$ is 0 and the membership value of any element u in the whole set U is 1. The appropriate notation for these ideas is as follows:

$$A \subseteq U \rightarrow \mu_A(u) \leq \mu_u(u)$$

$$\forall u \in U, \mu_{\emptyset}(u) = 0$$

$$\forall u \in U, \mu_x(u) = 1$$

The collection of all sets and fuzzy subsets on U is denoted as the fuzzy power set $P(U)$. It should be obvious to see, based on the fact that all fuzzy sets can overlap, that the cardinality of the fuzzy power set is infinite; that is,

$$\text{Cardinality of } P(u) \rightarrow n_{P(u)} = \infty$$

DeMorgan's laws for classical sets also hold for fuzzy sets, as denoted by the expressions below,

$$(\overline{A \cap B}) = \bar{A} \cup \bar{B}$$

$$(\overline{A \cup B}) = \bar{A} \cap \bar{B}$$

All other operations on classical sets, as enumerated before, also hold for fuzzy sets, except for the excluded middle laws. These two laws do not hold for fuzzy sets because of the fact that since fuzzy sets can overlap, a set and its complement can also overlap. The excluded middle laws, extended for fuzzy sets, are expressed by,

$$A \cup \bar{A} \neq U$$

$$A \cap \bar{A} \neq \emptyset$$

Fuzzy Relations

Fuzzy relations also map elements of one universe, say U , to those of another universe, say V , through the Cartesian product of the two universes. However, the "strength" of the relation between ordered pairs of the two universes is not measured with the characteristic function, but rather with a membership function expressing various "degrees of the strength of the relation on the unit interval $[0, 1]$ ". Hence, a fuzzy relation R , is a mapping from the Cartesian space $U \times V$ to the interval $[0, 1]$, where the strength of the mapping is expressed by the membership function of relation for ordered pairs from the two universes, or $\mu_R(u, v)$.

Operations on Fuzzy Relations

Let R , S and T be fuzzy relations on the Cartesian space $U \times V$. Then the following operations apply,

Union: $\mu_{R \cup S}(u, v) = \max(\mu_R(u, v), \mu_S(u, v))$

Intersection: $\mu_{R \cap S}(u, v) = \min(\mu_R(u, v), \mu_S(u, v))$

Complement : $\mu_{\bar{R}}(u, v) = 1 - \mu_R(u, v)$

Containment : $R \subset S \Rightarrow \mu_R(u, v) \leq \mu_S(u, v)$

The operations that do not hold for fuzzy relations, as is the case for fuzzy sets in general, are the Excluded Middle laws. Since a fuzzy relation R is also a fuzzy set, there is overlap between a relation and its complement, and

$$R \cup \bar{R} \neq E$$

$$R \cap \bar{R} \neq 0$$

As seen, the Excluded Middle laws for relations do not result in the null relation, 0, or the complete relation, E .

Because fuzzy relations in general are fuzzy sets, can define the Cartesian product between fuzzy sets. Let A be a fuzzy set on universe U and B be a fuzzy set on universe V ; then the Cartesian product between fuzzy sets A and B will result in a fuzzy relation R , or

$$A \times B = R \subset U \times V$$

with membership function,

$$\mu_R(u, v) = \mu_{A \times B}(u, v) = \min(\mu_A(u), \mu_B(v))$$

Fuzzy composition can be defined just as it is for crisp (binary) relations. Suppose R is a fuzzy relation on the Cartesian space $U \times V$, S is a fuzzy relation on $V \times W$, and T is a fuzzy relation on $U \times W$; then the fuzzy max-min composition is defined as:

$$\text{Let } T = R \circ S$$

$$\mu_T(u, w) = \bigvee_{v \in V} (\mu_R(u, v) \wedge \mu_S(v, w))$$

and the fuzzy max-product composition is defined as,

$$\mu_T(u, w) = \bigvee_{v \in V} (\mu_R(u, v) \bullet \mu_S(v, w))$$

It should be pointed out that neither crisp nor fuzzy compositions have inverses in general; that is

$$R \circ S \neq S \circ R$$

This result is general for any matrix operation, fuzzy or otherwise, which must satisfy consistency between the cardinal counts of elements in respective universes. Even for the case of square matrices, the composition inverse is not guaranteed.

Level-Sets of a Fuzzy Set

For a fuzzy set A ,

$$A_{\alpha} \triangleq \{u \mid \mu_A(u) > \alpha\}; \quad \alpha \in [0, 1)$$

$$A_{\bar{\alpha}} \triangleq \{u \mid \mu_A(u) \geq \alpha\}; \quad \alpha \in (0, 1]$$

are called the weak α -cut and strong α -cut, respectively.

The term α -cut is a general term that includes both strong and weak types. The weak α -cut is also called the α level-set. The difference between strong and weak is the presence or absence of the equal sign. If the membership function is continuous, the distinction between strong and weak is not necessary due to the logical development inherent in the α -cut. Calculations with weak α -cuts are easier to deal with.

Fuzzy Propositions

Here we will sum up a few of the basic aspects of the fuzzy propositions used in fuzzy logic. Fuzzy propositions are propositions that include fuzzy predications like “it will probably rain tomorrow” and “ u is a small number.” Generally, they are written

u is A

A is a fuzzy predicate and is called the fuzzy variable. Fuzzy variables are also called linguistic variables and are expressed in terms of fuzzy sets. Without delving into fuzzy logic here, we will discuss the expression of modifications in fuzzy propositions and composite fuzzy propositions.

When the predicate of “ u is a small number” is modified to give the form “ u is a very small number,” we can think in terms of the membership function for the fuzzy set that represents the linguistic variable. This is a proposition modification problem. Words like “extremely” and “very,” which change the predicate in this way, are called modifiers, and are indicated by the symbol m . If

u is A

is modified with m , we use the expression

u is mA

The negation of A , “not”, can also be thought of as a modifier. To find the fuzzy sets mA from fuzzy set A we do as follows:

very $A = A^2$

more or less $A = A^{1/2}$

not $A = 1 - A$

The membership functions of the right-hand terms are

$$\mu_{A^2}(u) = (\mu_A(u))^2$$

$$\mu_{A^{1/2}}(u) = (\mu_A(u))^{1/2}$$

$$\mu_{1-A}(u) = 1 - \mu_A(u),$$

respectively. The method for representing mA needs to express the meaning of m well, so there is no generalized form.

Next we should discuss composite propositions that are the tying-together of two different propositions, as in “ v is a small number, or u is a large number” and “ u is small, and is an average-sized number.” What connects the propositions is a logical conjunction, and representative examples are “and” and “or.” If two propositions are connected we get something like what follows:

$$u \text{ is } A \text{ or } u \text{ is } B = u \text{ is } A \cup B$$

$$u \text{ is } A \text{ and } u \text{ is } B = u \text{ is } A \cap B$$

If we take “ u is not very large, it’s an average sized number” as an example, we can use the expression “ u is $(1 - \text{large}^2) \cap \text{about average}$.”

However, composite propositions like “tall” (his height), and “heavy” are not expressed in this way, because the subject is different in each of the two propositions. In this case the expressions are:

$$u \text{ is } C \text{ and } v \text{ is } D = (u, v) \text{ is } C \times D$$

$$u \text{ is } C \text{ or } v \text{ is } D = (u, v) \text{ is } C \times V \cup U \times D$$

$C \times D$ is the direct product of C and D ; U is the support set of C , and V is the support set of D . This kind of tying-together of two propositions with different subjects (dimensions) is formally expressed by using a fuzzy subsets are what are called *fuzzy relations* as decried in the next paragraph.

A typical combination of fuzzy propositions is “if u is C , v is D .” The logic symbol for “if” is an arrow $\rightarrow$, and it is called an *implication*. This proposition can be seen as a two-dimensional composition, and if we write

$$u \text{ is } C \rightarrow v \text{ is } D = (u, v) \text{ is } C \rightarrow D$$

$C \rightarrow D$ is the fuzzy subset $U \times V$, and its membership function is expressed by

$$\mu_{C \rightarrow D}(u, v) = (1 - \mu_C(u) + \mu_D(v)) \wedge 1.$$

Aside from “and” and “or” there are many ways to express “ $\rightarrow$,” and their applications are divided according to the situation.

In this study a new approach is presented to evaluate the Turkish Manufacturing Industry. This approach is a double model of fuzzy synthetic decision and fuzzy multicriteria decision.

The advantage is that both methods can show off their strong points and avoid their weak points. The amount of calculation of the fuzzy synthetic decision is small and it is simple. It can be used in lower level decision but the weights are distributed among the factors only one time. So it has its limitation.

Fuzzy multicriteria decision is more flexible and adaptable, especially to the higher level decision. Thus, if we use them together, it is more in accordance with the thinking process of a human being to make a decision on a complex issue.

Besides a double model, we can build a multiple model, so as to meet the needs of the decision and recognition of complex systems. Any question about the study has an answer in the text.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Bulanık küme teorisi, klasik küme teorisine alternatif olarak L. A. Zadeh [1] tarafından ortaya atılmıştır. Zadeh bu çalışmasında klasik küme teorisinin tanımlayamadığı kümelerden hareket ederek, bu tanımlara ulaşmanın yolunu aramıştır.

Zadeh'e göre bulanık küme teorisi, nesneler sınıfının sınırları kesin tanımlanmadığı zaman ortaya çıkan belirsizlikle sistematik bir biçimde ilgilenmek için kavramlar ve teknikler yapısı geliştirme teşebbüsüdür. Böyle sınıflara “genç adam”, “genç kız”, “küçük araba”, “dar cadde”, “kısa cümle” gibi örnekler verilebilir. Bu sınıflara üyelik veya bulanık kümelerde, hepsi veya hiçbirisi önermesinden ziyade dereceli sınıflandırma söz konusudur. Böylece informel olarak bulanık bir küme, üyelikten üyelik dışına derece derece ilerlemenin sözkonusu olduğu veya daha duyarlı bir biçimde, bir nesne bir sınıfa bir (tam üyelik) ve sıfır (üyelik dışı) arasında bir üyelik derecesiyle ait olabilir. Bu perspektiften klasik matematik düşüncesiyle ifade edilen bir küme, bulanık bir kümenin bozulma durumu olarak gözlenebilir. Yani, bulanık bir küme yalnızca $[0, 1]$ aralığında üyelik dereceleri kabul eder.

Açık olarak, gerçek dünyada ilgilendiğimiz nesnelerin birçok sınıfı yukarıda tanımlanan informel anlamda bulanık kümedirler. Ancak hala matematikte, mantıkta ve anlaşılması zor bilimlerde ilgi, çoğu klasik anlamdaki kümeler olan sınıflara doğru yönelmektedir. Ekseriyetle, bulanıklık rassallığın bir formu olarak yanlış kavranılması ve olasılık teorisiyle sağlanan araçların yeteri derecede kullanılabilir olması yüzündendir. Bununla birlikte, belirsizliğin değişik biçimlerinin daha iyi anlaşılması için, (a) bulanıklığın temelde rassallıktan farklı olduğu; (b) bulanıklığın rassallıktan daha çok beşeri algılama, idrak ve bilişsel ilgide daha fazla rol oynadığı; ve (c) etkin olarak bulanıklıkla ilgilenmek için birçok inanç ve davranışlardan vazgeçmemiz ve

mekanik sistemlerde olduğu gibi beşeri sistemlerin analizi için de yeni bir çatıyı radikal olarak geliştirmemiz gerekir.

Belirsizliğin çeşitli yönlerini ifade etmek için, bulanıklık(fuzziness) ve muğlaklık(vagueness) arasındaki farkla ilgili açık bir tanıma ihtiyaç vardır. Bazı terimler, aynı anlamda olmalarına rağmen muğlaklığı, bulanıklığın belirli bir formu olarak görmek daha doğru olur. Daha özel olarak; “Remzi *oldukça uzundur*” bulanık önermesi “oldukça uzun”la etiketlenmiş sınıfın bulanıklığından dolayı bulanık bir ifadedir. Diğer taraftan muğlak bir önerme, belirli bir amaç için yetersiz bir bilgi elde etmede (i) bulanık ve (ii) müphem(ambiguous)’dir. “Remzi *oldukça uzundur*” önermesi ona bir kot pantolon alma kararında kot pantolonun ne kadar büyük olacağı konusunda alacağımız kararda yeterli olmayabilir. Bu durumda sorudaki önerme hem bulanık hem de müphemdir ve böylece de muğlaktır. Diğer taraftan, “Remzi *oldukça uzundur*” Remzi için kolye seçmede yeterli bilgi sağlayabilir. Bu durumda önerme bulanık fakat muğlak değildir. Aslında, muğlaklık bir önermenin, bağımlı veya kapsamlı karakteristik bir uygulamasıdır. Halbuki bulanıklık böyle değildir.

Rassallık ve bulanıklık arasındaki farkı anlamak için, olasılıktan ziyade bulanık kümeye üyeliğin derecesini uyumluluğun (veya olabilirliğin) bir derecesi olarak yorumlamak yararlı olacaktır. Bir örnek olarak, “Hasan’ın arabasından indiler” önermesi ve Hasan’ın arabasından kaç kişi indi? sorusunu ele alalım. Basitlik için yolcuların aynı boyuta sahip olduğunu varsayalım.

Soruya verilen cevap n olsun. O halde her n ’ye karşı olabilirlik ve olasılığı temsil eden iki sayı μ_n ve p_n ’i alalım. Burada n arabadan inen yolcu sayısıdır. Örneğin, μ_n ve p_n için şu tabloyu oluşturabiliriz.

n	1	2	3	4	5	6	7
μ_n	0	1	1	1	0.7	0.2	0
p_n	0	0.6	0.3	0.1	0	0	0

Burada μ_n , n yolcunun araba içindeki *rahatlık derecesi* olarak yorumlanabilir. Böylece $\mu_5 = 0.7$ 'nin anlamı, belirlenmiş veya belirlenmemiş kriterle araba içerisindeki sıkışık beş yolcunun rahatlık derecesi 0.7'dir. Diğer bir ifade ile Hasan'ın 5 yolcuyu taşıma olasılığı sıfır olabilir. Benzer şekilde arabada 4 yolcunun taşıma olabirliği 1'dir. Zıt olarak Hasan'ın durumuyla ilgili olasılık 0.1'dir.

Bu örnek üç sonuç doğurmaktadır. Birincisi, olabirlik hepsi veya hiçbirisi niteliğine sahip değildir ve derece ile temsil edilebilir. İkincisi, olabirlik derecesi olasılıkla aynı değildir ve üçüncüsü de olabirlikli bilgi daha elemanter ve olasılıklı bilgiden daha az ön-koşula bağlıdır. Fakat, bulanık küme teorisi için motivasyon olarak hangisinin en önemli olduğu, daha çok bilgiye dayalı beşeri çıkarsamanın olasılıklı özelliklerinden ziyade olabirlik özelliğine bağlıdır.

Bulanık küme teorisi iki farklı dala sahiptir. Birincisi, bulanık kümenin, ispat edilebilir iddiayı kapsayan matematiksel bir yapı olarak ele alınmasıdır. Bulanık kümelerin “bulanık olmayan” teorisi geleneksel matematiğin ruhunda mevcuttur ve bulanık topolojik uzaylar, bulanık devre fonksiyonları, bulanık sıralama, sistem analizine uygulamalar, bulanık ölçümler, bulanık kümeleme v.s. konularında artan literatürle karşımıza çıkmaktadır.

Diğer dalıda bulanık kümeler ve onlar hakkındaki iddiaların ele alındığı kuralların temelini oluşturan ve mantık içine katılan bulanıklık, “bulanık” bir teori olarak gözlenebilir. Teorinin bu dalının ortaya çıkışı bulanık mantığın gelişmesine götüren dilsel yaklaşıma giriş ile ilgilidir [2, 3]. Bu mantıkta, hem doğruluk-değerlerine hem de çıkarım kurallarına belirsiz olması için izin verilir [4]. Örnek olarak, “Fatma çok zekidir” önermesi diğer bulanık önermelerin doğruluk değerlerinin yaklaşık bir sonucu olabilen dönüşümde “daha veya az doğru” olabilir. Bulanık kümelerin “bulanık” teorisi hala gelişmenin başlangıç aşamasındadır. “Yaklaşık” veya buna denk olarak “bulanık çıkarsama” önemli bir temeldir. Böyle bir akıl yürütme daha beşeri düşünceye nüfuz eder ve eksik bilinen bir ortamda belirsiz olarak tanımlanmış hedeflere ulaşmak için insan kabiliyetine kayda değer bir temel oluşturur.

Bu çalışmada, Türk İmalat Sanayiinin sektörel ve departman veya faaliyet alanları bazında performansları değerlendirilmiştir. Bu amaçla, bölüm 2’de bulanık küme teorisinin temel kavramları ve işlemleri üzerinde durulmuştur. Bu kavram ve işlemler ilerleyen bölümlerde sıkça kullanılacaktır.

Bölüm 3’de, bulanık küme karakteristikleri ve çeşitli bireyler tarafından belirgin biçimde biraz farklılıkla yorumlanabilen ve subjektif fikirleri ifade etme eğiliminde olan temel dilsel terimler ve pekiştirmeler üzerinde durulmuştur.

Bölüm 4’de ise bulanık mantık, daha beşeri bir düşünceye nüfuz eden ve yetersiz bir ortamda belirsiz olarak tanımlanmış hedeflere ulaşmak için insan kabiliyetinin temelini oluşturan yaklaşık çıkarsama, çeşitli değişkenler içeren bulanık şartlı önermelerin en yaygın kullanılan “eğer ... o halde ...” kurallarının modellenmesi ve bunların çeviri kuralları üzerinde durulmuştur.

Beşinci ve son bölümde ise imalat işletmelerinin sektörel ve departman bazında performanslarının değerlendirilmesi için iki seviyeli bir model kurulmuş ve uygulanmıştır.

BÖLÜM 2. BULANIK KÜMELER

2.1. Notasyon, Terminoloji ve Temel İşlemler

Genelde bulanık küme; nesneler, kavramlar veya matematiksel yapıların herhangi bir toplamı olan bulanık olmayan bir tanım uzayına oturtulmuş olarak kabul edilir. Örneğin, U tanım uzayı: reel sayılar kümesi, 0, 1, 2, ..., 100 tam sayılar kümesi, bir şehirde oturanların kümesi, bir telefon rehberindeki bütün isimlerin kümesi v.s. gibi kümelerden oluşabilir. Tanım uzayı, alt ve/veya üst indissiz $U, V, W, \dots$, sembolleri ile gösterilir. U tanım uzayında bir bulanık küme veya U 'nun bulanık bir alt kümesi, alt ve/veya üst indissiz A, B, C, D, E, F, G, H sembollerinden birisiyle gösterilir [5].

U tanım uzayında, A bulanık kümesi $\mu_A : U \rightarrow [0, 1]$ üyelik fonksiyonu ile karakterize edilir. Burada u , U tanım uzayının herhangi bir elemanını ve $\mu_A(u)$ 'da A bulanık kümesindeki u 'nun üyelik derecesini gösterir. A 'nın desteği(support) üyelik derecesi ($\mu_A(u)$) pozitif olan noktalar kümesidir. A 'nın yüksekliği(height) A boyunca üyelik derecesinin en küçük üst sınırıdır. A 'nın çapraz noktası(crossover point) A 'daki üyelik derecesi 0.5 olan U 'daki noktadır. A 'nın yüksekliği bir ise normal aksi halde altnormaldir.

U tanım uzayını, $[0, 100]$ aralığı ve "yaş" olarak kabul edelim. "Yaşlı" ile etiketlendirilen U 'nun bulanık bir alt kümesinin, üyelik fonksiyonunu aşağıdaki gibi tanımlayalım.

$$\mu_A(u) = \begin{cases} 0 & , \quad 0 \leq u \leq 50 \\ \left[1 + \left(\frac{u-50}{2} \right)^{-2} \right]^{-1} & , \quad 50 \leq u \leq 100 \end{cases} \quad (2.1)$$

Bu durumda, “yaşlı”nın desteği $[50, 100]$ aralığı, “yaşlı”nın yüksekliği 1 ve çapraz noktası da 55’dir.

Bazı uygulamalarda $\mu_A(u)$ üyelik derecesi, A bulanık kümesiyle u elemanı arasındaki uyumluluk derecesi olarak yorumlanmaktadır (Örneğin, 60 yaşındaki bir kişinin A bulanık kümesiyle uyumluluk derecesi $\mu_{yaşlı}(60) = 0.8$ ’dir). Başka bir ifadeyle, $\mu_A(u)$, A bulanık kümesinde u ’nun olabilirlik derecesi olarak yorumlanabilir. $\mu_A(u)$, uyumluluk veya olabilirlik derecesi olarak rol oynadığı zaman, $\mu_A : U \rightarrow [0, 1]$ fonksiyonu uyumluluk fonksiyonu olarak bilinir.

Üyelik fonksiyonunun özel sayısal değerine ait anlamın gerçekte pür subjektif olduğu önemlidir. Örneğin, arabadaki 5 yolcunun rahatlık derecesini 0.7 olarak ifade ettiğimizde, biri bu izlenime nasıl vardığını açıklayabilir veya açıklayamaz. Bazı durumlarda ölçekteki bir skala veya güven veren noktanın anlamı açıklanabilir ve diğerlerinin anlamı izafi terimlerle tanımlanabilir. Daha sonra görüleceği gibi çoğu durumlarda hareket tarzları, özel kapsam veya içerikteki üyeliğin derecesine ait bir anlama sahip değildir. Fakat bir bulanık kümenin üyelik fonksiyonundaki biçim diğer bulanık kümelerle ilgilidir.

Bulanık kümelerin temsilini basitleştirmek için, aşağıdaki notasyonlarla çalışma yapmak uygundur.

Bulanık olmayan sonlu bir küme $U = \{u_1, \dots, u_n\}$,

$$U = u_1 + u_2 + \dots + u_n \quad (2.2)$$

veya

$$U = \sum_{i=1}^n u_i$$

ile ifade edilir. Burada $+$, aritmetik toplamdan ziyade birleşimde önemli rol oynar.

Böylece,

$$u_i + u_j = u_j + u_i$$

ve

$$u_i + u_i = u_i, \quad (i, j = 1, 2, \dots, n)$$

olur.

Bu notasyonun genişletilmesi olarak, U 'nun sonlu bulanık kümesi A , doğrusal bir formda:

$$A = \mu_1 u_1 + \dots + \mu_n u_n \quad (2.3)$$

veya

$$A = \sum_{i=1}^n \mu_i u_i$$

olarak ifade edilir.

Burada μ_i , $i = 1, \dots, n$, u_i 'nin A 'daki üyelik derecesidir. u_i sayı olduğu durumlarda, $\mu_i u_i$ dizisinin μ_i ve u_i bileşenlerinin tanımlanmasına dair bazı belirsizlikler olabilir. Böyle durumlarda belirlilik için "/" gibi bir ayırıcı sembolü kullanarak çalışma yapmak uygundur. Bu durumda A bulanık kümesi,

$$A = \mu_1 / u_1 + \dots + \mu_n / u_n \quad (2.4)$$

veya

$$A = \sum_{i=1}^n \mu_i / u_i$$

şeklinde yazılır.

(2.2) gibi, (2.3) kendi bileşeni olan bulanık tekil $\mu_i u_i$ (veya μ_i / u_i)'nin birleşimi, bulanık bir kümenin temsili olarak yorumlanabilir. Birleşim tanımından, eğer A 'nın temsili $u_i = u_j$ ifadesine sahip isek,

$$\mu_i u_i + \mu_j u_i = (\mu_i \vee \mu_j) u_i \quad (2.5)$$

ile ifade edilen ikameyi yapabiliriz. Burada $\vee$ sembolü maksimumu ifade eder.

U 'nun sürekli bulanık alt kümesi,

$$A \triangleq \int_U \mu_A(u) / u \quad (2.6)$$

integral formu ile ifade edilebilir.

$\mu_A(u)$, A 'daki u 'nun üyelik derecesi olması şartıyla, integral $\mu_A(u) / u$, $u \in U$, bulanık tekillerinin birleşimini gösterir ($\triangleq$ sembolü “tanım olarak eşittir” ifadesini temsil eder).

$[0, 100]$ aralığını içeren tanım uzayında, $u = \text{“yaş”}$ ise “yaşlı” ile etiketlendirilen bulanık bir alt küme ((2.1)):

$$yaşlı = \int_{50}^{100} \left(1 + \left(\frac{u-50}{5} \right)^{-2} \right)^{-1} / u \quad (2.7)$$

üyelik fonksiyonu ile ifade edilir.

Yaklaşık olarak tanımlanmış bir üyelik fonksiyonu uydurmak için parametrelerinin düzeltildiği standart bir fonksiyonu, bulanık bir alt kümenin üyelik fonksiyonu olarak ifade etmek bazı durumlarda uygundur. Böyle iki fonksiyon S ve π :

$$S(u, \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 0 & , \quad u \leq \alpha \\ 2 \left(\frac{u - \alpha}{\gamma - \alpha} \right)^2 & , \quad \alpha \leq u \leq \beta \\ 1 - 2 \left(\frac{u - \gamma}{\gamma - \alpha} \right)^2 & , \quad \beta \leq u \leq \gamma \\ 1 & , \quad \gamma \leq u \end{cases} \quad (2.8)$$

$$\pi(u; \beta, \gamma) = \begin{cases} S(u; \gamma - \beta, \gamma - \frac{\beta}{2}, \gamma) & , u \leq \gamma \\ 1 - S(u; \gamma, \gamma + \frac{\beta}{2}, \gamma + \beta) & , \gamma \leq u \end{cases} \quad (2.9)$$

şeklinde tanımlanır.

$S(u; \alpha; \beta; \gamma)$ fonksiyonundaki β parametresi ($\beta = (\alpha + \gamma)/2$) çapraz (crossover) noktadır. $\pi(u; \beta; \gamma)$ fonksiyonundaki β parametresi ise band genişliğidir. Yani π 'nin bir olduğu noktada γ , π 'nin çapraz noktalar arasındaki ayırıcıdır.

Bazı durumlarda, μ_A 'nın U 'dan $[0, 1]$ 'e tasvir edildiği varsayımı sınırlı olabilir ve bir kafeste veya daha ayrıntılı olarak Boolean cebirinden μ_A 'nın değerler almasına izin verilebilir. Bununla birlikte, çoğu amaçlar için bulanık kümelerin aşağıdaki ilk iki hiyerarşisi ile çalışmak yeterlidir.

Eğer μ_A üyelik fonksiyonu U 'dan $[0, 1]$ 'e tasvir edilirse U 'nun bulanık alt kümesi A birinci tipdir. Eğer μ_A , U 'dan $n-1$ tip bulanık alt kümelerin kümesine tasvir edilirse, A n , $n = 2, 3, \dots$, tipdir. Basitlik için eğer daha yüksek bir tip olması belirlenmemişse A 'nın birinci tip olması daima anlaşılır olacaktır.

Varsayalım ki U negatif olmayan tam sayılı değerler kümesi ve A "küçük tamsayılar" ile etiketlenen U 'nun bulanık bir alt kümesi olsun. O halde A 'da asıl u elemanlarının üyelik derecesi $[0, 1]$ aralığında sayılar ise A birinci tipdir. Örneğin,

$$\mu_{\text{küçük tamsayılar}}(u) = \left(1 + \left(\frac{u}{5}\right)^2\right)^{-1}, \quad u = 0, 1, 2, \dots \quad (2.10)$$

dir. Diğer bir ifadeyle, U 'daki her u için $\mu_A(u)$, $[0, 1]$ aralığında değerler alan birinci tip bulanık bir alt küme ise, A ikinci tipdir. Örneğin, $u = 10$ için,

$$\mu_{\text{küçük tamsayılar}}(10) = \text{düşük} \quad (2.11)$$

dir. Burada “düşük” $[0, 1]$ aralığında değerler alan bulanık bir alt kümedir ve üyelik fonksiyonu,

$$\mu_{\text{düşük}}(v) = 1 - S(v; 0, 0.25, 0.5), \quad v \in [0, 1] \quad (2.12)$$

ile temsil edilir ve

$$\text{düşük} = \int_0^1 (1 - S(v; 0, 0.25, 0.5)) / v \quad (2.13)$$

ile gösterilir.

2.2. Bulanık Kümelerde İşlemler

A ve B , U 'nun bulanık alt kümeleri olsun,

1. A 'nın tümleyeni $\bar{A}$ ile gösterilir ve aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$A \triangleq \int_U (1 - \mu_A(u)) / u \quad (2.14)$$

2. A ve B bulanık kümelerinin birleşimi $A + B$ (veya $A \cup B$) ile gösterilir ve

$$A + B \triangleq \int_U (\mu_A(u) \vee \mu_B(u)) / u \quad (2.15)$$

ile tanımlanır. Burada $\vee$ maksimum sembolüdür.

3. A ve B bulanık kümelerinin kesişimi $A \cap B$ ile gösterilir ve

$$A \cap B \triangleq \int_U (\mu_A(u) \wedge \mu_B(u)) / u \quad (2.16)$$

ile tanımlanır. Burada $\wedge$ minimum sembolüdür.

4. A ile B 'nin çarpımı AB ile gösterilir ve

$$AB \triangleq \int_{U'} (\mu_A(u) \mu_B(u)) / u \quad (2.17)$$

ile tanımlanır.

Böylece A^α ,

$$A^\alpha \triangleq \int_U (\mu_A(u))^\alpha / u \quad (2.18)$$

ile tanımlanır. Burada α herhangi bir pozitif sayıdır. Benzer olarak, α öyleki $\alpha \sup_u \mu(u) \leq 1$ olan negatif olmayan herhangi bir reel sayı ise,

$$\alpha A \triangleq \int_U \alpha \mu_A(u) / u \quad (2.19)$$

(2.18)'in özel bir durumu olarak, genleşme(dilation)

$$\text{DIL}(A) \triangleq A^{0.5} \quad (2.20)$$

ile ifade edildiğinde yoğunlaşma(concentration) işlemi de

$$\text{CON}(A) \triangleq A^2 \quad (2.21)$$

ile tanımlanır.

5. A ve B 'nin sınırlandırılmış toplamı $A \oplus B$ ile gösterilir ve

$$A \oplus B \triangleq \bigcup_U 1 \wedge (\mu_A(u) + \mu_B(u)) / u \quad (2.22)$$

ile tanımlanır. Burada $+$ aritmetik toplamdır.

6. A ve B 'nin sınırlandırılmış farkı $A \ominus B$ ile gösterilir ve

$$A \ominus B \triangleq \bigcup_U 0 \vee (\mu_A(u) - \mu_B(u)) / u \quad (2.23)$$

ile tanımlanır. Burada $-$ aritmetik farktır.

7. A 'nin sol karesi 2A ile gösterilir ve

$$^2A \triangleq \bigcup_V \mu_A(u) / u^2 \quad (2.24)$$

ile tanımlanır. Burada $V \triangleq \{u^2 \mid u \in U\}$ dir. Daha genel olarak,

$$^{\alpha}A \triangleq \bigcup_V \mu_A(u) / u^{\alpha} \quad (2.25)$$

dir ve burada $V \triangleq \{u^{\alpha} \mid u \in U\}$ dir.

8. $A_1, \dots, A_n$ U 'nun bulanık alt kümeleri ve $w_1, \dots, w_n$ toplamı bir olan pozitif ağırlıklar ise, $A_1, \dots, A_n$ 'nin konveks birleşimi bulanık bir A kümesidir ve üyelik fonksiyonu,

$$\mu_A = w_1 \mu_{A_1} + \dots + w_n \mu_{A_n} \quad (2.26)$$

ile ifade edilir ve burada $+$ aritmetik toplamı gösterir. Konveks kombinasyon kavramı

bir bulanık kümenin bileşenleriyle gösterilen ağırlıkları düzeltmede “esasen” ve “belirgin biçimde” gibi dilsel anlamların temsilinde yararlıdır.

9. $A_1, \dots, A_n$ sırasıyla $U_1, \dots, U_n$ 'nin bulanık alt kümeleriye, $A_1, \dots, A_n$ 'nin kartezyen çarpımı $A_1 \times \dots \times A_n$ ile gösterilir ve $U_1 \times \dots \times U_n$ 'nin bulanık bir alt kümesi olarak tanımlanır. Üyelik fonksiyonu,

$$\mu_{A_1 \times \dots \times A_n}(u_1, \dots, u_n) = \mu_{A_1}(u_1) \wedge \dots \wedge \mu_{A_n}(u_n) \quad (2.27)$$

şeklindedir ve buna eşdeğer olarak,

$$A_1 \times \dots \times A_n = \bigcup_{U_1 \times \dots \times U_n} (\mu_{A_1}(u_1) \wedge \dots \wedge \mu_{A_n}(u_n)) / (u_1, \dots, u_n) \quad (2.28)$$

şeklinde ifade edilir.

2.3. Bulanık Kümelerin Özellikleri

Bulanık kümeler, klasik kümelerle benzer özelliklere sahiptir. Bu yüzden bir klasik kümenin üyelik değerleri $[0, 1]$ aralığının bir alt kümesi olmasından dolayı klasik kümeler bulanık kümelerin özel bir durumu olarak düşünülebilir. Bulanık kümelerin en çok kullanılan özellikleri aşağıda listelenmiştir [6].

Yer değiştirme:

$$\begin{aligned} A \cup B &= B \cup A \\ A \cap B &= B \cap A \end{aligned} \quad (2.29)$$

Ortaklaşma:

$$\begin{aligned} A \cup (B \cap C) &= (A \cup B) \cap (A \cup C) \\ A \cap (B \cup C) &= (A \cap B) \cup (A \cap C) \end{aligned} \quad (2.30)$$

Dağılma:

$$\begin{aligned} A \cup (B \cap C) &= (A \cup B) \cap (A \cup C) \\ A \cap (B \cup C) &= (A \cap B) \cup (A \cap C) \end{aligned} \quad (2.31)$$

$$\begin{aligned}
\text{Özdeşlik:} \quad & A \cup \emptyset = A \\
& A \cap U = A \\
& A \cap \emptyset = \emptyset \\
& A \cup U = U
\end{aligned} \tag{2.32}$$

$$\begin{aligned}
\text{Denk güçlülük:} \quad & A \cup A = A \\
& A \cap A = A
\end{aligned} \tag{2.33}$$

$$\text{Geçişme:} \quad \text{Eğer } A \subseteq B \subseteq C \text{ ise, } A \subseteq C \text{ dir.} \tag{2.34}$$

$$\text{Çift tümlleme :} \quad \overline{\overline{A}} = A \tag{2.35}$$

2.4. Üyelik Fonksiyonu

Bulanık küme, kavramlar/nesneler arasında iyi tanımlanmamış sınırların mevcut olduğu sınıfa, ait olan ve olmayan kavramlar/nesneler sınıfı olarak düşünülebilir. Ait olmadan ait olmamaya geçiş ve bulanık kümeye ait bu kavramlar/nesneler'in ait olma dereceleri, üyelik fonksiyonu ile karakterize edilir [7].

Üyelik fonksiyonu $[0, 1]$ aralığında değerler alır. Bu değere “doğruluk değeri” veya “uyumluluk derecesi” denir. 1 tam doğruluğu veya tam üyeliği ve 0 tam yanlışlığı gösterir. Formel olarak, eğer $U = \{u\}$ nesneler kümesi ise U üzerindeki A bulanık kümesi $\mu_A(u)$ üyelik fonksiyonu ile tanımlanır. Burada A 'daki u 'nun üyelik derecesini temsil eden $[0, 1]$ aralığındaki reel sayı her elemana atanır [8].

2.4.1. Üyelik Fonksiyonunun Özellikleri

Bir bulanık kümenin kapsadığı bütün bilgiler onun üyelik fonksiyonu ile tasvir edildiği için, bu fonksiyonun çeşitli özelliklerini anlatmak için bazı terimleri

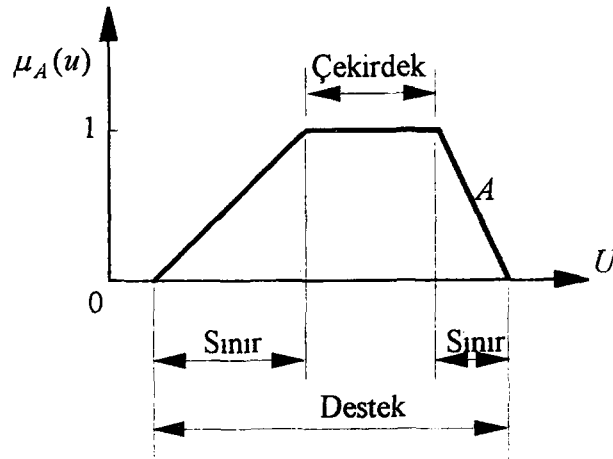
geliştirmek yararlı olacaktır. Şekil 2-1 bu tasvire yardımcı olacaktır.

Bazı A bulanık kümeleri için üyelik fonksiyonunun çekirdeği, A kümesine tam üyeliği ile karakterize edilen tanım bölgesi olarak tanımlanır. Yani, çekirdek üyelik derecesi $\mu_A(u) = 1$ olan tanım uzayının elemanlarını kapsar.

Bazı A bulanık kümeleri için üyelik fonksiyonunun desteği, A bulanık kümesinde üyelik derecesi sıfırdan farklı olarak karakterize edilen tanım bölgesi olarak tanımlanır. Yani, destek üyelik derecesi $\mu_A(u) \neq 0$ olan tanım uzayının elemanlarını kapsar.

Bazı A bulanık kümeleri için üyelik fonksiyonunun sınırları, üyelik derecesi sıfırdan farklı fakat tam üye olmayan elemanları içeren tanım bölgesi olarak tanımlanır. Yani, sınırlar üyelik derecesi $0 < \mu_A(u) < 1$ olan tanım uzayının elemanlarını kapsar. Tanım uzayının bu elemanları, A bulanık kümesine kısmi üyelik ile ifade edilirler.

Şekil 2-1 çekirdek, destek ve sınırları kapsayan tipik bir bulanık kümenin uzaydaki bölgelerini gösterir.



Şekil 2-1 Bulanık bir kümenin çekirdek, destek ve sınırı

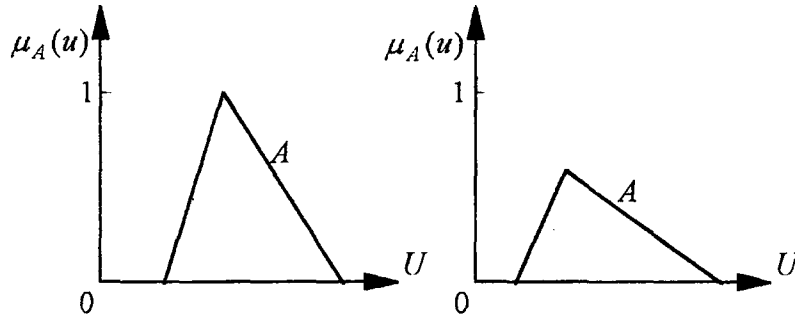
Normal bir bulanık küme, uzaydaki elemanlardan en az birinin üyelik değerinin bir olduğu kümedir. Yalnız bir tek elemanın üyelik derecesi bir olan bulanık kümeler için bu eleman prototipik eleman olarak adlandırılır. Şekil 2-2 normal ve normal olmayan bulanık kümeleri gösterir [6].

Konveks bir bulanık küme, üyelik değerleri monoton olarak artan veya monoton olarak azalan veya monoton olarak arttıktan sonra monoton olarak azalan üyelik fonksiyonu ile tanımlanır. Bir başka ifadeyle, eğer sürekli A bulanık kümesinin bütün elemanları için $u < v < w$ ve

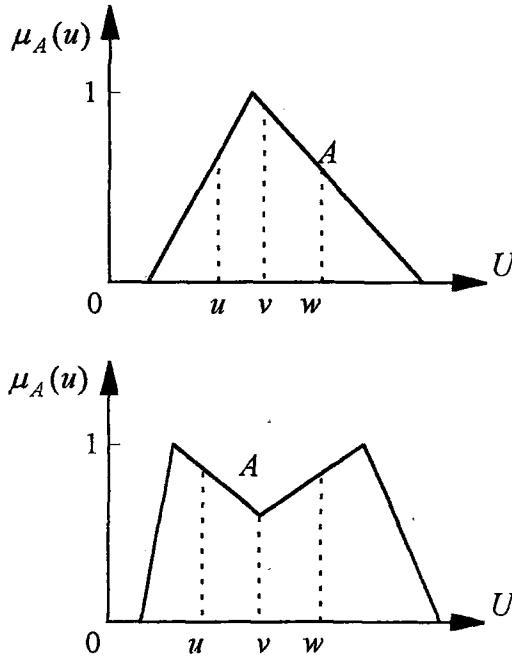
$$\mu_A(v) \geq \min[\mu_A(u), \mu_A(w)] \quad (2.36)$$

ise A bulanık kümesi konveks bir kümedir. Şekil 2-3 konveks ve konveks olmayan bulanık kümeleri gösterir.

A ve B gibi iki konveks bulanık kümenin kesişimi Şekil 2-4’de gösterildiği gibi yine bir konveks bulanık kümedir. Yani, A ve B konveks bulanık kümeleri için $A \cap B$ ’de konvekstir.



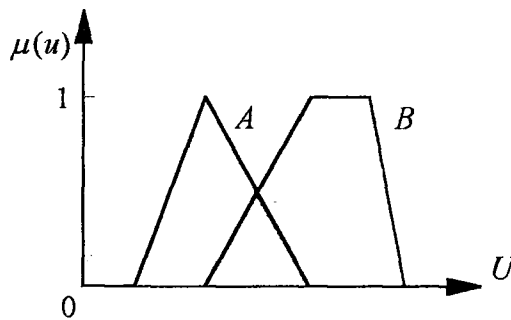
Şekil 2-2 Normal(sol) ve normal olmayan(sağ) bulanık kümeler



Şekil 2-3 Konveks(üst) ve konveks olmayan(alt) bulanık kümeler

2.5. Bulanık İlişkiler

Eğer U n tanım uzayında $U_1, \dots, U_n$ 'nin kartezyen çarpımı ise, U 'daki n adet bulanık ilişki R , U 'nun bulanık bir alt kümesidir. (2.6)'de olduğu gibi, R kendini meydana getiren $\mu_R(u_1, \dots, u_n)/(u_1, \dots, u_n)$ 'nin bir birleşimi olarak ifade edilir [9]. Yani,



Şekil 2-4 İki konveks kümenin kesişimi

$$R = \int_{U_1 \times \dots \times U_n} \mu_R(u_1, \dots, u_n) / (u_1, \dots, u_n) \quad (2.37)$$

dir ve burada μ_R R 'nin üyelik fonksiyonudur.

Bulanık (ikili) ilişkilere, “-den çok daha büyük”, “-e benzer”, “-e ilişkilidir” ve “-e yakındır” örnekleri verilebilir. Örneğin, eğer $U_1 = U_2 = (-\infty, \infty)$ ise, “-e yakındır” ilişkisi

$$-e \text{ yakındır} \triangleq \int_{U_1 \times U_2} e^{-a|u_1 - u_2|} / (u_1, u_2) \quad (2.38)$$

ile tanımlanır. Burada a bir skala faktörüdür. Benzer olarak, $U_1 = U_2 = 1 + 2 + 3 + 4$ ise, “-den çok daha büyük” ilişkisi,

R	1	2	3	4
1	0	0.3	0.8	1
2	0	0	0	0.8
3	0	0	0	0.3
4	0	0	0	0

şeklinde bir ilişki matrisi ile tanımlanır. Burada (i, j) 'inci eleman, u_1 'in i . ve u_2 'nin j . elemanı için $\mu_R(u_1, u_2)$ 'nin değeridir.

Eğer R U 'dan V 'ye bir ilişki (veya eşdeğer olarak $U \times V$ 'de bir ilişki) ve S V 'den W 'ye bir ilişki ise R ve S 'nin bileşkesi $R \circ S$ ile gösterilen U 'dan W 'ye bulanık bir ilişki,

$$R \circ S = \int_{U \times W} \bigvee_v (\mu_R(u, v) \wedge \mu_S(v, w)) / (u, w) \quad (2.39)$$

ile tanımlanır.

Eğer U, V ve W sonsuz kümeler ise, $R \circ S$ için ilişki matrisi R ve S maks-min çarpım ilişki matrisidir. Örneğin, (2.40)'ın sol tarafında maks-min çarpım ilişki matrisi (2.40)'ın sağ kenar üyeliği ile verilir.

$$\overbrace{\begin{pmatrix} 0.3 & 0.8 \\ 0.6 & 0.9 \end{pmatrix}}^R \circ \overbrace{\begin{pmatrix} 0.5 & 0.9 \\ 0.4 & 1 \end{pmatrix}}^S = \overbrace{\begin{pmatrix} 0.4 & 0.8 \\ 0.5 & 0.9 \end{pmatrix}}^{R \circ S} \quad (2.40)$$

2.5.1. Bulanık İlişkilerde İşlemler

R, S ve $T; U \times V$ kartezyen uzayında bulanık ilişkiler olsun, bu ilişkiye aşağıdaki işlemler uygulanabilir.

Birleşim : $\mu_{R \cup S}(u, v) = \max(\mu_R(u, v), \mu_S(u, v))$ (2.41)

Kesişim : $\mu_{R \cap S}(u, v) = \min(\mu_R(u, v), \mu_S(u, v))$ (2.42)

Tümleyen : $\mu_{\bar{R}}(u, v) = 1 - \mu_R(u, v)$ (2.43)

Kapsama : $R \subset S \Rightarrow \mu_R(u, v) \leq \mu_S(u, v)$ (2.44)

Klasik ilişkilerde olduğu gibi, yer değiştirme, ortaklaşma, dağılma, çift tümleme ve denk güçlülük işlemlerinin hepsi bulanık ilişkiler içinde geçerlidir. Bundan başka, De Morgan kuralları tam ilişki ve klasik ilişkilerde geçerli olduğu gibi bulanık ilişkiler için de geçerlidir. Bulanık küme işlemleri için geçerli olmayan ortayı hariç tutma (exluded middle) kuralları bulanık ilişkiler için de geçerli değildir. R bulanık ilişkisi bir bulanık küme ise ilişki ve tümleyeni arasında bir kesişme vardır ve

$$\begin{aligned} R \cup \bar{R} &\neq E \\ R \cap \bar{R} &\neq 0 \end{aligned} \quad (2.45)$$

olarak ifade edilir. Görüldüğü gibi, ilişkiler için ortayı hariç tutma kuralları sıfır ilişki (0) ve tam ilişki (E) sonucunu doğurmaz.

Genelde bulanık ilişkiler bulanık kümeler olduğundan, bulanık kümeler arasında kartezyen çarpımı tanımlayabiliriz. A, B sırasıyla U, V tanım uzayında bulanık kümeler olsun. A ve B bulanık kümeleri arasındaki kartezyen çarpım, R bulanık ilişkisi:

$$A \times B = R \subset U \times V \quad (2.46)$$

sonuçlanacaktır veya üyelik fonksiyonu,

$$\mu_R(u, v) = \mu_{A \times B}(u, v) = \min(\mu_A(u), \mu_B(v))$$

ile tanımlanır.

Bulanık bileşke keskin (ikili) ilişkiler gibi tanımlanabilir. $R, U \times V$ 'de $S, V \times W$ 'de bir bulanık ilişki ve T de $U \times W$ 'de bulanık ilişkiler olsun [10]. Daha sonra maks-min bileşkesi,

$$T = R \circ S \quad (2.47)$$

$$\mu_T(u, w) = \bigvee_{v \in V} (\mu_R(u, v) \wedge \mu_S(v, w))$$

ile ve bulanık maks-çarpım bileşkesi de:

$$\mu_T(u, w) = \bigvee_{v \in V} (\mu_R(u, v) \bullet \mu_S(v, w)) \quad (2.48)$$

olarak tanımlanır.

Genelde ne keskin nede bulanık bileşkelerin terslerine sahip olduğu gösterilemez. Yani,

$$R \circ S \neq S \circ R \quad (2.49)$$

dir. Bu sonuç bulanık veya ayrı ayrı uzaylarda elemanların kardinal saymaları arasında uyumlu olan başka matris işlemleri içinde geneldir. Kare matrisler için de bileşkenin tersi garanti edilemez.



BÖLÜM 3. BULANIK KÜME KAREKTERİSTİKLERİ

3.1. Bulanık Kümenin Seviye-Kümeleri

Eğer A U 'nun bulanık bir alt kümesi ise, A 'nın α -seviye kümesi, A 'daki üyelik derecesi α 'dan büyük veya eşit olan U 'nun elemanlarını kapsayan ve A_α ile gösterilen bulanık olmayan bir kümedir ve

$$A_\alpha = \{u \mid \mu_A(u) \geq \alpha\} \quad (3.1)$$

şeklinde ifade edilir [11].

A bulanık kümesi, çözünme prensibiyle seviye-kümelerine ayrıştırılabilir ve

$$A = \int_0^1 \alpha A_\alpha \quad (3.2)$$

veya

$$A = \sum_\alpha \alpha A_\alpha \quad (3.3)$$

şeklinde ifade edilir. Burada A_α , A_α kümesi ile α skalerinin çarpımıdır ve

$\int_0^1$ (veya $\sum_\alpha$) 0 dan 1'e α ile A_α 'nın birleşimidir.

Çözünme prensibi aynı seviye-kümesine düşen (2.3) nolu ifadedeki terimlerle birlikte ifade edilen sonuç olarak gözlenebilir. Daha belirgin olarak, varsayalım ki A bulanık kümesi aşağıdaki formda temsil edilsin:

$$A = 0.1/2 + 0.3/1 + 0.5/7 + 0.9/6 + 1/9$$

Daha sonra (2.5) nolu ifadeyi kullanarak A :

$$A = 0.1/2 + 0.1/1 + 0.1/7 + 0.1/6 + 0.1/9$$

$$+ 0.3/1 + 0.3/7 + 0.3/6 + 0.3/9$$

$$+ 0.5/7 + 0.5/6 + 0.5/9$$

$$+ 0.9/6 + 0.9/9$$

$$+ 1/9$$

olarak yeniden yazılır veya (3.3) nolu form ile

$$A = 0.1(1/2 + 1/1 + 1/7 + 1/6 + 1/9)$$

$$+ 0.3(1/1 + 1/7 + 1/6 + 1/9)$$

$$+ 0.5(1/7 + 1/6 + 1/9)$$

$$+ 0.9(1/6 + 1/9)$$

$$+ 1/9$$

olarak yazılabilir. Bu ifade seviye-kümeleri olarak,

$$A_{0.1} = 2 + 1 + 7 + 6 + 9$$

$$A_{0.3} = 1 + 7 + 6 + 9$$

$$A_{0.5} = 7 + 6 + 9$$

$$A_{0.9} = 6 + 9$$

$$A_1 = 9$$

şeklinde yazılır.

3.2. Temel Dilsel Terimler

Genelde, bir dilsel değişkenin değeri birbirine bağlı olan atomik terimlerden oluşan birleşik bir terimdir. Bu atomik terimler dört kategoriye ayrılabilir:

- i) Birincil terimler. Bu terimler tanım uzayının bulanık alt kümelerini tanımlayan etiketlerdir. Yani, “sıcak”, “soğuk”, “zor”, “düşük” v.s.,
- ii) Olumsuz DEĞİL(NOT) ve bağlaçlar VE(AND) ve VEYA(OR),
- iii) Pekiştirmeler, yani, “çok”, “daha”, “önemsiz”, “hemen hemen” v.s.,
- iv) İşaretler, yani, parantezlerdir.

Birleşik terimler gibi birincil terimler de olasılık etiketli “muhtemel”, “çok muhtemel”, “muhtemel olmayan” gibi dilsel terimler olabilir. Ek olarak, birincil ve birleşik terimler “doğru”, “oldukça doğru”, “çok doğru”, “yanlış”, “oldukça yanlış” ve “çok yanlış” gibi doğru nicelikli yapılarla anlamlı olarak da düzeltilebilir. Olasılıklı etiketler olasılığa dayanırlar. Kurallar gibi birincil terimler de kesinlik etiketli “tanımsız”, “bilinmeyen” ve “tanımlı” gibi dilsel değişkenlerle sınırlanabilir. Şart kuralları birleşik veya basit şekilde olabilir. Birleşik şart kuralları EĞER-O HALDE (IF-THEN) kurallar takımı formunda veya “değilse” veya “-medikçe” gibi dilsel terimli kurallar olabilir [12].

3.3. Dilsel Pekiştirme İle Öne Geçen Birincil Terimler

Genelde, dilsel pekiştirmeler, “çok”, “daha veya az”, “önemsiz”, “oldukça”, “den çok”, “den az” ve “esas itibariyle” gibi terimlerdir. Birincil bulanık bir terimde işlem yapıldığında birincil terimin üyelik fonksiyonunun özel bir doğrusal olmayan dönüşümü yeni bir üyelik fonksiyonlu birleşik terime denktir.

$[0, 5]$ aralığında tamsayılar kümesini bir tanım uzayı olarak ele alalım ve “küçük” bulanık alt kümesi,

$$küçük = 1/1 + 0.8/2 + 0.6/3 + 0.4/4 + 0.2/5$$

şeklinde ve “büyük” bulanık alt kümesi de:

$$büyük = 0.2/1 + 0.4/2 + 0.6/3 + 0.8/4 + 1/5$$

şeklinde tanımlansın. “Çok küçük”, “küçük” bulanık alt kümesinin yoğunlaştırılmasıyla,

$$çok küçük = (küçük)^2$$

$$= \int \frac{[\mu_{küçük}(u)]^2}{u}$$

$$= \frac{1}{1} + \frac{0.64}{2} + \frac{0.36}{3} + \frac{0.16}{4} + \frac{0.04}{5}$$

şeklinde ifade edilir ve yine aynı şekilde :

$$çok çok küçük = (küçük)^4 = (çok küçük)^2$$

$$\text{çok çok küçük} = \int \frac{[\mu_{\text{çok küçük}}(u)]^2}{u}$$

$$= \frac{1}{1} + \frac{0.4}{2} + \frac{0.1}{3}$$

olarak ifade edilir. Burada çok küçük değerler ihmal edilmiştir.

Bulanık tümlleme işlemine bakıldığında, “çok küçük değil” aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$\text{çok küçük değil} = \int \frac{1 - \mu_{\text{çok küçük}}(u)}{u}$$

$$\cong \frac{0.36}{2} + \frac{0.64}{3} + \frac{0.84}{4} + \frac{0.96}{5}$$

Daha karmaşık bir örnek olarak, birleşik terimleri ele alalım :

u = çok küçük değil ve çok büyük değil, burada “çok büyük”, “çok” ve “büyük” terimleri birbirine bağlı olarak tanımlanır. Yani,

$$\text{çok büyük} = (\text{büyük})^2$$

$$= \frac{0.04}{1} + \frac{0.16}{2} + \frac{0.36}{3} + \frac{0.64}{4} + \frac{1}{5}$$

ve “çok büyük değil”:

$$\text{çok büyük değil} = \text{DEĞİL}(\text{NOT})(\text{çok büyük})$$

$$\cong \frac{0.96}{1} + \frac{0.84}{2} + \frac{0.64}{3} + \frac{0.36}{4}$$

VE(AND) bulanık kesişim işlemine bakıldığında, “çok küçük değil ve çok büyük değil” bulanık alt kümesi,

$$\text{çok küçük değil ve çok büyük değil} = (\text{çok küçük değil}) \cap (\text{çok büyük değil})$$

$$= \left(\frac{0.36}{2} + \frac{0.64}{3} + \frac{0.84}{4} + \frac{0.96}{5} \right) \cap \left(\frac{0.96}{1} + \frac{0.84}{2} + \frac{0.64}{3} + \frac{0.36}{4} \right)$$

$$= \frac{0.36}{2} + \frac{0.64}{3} + \frac{0.36}{4}$$

olarak ifade edilir. Bazı diğer dilsel pekiştirme işlemleri :

$$A' \text{ dan fazla} \triangleq A^{1.25}$$

$$A' \text{ dan az} \triangleq A^{0.75}$$

$$A' \text{ dan daha fazla} \triangleq \begin{cases} 0 & , u \leq u_0 \\ 1 - \mu_A(u) & , u > u_0 \end{cases}$$

Burada u_0 A 'da maksimum üyelik derecesine ulaşan elemandır.

$$A' \text{ dan daha az} \triangleq \begin{cases} 0 & , u \geq u_0 \\ 1 - \mu_A(u) & , u < u_0 \end{cases}$$

ve

$$A' \text{ dan fazla fazla} = \text{çok } A' \text{ dan az}$$

$$\text{son derece } A = \text{çok çok } A' \text{ dan az}$$

ve eşit olarak :

$$\text{son derece } A = \text{çok çok } A' \text{ dan azın azı}$$

şeklinde ifade edilir.

3.4. Olasılıklı Dilsel Etiketler

Farklı bir doğal örnek, olasılıkla etiketlenmiş dilsel bir değişkenin değeri ile elde edilir. Bu durumda, tanım uzayı :

$$U = \{ 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1 \}$$

ile verilir. Burada U 'nun elemanları olasılıkları temsil eder. Varsayalım ki,

$$u = \text{son derece farklı}$$

değerinin anlamını hesaplamak isteyelim ve “son derece” ve “farklı”:

$$\text{son derece} = \text{çok çok'tan az}$$

$$\text{farklı} = \text{benzer değil}$$

olarak ifade edilir. “benzer” birincil terimi,

$$\text{benzer} = \frac{1}{1} + \frac{1}{0.9} + \frac{1}{0.8} + \frac{0.8}{0.7} + \frac{0.6}{0.6} + \frac{0.5}{0.5} + \frac{0.3}{0.4} + \frac{0.2}{0.3}$$

şeklinde verilirse “farklı” terimi:

$$\text{farklı} = \frac{1}{0} + \frac{1}{0.1} + \frac{1}{0.2} + \frac{0.8}{0.3} + \frac{0.6}{0.4} + \frac{0.5}{0.5} + \frac{0.3}{0.6} + \frac{0.2}{0.7}$$

olarak elde edilir. Böylece,

$$\text{çok çok farklı} = (\text{farklı})^4$$

$$\cong \frac{1}{0} + \frac{1}{0.1} + \frac{1}{0.2} + \frac{0.4}{0.3} + \frac{0.2}{0.4}$$

ifadesi elde edilir. Son olarak,

son derece farklı = çok çok farklıdan az

$$\cong \left(\frac{1}{0} + \frac{1}{0.1} + \frac{1}{0.2} + \frac{0.4}{0.3} + \frac{0.2}{0.4} \right)^{0.75}$$

$$\cong \frac{1}{0} + \frac{1}{0.1} + \frac{1}{0.2} + \frac{0.5}{0.3} + \frac{0.3}{0.4}$$

ifadesi elde edilir.

“evet”, “belki”, “ve” ve “hayır” birincil terimleri “çok çok benzer”, “benzer” ve “çok çok farklı” ile verilen üyelik fonksiyonlarına dayanan anlamlara da atanabilir.

“hiçbirşey” atomik terimi de:

$$\mu_{hiç\ birşey}(u) = 1, \quad u \in U$$

ile verilen bir tanım uzayına eşit olduğuna dikkat edilmelidir..

Boolean ifadelerinin değerlendirilmesini yönlendiren her zaman ki öncelik kurallarının kapalı kullanımını yaptığımız önceki örneklerde, karmaşık terimlerin anlamlarının belirlenmesine dikkat etmeliyiz. Ek pekiştirmelerle, bu öncelik kuralları aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

Öncelik	İşlem
Birinci	Pekiştirmeler(hedges), değil(not)
İkinci	ve(and)
Üçüncü	veya(or)

Her zaman olduğu gibi, parantezler öncelik sırasını değiştirmek için kullanılır. Belirsizlikler sağa doğru birleşmenin kullanımı ile yeniden çözümlenmelidir. Böylece, “çok küçük’ten çok azın fazlası” :

fazla(çok(az(çok(küçük))))

şeklinde yorumlanacaktır.

Özet olarak, her karmaşık terim gibi her atomik terim de dilsel etiketi ile temsil edilen bir yazılım ve üyelik fonksiyonu ile bir yoruma veya anlama sahiptir. Üyelik fonksiyonu kavramı, bir dilsel terime elastik ve esnek bir yorum verir. Bu elastikliğe ve esnekliğe dayanarak, dilsel terimin anlamı içinde önyargı ve öznelliği birleştirmek mümkündür. Bu dilsel önermelerin modellenmesini göstermek bulanık matematiğin çoğu önemli faydalarından birisidir. Başka bir önemli yararıda karmaşık dilsel terimler ve birleşik dilsel önermelerin anlamını(yorumunu) kullanmak ve işlemek için kolay ve basit hesap araçları olmasıdır. Bulanık matematiğin bu kabiliyeti ve araçları, bilgisayarda işlem yapmak için, tabii dil önermeleri ile sık sık ifade edilen uzman insan bilgisini kodlamak için kullanılır.

Bulanık modellemedeki mevcut olan öznellik bir beladan çok nimettir. Terimlerin tanımlanmasında var olan öznellik bir uzman tarafından kullanılan şartlı kurallardaki öznellik ile dengelenir.

3.5. Doğruluk Niteleme Oranı

τ bulanık bir doğruluk değeri olsun, örneğin, “çok doğru”, “doğru”, “oldukça doğru”, “oldukça yanlış”, “yanlış” v.s. Böyle bir doğruluk değeri, $u_\tau: [0, 1] \rightarrow [0 \times 1]$ üyelik fonksiyonu ile karakterize edilen birim aralığının bulanık bir konusu olarak kabul edilmelidir. Gerçek nitelikli bir önerme “ u ’nun A olması τ ’dur.” şeklinde ifade edilir. Böyle önermeler için geçiş kuralı:

$$u \text{’nun } A \text{ olması } \tau \text{’dur} \rightarrow \mu = \mu_{u^+} \quad (3.4)$$

$$\mu_{u^+}(u) = u_\tau [\mu_u(u)] \quad (3.5)$$

ile verilir.

Şekil 3-1 doğru(T), oldukça doğru(FT), çok doğru(VT), yanlış(F), oldukça yanlış(VF) ve çok yanlış(VF)'nin yorumunu gösterir. Bulanık atama yapıları, yani:

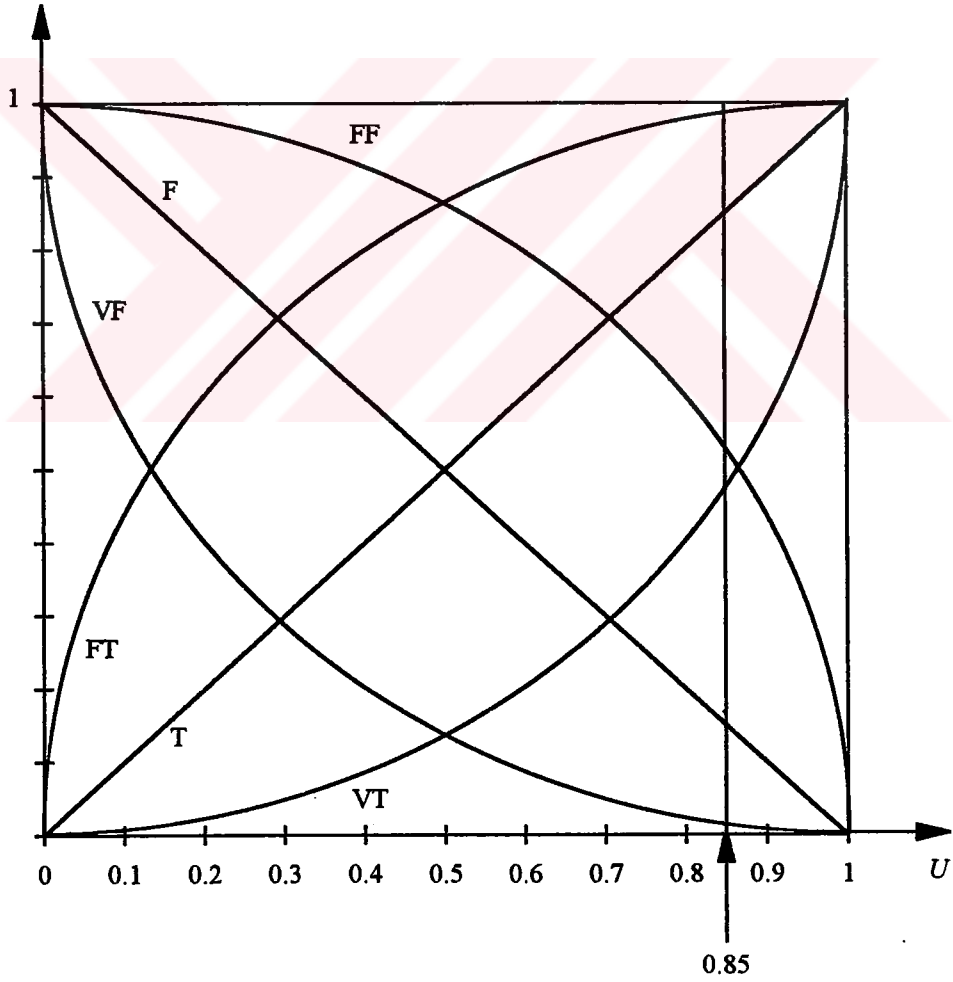
u 'nun A olması çok doğrudur

v 'nin B olması çok yanlıştır

şeklinde ifade edilir.

Eğer A ise, o halde B olduğu çok doğrudur

gibi bulanık şartlı yapılar. Yani, (3.4) ve (3.5) denklemleri kullanılarak yeni bir anlama(yoruma) dönüştürülür.



Şekil 3-1 Doğruluk değerleri niteleme grafikleri

Şartlı yapıların durumunda, $A \rightarrow B$ bulanık ilişkisi ile tanımlanan bulanık küme yeni bir bulanık ilişkiye dönüştürülecektir. Bu konu ile ilgili detaylı açıklamalar ileride tartışılacaktır.

Bir örnek olarak, eğer u A bulanık kümesinde 0.85'e eşit bir üyelik değerine sahip ise,

u 'nun A olması doğrudur

u 'nun A olması yanlıştır

u 'nun A olması oldukça doğrudur

u 'nun A olması çok yanlıştır

yapılarının üyelik değerleri sırasıyla 0.85, 0.15, 0.92 ve 0.02 dir. Daha belirgin olarak Şekil 3-1'de görebilirsiniz.

BÖLÜM 4. ÖNERMELER MANTIĞI

4.1. Bulanık Mantık

P bulanık mantık önermesi, sınırları tanımlanmamış bazı kavramları içeren bir ifadedir. Çeşitli bireyler tarafından belirgin biçimde biraz farklılıkla yorumlanabilen ve subjektif fikirleri ifade etme eğiliminde olan dilsel ifadeler bulanık önermeleri içerir. Belirsiz ve müphem terimler içeren çoğu doğal dil bulanıktır. Kişinin boyu veya ağırlığını açıklayan ifadeler ve insanların renkler ve menüler hakkındaki tercihlerinin değerlendirilmesi bulanık önermelere örnekler olarak kullanılabilir. P 'ye atanmış reel değer $[0, 1]$ aralığında herhangi bir değer olabilir. Aslında bir önermeye doğruluk değerinin atanması $[0, 1]$ aralığından T doğruluk değerlerinin U uzayına bir tasvirdir.[13] Yani,

$$T: U \rightarrow [0, 1] \quad (4.1)$$

olarak ifade edilir.

Klasik ikili mantıkta olduğu gibi, mantıksal bir önerme tanım uzayında bir kümeye atanır. Bulanık önermeler bulanık kümelere atanırlar. P önermesinin A bulanık kümesine atandığını varsayalım. Daha sonra, $T(P)$ ile gösterilen bir önermenin doğruluk değeri,

$$T(P) = \mu_A(u) \quad , \quad 0 \leq \mu_A \leq 1 \quad (4.2)$$

ile ifade edilir. $P : u \in A$ önermesi için doğruluk derecesi A 'daki u 'nun üyelik derecesine eşittir.

Değilleme, tikel evetleme, tümel evetleme ve ifade mantıksal bağlaçları bulanık mantık içinde tanımlanır. Bu bağlaçlar aşağıda iki örnekle verilir. P ve Q önermeleri sırasıyla A ve B bulanık kümelerinde tanımlansın.

Değilleme:

$$T(\bar{P}) = 1 - T(P) \quad (4.3)$$

Tikel Evetleme:

$$P \vee Q \Rightarrow u \text{ } A \text{ veya } B \text{ dir.}$$

$$T(P \vee Q) = \max(T(P), T(Q)) \quad (4.4)$$

Tümel Evetleme:

$$P \wedge Q \Rightarrow u \text{ } A \text{ ve } B \text{ dir.}$$

$$T(P \wedge Q) = \min(T(P), T(Q)) \quad (4.5)$$

İfade:

$$P \rightarrow Q \Rightarrow u \text{ } A \text{ ise, o halde } u \text{ } B \text{ dir.}$$

$$T(P \rightarrow Q) = T(\bar{P} \vee Q) = \max(T(\bar{P}), T(Q)) \quad (4.6)$$

İkili mantıkta olduğu gibi bağlaç, kural-tabanlı bir formda modellenebilir:

$$P \rightarrow Q : \text{Eğer } u \text{ } A \text{ ise, o halde } v \text{ } B \text{ dir}$$

ve aşağıdaki R bulanık ilişkisine denktir.

$$R(A \times B) \cup (\bar{A} \times V) \quad (4.7)$$

R 'nin üyelik fonksiyonu:

$$\mu_R(u, v) = \max[\mu_A(u) \wedge \mu_B(v), (1 - \mu_A(u))] \quad (4.8)$$

şeklinde ifade edilir [14].

.. Mantıksal şartlı ifade'nin formu,

Eğer $u A$ ise, o halde $v B$ dir, değilse $v C$ dir

şeklinde ise, denk R bulanık ilişkisi,

$$R = (A \times B) \cup (\bar{A} \times C) \quad (4.9)$$

dir ve üyelik fonksiyonu:

$$\mu_R(u, v) = \max[\mu_A(u) \wedge \mu_B(v), (1 - \mu_A(u) \wedge \mu_C(v))] \quad (4.10)$$

şeklinde ifade edilir [15].

4.2. Yaklaşık Çıkarsama

Bulanık mantığın nihai hedefi belirsiz önermeler hakkında sonuç çıkarmak için teorik temelli formlar teşekkül ettirmektir. Böyle çıkarsamalara yaklaşık çıkarsama denir. Yaklaşık çıkarsama kesin önermelerle sonuç çıkaran klasik mantığa benzerdir ve böylece kısmi doğrularla ilgilenen klasik önermelerin bir genişlemesidir [6].

Bulanık bilgilerle temsil edilen kural-tabanlı bir formata sahip olduğumuzu varsayalım. Bu kurallar sebep - sonuç ailesi formunda ifade edilsin. Yani,

Kural-1 : Eğer $u A$ ise, o halde $v B$ 'dir

burada A ve B bulanık önermeleri (kümeleri) temsil eder.

Şimdi A' diye yeni bir sebebi ortaya koyalım ve aşağıdaki kuralı ele alalım,

Kural-2 : Eğer $u \in A'$ ise, o halde $v \in B'$ dür

Kural-1'den türetilen bilgiden kural-2'deki B' sonucunu türetmek mümkündür. B' sonucu bileşke işlemiyle bulunabilir. Yani,

$$B' = A' \circ R \quad (4.11)$$

olarak yazılır.

Yaklaşık çıkarsamanın ilginç bir sonucu, bulanık sebep ve bileşke işleminden ortaya çıkan bulanık sonuç arasında ters bir ilişki oluşturmastır. Aşağıdaki problemi ele alalım. Bulanık bileşkede A orijinal sebebini kullanalım. İşlemin sonucu olarak B orijinal bulanık kümesi elde edilebilir mi? Yani,

$$B = A \circ R$$

midir? Cevap yetersizdir ve bulanık bileşke için bu ters işlem gerçekleşemez.

Klasik ikili mantıkta bu ters işlem mevcuttur. Geriye doğru çıkarım,

$$B' = A' \circ R = A \circ R = B \quad (4.12)$$

verecektir. Burada A ve B klasik küme ve R 'de klasik ilişkidir.

Yaklaşık çıkarsama durumunda, bulanık çıkarım kesin değil, fakat yaklaşıktır. Bununla birlikte, çıkarım U ve V gibi iki tanım uzayı arasındaki ilişkinin yaklaşık bir dilsel karakteristiğini temsil etmez.

4.3. Bulanık Şartlı Önergeler

Çeşitli değişkenler içeren bulanık önermelerin en yaygın kullanılan biçimi, bulanık ifadeli “Eğer ... o halde ...” kurallarıdır. Bu kuralların modellenmesi daha çok çok-değerli ifadelerin kullanılmasına dayanır. Yani, “Eğer $x \in A$ ise, o halde $y \in B$ dir” formundaki elemanter bir kural:

$$\pi_{x,y}(u, v) = \mu_{A \rightarrow B}(u, v) = I(\mu_A(u), \mu_B(v)) \quad (4.13)$$

ile gösterilen olabilirlik dağılım formuna uyar [3]. Burada I çok-değerli mantıkta bir ifadedir. İfade işlemi I 'nın seçimi hakkında bir çok tartışma oldu. Bu seçimi yapmak için; salt bir cebir, tümden gelim yaklaşımı ve bulanık kuralların anlamı içinde bir araştıma gibi çeşitli görüşler kabul edilebilir. Bu bölümde birincisi yani cebirsel görüşü inceleyeceğiz.

4.3.1. Çok-Değerli İfadelerin Temsili

Temel olarak ifade işlemleri Trillas ve Valverde[16, 17] ve Dubois ve Prade[18, 19] tarafından üç sınıfa ayrılır:

- Bu ifadenin klasik düşüncesine dayanır ($p \rightarrow q$, $\neg p \vee q$ olarak tanımlanır) ve

$$I(a, b) = S(n(a), b) \quad (S - ifadeleri)$$

formundadır. Burada S çok değerli tikel evetlemeyi destekleyen bir t-conormdur ve n güçlü bir değıllemedir.

- Bu önermeler kısmi bir sıralamayı gösteren ifade fikrine dayanır. Yani, yalnız ve yalnız $a \leq b$ ise, $I(a, b) = 1$ dir. Böyle ifadelerin ana sınıfı tümel evetleme anlamına gelen T yarı grup işlemiyle donatılmış ve kafes yapısına indirgenmiş bir kavrama dayanır. Yani, (Goguen [20])

$$I(a, b) = \sup\{c \in [0, 1] \mid T(a, c) \leq b\} \quad (\text{R - ifadeleri})$$

dir. Burada T üçgensel bir normdur ve R “indirgenmiş” anlamına gelir. $T = \min$ için, Gödel ifadeyi, eğer $a \leq b$ ise, $I(a, b) = 1$ diğer hallerde $I(a, b) = b$ şeklinde yeniden ele almıştır. Tanaka[21] da aynı şekilde ele almış ve bulanık kümelerin seviye kümeleriyle göre bu ifadenin güzel bir düzenlemesini yapılmıştır. Diğer ifadeler, yani, (Gaines[22])

$$I(a, b) = \begin{cases} 1 & , \quad a \leq b \\ 0 & , \quad \text{d.h.} \end{cases} \quad (4.14)$$

dir ve bir indirgeme yapılmaksızın bu aileye aittir.

- Bu “Eğer ... o halde ... değilse” bulanık kural düşüncesine dayanır ve kuantum mantığında kullanılan:

$$I(a, b) = S(n(a), T(a, b)) \quad (\text{QL - ifadeleri})$$

ifade formu ile sonuçlanır. Burada S bir t -conormu, n güçlü bir değilleme ve T S 'nin n -dualidir. Yani, $T(a, b) = n(S(n(a), n(b)))$ dir. Bu form doğal olarak bulanık kural çifti,

$$\begin{aligned} &\text{eğer } x \in A \text{ ise, o halde } y \in B \\ &\text{değilse eğer } x \notin A \text{ ise, o halde } y \in C \end{aligned}$$

aşağıdaki gibi

$$(x, y) \in (A \times B) \text{ veya } (x, y) \in (\bar{A} \times C) \quad (4.15)$$

(x, y) 'de[3] doğrudan bir bulanık kısıt olarak yorumlandığı zaman ortaya çıkar. Yani, $\mu_R(x, y) = S(T(\mu_A(x), \mu_B(y)), T(n(\mu_A(x)), \mu_C(y)))$ dir. Eğer C

“bilinmiyen” anlamındaysa, $\forall y$ için $\mu_C(y) = 1$, QL - ifadesi yeniden elde edilir. Eğer C “tanımlanmamış” anlamındaysa, $\forall y$ için $\mu_C(y) = 0$, kuralın yorumu bir tümel evetleme olarak elde edilir ($\mu_R = T(\mu_A, \mu_B)$). (4.15) ile yorumlanan bulanık kurallar bulanık kontrol uygulamalarında etkili bir anlama sahiptir.

Tablo 4-1 S, R, ve QL ailelerine ait olan en genel ifade işlemlerini tasnif eder. Daha çekici işlemler de Willmott[24] ($I(a, b) = \min(\max(1-a, b), \max(a, 1-b), \min(b, 1-a))$) ve Yager[25] ($I(a, b) = b^a$) tarafından önerildi. Silva ve Souza[26] da hüküme-dayalı bir ifade teklif etti. Çok-değerli ifadelerle ilgili daha fazla bilgi için Mizumoto[27, 28, 29, 30]’a bakınız.

Aşık bir görüşten, aşağıdaki özellikler bir ifade işlemini temsil eden I işlemi için talep edildi:

- I1: Eğer $a \leq a'$ ise, o halde $I(a, b) \geq I(a', b)$ [16],
- I2: Eğer $b \geq b'$ ise, o halde $I(a, b) \geq I(a, b')$ [16],
- I3: $I(0, b) = 1$ (yanlışlık herhangi bir şeyi gösterir) [16],
- I4: $I(1, b) = b$ (totoloji herhangi bir şeye hüküm vermez) [16],

Tablo 4-1 Çok-değerli ifadeler [23]

Form	İsmi	Tipi
$\max(1 - a, b)$	Kleene Dienes	- S - ifadesi ($S = \max$) QL - ifadesi ($S = \min(1, a + b)$)
$1 - a + ab$	Reichenbach	S - ifadesi ($S = a + b - ab$)
$\min(1, 1 - a + b)$	Lukasiewicz	S - ifadesi ($S = \min(1, a + b)$) R - ifadesi ($T = \max(0, a + b - 1)$)
$1, a \leq b$ $b, d.h.$	Gödel	R - ifadesi ($T = \min$)
$1, a = 0$ $\max(1, b/a), d.h.$	Goguen	R - ifadesi ($T = \text{çarpım}$)
$\max(1 - a, \min(a, b))$	Zadeh	QL - ifadesi ($S = \max$)

- I5: $I(a, b) \geq b$ ($q \rightarrow (p \rightarrow q)$ 'nin nümerik bir karşılığı) [25],
 I6: $I(a, a) = 1$ (özdeşlik prensibi) [31],
 I7: $I(a, I(b, c)) = I(b, I(a, c))$ (değişme prensibi) [32],
 I8: Yanlız ve yanlız $a \leq b$ ise $I(a, b) = 1$ dir (ifade bir sıralamayı tanımlar) [22],
 I9: Birkaç güçlü değilme n için $I(a, b) = I(n(b), n(a))$ dir (devirme kuralı) [31],
 I10: I süreklidir.

Tablo 4-2 yukarıda bahsedilen ifadelerin özelliklerini verir. Açık olarak, Lukasiewicz'in ifadesi en çok özelliğe sahiptir. Özellikle, o Tablo 4-1'de bir S-ifadeside olan sadece bir R-ifadesidir ve yalnız biri I1, I2, I4, I7 ve I10'u (Smets ve Magrez [33]) yerine getirir. Genel olarak, S-ifadeleri özdeşlik prensibini bozar ve $a \leq b$ sıralamasına uymaz. Fakat onların karşısına uyar(I9); karşılıklı tanımlanan güçlü değilme genel olarak beklendiği gibi $n(a) = I(a, 0)$ dır. Diğer taraftan, R-ifadeleri onların karşılıklarına denk değildir (elbette $\min(1, 1 - a + b)$ istisnadır). Onun için, Gödel'in ($a \leq b$ ise $I(a, b) = 1$, d.h. $(1-a)$) ve Goguen'in ($I(a, b) = \min(1, (1-a)/(1-b))$)

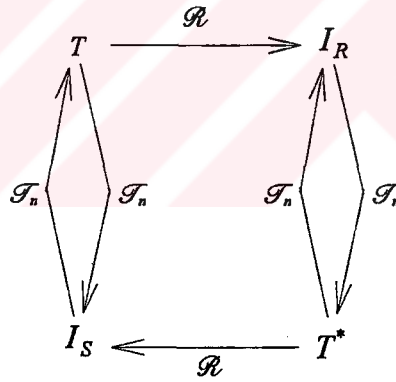
Tablo 4-2 İfadelerin özellikleri [23]

İsmi	Form	Özellikler
Kleene-Dienes	$\max(1 - a, b)$	I1-I5, I7, I9-I10
Reichenbach	$1 - a + ab$	I1-I5, I7, I9-I10
Lukasiewicz	$\min(1, 1 - a + b)$	I1-I10
Gödel	$1, a \leq b$ b , d.h.	I1-I8
Goguen	$1, a = 0$ $\min(1, b/a)$, d.h.	I1-I8, I10
Zadeh	$\max(1 - a, \min(a, b))$	I2, I3, I4, I10
Gaines-Rescher	$1, a \leq b$ 0 , d.h.	I1-I4, I6-I9
Willmott	$\min(\max(1 - a, b),$ $\max(a, 1 - b, \min(b, 1 - a)))$	I3, I4, I10
Yager	b^a	I1-I5, I7

ve $b = 1$ ise $I(a, b) = 1$) karşılık ifadeleri bu bilime dahil edilmelidir. Bundan başka, $I(1 - b, 1 - a) \neq I(a, b)$ olduğu zaman $\min(I(a, b), I(1 - b, 1 - a))$ buna rağmen I9 devirme kuralını yerine getiren başka bir ifadedir.

Dubois ve Prade [34] S-ifadeleri ve R-ifadelerini yer değiştirmemiş tümel evetleme işlemine genişletilen üçgensel normların sınıfını sağlayan tek bir aile içinde birleşebileceğini gösterdiler. Yani, T üçgensel bir norm ve $\mathcal{I}_n$ ve $\mathcal{R}$ sırasıyla S-ifadesine ve R-ifadesine T 'nin dönüşümleri olsun. Yani, $I_S(a, b) = n(T(a, n(b)))$ ile $I_S = \mathcal{I}_n(T)$ ve $I_R = \mathcal{R}(T)$ yani, $I_R(a, b) = \sup\{c \in [0, 1], T(a, c) \leq b\}$ dir.

$\mathcal{I}_n \circ \mathcal{I}_n(T) = T$ olduğuna dikkat edilmelidir ve $\mathcal{I}_n \circ \mathcal{R}_n(T)$ genelde artık bir üçgensel norm olan (yer değiştirmemiş) tümel evetleme işlemi T^* 'ı üretir. T sürekli ve Archimedean (yani, $T(a, a) < a, \forall a \in (0, 1)$) veya minimum işlemi olduğu zaman aşağıdaki diyagramdan elde edilir:



Burada $T = \mathcal{I}_n \circ \mathcal{R} \circ \mathcal{I}_n \circ \mathcal{R}(T)$ dir. Bundan başka, eğer $\mathcal{I}_n(I_R(a, b)) = T^*(a, b)$ ise, $\mathcal{I}_n(I_R(n(b), n(a))) = T^*(b, a) \neq T^*(a, b)$ dir. $T^* = \mathcal{I}_n \circ \mathcal{R}(T)$ işlemi T 'yi andıran yalancı-tümel evetleme olarak bilinecektir. Tablo 4-3 temel sürekli üçgensel normları gösteren yalancı-tümel evetlemeleri verir.

Lukasiewicz'in ifadesi hem bir R-ifadesi ve hemde bir S-ifadesi olduğuna dikkat ettiğimizde, üçgensel norm $\max(a + b - 1, 0)$ onun kendisini gösterir. Bu konu ile ilgili daha fazla bilgi için Fodor [35]'e bakınız.

Tablo 4-3 Üçgensel normlar ve yalancı-tümel evetlemelerin gösterimi [23]

Üçgensel norm	Yalancı-tümel evetlemeler
$\min(a, b)$	$b, a + b > 1$ o, d.h.
ab	$\min\left(1, \frac{a+b-1}{a}\right)$
$\max(a + b - 1, 0)$	$\max(a + b - 1, 0)$

Burada ifadenin argumanları üyelik derecelerine uyan çok değerli mantıktaki doğruluk-değerleridir. Bandler ve Kohout [36] olasılık tablolarına göre en sık yorumlanan çoğu ifadeleri Tablo 4-2’de gösterdi. Yani, verilen iki A ve B olayının sırasıyla meydana gelme oranları $P(A)$ ve $P(B)$ olsun. $I(P(A), P(B))$ nicelikleri A ve B ile ilgili olasılık tablolarının özellikleriyle çalışmada anlamlı değerler temsil eder. Örneğin, olasılık tablosunda (Goguen’in ifadesi) $P(\bar{B} \cap A) = 0$ olduğunda $P(A | B) = \min(1, P(A) / P(B))$ dir. Kendileriyle ilgilenildiğinde, bulanık kümeler düşüncesindeki yaklaşık çıkarsama konusu ile ilgili olan bu sonuçlar açık değildir. Bu alandaki daha ileri çalışmalar için bulanık çıkarsama alanına ait konular talep edildi (Bandler ve Kohout[37], Ahlquist[38], Oh ve Bandler [39]). Herşeye rağmen, sıkça yorumlanan çok-değerli işlemler olan gerçek, şaşırtıcı olmayacaktır. Bulanık bağlaçların esası olasılık kümelemede ortaya çıkmayan üçgensel normlar üreten yarı-grup yapısıdır. Yani, $P(A \cap B) = \min(P(A), P(B))$, $P(A) \cdot P(B)$, $\max(P(A) + P(B) - 1, 0)$ sırasıyla tam korelasyon, bağımsızlık ve karşılıklı bağdaşmazlığa uyar. Bununla birlikte, fark teorilerinde aynı işlemlerin durumu kendi teorilerinin aynısı elde etmekle sonuçlanmamalıdır.

4.4. Bulanıklığı Giderme Süreci

Bulanıklığı giderme süreci üyelik fonksiyonu ile temsil edilen bulanık bir niceliğin kesin veya tam bir niceliğe dönüşmesi olarak tanımlanır. Aşağıda bulanık niceliklerin bulanıklığını gidermek için en çok kullanılan üç metod anlatılmaktadır [6].

a) Maksimum Değeri Alma Metodu

Bulanık niceliği karakterize eden üyelik fonksiyonunun tek bir uç noktaya sahip olduğu durumlarda, fonksiyonun uç noktasına tekabül eden keskin değer, bulanık niceliği temsil eden en iyi değer olarak alınır. Yani,

$$u = \text{DEFUZZ}[\mu_U(u)] \quad (4.16)$$

dir ve burada,

$$\text{Maks}_{u \in U} [\mu_U(u)] = \mu_U(\bar{u}) \quad (4.17)$$

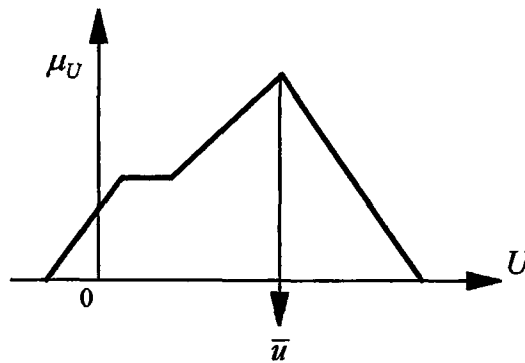
dir. Şekil 4-1 bulanıklığı giderme maksimum değeri alma metodunu gösterir.

b) Ağırlık Merkezi Metodu

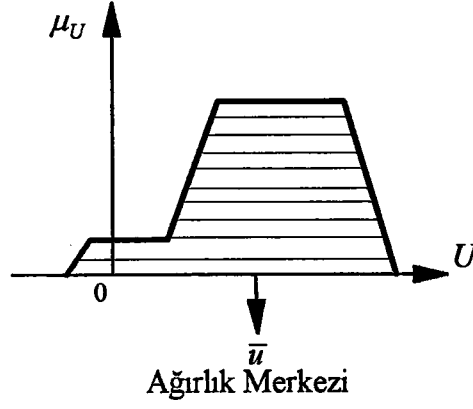
Bulanıklığı gidermenin bu metodunda, üyelik fonksiyonunun ağırlıklı ortalaması veya üyelik fonksiyonu ile sınırlandırılmış alanın ağırlık merkezi, bulanık niceliğin en belirgin kesin (crisp) değeri olarak alınır. Yani,

$$\bar{u} = \frac{\int \mu_U(u) u \, du}{\int \mu_U(u) \, du} \quad (4.18)$$

dir. Bu bulanıklığı giderme metodu Şekil 4-2'den türetilmiştir.



Şekil 4-1 Bulanıklığı giderme maksimum üyelik metodu



Şekil 4-2 Bulanıklığı giderme ağırlık merkezi metodu

c) Yükseklik Metodu

Bu bulanıklığı giderme tekniği, sadece simetrik fonksiyonların bütünleşik bir birleşimi sonucu ortaya çıkan üyelik fonksiyonu olduğu geçerlidir. Varsayalım ki,

$$\mu_U(u) = \text{Maks}[\mu_{u^1}(u), \mu_{u^2}(u), \dots, \mu_{u^r}(u)] \quad (4.19)$$

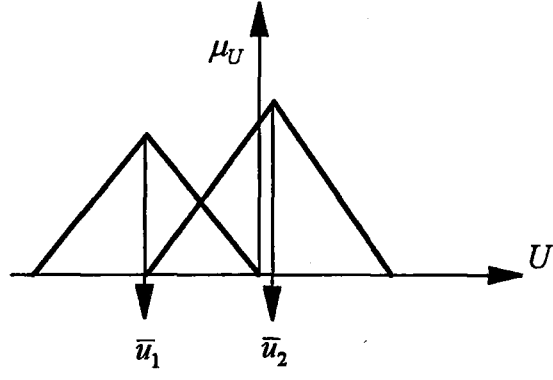
ve

$$\mu_{u^k}(\bar{u}^k) = \text{Maks}[\mu_{u^k}(u)] \quad (4.20)$$

olsun ve daha sonra, bulanıklığı giderilmiş çıktı:

$$\bar{u} = \frac{\sum_{k=1}^{k=r} \mu_{u^k}(\bar{u}^k) \bar{u}^k}{\sum_{k=1}^{k=r} \mu_{u^k}(\bar{u}^k)} \quad (4.21)$$

ile ifade edilir. Şekil 4-3 $r = 2$ için bulanıklığı giderme yükseklik metodunu gösterir.



Şekil 4-3 Bulanıklığı giderme yükseklik metodu

BÖLÜM 5. İMALAT SANAYİİNİN PERFORMANSINI DEĞERLENDİRME MODELİNİN KURULMASI

Türkiye İmalat Sanayiinde faaliyet gösteren ve İstanbul Sanayi Odası (İSO) [40] kayıtlarına göre 1993-94 yılındaki ilk 500 büyük firmaya Ek A'da verilen anket ve cevap formları [41] gönderilmiştir. Bu anket formları posta ile gönderilip cevaplar da yine posta ile geri alınmıştır. Fakat bu 500 firmanın sadece 137'sinden cevap alınabilmektedir. Yine İSO kayıtlarına göre bu firmalar Dokuma, Giyim Eşyası, Deri ve Ayakkabı Sanayii, Kimya, Petrol Ürünleri, Lastik ve Plastik Sanayii, Madeni Eşya, Makina ve Techizat Sanayii, Metal Ana Sanayii gibi 11 alt sektöre tasnif edilmiştir. Cevap alınan firmaların sektörlere göre cevap verme yüzdeleri Tablo B.1'de verilmiştir.

Bu sektörlerin Yönetim Uygulamaları, İnsan Kaynakları, Pazar Yönetimi, Kalite Yönetimi gibi 10 faaliyet alanına(departman) ait verilerine dayanılarak özellikle kalite, verimlilik ve etkinlik performanslarını ölçmek için 200'e yakın soru yöneltilmiştir. Bazı sorulara hiç cevap verilmediğinden ve sayısal cevap verilen bazı sorularda bulanık olarak ifade edildiğinden dolayı toplam 181 soru değerlendirmeye alınmıştır. Nihai amacın bu sektörlerin performanslarının iyiden kötüye doğru bir değerlendirilmesi olduğundan bu çalışmada sorulan soruların cevaplarının niteliği "uygulanabilir değil", "normal olarak uygulanabilir", "daima uygulanabilir" gibi bulanık ifade edilmesi değerlendirmede bulanık mantık kullanılmasını zorunlu kılmıştır.

Değerlendirmede iki aşamalı bir model kullanılmıştır. Birincisi temel seviye, bulanık yapay karar, ve ikincisi de bir üst seviye bulanık çok amaçlı karardır ve daha sonra firmalardan alınan verilerle bu modelin uygulaması yapılmıştır.

5.1. Değerlendirme Faktörleri

Değerlendirme faktörleri ve değerlendirilecek sektörler Tablo 5-1 ve Tablo 5-2’de verilmiştir. Her bir değerlendirme faktöründeki soruların ağırlıkları eşit olarak alınmıştır.

Tablo 5-1 Değerlendirme Faktörleri

Faktör Kodu (I)	Faktör	Soru Sayısı	Her Bir Sorunun Ağırlığı
1	Yönetim Uygulamaları	21	0.04762
2	İnsan Kaynakları	12	0.08333
3	Pazar Yönetimi	21	0.04762
4	Teklif Verme/Alma	13	0.07692
5	Satınalma	16	0.0625
6	Mühendislik/Tasarım	18	0.0555
7	Operasyon Yönetimi	21	0.04762
8	İmalat Teknolojisi	23	0.04348
9	Bakım	12	0.08333
10	Kalite Yönetimi	24	0.04167

Tablo 5-2 Sektörler

Kodu(m)	Adı
1	Dokuma, Giyim Eşyası, Deri ve Ayakkabı Sanayii
2	Elektrik Sektörü
3	Gıda, İçki ve Tütün Sanayii
4	Kağıt, Kağıt Ürünleri ve Basım Sanayii
5	Kimya, Petrol Ürünleri, Lastik ve Plastik Sanayii
6	Madencilik ve Taş Ocakçılığı
7	Madeni Eşya, Makina ve Techizat, İlmi ve Mesleki Aletler Sanayii
8	Metal Ana Sanayii
9	Orman Ürünleri ve Mobilya Sanayii
10	Otomotiv Sanayii
11	Taş ve Toprağa Dayalı Sanayii

5.2. Model

5.2.1. Temel Seviye

Tablo 5-1'e göre, yapay karar için faktörler kümesini oluşturalım:

$$F_i = \{f_{in_i}\}, \quad i = 1, 2, \dots, I, \quad I = 10 \text{ (Faaliyet alanı sayısı)}, \quad (5.1)$$

$$n_i = 1, 2, \dots, N_i, \quad N_1 = 21, N_2 = 12, \dots, N_{10} = 24.$$

Değerlendirme kümesini tanımlayalım:

$$P = \{p_{l_1}\}, \quad l_1 = 1, 2, \dots, L_1. \quad (5.2)$$

Soruların değerlendirilmesi 6 farklı dereceye bölünmüştür ($L_1 = 6$). Yani,

$$P = \{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6\}.$$

Burada,

p_1 - Kesinlikle hayır

p_2 - Bir dereceye kadar uygulanabilir

p_3 - Normal olarak uygulanabilir

p_4 - Genel olarak uygulanabilir

p_5 - Daima uygulanabilir

p_6 - Uygulanabilir değildir.

Değerlendirmeye alınan bütün sektörlerin yer aldığı U kümesini oluşturalım:

$$U = \{u_m\}, \quad m = 1, 2, \dots, M, \quad M = 11 \text{ (Sektör sayısı)}. \quad (5.3)$$

u_m sektörü için tekil-faktör değerlendirme, F_i 'den P 'ye, $\tilde{f}: F_i \rightarrow P$, bulanık bir tasvirdir ve bulanık tasvir $\tilde{f}$,

$$T_{im} \in \mathcal{M}_{N_i \times L_1} \quad (5.4)$$

bulanık matrisi ile temsil edilen bulanık bir ilişkiyi gösterir.

Dokuma, Giyim Eşyası, Deri ve Ayakkabı Sanayii için tekil-faktör değerlendirme orjinal verileri Tablo C.1’de verilmiştir. Bu veriler normalize edilerek T_{im} matrisleri elde edilir.

Her tekil-faktörün ağırlığı,

$$W_i \in \mathcal{M}_{1 \times N_i} \quad (5.5)$$

ile verilir. W_i , F_i ’de bulanık bir alt küme ve bulanık bir vektör W_i ile temsil edilir. W_i ’nin verileri Bölüm 5.3.’de verilmiştir.

T_{im} girdi olarak alınır ve F_i ’den P ’ye $T: \mathcal{F}(F_i) \rightarrow \mathcal{F}(P)$ bulanık bir dönüşüm T_{im} ile hesaplanır. Böylece yapay karar,

$$B_{im} = W_i \circ T_{im} \quad (5.6)$$

elde edilir.

$\mu_{W_i}(f_i)$, $\mu_{T_{im}}(f_i, p)$ ve $\mu_{W_i \circ T_{im}}(p)$ sırasıyla W_i , T_{im} ve $W_i \circ T_{im}$ ’nin üyelik fonksiyonlarını gösterir. Bunlar,

$$\mu_{W_i \circ T_{im}}(p) \triangleq \sum_{f_i \in F_i} \mu_{W_i}(f_i) \cdot \mu_{T_{im}}(f_i, p) \quad (5.7)$$

şeklinde tanımlanır. $\tilde{B}_{im}$, P ’de bulanık bir alt kümedir ve $B_{im} \in \mathcal{M}_{1 \times L_1}$ bulanık vektörü ile de temsil edilir.

Yapay karar değerleri r_{im} bir üst seviye için girdi olarak kullanılır.

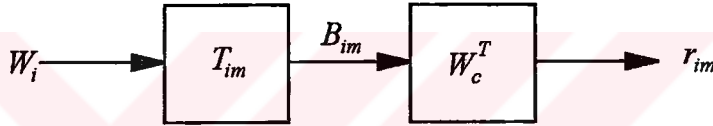
Değerlendirme derecelerinin ağırlık katsayıları $W_c \in \mathcal{M}_{1 \times L_1}$ dir ve W_c 'nin değerleri Bölüm 5.3.'de verilmiştir.

Tekrar bulanık bir dönüşüm yapıldığında,

$$r_{im} = B_{im} \circ W_c^T \quad \text{burada} \quad \mu_{B_{im} \circ W_c^T}(F_i) \triangleq \sum_{p \in P} \mu_{B_{im}}(p) \cdot \mu_{W_c^T}(p, F_i) \quad (5.8)$$

ifadesi elde edilir.

r_{im} 'nin anlamını şekilsel olarak gösterelim:



Şekil 5-1 r_{im} 'nin gösterimi

5.2.2. Üst Seviye

Üst seviyenin faktör kümeleri temel seviyeye dayandırılır ve çok amaçlı kararın faktör kümeleri aşağıdaki gibi düzenlenir:

$$F = \{F_i\}. \quad (5.9)$$

Karar kriteri kümesi C , J tane karar kriterini ihtiva eder:

$$C = \{c_j\}, \quad j = 1, 2, \dots, J, \quad J = 7. \quad (5.10)$$

İmalat işletmelerinin faaliyet alanlarındaki performanslarına göre, aşağıdaki karar kriterleri oluşturulabilir [42]:

- c_1 : Yönetim uygulamaları başarılı ve insan kaynakları da yüksek bir performans gösteriyorsa beşeri ve teknik(mühendislik, operasyon, malzeme, ...) yönetimi *iyi* denilebilir.
- c_2 : c_1 'in yanında etkili ve yeterli pazar araştırmaları yürütülüyor ve müşteriyle karşılıklı teklif alma/verme'de gerçekçi piyasa analizleri yapılıyorsa *daha iyi* denilebilir.
- c_3 : c_1 ve c_2 'nin yanında etkin bir satınalma gerçekleşiyorsa *daha iyi* denilebilir.
- c_4 : c_2 ve c_3 'den başka etkin bir mühendislik/tasarım varsa *çok daha iyi* denilebilir.
- c_5 : c_4 'le birlikte iyi bir bakım planlamasına sahip olunması, imalat teknolojisinin yeni ve ileri olması veya iyi bir operasyon yönetiminin olması durumunda da *çok daha iyi* denilebilir.
- c_6 : c_1 , c_2 , c_3 , c_4 ve c_5 aynı anda gerçekleşir ve neticede çok iyi kalitede bir mamul ortaya çıkıyorsa *mükemmel* denilebilir.
- c_7 : Yönetim uygulamaları başarısız veya insan kaynakları yönetimi düşük bir performans gösteriyorsa *iyi değil* denilebilir.

Değerlendirme kümeleri,

$$A = \{A_k\}, \quad k = 1, 2, \dots, K, \quad K = 5 \quad (5.11)$$

ve değerlendirme fonksiyonu $A(v)$ 'de aşağıdaki gibi tanımlanır:

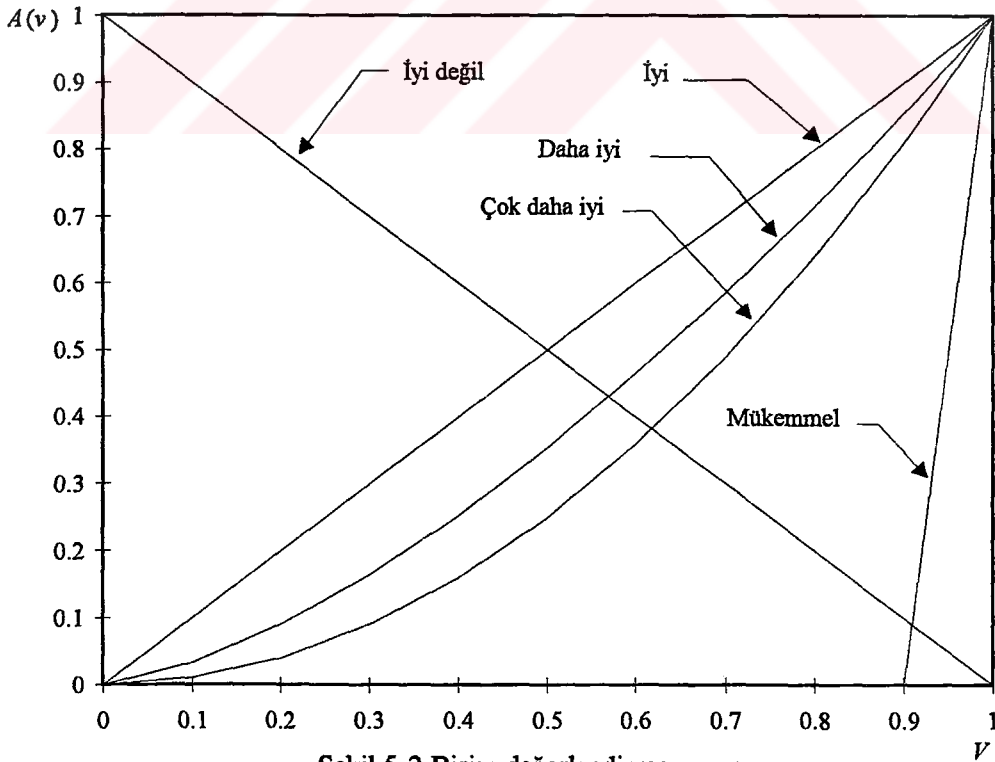
$$\begin{aligned}
A_1 - \text{İyi:} & \quad A_1(v) = v, \\
A_2 - \text{Daha iyi:} & \quad A_2(v) = v^{3/2}, \\
A_3 - \text{Çok daha iyi:} & \quad A_3(v) = v^2, \\
A_4 - \text{Mükemmel:} & \quad A_4(v) = \begin{cases} 1 & , \quad v = 1, \\ 0 & , \quad v \neq 1, \end{cases} \\
A_5 - \text{İyi değil:} & \quad A_5(v) = 1 - v.
\end{aligned} \tag{5.12}$$

Burada

$$v \in V, \quad V = \{v_l\} = \{0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1\} \tag{5.13}$$

$$l = 1, 2, \dots, L, \quad L = 11$$

dir. Yani, V birim değerlendirme uzayıdır (Şekil 5-2).



Şekil 5-2 Birim değerlendirme uzayı

Yukardaki 7 kriter [43]:

Eğer $c_1 = F_1 \cap F_2$ ise,	o halde A_1
Eğer $c_2 = (F_1 \cap F_2) \cap (F_3 \cap F_4)$ ise,	o halde A_2
Eğer $c_3 = (F_1 \cap F_2) \cap (F_3 \cap F_4) \cap F_5$ ise,	o halde A_2
Eğer $c_4 = ((F_1 \cap F_2) \cap (F_3 \cap F_4) \cap F_5) \cap F_6$ ise,	o halde A_3
Eğer $c_5 = (((F_1 \cap F_2) \cap (F_3 \cap F_4) \cap F_5) \cap F_6) \cap F_9 \cap (F_7 \cup F_8)$ ise,	o halde A_3
Eğer $c_6 = (((((F_1 \cap F_2) \cap (F_3 \cap F_4) \cap F_5) \cap F_6) \cap F_9 \cap (F_7 \cup F_8)) \cap F_{10})$ ise,	o halde A_4
Eğer $c_7 = \overline{F_1} \cup \overline{F_2}$ ise,	o halde A_5

ile ifade edilebilir.

Üst seviyede her sektör için tekil-faktör değerlendirme F 'den U 'ya, $\tilde{f}: F \rightarrow U$, bulanık bir tasvirdir ve bulanık bir matris,

$$R = (r_{im}) \in \mathcal{M}_{I \times M} \quad (5.14)$$

ile temsil edilir. R bir üst seviyenin girdileri olarak kullanılır ve karar kriterlerine bağlı olarak işleme tabi tutulduğunda, bulanık bir matris,

$$CR = (\tilde{c}_1 \ \tilde{c}_2 \ \dots \ \tilde{c}_j \ \dots \ \tilde{c}_J)^T \in \mathcal{M}_{J \times M} \quad (5.15)$$

ile tanımlanabilen bulanık bir tasvir, $\tilde{f}: C \rightarrow U$, elde edilir ve olasılığın aşağıdaki bulanık çıkarımı kullanılabilir:

- Eğer $x = \tilde{c}_1$ ise, o halde $y = A_1$,
- Eğer $x = \tilde{c}_2$ ise, o halde $y = A_2$,
- Eğer $x = \tilde{c}_3$ ise, o halde $y = A_2$,
- Eğer $x = \tilde{c}_4$ ise, o halde $y = A_3$,
- Eğer $x = \tilde{c}_5$ ise, o halde $y = A_3$,
- Eğer $x = \tilde{c}_6$ ise, o halde $y = A_4$,
- Eğer $x = \tilde{c}_7$ ise, o halde $y = A_5$.

Buradan, bulanık bir matris,

$$D_j = (d_j(m, l)) \in \mathcal{M}_{M \times L} \quad (5.16)$$

ile temsil edilen U dan V ye, $\tilde{f}: U \rightarrow V$, bulanık bir tasvirdir. ve burada $d_j(m, l) = 1 \wedge (1 - \tilde{c}_j(u_m) + A_k(v_l))$ üyelik fonksiyonu ile temsil edilir. Daha sonra bulanık çok amaçlı karar matrisi;

$$D = \bigcap_{j=1}^J D_j \triangleq \left(\prod_{j=1}^J d_j(m, l) \right) = (\tilde{E}_1 \quad \tilde{E}_2 \quad \dots \quad \tilde{E}_m \quad \dots \quad \tilde{E}_M)^T \in \mathcal{M}_{M \times L} \quad (5.17)$$

elde edilir. Aynı zamanda burada $D_j U$ dan V ye, $\tilde{f}: U \rightarrow V$, bulanık bir tasvirdir ve $\tilde{E}_m$, u_m sektörü için iynin derecelerini temsil eden birim değerlendirme uzayı V nin bulanık bir alt kümesidir.

Varsayalım ki $E_{m\alpha}$, $\tilde{E}_m$ 'nin α , $\alpha \in [0, 1] = I$, seviye kümeleri olsun. $E_{m\alpha}$ kümeleri V nin sıralı alt kümeleri olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Her $E_{m\alpha}$ için $E_{m\alpha}$ 'de elemanların ortalama değeri aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$H_l(E_{m\alpha}) = \frac{1}{N_\alpha} \sum_{n=1}^{N_\alpha} Z_n(\alpha) \quad (5.18)$$

burada α , seviye-kümelerinin seviyesidir, $Z_n(\alpha)$, $Z_n(\alpha) \in E_{m\alpha}$, $E_{m\alpha}$ 'deki elemanlardır ve N_α , $E_{m\alpha}$ sonlu kümelerinin sıra sayısıdır.

Daha sonra $\tilde{E}_m$ 'nin nokta değeri Yager [44, 45];

$$S(m) = \frac{1}{\alpha_{\text{maks}}} \sum_{l=1}^L H_l(E_{m\alpha}) \Delta\alpha_l \quad (5.19)$$

ile hesaplanır. Burada α_{maks} , $\tilde{E}_m$ 'nin maksimum üyelik derecesidir ve $\Delta\alpha_l = \alpha_l - \alpha_{l-1}$, $\alpha_0 = 0$ dır. Her bulanık alt küme $\tilde{E}_m$ 'nin nokta değerleriyle ilgilenilir. Çünkü her u_m sektörü için “drecelendirme değeri(*iyi, daha iyi, çok daha iyi, ...*)” dir ve en büyük $S(m)$, en iyi sektörü temsil eder.

5.3. Uygulama

Tablo 5-2’de gösterilen 11 sektörden birincisi olan Dokuma, Giyim Eşyası, Deri ve Ayakkabı Sanayiinin ($m = 1$) Tablo C.1’deki istatistiksel verilerinden her bir faaliyet alanına ait Tablo 5-3’ deki T_{i1} matrisleri elde edilir.

Her bir faktörün ağırlık matrisleri(Tablo 5-1):

$$\begin{aligned}
 W_1 = W_3 = W_7 = & \begin{bmatrix} 0.0476 \\ 0.0476 \end{bmatrix}^T \\
 W_2 = W_9 = & \begin{bmatrix} 0.0833 \\ 0.0833 \\ 0.0833 \\ 0.0833 \\ 0.0833 \\ 0.0833 \\ 0.0833 \\ 0.0833 \\ 0.0833 \\ 0.0833 \\ 0.0833 \\ 0.0833 \\ 0.0833 \\ 0.0833 \\ 0.0833 \\ 0.0833 \\ 0.0833 \\ 0.0833 \\ 0.0833 \\ 0.0833 \end{bmatrix}^T \\
 W_4 = & \begin{bmatrix} 0.07692 \\ 0.07692 \\ 0.07692 \\ 0.07692 \\ 0.07692 \\ 0.07692 \\ 0.07692 \\ 0.07692 \\ 0.07692 \\ 0.07692 \\ 0.07692 \\ 0.07692 \\ 0.07692 \\ 0.07692 \\ 0.07692 \\ 0.07692 \\ 0.07692 \\ 0.07692 \\ 0.07692 \\ 0.07692 \end{bmatrix}^T \\
 W_5 = & \begin{bmatrix} 0.0625 \\ 0.0625 \\ 0.0625 \\ 0.0625 \\ 0.0625 \\ 0.0625 \\ 0.0625 \\ 0.0625 \\ 0.0625 \\ 0.0625 \\ 0.0625 \\ 0.0625 \\ 0.0625 \\ 0.0625 \\ 0.0625 \\ 0.0625 \\ 0.0625 \\ 0.0625 \\ 0.0625 \\ 0.0625 \end{bmatrix}^T \\
 W_6 = & \begin{bmatrix} 0.0555 \\ 0.0555 \\ 0.0555 \\ 0.0555 \\ 0.0555 \\ 0.0555 \\ 0.0555 \\ 0.0555 \\ 0.0555 \\ 0.0555 \\ 0.0555 \\ 0.0555 \\ 0.0555 \\ 0.0555 \\ 0.0555 \\ 0.0555 \\ 0.0555 \\ 0.0555 \\ 0.0555 \\ 0.0555 \end{bmatrix}^T \\
 W_8 = & \begin{bmatrix} 0.0435 \\ 0.0435 \\ 0.0435 \\ 0.0435 \\ 0.0435 \\ 0.0435 \\ 0.0435 \\ 0.0435 \\ 0.0435 \\ 0.0435 \\ 0.0435 \\ 0.0435 \\ 0.0435 \\ 0.0435 \\ 0.0435 \\ 0.0435 \\ 0.0435 \\ 0.0435 \\ 0.0435 \\ 0.0435 \end{bmatrix}^T \\
 W_{10} = & \begin{bmatrix} 0.0417 \\ 0.0417 \\ 0.0417 \\ 0.0417 \\ 0.0417 \\ 0.0417 \\ 0.0417 \\ 0.0417 \\ 0.0417 \\ 0.0417 \\ 0.0417 \\ 0.0417 \\ 0.0417 \\ 0.0417 \\ 0.0417 \\ 0.0417 \\ 0.0417 \\ 0.0417 \\ 0.0417 \\ 0.0417 \end{bmatrix}^T
 \end{aligned}$$

şeklinde ifade edilir.

Tablo 5-3 Girdi T_{i1} matrisleri

$$T_{11} = \begin{bmatrix} 0.0000 & 0.2778 & 0.1111 & 0.1667 & 0.4444 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.5000 & 0.3333 & 0.1111 & 0.0556 \\ 0.0000 & 0.2000 & 0.3000 & 0.1000 & 0.4000 & 0.0000 \\ 0.1667 & 0.3333 & 0.1667 & 0.2222 & 0.1111 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.3889 & 0.2778 & 0.2222 & 0.0556 & 0.0556 \\ 0.1111 & 0.3333 & 0.1667 & 0.1667 & 0.2222 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.1111 & 0.2222 & 0.2778 & 0.3889 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.2500 & 0.1875 & 0.1875 & 0.3750 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.8667 & 0.0000 & 0.1333 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0556 & 0.2222 & 0.2222 & 0.1111 & 0.3333 & 0.0556 \\ 0.1667 & 0.1667 & 0.1667 & 0.1667 & 0.2778 & 0.0556 \\ 0.0556 & 0.2222 & 0.2222 & 0.2778 & 0.2222 & 0.0000 \\ 0.0556 & 0.2222 & 0.2222 & 0.2778 & 0.2222 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.1429 & 0.3571 & 0.2857 & 0.2143 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.4000 & 0.3333 & 0.2667 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.1111 & 0.1111 & 0.4444 & 0.3333 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.1111 & 0.3333 & 0.5556 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0556 & 0.1667 & 0.4444 & 0.3333 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.2778 & 0.0556 & 0.3333 & 0.2778 & 0.0556 \\ 0.1667 & 0.1667 & 0.0556 & 0.2778 & 0.1111 & 0.2222 \\ 0.0556 & 0.2778 & 0.1667 & 0.2778 & 0.2222 & 0.0000 \end{bmatrix}$$

$$T_{21} = \begin{bmatrix} 0.1538 & 0.1538 & 0.3077 & 0.1538 & 0.2308 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.3889 & 0.1111 & 0.4444 & 0.0556 & 0.0000 \\ 0.0714 & 0.1429 & 0.2857 & 0.1429 & 0.1429 & 0.2143 \\ 0.0556 & 0.1667 & 0.2778 & 0.2222 & 0.2778 & 0.0000 \\ 0.1111 & 0.1667 & 0.3889 & 0.2222 & 0.0556 & 0.0556 \\ 0.4444 & 0.2778 & 0.1111 & 0.0000 & 0.1667 & 0.0000 \\ 0.5000 & 0.3333 & 0.0556 & 0.0556 & 0.0556 & 0.0000 \\ 0.0556 & 0.3889 & 0.1111 & 0.1667 & 0.2222 & 0.0556 \\ 0.2778 & 0.1667 & 0.2778 & 0.1111 & 0.1111 & 0.0556 \\ 0.1250 & 0.1875 & 0.1250 & 0.2500 & 0.2500 & 0.0625 \\ 0.1667 & 0.3889 & 0.1111 & 0.2222 & 0.1111 & 0.0000 \\ 0.0588 & 0.4118 & 0.0588 & 0.2941 & 0.1765 & 0.0000 \end{bmatrix}$$

0.0000	0.1667	0.1111	0.5000	0.2222	0.0000
0.0000	0.1111	0.1111	0.3333	0.4444	0.0000
0.0000	0.1111	0.0556	0.3333	0.5000	0.0000
0.0000	0.1111	0.2222	0.5000	0.1667	0.0000
0.0556	0.1667	0.2778	0.2778	0.2222	0.0000
0.1111	0.1667	0.2222	0.2778	0.1667	0.0556
0.0556	0.1111	0.0000	0.1667	0.6667	0.0000
0.0000	0.1667	0.1667	0.3333	0.3333	0.0000
0.0000	0.2222	0.0556	0.2222	0.5000	0.0000
0.0000	0.2222	0.1111	0.2778	0.3889	0.0000
0.0000	0.1667	0.2222	0.3333	0.2778	0.0000
0.0000	0.1176	0.0588	0.2353	0.5882	0.0000
0.1667	0.1667	0.1111	0.4444	0.0556	0.0556
0.1667	0.1667	0.3889	0.1111	0.1111	0.0556
0.2778	0.2778	0.2778	0.0556	0.0556	0.0556
0.5556	0.2222	0.0000	0.0000	0.0556	0.1667
0.2353	0.2353	0.0588	0.2353	0.1765	0.0588
0.0000	0.0000	0.4615	0.4615	0.0769	0.0000
0.1250	0.1250	0.1250	0.3750	0.2500	0.0000
0.0000	0.1875	0.0625	0.3750	0.3125	0.0625
0.0000	0.0556	0.0000	0.1667	0.7778	0.0000

$$T_{41} = \begin{bmatrix} 0.0556 & 0.0556 & 0.2222 & 0.1667 & 0.5000 & 0.0000 \\ 0.0556 & 0.1111 & 0.0000 & 0.2222 & 0.6111 & 0.0000 \\ 0.0556 & 0.1667 & 0.0556 & 0.2222 & 0.5000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0556 & 0.0000 & 0.2778 & 0.6667 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0588 & 0.1176 & 0.2941 & 0.5294 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.2353 & 0.1176 & 0.2353 & 0.4118 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.1176 & 0.1176 & 0.4118 & 0.3529 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.1176 & 0.2941 & 0.3529 & 0.2353 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.2353 & 0.1765 & 0.2353 & 0.2941 & 0.0588 \\ 0.0000 & 0.1765 & 0.1176 & 0.3529 & 0.2941 & 0.0588 \\ 0.0000 & 0.2353 & 0.2353 & 0.2941 & 0.1765 & 0.0588 \\ 0.0000 & 0.1111 & 0.2778 & 0.1111 & 0.4444 & 0.0556 \\ 0.0000 & 0.0588 & 0.1765 & 0.1765 & 0.5294 & 0.0588 \end{bmatrix}$$

$$T_{51} = \begin{bmatrix} 0.1111 & 0.1111 & 0.2222 & 0.3333 & 0.1667 & 0.0556 \\ 0.0000 & 0.0556 & 0.0000 & 0.1667 & 0.7778 & 0.0000 \\ 0.0556 & 0.1667 & 0.0556 & 0.2222 & 0.4444 & 0.0556 \\ 0.0000 & 0.0556 & 0.0000 & 0.1667 & 0.7778 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.4444 & 0.5556 & 0.0000 \\ 0.1111 & 0.2778 & 0.1667 & 0.0556 & 0.3333 & 0.0556 \\ 0.6667 & 0.2222 & 0.0556 & 0.0556 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.1667 & 0.0000 & 0.1667 & 0.6111 & 0.0556 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.2778 & 0.7222 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0556 & 0.3889 & 0.5556 & 0.0000 \\ 0.0556 & 0.0000 & 0.1111 & 0.5000 & 0.3333 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.1111 & 0.2222 & 0.6667 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.4444 & 0.3333 & 0.0000 & 0.1667 & 0.0556 \\ 0.0000 & 0.2222 & 0.1667 & 0.2222 & 0.3889 & 0.0000 \\ 0.0556 & 0.3889 & 0.1667 & 0.1667 & 0.2222 & 0.0000 \\ 0.0556 & 0.4444 & 0.1111 & 0.1667 & 0.2222 & 0.0000 \end{bmatrix}$$

$$T_{61} = \begin{bmatrix} 0.0000 & 0.0000 & 0.0625 & 0.1875 & 0.6875 & 0.0625 \\ 0.2143 & 0.2857 & 0.1429 & 0.1429 & 0.2143 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.1429 & 0.2143 & 0.0714 & 0.5714 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0714 & 0.1429 & 0.2143 & 0.5714 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.1429 & 0.0714 & 0.1429 & 0.5000 & 0.1429 \\ 0.0000 & 0.1429 & 0.1429 & 0.2143 & 0.5000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0714 & 0.2143 & 0.1429 & 0.4286 & 0.1429 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0769 & 0.3077 & 0.6154 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.1250 & 0.2500 & 0.3750 & 0.2500 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.1250 & 0.0000 & 0.3750 & 0.5000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0769 & 0.1538 & 0.4615 & 0.3077 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.3125 & 0.1250 & 0.2500 & 0.3125 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 1.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 1.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 1.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 1.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 1.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 1.0000 & 0.0000 \end{bmatrix}$$

Tablo 5-3'ün devamı

$T_{71} =$	$\begin{bmatrix} 0.0000 & 0.2353 & 0.2353 & 0.1765 & 0.2941 & 0.0588 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.3529 & 0.6471 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.1875 & 0.5625 & 0.2500 & 0.0000 \\ 0.1765 & 0.4706 & 0.1765 & 0.1765 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.1250 & 0.2500 & 0.6250 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0588 & 0.1765 & 0.1765 & 0.5294 & 0.0588 \\ 0.0000 & 0.0588 & 0.0588 & 0.4118 & 0.4706 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.1176 & 0.5294 & 0.3529 & 0.0000 \\ 0.8000 & 0.2000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.6000 & 0.0000 & 0.2000 & 0.1000 & 0.1000 & 0.0000 \\ 0.4000 & 0.1000 & 0.0000 & 0.3000 & 0.2000 & 0.0000 \\ 0.2000 & 0.2000 & 0.2000 & 0.2000 & 0.2000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.1176 & 0.0000 & 0.4118 & 0.4706 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.2222 & 0.1111 & 0.2222 & 0.4444 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0588 & 0.1765 & 0.2353 & 0.5294 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.1111 & 0.2222 & 0.4444 & 0.2222 & 0.0000 \\ 0.0833 & 0.0833 & 0.0833 & 0.4167 & 0.3333 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.2353 & 0.3529 & 0.4118 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.2353 & 0.1176 & 0.3529 & 0.2941 & 0.0000 \\ 0.4118 & 0.2941 & 0.1765 & 0.1176 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.1176 & 0.2941 & 0.1765 & 0.1176 & 0.2353 & 0.0588 \end{bmatrix}$	$T_{91} =$	$\begin{bmatrix} 0.0000 & 0.0556 & 0.0556 & 0.2222 & 0.6111 & 0.0556 \\ 0.0556 & 0.0556 & 0.1111 & 0.2778 & 0.4444 & 0.0556 \\ 0.0556 & 0.1111 & 0.1111 & 0.1111 & 0.5556 & 0.0556 \\ 0.0556 & 0.2778 & 0.0000 & 0.1111 & 0.5000 & 0.0556 \\ 0.1111 & 0.0556 & 0.2222 & 0.2222 & 0.3889 & 0.0000 \\ 0.1111 & 0.1111 & 0.1667 & 0.1111 & 0.4444 & 0.0556 \\ 0.0000 & 0.1176 & 0.1765 & 0.2353 & 0.4706 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0556 & 0.0556 & 0.2778 & 0.6111 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.1667 & 0.2778 & 0.5556 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0556 & 0.2222 & 0.2222 & 0.5000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0556 & 0.2222 & 0.7222 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.2000 & 0.1000 & 0.2000 & 0.5000 & 0.0000 \end{bmatrix}$
$T_{81} =$	$\begin{bmatrix} 0.0000 & 0.0556 & 0.3333 & 0.1111 & 0.5000 & 0.0000 \\ 0.1111 & 0.1111 & 0.1111 & 0.1667 & 0.5000 & 0.0000 \\ 0.1111 & 0.1111 & 0.0556 & 0.2222 & 0.3889 & 0.1111 \\ 0.0556 & 0.0556 & 0.1667 & 0.2778 & 0.3889 & 0.0556 \\ 0.0556 & 0.1111 & 0.1667 & 0.2778 & 0.3889 & 0.0000 \\ 0.0556 & 0.0556 & 0.2222 & 0.2778 & 0.3889 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0556 & 0.1667 & 0.3333 & 0.4444 & 0.0000 \\ 0.0588 & 0.1176 & 0.0588 & 0.2941 & 0.4706 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0588 & 0.4706 & 0.4706 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0588 & 0.0588 & 0.3529 & 0.4706 & 0.0588 \\ 0.0625 & 0.0625 & 0.1875 & 0.3125 & 0.3750 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.1250 & 0.1250 & 0.3125 & 0.4375 & 0.0000 \\ 0.2778 & 0.0556 & 0.1667 & 0.2222 & 0.1667 & 0.1111 \\ 0.5556 & 0.0000 & 0.0556 & 0.0556 & 0.0556 & 0.2778 \\ 0.3529 & 0.1176 & 0.1765 & 0.1176 & 0.0588 & 0.1765 \\ 0.1765 & 0.2353 & 0.1765 & 0.1765 & 0.1176 & 0.1176 \\ 0.1667 & 0.1111 & 0.2778 & 0.1111 & 0.1667 & 0.1667 \\ 0.5000 & 0.2222 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0556 & 0.2222 \\ 0.5000 & 0.0556 & 0.0556 & 0.1111 & 0.0556 & 0.2222 \\ 0.4444 & 0.0556 & 0.1111 & 0.1667 & 0.0000 & 0.2222 \\ 0.4444 & 0.0000 & 0.1111 & 0.1111 & 0.0000 & 0.3333 \\ 0.3333 & 0.1111 & 0.1667 & 0.2222 & 0.0556 & 0.1111 \\ 0.0588 & 0.2353 & 0.1176 & 0.3529 & 0.1176 & 0.1176 \end{bmatrix}$	$T_{101} =$	$\begin{bmatrix} 0.2222 & 0.3333 & 0.0556 & 0.0000 & 0.2778 & 0.1111 \\ 0.2222 & 0.2222 & 0.0000 & 0.2222 & 0.2222 & 0.1111 \\ 0.3333 & 0.2222 & 0.1111 & 0.0556 & 0.1667 & 0.1111 \\ 0.0000 & 0.1111 & 0.3333 & 0.0556 & 0.5000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.1176 & 0.0588 & 0.2353 & 0.5882 & 0.0000 \\ 0.1765 & 0.2941 & 0.2353 & 0.1176 & 0.1176 & 0.0588 \\ 0.1111 & 0.2222 & 0.2778 & 0.2778 & 0.1111 & 0.0000 \\ 0.1176 & 0.0588 & 0.1765 & 0.3529 & 0.2941 & 0.0000 \\ 0.0588 & 0.1765 & 0.1176 & 0.2941 & 0.3529 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0556 & 0.2222 & 0.2778 & 0.4444 & 0.0000 \\ 0.0556 & 0.2778 & 0.0556 & 0.2778 & 0.2778 & 0.0556 \\ 0.0556 & 0.3333 & 0.1111 & 0.0556 & 0.3889 & 0.0556 \\ 0.0000 & 0.2778 & 0.1111 & 0.2222 & 0.2778 & 0.1111 \\ 0.0556 & 0.3333 & 0.0000 & 0.1667 & 0.3889 & 0.0556 \\ 0.0556 & 0.1111 & 0.1111 & 0.3333 & 0.3889 & 0.0000 \\ 0.2778 & 0.2222 & 0.3889 & 0.1111 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.2353 & 0.1176 & 0.2941 & 0.3529 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.3529 & 0.0588 & 0.1765 & 0.3529 & 0.0588 \\ 0.0000 & 0.1765 & 0.1176 & 0.3529 & 0.3529 & 0.0000 \\ 0.0556 & 0.0000 & 0.2222 & 0.2222 & 0.5000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0556 & 0.1667 & 0.2778 & 0.5000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.3889 & 0.2222 & 0.0556 & 0.2778 & 0.0556 \\ 0.0000 & 0.2778 & 0.1667 & 0.1111 & 0.3889 & 0.0556 \\ 0.0000 & 0.1111 & 0.2222 & 0.2222 & 0.4444 & 0.0000 \end{bmatrix}$

Yukarıdaki ağırlık matrisleri ve girdi matrislerinden aşağıdaki yapay karar matrisleri oluşturulur.

$$\begin{aligned}
B_{11} &= \begin{bmatrix} 0.0397 & 0.2393 & 0.1962 & 0.2526 & 0.2481 & 0.0238 \end{bmatrix} & B_{61} &= \begin{bmatrix} 0.0119 & 0.0831 & 0.0886 & 0.1601 & 0.5805 & 0.0748 \end{bmatrix} \\
B_{21} &= \begin{bmatrix} 0.1683 & 0.2644 & 0.1851 & 0.1904 & 0.1546 & 0.0370 \end{bmatrix} & B_{71} &= \begin{bmatrix} 0.1328 & 0.1304 & 0.1321 & 0.2812 & 0.3146 & 0.0084 \end{bmatrix} \\
B_{31} &= \begin{bmatrix} 0.0833 & 0.1560 & 0.1476 & 0.2863 & 0.3022 & 0.0243 \end{bmatrix} & B_{81} &= \begin{bmatrix} 0.1880 & 0.0922 & 0.1360 & 0.2199 & 0.2642 & 0.1002 \end{bmatrix} \\
B_{41} &= \begin{bmatrix} 0.0128 & 0.1334 & 0.1468 & 0.2578 & 0.4265 & 0.0224 \end{bmatrix} & B_{91} &= \begin{bmatrix} 0.0324 & 0.0913 & 0.1202 & 0.2075 & 0.5251 & 0.0232 \end{bmatrix} \\
B_{51} &= \begin{bmatrix} 0.0695 & 0.1597 & 0.0972 & 0.2222 & 0.4340 & 0.0174 \end{bmatrix} & B_{101} &= \begin{bmatrix} 0.0750 & 0.2071 & 0.1526 & 0.1988 & 0.3322 & 0.0350 \end{bmatrix}
\end{aligned}$$

Soruların değerlendirme dereceleri ağırlık katsayıları matrisini oluşturalım;

$$W_c = \begin{bmatrix} 0.0000 & 0.0833 & 0.2083 & 0.2917 & 0.4167 & 0.0000 \end{bmatrix}$$

bu matris, her bir cevap derecesi yani 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 için sırasıyla 0, 2, 5, 7, 10 ve 0 puanları verilir ve her cevap derecesinin puanı toplam puana bölünerek ağırlığı bulunur.

Yapay karar matrisiyle cevapların ağırlık katsayıları matrisi çarpılıp toplanarak her bir faaliyet alanı için aşağıdaki değerler elde edilir.

$$r_{11} = 0.2379, r_{21} = 0.1805, \dots, r_{101} = 0.2455$$

Temel seviye hesaplaması tamamlanır ve bir üst seviyenin girdisi olan Tablo 5-4'deki R matrisi oluşturulur. Karar kriterlerine göre Tablo 5-4'de gösterilen CR matrisi ve $d_j(m, l) = 1 \wedge (1 - \tilde{c}_j(u_m) + A_k(v_l))$ ile de Tablo 5-5'de gösterilen $D_j = (d_j(m, l))$ bulanık matrisleri elde edilir.

Tablo 5-4 R ve CR matrisleri

$R =$	0.2379	0.2797	0.2255	0.2244	0.2844	0.2575	0.2762	0.2848	0.3150	0.3039	0.2595
	0.1805	0.1631	0.1624	0.1474	0.2017	0.1767	0.1908	0.1846	0.2117	0.2253	0.1601
	0.2532	0.1775	0.2823	0.2163	0.2895	0.2367	0.2639	0.2799	0.2955	0.3123	0.2755
	0.2946	0.2884	0.3137	0.2315	0.2882	0.2779	0.3196	0.2715	0.3802	0.3467	0.3063
	0.2792	0.3073	0.2881	0.2751	0.3053	0.2586	0.3026	0.3122	0.3524	0.3148	0.2776
	0.3140	0.0000	0.1886	0.2985	0.2872	0.2564	0.3338	0.3081	0.2567	0.2360	0.1962
	0.2515	0.2003	0.2488	0.2140	0.2793	0.2134	0.2702	0.2631	0.2949	0.2768	0.2620
	0.2103	0.3335	0.2040	0.2078	0.2391	0.1534	0.2789	0.2442	0.2767	0.2794	0.2585
	0.3120	0.3610	0.3327	0.2976	0.3136	0.2821	0.3357	0.3324	0.3818	0.3124	0.2990
	0.2455	0.1451	0.2820	0.2626	0.2873	0.2421	0.2924	0.3101	0.2977	0.3342	0.2894
$CR =$	0.1805	0.1631	0.1624	0.1474	0.2017	0.1767	0.1908	0.1846	0.2117	0.2253	0.1601
	0.1805	0.1631	0.1624	0.1474	0.2017	0.1767	0.1908	0.1846	0.2117	0.2253	0.1601
	0.1805	0.1631	0.1624	0.1474	0.2017	0.1767	0.1908	0.1846	0.2117	0.2253	0.1601
	0.1805	0.0000	0.1624	0.1474	0.2017	0.1767	0.1908	0.1846	0.2117	0.2253	0.1601
	0.1805	0.0000	0.1624	0.1474	0.2017	0.1767	0.1908	0.1846	0.2117	0.2253	0.1601
	0.1805	0.0000	0.1624	0.1474	0.2017	0.1767	0.1908	0.1846	0.2117	0.2253	0.1601
	0.1805	0.0000	0.1624	0.1474	0.2017	0.1767	0.1908	0.1846	0.2117	0.2253	0.1601
	0.8195	0.8369	0.8376	0.8526	0.7983	0.8233	0.8092	0.8154	0.7883	0.7747	0.8399

Tablo 5-5 D_j matrisleri

$D_1 =$	0.82	0.92	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	0.84	0.94	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	0.84	0.94	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	0.85	0.95	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	0.80	0.90	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	0.82	0.92	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	0.81	0.91	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	0.82	0.92	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	0.79	0.89	0.99	1	1	1	1	1	1	1	1
	0.77	0.87	0.97	1	1	1	1	1	1	1	1
	0.84	0.94	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$D_2 =$	0.82	0.85	0.91	0.98	1	1	1	1	1	1	1
	0.84	0.87	0.93	1	1	1	1	1	1	1	1
	0.84	0.87	0.93	1	1	1	1	1	1	1	1
	0.85	0.88	0.94	1	1	1	1	1	1	1	1
	0.80	0.83	0.89	0.96	1	1	1	1	1	1	1
	0.82	0.85	0.91	0.99	1	1	1	1	1	1	1
	0.81	0.84	0.90	0.97	1	1	1	1	1	1	1
	0.82	0.85	0.90	0.98	1	1	1	1	1	1	1
	0.79	0.82	0.88	0.95	1	1	1	1	1	1	1
	0.77	0.81	0.86	0.94	1	1	1	1	1	1	1
	0.84	0.87	0.93	1	1	1	1	1	1	1	1
$D_3 =$	0.82	0.85	0.91	0.98	1	1	1	1	1	1	1
	0.84	0.87	0.93	1	1	1	1	1	1	1	1
	0.84	0.87	0.93	1	1	1	1	1	1	1	1
	0.85	0.88	0.94	1	1	1	1	1	1	1	1
	0.80	0.83	0.89	0.96	1	1	1	1	1	1	1
	0.82	0.85	0.91	0.99	1	1	1	1	1	1	1
	0.81	0.84	0.90	0.97	1	1	1	1	1	1	1
	0.82	0.85	0.90	0.98	1	1	1	1	1	1	1
	0.79	0.82	0.88	0.95	1	1	1	1	1	1	1
	0.77	0.81	0.86	0.94	1	1	1	1	1	1	1
	0.84	0.87	0.93	1	1	1	1	1	1	1	1
$D_4 =$	0.82	0.83	0.86	0.91	0.98	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	0.84	0.85	0.88	0.93	1	1	1	1	1	1	1
	0.85	0.86	0.89	0.94	1	1	1	1	1	1	1
	0.80	0.81	0.84	0.89	0.96	1	1	1	1	1	1
	0.82	0.83	0.86	0.91	0.98	1	1	1	1	1	1
	0.81	0.82	0.85	0.90	0.97	1	1	1	1	1	1
	0.82	0.83	0.86	0.91	0.98	1	1	1	1	1	1
	0.79	0.80	0.83	0.88	0.95	1	1	1	1	1	1
	0.77	0.78	0.81	0.86	0.93	1	1	1	1	1	1
	0.84	0.85	0.88	0.93	1	1	1	1	1	1	1

Tablo 5-5'in devamı

$D_5 =$	0.82	0.83	0.86	0.91	0.98	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	0.84	0.85	0.88	0.93	1	1	1	1	1	1	1
	0.85	0.86	0.89	0.94	1	1	1	1	1	1	1
	0.80	0.81	0.84	0.89	0.96	1	1	1	1	1	1
	0.82	0.83	0.86	0.91	0.98	1	1	1	1	1	1
	0.81	0.82	0.85	0.90	0.97	1	1	1	1	1	1
	0.82	0.83	0.86	0.91	0.98	1	1	1	1	1	1
	0.79	0.80	0.83	0.88	0.95	1	1	1	1	1	1
	0.77	0.78	0.81	0.86	0.93	1	1	1	1	1	1
	0.84	0.85	0.88	0.93	1	1	1	1	1	1	1
$D_6 =$	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	1
	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	1
	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	1
	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	1
	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	1
	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	1
	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	1
	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	1
	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	1
$D_7 =$	1	1	0.98	0.88	0.78	0.68	0.58	0.48	0.38	0.28	0.18
	1	1	0.96	0.86	0.76	0.66	0.56	0.46	0.36	0.26	0.16
	1	1	0.96	0.86	0.76	0.66	0.56	0.46	0.36	0.26	0.16
	1	1	0.95	0.85	0.75	0.65	0.55	0.45	0.35	0.25	0.15
	1	1	1	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20
	1	1	0.98	0.88	0.78	0.68	0.58	0.48	0.38	0.28	0.18
	1	1	0.99	0.89	0.79	0.69	0.59	0.49	0.39	0.29	0.19
	1	1	0.98	0.88	0.78	0.68	0.58	0.48	0.38	0.28	0.18
	1	1	1	0.91	0.81	0.71	0.61	0.51	0.41	0.31	0.21
	1	1	1	0.93	0.83	0.73	0.63	0.53	0.43	0.33	0.23
	1	1	0.96	0.86	0.76	0.66	0.56	0.46	0.36	0.26	0.16

Son olarak Tablo 5-6'da bulanık çok amaçlı karar matrisi D ,

$$D = \bigcap_{j=1}^7 D_j \triangleq \prod_{j=1}^7 d_j(m, l)$$

ve u_1 sektörü için D matrisindeki birinci satırdan V 'nin bulanık alt kümesi;

$$\begin{aligned} \tilde{E}_1 = & \frac{0.3029}{0} + \frac{0.3756}{0.1} + \frac{0.4904}{0.2} + \frac{0.5777}{0.3} + \frac{0.6137}{0.4} + \frac{0.5577}{0.5} \\ & + \frac{0.4757}{0.6} + \frac{0.3938}{0.7} + \frac{0.3118}{0.8} + \frac{0.2299}{0.9} + \frac{0.1805}{1} \end{aligned}$$

elde edilir.

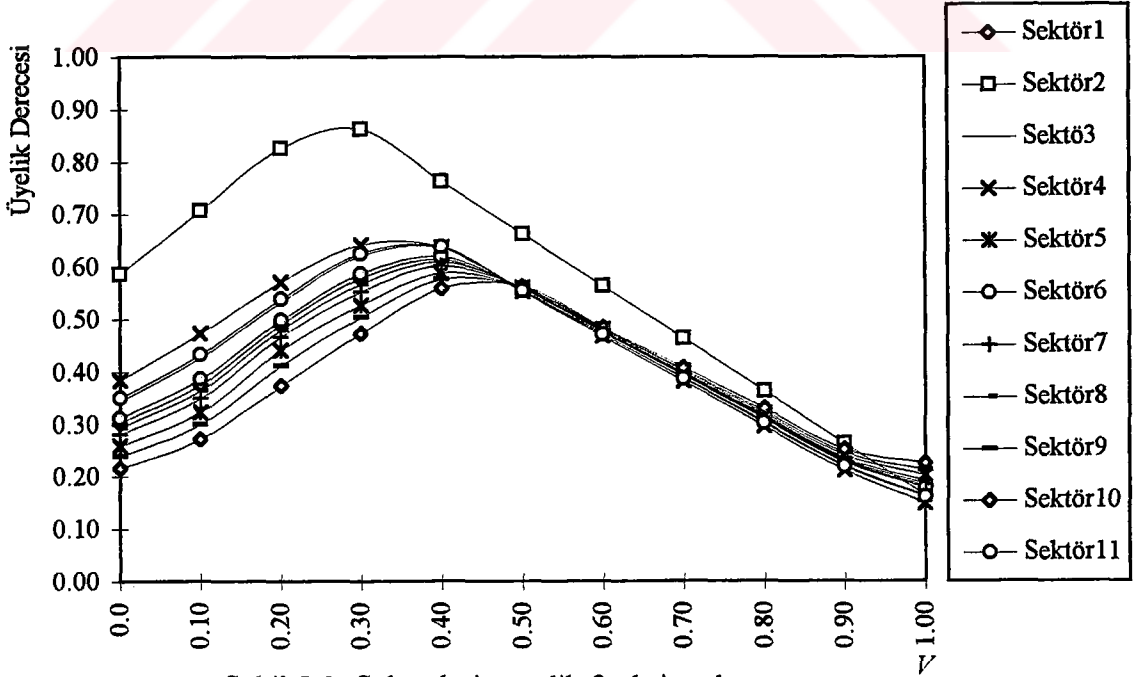
Tablo 5-6 Bulanık çok amaçlı karar matrisi

$D =$	0.3029	0.3756	0.4904	0.5777	0.6137	0.5577	0.4757	0.3938	0.3118	0.2299	0.1805
	0.5862	0.7067	0.8264	0.8631	0.7631	0.6631	0.5631	0.4631	0.3631	0.2631	0.1631
	0.3453	0.4263	0.5336	0.6215	0.6355	0.5548	0.4711	0.3873	0.3035	0.2198	0.1624
	0.3841	0.4725	0.5711	0.6419	0.6372	0.5520	0.4667	0.3815	0.2962	0.2109	0.1474
	0.2588	0.3227	0.4414	0.5263	0.5877	0.5602	0.4803	0.4005	0.3207	0.2408	0.2017
	0.3114	0.3858	0.4993	0.5872	0.6183	0.5571	0.4748	0.3925	0.3101	0.2278	0.1767
	0.2808	0.3491	0.4669	0.5524	0.6011	0.5590	0.4781	0.3972	0.3162	0.2353	0.1908
	0.2939	0.3648	0.4810	0.5675	0.6087	0.5582	0.4767	0.3951	0.3136	0.2321	0.1846
	0.2400	0.3000	0.4118	0.5031	0.5754	0.5610	0.4822	0.4034	0.3245	0.2457	0.2117
	0.2162	0.2713	0.3743	0.4726	0.5586	0.5619	0.4844	0.4069	0.3295	0.2520	0.2253
	0.3510	0.4331	0.5392	0.6247	0.6383	0.5544	0.4704	0.3864	0.3024	0.2185	0.1601

Tablo 5-6'daki D matrisinden her bir sektörün "iyi" bulanık kümesine üyelik fonksiyonu Şekil 5-3'de gösterilmiştir.

$$H_i(E_{1\alpha}) = \frac{1}{N_\alpha} \sum_{n=1}^{N_\alpha} Z_n(\alpha) \text{ ifadesine göre Tablo 5-7'de gösterilen } E_{1\alpha} \text{ 'nin}$$

serileri, $H_i(E_{1\alpha})$ ve $\Delta\alpha_i$ hesaplanır. Daha sonra



Tablo 5-7 Birinci sektörün α -seviye-kümeleri

l	α aralığı	$E_{1\alpha}$	$H_l(E_{1\alpha})$	$\Delta\alpha_l$
1	$0.0000 < \alpha \leq 0.1805$	{ 0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1 }	0.50	0.1805
2	$0.1805 < \alpha \leq 0.2299$	{ 0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 }	0.45	0.0494
3	$0.2299 < \alpha \leq 0.3029$	{ 0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 }	0.40	0.0730
4	$0.3029 < \alpha \leq 0.3118$	{ 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 }	0.45	0.0089
5	$0.3118 < \alpha \leq 0.3756$	{ 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 }	0.40	0.0638
6	$0.3756 < \alpha \leq 0.3938$	{ 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 }	0.45	0.0182
7	$0.3938 < \alpha \leq 0.4757$	{ 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 }	0.40	0.0819
8	$0.4757 < \alpha \leq 0.4904$	{ 0.2 0.3 0.4 0.5 }	0.35	0.0147
9	$0.4904 < \alpha \leq 0.5577$	{ 0.3 0.4 0.5 }	0.40	0.0673
10	$0.5577 < \alpha \leq 0.5777$	{ 0.3 0.4 }	0.35	0.0200
11	$0.5777 < \alpha \leq 0.6137$	{ 0.4 }	0.40	0.0360

$$\begin{aligned}
 S(1) &= \frac{1}{\alpha_{\max}} \sum_{l=1}^{11} H_l(E_{1\alpha}) \Delta\alpha_l \\
 &= \frac{1}{0.6137} (0.5(0.1805) + 0.45(0.0494) + 0.40(0.0730) + 0.45(0.0089) \\
 &\quad + 0.40(0.0638) + 0.45(0.0182) + 0.40(0.0819) + 0.35(0.0147) \\
 &\quad + 0.40(0.0673) + 0.35(0.0200) + 0.40(0.0360)) \\
 &= \frac{1}{0.6137} 0.26562 = 0.4328
 \end{aligned}$$

değeri bulunur. En sonunda sırasıyla her bir sektör için Tablo 5-8'deki değerlendirme değerleri elde edilir ve sektörler iyiden kötüye doğru sıralanır.

Tablo 5-8 Sektörlerin iyiden kötüye doğru sıralanması

Kodu(u)	Adı	Değeri
10	Otomotiv Sanayii	0.4827
9	Orman Ürünleri ve Mobilya Sanayii	0.4672
5	Kimya, Petrol Ürünleri, Lastik ve Plastik Sanayii	0.4557
7	Madeni Eşya, Makina ve Techizat, İlmi ve Mesleki Aletler Sanayii	0.4439
8	Metal Ana Sanayii	0.4372
1	Dokuma, Giyim Eşyası, Deri ve Ayakkabı Sanayii	0.4328
6	Madencilik ve Taş Ocakçılığı	0.4287
3	Gıda, İçki ve Tütün Sanayii	0.4135
11	Taş ve Toprağa Dayalı Sanayii	0.4113
4	Kağıt, Kağıt Ürünleri ve Basım Sanayii	0.3985
2	Elektrik Sektörü	0.3650

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Türk İmalat Sanayiinin yaklaşık %30'nu temsil eden firmalar üzerinde yapılan anketin değerlendirilmesi için iki model (bulanık yapay karar ve bulanık çok-kriterli karar) kurulmuş ve uygulanması yapılmıştır. Bu uygulama neticesinde elde edilen sonuçlar şunlardır:

- a) Her iki modelin avantajı, sektörlerin hangi faaliyet alanlarında güçlü ve hangi faaliyet alanlarında zayıf olduğunu gösterebilmesidir.
- b) Bulanık yapay kararı hesaplama yöntemi çok-kriterli yöntemle göre basit ve kolaydır.
- c) Ağırlıkların faktörler üzerine bir kez dağıtıldığı durumlarda bulanık yapay karar, daha üst seviyeli kararlar için kullanılabilir.
- d) Bulanık çok-kriterli karar sistemin tamamı hakkında bir karar verdiğinden, daha üst seviyeli kararlarda daha esnek ve uygulanabilir.
- e) Çift modeli kullanmakla elde edilen sonuçlar aktüel gerçekleri temsil etmede daha etkili ve güvenilir.

Bu çalışmada, performansı en yüksek sektörün otomotiv sektörü ve en düşük sektöründe elektrik sektörü olduğu görülmüştür. Tablo B.1'deki ankete cevap veren firmaların sektörlere göre dağılımına bakıldığında cevap verme yüzdeleri bir homojenlik sağlamamaktadır. Bu yüzden değerlendirme sonuçları bir kesinlik arzetmemektedir. Eğer firmaların tamamı ankete cevap vermiş olsalardı, daha farklı sonuçlar elde edilebilirdi.

Hem bu yöntem hem de diğer değerlendirme teknikleri (ekonomik-finansal, analitik-kantitatif, stratejik, bütünleşik-benzetim, uzman sistemler) ışığında daha büyük kütle üzerinde karşılaştırılmalı olarak yapılacak çalışmada şu noktalar izlenebilir:

- a) Nicel olarak ifade edilemeyen değişkenlerin değerlerini, sayılarını ve tanım uzaylarını uygun bulanık dilsel ifadenin tanımı içinde idealden (Bilgisayar Bütünleşik Üretim hedef ve stratejilerden) sapmaları minimize edecek bulgusal bir algoritma geliştirilebilir.
- b) Dilsel değişkenlerin oluşturulmasında karar verilerinden alınacak cevaplar ve bunların sınıflandırılması için operasyonel, yönetsel ve stratejik düzeylerdeki hedef ve teknolojilerin uyumluluğu ve gerekliliği incelenebilir.
- c) Nihai olarak bulanık uzman sistemle, her Bilgisayar Bütünleşik Üretim bileşeninin birbirleri üzerindeki etkileri araştırılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] ZADEH, L.A., Fuzzy sets, Information and Control, Vol. 8, pp 338-353, (1965).
- [2] ZADEH, L.A., The concept of a linguistic variable and application to approximate reasoning-I, II, III, Fuzzy Set and Applications, John Wiley & Sons, New York, pp 219-366, (1987).
- [3] ZADEH, L.A., Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes, IEEE on Trans. Systems, Man and Cybernetics, Vol. 3, pp 28-44, (1973).
- [4] YAGER, R.R., Strong truth and rules of inference in fuzzy logic and approximate reasoning, Cybernetics and systems, Vol.16, pp 23-63, (1985).
- [5] ZADEH, L.A., Fuzzy sets, Readings in fuzzy sets for intelligent systems, in: Dubois, D., Prade H. ve Yager, R.R., Eds., San Mateo, pp 27-64, (1993).
- [6] JAMSHIDI, M., Vadiiee, N., Ross, T. J. , Fuzzy Logic and Control, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., (1993).
- [7] RAOOT, A.D., Rakshit, A., A fuzzy approach to facilities lay-out planning, Int. J. Prod. Res., Vol. 29, pp 835-857, (1991).
- [8] LIANG, G.-S., Wang, M.-J.J., Personnel selection using fuzzy MCDM algorithm, European Journal of operational Research, Vol. 78, pp 22-33, (1994).
- [9] PEDRYCS, W., Some applicational aspects of fuzzy relational equations in systems analysis, Intern J. of General Systems, Vol. 9, pp125-132, (1983).
- [10] ASCHMANN, C.G., Fuzzy systems theory and its applications, in: Terano, T., Asai, K. ve Sugeno, M., Eds., Academic Press, San Diego, (1992).
- [11] SWANSON, D.L., Introduction to the theory of fuzzy subsets, Vol. 1, Academic Pres, London, (1975).
- [12] MAMDANI, E.H. ve Gaines, R.R., eds., Fuzzy Reasoning and Its Applications, Academic Press, London, (1981).

- [13] YAGER, R.R., On the implication operator in fuzzy logic, *Information Sciences*, Vol. 31, pp 141-164, (1983).
- [14] VENKATA SUBBA REDDY, P. ve Syam Babu, M., Some methods of reasoning for fuzzy conditional propositions, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 52, pp 229-250, (1992).
- [15] CHANG, T.C., Hasegawa K. ve Ibbs, C.W., The effects of membership function on fuzzy reasoning, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 44, pp 169-186, (1991).
- [16] TRILLAS, E., Valverde, L., On mode and implication in approximate reasoning, *Proc. of the 3rd Inter. Seminar on Fuzzy Set Theory*, Linz, Austria, pp 173-190, (1981)
- [17] TRILLAS, E., Valverde, L., On implication and indistinguishability in the setting of fuzzy logic, in: Kacprzyk, J., Yager, R.R., Eds., *Management Decision Support Systems Using Fuzzy Sets and Possibility Theory*, Köln, pp 198-212, (1985)
- [18] DUBOIS D., Prade, H., Fuzzy logics and the generalized modus ponens revisited, *Internat. J. Cybernetics and Systems*, Vol. 15, pp 293-331, (1984).
- [19] DUBOIS D., Prade, H., Fuzzy set-theoretic differences and inclusions and their use in the analysis of fuzzy equations, *Control and Cybernetics*, Vol. 13, pp 129-145, (1984).
- [20] DUBOIS D., Prade, H., Goguen, J.A., The logic of inexact concepts, *Synthese*, Vol. 19, pp 325-373, (1969).
- [21] TANAKA, H., Tsukiyama, T., ve Asai, K., A fuzzy system model based on the logical structure, in: Yager, R.R., Ed., *Fuzzy Sets and Possibility Theory*, Pergamon Press, New York, pp 257-274, (1982).
- [22] GAINES, B.R., Foundations of fuzzy reasoning, *Internat. J. Man-Machine Stud.*, Vol. 6, pp 623-668, (1976).
- [23] DUBOIS, D. ve Prade, H., Fuzzy sets in approximate reasoning, Part 1: Inference with possibility distributions, *Fuzzy Set and Systems*, Vol. 40, pp 143-202, (1991).
- [24] WILLMOTT, R., Two fuzzier implication operators in the theory of fuzzy power sets, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 4, pp 31-36, (1980).
- [25] YAGER, R.R., An approach to inference in approximate reasoning, *Internat. J. Man-Machine Stud.*, Vol.13, pp 323-338, (1980).

- [26] SILVA, O.O., Souza, C.R., Changing the fuzzy rule of detachment, Proc. of the 11th Inter. Symp. on Multiple-Valued Logic, Paris, France, pp 267-271, (1982).
- [27] MUZIMOTO, M., Note on the arithmetic rule by Zadeh for fuzzy conditional inference, Cybernetics and Systems, Vol.12, pp 247-306, (1981).
- [28] MUZIMOTO, M., Fuzzy inference using $\max\text{-}\wedge$ composition in the compositional rule of inference, in: Gupta, M.M., Sanchez E., Eds., Approximate Reasoning in Decision Analysis, Amsterdam, pp 67-76, (1982).
- [29] MUZIMOTO, M., Fuzzy conditional inference under $\max\text{-}\otimes$ composition, Inform. Sci., Vol. 27, pp 183-209, (1982).
- [30] MUZIMOTO, M., Extended fuzzy reasoning, in: Gupta, M.M., Kandel, A., Bandler, W., Kiszka, J.B., Eds., Approximate Reasoning in Expert Systems, Amsterdam, pp 71-85, (1985).
- [31] BANDLER, W. ve Kohout, L.J., Fuzzy power sets and fuzzy implication operators, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 4, pp 13-30, (1980).
- [32] BANDLER, W. ve Kohout, L.J., The four modes of inference in fuzzy expert systems, in: Trappl, R., Ed., Cybernetics and Systems Research, Vol. 2, Amsterdam, pp 581-586, (1984).
- [33] SMETS, P., Magrez, P., Implication in fuzzy logic, Internat. J. Approximate Reasoning, Vol. 1, pp 327-347, (1987).
- [34] DUBOIS, D. ve Prade, H., A theorem on implication functions defined from triangular norms, Stochastica, Vol. 8(3), pp 267-279, (1984).
- [35] FODOR, J.C., Some remarks on fuzzy implication operations, BUSEFAL, Vol. 38, pp 42-46, (1989).
- [36] BANDLER, W. ve Kohout, L.J., Semantics of implication operators and fuzzy relational products, Internat. J. Man-Machine Stud., Vol.12, pp 89-116, (1980).
- [37] BANDLER W. ve Kohout, L.J., The interrelations of the prencipal fuzzy logical operators. in: Gupta, M.M., Kandel, A., Bandler, W., Kiszka, J.B., Eds., Approximate Reasoning in Expert Systems, Amsterdam, pp 767-780, (1985).
- [38] AHLQUIST, J.E., Application of fuzzy implication to probe non-symmetric relations: Part I, Part II, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 22, pp 229-244, (1987), Vol. 25, pp 87-95, (1988).

- [39] OH, K., Bandler, W., Properties of fuzzy implication operators, *Internat. J. Approximate Reasoning*, Vol.1, pp 273-285, (1987).
- [40] İSO, Türkiye'nin 500 Büyük Sanayi Kuruluşu, İstanbul Sanayi Odası Dergisi, Yıl 28, Sayı 330, İstanbul, (1993).
- [41] TAŞKIN, H., Kubat, C., Torkul, O., Cedimoğlu, İ., Göleç, A., Gümüştas, R., Türk imalat sanayiinde planlama ve kontrol yöntemlerinin uygulanması ve değerlendirilmesi, SAÜ Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Araştırma Geliştirme Projesi, Adapazarı, (1994).
- [42] MUNDA, G., Nijkamp, P., ve Rietveld, P., Qualitative multicriteria methods for fuzzy evaluation problems: An illustration of economic-ecological evaluation, *European Journal of operational Research*, Vol. 82, pp 79-97, (1995).
- [43] LEVY, J.B. ve Yoon, E., Modeling global market entry decision by fuzzy logic with an application to country risk assessment, *European Journal of operational Research*, Vol. 82, pp 53-78, (1995).
- [44] YAGER, R.R., Multicriteria decision with soft information: An application of fuzzy set and possibility theory - I, *Fuzzy Mathematics*, Vol. 2, pp 21-28, (1982).
- [45] YAGER, R.R., Multicriteria decision with soft information: An application of fuzzy set and possibility theory - II, *Fuzzy Mathematics*, Vol. 2, pp 7-16 (1982).

EKLER

EK A. ANKET VE CEVAP FORMU

1. YÖNETİM UYGULAMALARI

- 1.1. Şirketinizdeki nezaretçi(supervisor) sorumlulukları açıkça tanımlanır ve kaydedilir mi?
- 1.2. Önemli kararlar ile karşılaşıldığı zaman, girdi şunlardan sağlanır mı?
 - a. Organizasyonun farklı birimleri (mühendislik ve işletme alanları)
 - b. Organizasyonun farklı düzeyleri (yöneticiler ve işçiler).
- 1.3. Şirketinizin stratejik amaçlarını dikkate alarak:
 - a. Şirket, bu amaçlara yazılı formda sahip midir?
 - b. Şirket bunları kullanır mı?
 - c. Üst yönetimden bütün çalışanlara kadar herkesle haberleşilir mi?
 - d. Şartlar değişirken onlar düzeltilir mi?
- 1.4. Yöneticiler ve nezaretçiler düzenli olarak çalışanların performansları hakkında geri besleme sağlarlar mı? Eğer sağlarsa,
 - a. Yılda kaç defa?
- 1.5. Şirketinizin organizasyonel yapısı, yetki sınırlarını tanımlayan bir biçimde dökümanite edilmiş midir?
- 1.6. Geçen sene yönetim aşağıdaki alanlarda önemli değişiklik(ler) düşündü, başlattı ve/veya destekledi mi?
 - a. Yeni işletme stratejileri,
 - b. Yeni sermaye yatırımı,
 - c. Çalışanlar için programlar (eğitim, öğretim).
- 1.7. Mevcut projelerin geliştirilmesi için yapılacak tartışmalar düzenli olarak gerçekleştirilir mi?
 - a. Yılda kaç defa?
 - b. Katılan bütün kısımlar toplantıda yer alır mı?
 - c. Gerekli olduğu zaman, programlar bu toplantılarda güncelleştirilir mi?

- 1.8. Finansal amaçlar açıkça tesbit edilmiş midir?
 - a. Bu amaçlar düzenli olarak ön plandaki önemli anahtar çalışanlarla tartışılır mı? (sermayedar, yönetici, işçi temsilcisi)
- 1.9. Finansal amaçlar ve durumlar bütün çalışanlar için mevcut mudur? (çalışanlara açıktır)
- 1.10. Yönetim, çalışanlardan gelen tekliflere açık mıdır?

2. İNSAN KAYNAKLARI

- 2.1. İşletmede kaç tane tam gün çalışan eleman vardır?
 - a. Ofis, yönetim ve destek personeli,
 - b. Direkt atelye işçisi,
 - c. Mühendis ve teknik personel.
- 2.2. Eğitim ve öğretim için kişi başına yılda ne kadar harcıyorsunuz?
 - a. Ofis, yönetim ve destek personeli,
 - b. Direkt atelye işçisi,
 - c. Mühendislik ve teknik personel.
- 2.3. Saatlik direkt işçilik ücret ödemesi ne kadardır?
 - a. Şirketinizin ücret ve sosyal ödemeleri onların performanslarına bağlıdır?
- 2.4. Günde kaç tane düzenli vardiya vardır?
- 2.5. Geçici işçi alınacağı zaman, seçim işlemi için formel bir sistem var mıdır?
- 2.6. Şirketiniz bir çıraklık programına sahip midir?
- 2.7. Şirketiniz, organizasyonun bütün seviyelerindeki işçilere eğitim sağlar mı? (idari, teknik, nezaretçi ve üretim işçileri)
- 2.8. Eğitimi cesaretlendiren teşvik edici programlar var mıdır? (örneğin, dış eğitim için ücretli izin, kayıt parası vs.)
- 2.9. Devamsızlık şirketinizde bir problem midir?

- 2.10. İşgücü devri (giriş/çıkış) şirketinizde bir problem midir?
- 2.11. Çalışanlarınızın işlerinden gurur duyduklarına dair kanıt var mıdır?
- 2.12. Performans raporları özeti bütün çalışanlara düzenli olarak verilir mi? Eğer verilirse,
 a. Özeti yapanlar bu iş için eğitilmiş midir?
- 2.13. Çalışanlar çok iyi olduklarında ödüllendirilir mi? (örneğin halk huzurunda ödül, özel kutlamalar veya parasal ödül)
- 2.14. Şirketinizde işler dönüşümlü olarak ve birden fazla iş aynı kişi tarafından yapılır ve/veya iş genişlemesine gidilir mi?

3. PAZAR YÖNETİMİ

- 3.1. Şirketiniz pazardaki önemli rakipleri hakkında aşağıdaki bilgilere sahip midir?
 a. Pazar payı,
 b. Fiyat,
 c. Kalite,
 d. Teslim performansı,
 e. Diğerleri(belirtiniz).
 f. Uygun departmanlar tarafından yukarıdaki bilgiler kullanılır mı?
 g. Yukarıdaki bilgi döküman haline getirilir ve gündemde tutulur mu?
- 3.2. Müşteri hakkındaki temel bilgiler (ilgili isimler, adresler vs.) toplanır ve döküman haline getirilir mi?
- 3.3. Şirketiniz, ürünleri ve hizmetleri hakkında müşterinin görüşünü alır mı? Eğer alınırsa,
 a. Bu bilgi operasyonları iyileştirmek için kullanılır mı?
- 3.4. Müşteri şikayetlerinin çözülmesi için sorumlu bir grup veya şahıs var mıdır?
- 3.5. Müşteri redlerinin sebeplerini gösteren kayıtlar tutulur mu? Bu durumda:
 a. Bu kayıt üst yönetim tarafından incelenir mi?
 b. Bu kayıtlar çalışanlara verilir mi?

3.6. Müşteri redlerinin sebepleri şunlar mıdır?

- a. Kalite problemleri,
- b. Geç teslimler,
- c. Yanlış malzeme alımı,
- d. Diğerleri (belirtiniz).

3.7. Pazarlama bölümü pazar trendlerini analiz eder ve onları ilgili departmanlara gönderir mi?

3.8. Müşteri TSE, TSEK, ISO 9000 belgeli bir üretici midir?

3.9.

- a. Geçen yılın satışlarındaki artış/azalış yüzdesi bir önceki yıla göre nedir?
- b. Geçen yılın artış/azalış miktarı bütün pazar bazında nedir?
- c. Yukarıdaki bilgi pazarlama stratejilerini teşkil etmek ve güncelleştirmek için kullanılır mı?

3.10. Herbir mamule ait maliyetler parça maliyetlerine indirilir (işçilik, malzeme ve genel maliyetleri) ve bu bilgiler güncelleştirilir mi?

4. TEKLİF VERME/ALMA

4.1. Teklif verme için firmanın belli bir sistemi var mıdır? Döküman haline getirilmiş ve yapılandırılmış metodlar işleri tahmin etmek için kullanılır mı? Bu durumda;

- a. Bu departmansal bir onay gerektirir mi?

4.2. Bir iş için ihtiyaç duyulan ve satın alınan parçaların şimdiki fiyatı ve piyasada mevcut olup olmadığı, teslim tarihi belirlenmeden önce daima kontrol edilir ve son maliyet, teklif vermek için tespit edilir mi?

4.3. Maliyet tahminleri, mamüller için detaylarına ve parça seviyesine indirilir mi?

4.4. Müşteriye verilen tekliflerin sona erme tarihleri var mıdır?

4.5. Tekliflerin geliştirilmesinde :

- a. Önceki işlerin malzeme maliyetleri ve gerçek saatleri benzer yeni işlerin tahminlerini kontrol etmek için kullanılır mı?

b.Yeni teklifler, firmaya verilmeyen eski teklifler gözönüne alınarak benzer işlerle karşılaştırılır mı?

4.6. Proses planlama işlerin tahmininde kullanılır mı?

4.7. Kaybedilen tekliflerin sebepleri kayıtlarda tutulur mu?

4.8. İş haline gelen tekliflerin yüzdeleri (gerçekleşme oranı) bilinir mi? Bu durumda;
a. Bu, atölye yüklemeyi tahmin etmek için kullanılır mı?

4.9. Kaybedilen tekliflerin sebepleri, ilgili departmanlara bildirilir mi?

4.10.Maliyet, zaman ve malzeme olarak bütün tekliflerde verilen fiyatların doğruluğu hakkında kayıtlar tutulur mu?

5. SATINALMA

5.1. Şunlar için formel yöntemler var mıdır?

- a. Rekabete dayalı ihalelerin kazanılması,
- b. Satın alma siparişlerinin ve faturalarının tutulması,
- c. Reddedilerek gelen malzemenin geri alınması,
- d. Stok kontrolü,
- e. Yukarıdaki yöntemler döküman haline getirilmiştir.

5.2. Parçalar ve hammadde satın alındığı zaman stok taşıma maliyetlerine karşı büyük miktarda satın almanın faydaları dikkate alınır mı?

5.3. Hammadde ve malzeme yokluğu şirketinizde yaygın mıdır?

5.4. Hammadde için yeniden sipariş verme noktasını belirlemek amacıyla kullanılan emniyet stok seviyeleri şirkette mevcut mudur?

5.5. Şirketinizin satın alma bölümü, yan kuruluşların teslim kapasitesini ve kalitesini bilir mi?

5.6. Şirketiniz, iş planlama için yan sanayi bekleme zamanlarını dikkate alır mı?

- 5.7. Malzemeler yan sanayiden programlandığı gibi alınır mı?
- 5.8. Hammadde envanter durumu kolayca öğrenilebilir mi?
- 5.9. Şirketin yan sanayi ile ilgili ilişkilerini geliştirmek için bir programı var mıdır?
- 5.10. Yan sanayiden beklenen kalite seviyesinin açık bir tanımı var mıdır?
- 5.11. Yan sanayi kalitesi döküman haline getirilmiş midir? Bu durumda;
- a. Yan sanayi performansını periyodik olarak değerlendirmek için kullanılır mı?

6. MÜHENDİSLİK/TASARIM

- 6.0. Şirketiniz, mamülleri için tasarım yapar mı?
Cevabınız evet ise 6.1.-6.7., hayır ise 6.8 - 6.11. arasını cevaplayınız.
- 6.1. Tasarım esnasında, mamulün imal edilebilirliğine etki eden konular üretim personeli ile tartışılır mı?
- 6.2. Tasarıma ilişkin problemler genellikle üretim esnasında bulunur mu?
- 6.3. Tasarım konularında ve değişiklikler hakkında müşterilerle devamlı bir diyalog var mıdır?
- 6.4. Müşteriden gelen tasarım girdileri, kalite için önemli karakteristikleri uygun şekilde belirler mi?
- 6.5. Çizimlerle ilgili olarak:
- a. Resimler standart teknik çizim prosedürlerine göre üretilir mi?
- b. Üretim uygulaması ve proses ilişkisi spesifikasyonlar için gerekli bütün emirler ve veriler açıkça belirlenir mi?
- c. Teknik resim çizmeyi, değiştirmeyi ve reddetmeyi kontrol etmek ve sürdürmek için belli yöntemler kullanılır mı?
- 6.6. Yeni mamulün üretiminden önce, ön tasarım ve test yapılır mı?

6.7. Mühendislik değişiklikleri için:

- a. Bütün ilgili departmanların anlaştığı değişiklikleri kapsayan bir usul var mıdır?
- b. Son değişiklikler düzenli olarak tüm ilgili birimlere belirli bir zaman kapsamında bildirilir mi?
- c. En son değişiklikler kayıt edilir ve güncelleştirilir mi?
- d. Maliyet etkisi değişiklik onayından önce tahmin edilir ve kaydedilir mi?

Eğer böyle yapılmazsa:

6.8. Tasarıma ilişkin problemler çoğu kez üretim esnasında bulunur mu?

6.9. Müşterilerle tasarım konuları ve değişiklikler hakkında devamlı bir diyalog var mıdır?

6.10. Teknik resimlerle ilgili olarak

- a. Standart teknik resim prosedürlerine göre resimler üretilir mi?
- b. Üretim uygulaması ve işlem ilişkili spesifikasyonları için gerekli bütün veri ve emirler açık olarak dizayn edilir mi?
- c. Teknik resim değiştirmeyi, güncelleştirmeyi ve ortadan kaldırmayı kontrol ve sürdürmek için belirli prosedürler kullanılır mı?

6.11. Yeni bir mamulün imalatından önce ön tasarım ve test yapılır mı?

7. OPERASYON YÖNETİMİ

7.1. Her iş için, çalışılan saat, malzeme ve imalat dışı maliyetler kaydedilir mi?

7.2. Yönetim, atelye saati ve işgücü olarak tesisin mevcut kapasitesinin farkında mıdır ve bu bilgiyi stratejik planlamada kullanır mı?

7.3. Ortalama atelye kapasite kullanım oranınız nedir?

7.4. Stok yığılımları (darboğazlar) üretim prosesinde bir veya birden fazla noktada var mıdır?

7.5. Siparişlerin zamanında teslim edilme yüzdesi ne kadardır?

- 7.6. Geç kalması beklenen siparişler müşterilere bildirilir mi?
- 7.7. Şirketinizde resmi bir iş takip sistemi kullanılır mı?
- 7.8. Devam eden teklif vermelerdeki potansiyel iş miktarı bilinir ve atölye yükü tahmin edileceği zaman kullanılır mı?
- 7.9. Kaynaksız kalınır mı? (üretim kaynakları) Eğer kalınırsa , bu şu yüzden kullanılır:
- a. Maharet eksikliği,
 - b. Ekipman eksikliği,
 - c. Kapasite eksikliği,
 - d. Maliyetin eksikliği,
 - e. Diğerleri (belirtiniz).
- 7.10. Standart çalışma prosedürleri var mıdır?
- a. Bu prosedürler sıralanmış mıdır?
- 7.11. Şirketiniz mevcut iş saatlerinin ve tahmin edilen iş yükünün farkında mıdır ve bu veriyi proses planlama için kullanır mı? Böyleyse, bu bilgi döküman haline getirilmiş midir?
- 7.12. Bir tipik iş, toplam imalat devir zamanının yüzde kaçını tezgahların işlem esnasında harcar? İmalat Devir Zamanı: Bir parçanın üretim prosesine girdiği andan burayı terkedinceye kadar harcadığı zamandır.
- 7.13. Teşkil edilmiş prosedürler, malzemelerin teslimi, paketlenmesi, stoklanması ve taşınması için mevcut mudur? Eğer böyleyse:
- a. Bu prosedürler döküman haline getirilmiş midir?
- 7.14. Montaj ve diğer imalat işlemleri için gerekli parçalar her ihtiyaç duyulduğu zaman mevcut mudur?
- 7.15. Çalışanlar onaylama almadıkları zaman veya diğer problemlerle karşılaşıldığında zaman prosesi kesme yetkisine sahip midir?

8. İMALAT TEKNOLOJİSİ

- 8.1. Üretim hattında ekipmanın tamir edilmesi için ortalama zaman ve yaş nedir?
- 8.2. Gerekli kaliteye ulaşmak için uygun cihazlar daima mevcut ve kullanılır mı?
- 8.3. Kontrollü bir çevre, mamul kalitesi için önemli olduğu zaman (sıcaklık ve nem gibi) uygun limitler belirlenir, kontrol edilir ve doğrulanır mı?
- 8.4. Ekipmanla ilgili olarak sizin şirketiniz şunları kayıt eder mi?
 - a. Ekipmanın aylak zamanı,
 - b. Ekipmanın bozuk zamanı,
 - c. Ekipmanın aylak kaldığı zamanlar için sebepler,
 - d. Ekipmanın bozuk zamanı için sebepler,
 - e. Bozuk ve boş zamanlar analiz edilir ve üretim prosesini iyileştirmek için kullanılır mı?
- 8.5. Takımlarla ilgili olarak
 - a. Her tezgah kendi takım/ ekipmanının tamamına sahip midir?
 - b. Birlikte kullanılan takımlar birarada takımhanede tutulur mu?
 - c. Kesme takımları toleranslarını muhafaza etmek için uygun şekilde yerleştirilir mi?
 - d. Çabuk değişebilen veya önceden hazır takımlar kullanılır mı?
 - e. Kesici takım magazini ve diğer modern metodlar/aygıtlar uygun olduğu zaman kullanılır mı?
- 8.6. Şirketiniz halihazırda aşağıdaki teknolojileri kullanıyor mu?
 - a. Nümerik Kontrol ve Bilgisayar Nümerik Kontrollü Tezgahlar,
 - b. Programlanabilir Robotlar,
 - c. Programlanabilir Kontrolöediciler (PLC),
 - d. Üretim Planlama ve Stok Kontrol Sistemi (MRP, MRP II, Kanban, Tam zamanında Üretim(JIT), Eniyilenmiş Teknoloji),
 - e. Otomasyon Kontrol,
 - f. Koordinat Ölçüm Tezgahı (CMM),
 - g. Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD),
 - h. Bilgisayar Destekli İmalat (CAM),
 - i. Bilgisayar Destekli Mühendislik (CAE),
 - j. İstatistiksel Proses Kontrol.

9. BAKIM

- 9.1. Atölye ekipmanı için bir bakım programı var mıdır? Eğer varsa,
 - a. Bu döküman haline getirilmiş midir?
- 9.2. Ölçme aygıtları periyodik olarak ayarlanır mı? Eğer ayarlanırsa,
 - a. Her aygıt için bir izlenebilir kalibrasyon (ayarlama) kaydı mevcut mudur?
- 9.3. Kesici takımlar temiz olarak takımhanede tutulur ve açık olarak tanımlanır mı?
- 9.4. Şirketinizde, atölye ekipman bakımı için harcanan zaman döküman haline getirilir mi?
- 9.5. Operatörler atölye ekipmanına ait acil olan tamirleri atölyede gerçekleştirir mi?
- 9.6. Aşağıdakiler düzenli olarak programlanmış bir biçimde yapılır mı?
 - a. Ekipman temizlenir, bakımı yapılır ve yağlanır,
 - b. Ekipmanın hareket eden parçalarının durumu (tezgah masaları, tornalar vs.) toleransları içinde fonksiyonunu sürdürmesi için kontrol edilir,
 - c. Tezgah üzerindeki ölçme aygıtları ve ölçekler kontrol edilir ve fonksiyonunu sürdürmesi için kalibre edilir mi?
- 9.7. Operatörler kendi makinalarını ve ekipmanlarını ve çalışma sahalarının temizliği ve organizasyonundan sorumludurlar mı?
- 9.8. Operatörler kendi makinalarının temizliğinden, yağlanmasından ve bakımından sorumludurlar mı?

10. KALİTE YÖNETİMİ

- 10.1. Kalite El Kitabı,
 - a. Derlenmiş midir?
 - b. Güncel olarak tutulur mu?
 - c. Bütün çalışanlara verilir mi?
- 10.2. Yan sanayiden alınan parçaların yüzde kaç defoludur?

- 10.3. Gelen malzemelerin kötü kalitesi verimliliği azaltır mı?
- 10.4. Mamulün gönderme esnasındaki hasar yüzünden geri dönmesi problem midir?
- 10.5. Kalite sistemi problem arama ve düzeltmenin karşıtı olarak problem önleme sistemine dayanır mı?
- 10.6. Müşteriden defolu olarak geri dönen mamullerin yüzdesi ne kadardır?
- 10.7. Kalite politikasını desteklemede ölçülebilir kalite amaçları var mıdır?
- 10.8. Çalışanlar kendilerinden beklenen kalite standardının farkına vardırılr mı?
- 10.9. Kalite problemlerinin araştırılması, değeriendirilmesi ve çözümünde yazılı bir kalite planı açık olarak tespit edilmiş midir?
- 10.10. Kalite kavramlarında resmi eğitim/öğretim programı bütün çalışanlara sağlanır mı?
- 10.11. İstatistiki kalite kontrol teknikleri anlaşılmış ve kullanılır mı?
- 10.12. Şirketiniz her kalite reddinin sebeplerini gösteren kayıtları tutmakta mıdır?
- 10.13. Son kalite kontrolunda reddedilen nihai mamullerin yüzdesi nedir?
- 10.14. Muayenede harcanan toplam zaman uygun mudur? (ya çok fazla ya da çok düşüktür).
- 10.15. Şirketiniz şunları izler ve döküman haline getirir mi?
- a. Yeniden işleme sokma,
 - b. Hurda,
 - c. Yeniden işleme ve/veya hurda sebepleri araştırılır ve çözümlenir mi?
- 10.16. Şirketinizin :
- a. Parça yeniden işleme oranı ve
 - b. Parça hurda oranı nedir?
- 10.17. Resmi prosedürler, ne zaman ve nasıl yeniden işleme sokma veya hurda durumunun icra edileceğini gösterir şekilde mevcut mudur? Böyleyse;
- a. Bunlar döküman haline getirilir mi?
- 10.18. Bütün çalışanlar bir sonraki operasyona geçilmeden önce, tamamladıkları her operasyonun kalitesini kontrol etmeye teşvik edilirler mi?

FİRMA HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Şirket ismi : _____

Adresi : _____

Haberleşilecek Kişi : _____

Telefon : _____

Fax : _____

Tarih :/...../.....

Mamullerin ve/veya Hizmetlerin Kısa Tanımı:

Şirketin Faaliyete Başlama Tarihi :/...../.....

Özel veya Kamu Şirketi : _____

Bir Yan Kuruluşsa Ana Şirketin İsmi : _____

Firmadaki Tam Mesai Çalışanların Sayısı : _____

Şirket Bir Savunma Sanayi Firmasıdır : _____

Geçen Yılın Toplam Satış Miktarı : _____

Geçen Yılın İhracaatının Toplam Satışlara Yüzdesi : _____

Sizin Mamulünüzün Pazar Payı Ne Kadardır : _____

Şirkette Sendika Varmıdır ? : _____

Sizin Rekabetin Çoğunluğu :

a) Sizin ilde

b) Diğer illerde

c) Dış ülkelerde

Aşağıdaki endüstrilerin hangisine düzenli olarak mamul sağlıyorsunuz ?

- Madencilik
- Gıda, İçki ve Tütün Sanayii
- Dokuma, Giyim Eşyası, Deri ve Ayakkabı Sanayii
- Orman Ürünleri ve Mobilya Sanayii
- Kağıt, Kağıt Ürünleri ve Basım Sanayii
- Kimya ve Toprağa Bağlı Sanayii Ürünleri
- Kimya, Petrol Ürünleri, Lastik ve Plastik Sanayii
- Metal Ana Sanayii
- Madeni Eşya, Makina ve Techizat İlmi ve Mesleki Aletler Sanayii
- Otomotiv Endüstrisi
- Elektrik Sektörü

Şirketinizin aldığı kalite ödülleri ve tüketici sertifikalarını lütfen listeleyiniz :

Şirketiniz verimliliği arttırmak için şu metodlardan hangilerini kullanmayı düşünür.

- Şirket içi eğitim
- Şirket dışı eğitim
- Yeni takımlar/tezgahlar kullanarak
- Yeni donanım/yazılım
- Üniversite kursları
- Ücret teşvik edici sistemler
- Kalite denetleyicileri
- Kütüphane araştırmaları
- Kar paylaşım sistemleri
- Konferanslar
- Seminerler
- Danışmanlar
- Video teypler
- Diğerleri

CEVAP TABLOSU

Firma Adı :

Tarih : / /

Aksi belirtilmedikçe firmanızın politikalarını ve uygulamalarını tanımlayan anketteki beyanlarınızı en iyi bir şekilde yansıtan cevabı daire içine alınız.

ANAHTAR

- 1- Kesinlikle Hayır
2- Bir dereceye Kadar Uygulanabilir
3- Normal Olarak Uygulanabilir
4- Genel Olarak Uygulanabilir
5- Daima Uygulanabilir
6- Uygulanabilir Değil

1. Yönetim Uygulamaları

- 1.1 1 2 3 4 5 6
1.2a 1 2 3 4 5 6
1.2b 1 2 3 4 5 6
1.3a 1 2 3 4 5 6
1.3b 1 2 3 4 5 6
1.3c 1 2 3 4 5 6
1.3d 1 2 3 4 5 6
1.4 1 2 3 4 5 6
1.4a
1.5 1 2 3 4 5 6
1.6a 1 2 3 4 5 6
1.6b 1 2 3 4 5 6
1.6c 1 2 3 4 5 6
1.7 1 2 3 4 5 6
1.7a
1.7b 1 2 3 4 5 6
1.7c 1 2 3 4 5 6
1.8 1 2 3 4 5 6
1.8a 1 2 3 4 5 6
1.9 1 2 3 4 5 6
1.10 1 2 3 4 5 6

2. İnsan Kaynakları

- 2.1
2.1a
2.1b
2.1c
2.2a TL
2.2b TL
2.2c TL
2.3 TL/S
2.3a 1 2 3 4 5 6
2.4 VAR/GÜN
2.5 1 2 3 4 5 6
2.6 ☐ Evet ☐ Hayır
2.7 1 2 3 4 5 6
2.8 1 2 3 4 5 6
2.9 1 2 3 4 5 6
2.10 1 2 3 4 5 6
2.11 1 2 3 4 5 6
2.12 1 2 3 4 5 6
1.12a 1 2 3 4 5 6
2.13 1 2 3 4 5 6
2.14 1 2 3 4 5 6

3. Pazar Yönetimi

- 3.1a 1 2 3 4 5 6
3.1b 1 2 3 4 5 6
3.1c 1 2 3 4 5 6
3.1d 1 2 3 4 5 6
3.1e
3.1f 1 2 3 4 5 6
3.1g 1 2 3 4 5 6
3.2 1 2 3 4 5 6
3.3 1 2 3 4 5 6
3.3a 1 2 3 4 5 6
3.4 1 2 3 4 5 6
3.5 1 2 3 4 5 6
3.5a 1 2 3 4 5 6
3.5b 1 2 3 4 5 6
3.6a 1 2 3 4 5 6
3.6b 1 2 3 4 5 6
3.6c 1 2 3 4 5 6
3.6d
3.7 1 2 3 4 5 6
3.8 ☐ Evet ☐ Hayır
3.9a %
3.9b %
3.9c 1 2 3 4 5 6
3.10 1 2 3 4 5 6

4. Teklif Verme/Fiyat Alma

- 4.1 1 2 3 4 5 6
4.1a 1 2 3 4 5 6
4.2 1 2 3 4 5 6
4.3 1 2 3 4 5 6
4.4 1 2 3 4 5 6
4.5a 1 2 3 4 5 6
4.5b 1 2 3 4 5 6
4.6 1 2 3 4 5 6
4.7 1 2 3 4 5 6
4.8 1 2 3 4 5 6
4.8a 1 2 3 4 5 6
4.9 1 2 3 4 5 6
4.10 1 2 3 4 5 6

5. Satınalma

- 5.1a 1 2 3 4 5 6
5.1b 1 2 3 4 5 6
5.1c 1 2 3 4 5 6
5.1d 1 2 3 4 5 6
5.1e 1 2 3 4 5 6
5.2 1 2 3 4 5 6
5.3 1 2 3 4 5 6
5.4 1 2 3 4 5 6
5.5 1 2 3 4 5 6
5.6 1 2 3 4 5 6
5.7 1 2 3 4 5 6
5.8 1 2 3 4 5 6
5.9 1 2 3 4 5 6
5.10 1 2 3 4 5 6
5.11 1 2 3 4 5 6
5.11a 1 2 3 4 5 6

6. Mühendislik/Tasarım

- 6.0 ☐ Evet ☐ Hayır
Cevap Evet ise 6.1-6.7
6.1 1 2 3 4 5 6
6.2 1 2 3 4 5 6
6.3 1 2 3 4 5 6
6.4 1 2 3 4 5 6
6.5a 1 2 3 4 5 6
6.5b 1 2 3 4 5 6
6.5c 1 2 3 4 5 6
6.6 1 2 3 4 5 6
6.7a 1 2 3 4 5 6
6.7b 1 2 3 4 5 6
6.7c 1 2 3 4 5 6
6.7d 1 2 3 4 5 6
Cevap Hayır ise 6.8-6.11
6.8 1 2 3 4 5 6
6.9 1 2 3 4 5 6
6.10a 1 2 3 4 5 6
6.10b 1 2 3 4 5 6
6.10c 1 2 3 4 5 6
6.11 1 2 3 4 5 6

7. Operasyon Yönetimi

- 7.1 1 2 3 4 5 6
7.2 1 2 3 4 5 6
7.3 %
7.4 1 2 3 4 5 6
7.5 %
7.6 1 2 3 4 5 6
7.7 1 2 3 4 5 6
7.8 1 2 3 4 5 6
7.9 ☐ Evet ☐ Hayır
7.9a 1 2 3 4 5 6
7.9b 1 2 3 4 5 6
7.9c 1 2 3 4 5 6
7.9d 1 2 3 4 5 6
7.9e
7.10 1 2 3 4 5 6
7.10a 1 2 3 4 5 6
7.11 1 2 3 4 5 6
7.11a 1 2 3 4 5 6
7.12 %
7.13 1 2 3 4 5 6
7.13a 1 2 3 4 5 6
7.14 1 2 3 4 5 6
7.15 1 2 3 4 5 6

8. İmalat Teknolojisi

- 8.1
8.2 1 2 3 4 5 6
8.3 1 2 3 4 5 6
8.4a 1 2 3 4 5 6
8.4b 1 2 3 4 5 6
8.4c 1 2 3 4 5 6
8.4d 1 2 3 4 5 6
8.4e 1 2 3 4 5 6
8.5a 1 2 3 4 5 6
8.5b 1 2 3 4 5 6
8.5c 1 2 3 4 5 6
8.5d 1 2 3 4 5 6
8.5e 1 2 3 4 5 6
8.6a 1 2 3 4 5 6
8.6b 1 2 3 4 5 6
8.6c 1 2 3 4 5 6
8.6d 1 2 3 4 5 6
8.6f 1 2 3 4 5 6
8.6g 1 2 3 4 5 6
8.6h 1 2 3 4 5 6
8.6i 1 2 3 4 5 6
8.6j 1 2 3 4 5 6
8.6k

9. Bakım

- 9.1 1 2 3 4 5 6
9.1a 1 2 3 4 5 6
9.2 1 2 3 4 5 6
9.2a 1 2 3 4 5 6
9.3 1 2 3 4 5 6
9.4 1 2 3 4 5 6
9.5 1 2 3 4 5 6
9.6a 1 2 3 4 5 6
9.6b 1 2 3 4 5 6
9.6c 1 2 3 4 5 6
9.7 1 2 3 4 5 6
9.8 1 2 3 4 5 6

10. Kalite Yönetimi

- 10.1a 1 2 3 4 5 6
10.1b 1 2 3 4 5 6
10.1c 1 2 3 4 5 6
10.2 %
10.3 1 2 3 4 5 6
10.4 1 2 3 4 5 6
10.5 1 2 3 4 5 6
10.6 %
10.7 1 2 3 4 5 6
10.8 1 2 3 4 5 6
10.9 1 2 3 4 5 6
10.10 1 2 3 4 5 6
10.11 1 2 3 4 5 6
10.12 1 2 3 4 5 6
10.13 %
10.14 1 2 3 4 5 6
10.15a 1 2 3 4 5 6
10.15b 1 2 3 4 5 6
10.15c 1 2 3 4 5 6
10.16a %
10.16b %
10.17 1 2 3 4 5 6
10.17a 1 2 3 4 5 6
10.18 1 2 3 4 5 6

EK B**Tablo B.1 Sektörlere göre cevap veren firma sayısı ve cevap verme yüzdeleri**

Sektör Kodu	Sektör Adı	Cevap Veren Firma Sayısı	Toplam Firma	Cevap Yüzdesi(%)
1	Dokuma, Giyim Eşyası, Deri ve Ayakkabı Sanayii	18	104	17
2	Elektrik Sektörü	2	4	50
3	Gıda, İçki ve Tütün Sanayii	18	77	23
4	Kağıt, Kağıt Ürünleri ve Basım Sanayii	8	22	36
5	Kimya, Petrol Ürünleri, Lastik ve Plastik Sanayii	18	72	25
6	Madencilik ve Taş Ocakçılığı	11	22	50
7	Madeni Eşya, Makina ve Techizat, İlmi ve Mesleki Aletler Sanayii	20	58	34
8	Metal Ana Sanayii	19	43	44
9	Orman Ürünleri ve Mobilya Sanayii	3	10	30
10	Otomotiv Sanayii	6	34	18
11	Taş ve Toprağa Dayalı Sanayii	14	54	26
Toplam Firma Sayısı		137	500	27.4

Tablo C.1 Dokuma, Giyim Eşyası, Deri ve Ayakkabı Sanayiinin istatistiksel verileri

1. Yönetim Uygulamaları							4. Teklif Verme/Alma							7. Operasyon Yönetimi							9. Bakım						
Cevap Sayısı							Cevap Sayısı							Cevap Sayısı							Cevap Sayısı						
Soru No	1	2	3	4	5	6	Soru No	1	2	3	4	5	6	Soru No	1	2	3	4	5	6	Soru No	1	2	3	4	5	6
1.1	0	5	2	3	8	0	4.1	1	1	4	3	9	0	7.1	0	4	4	3	5	1	9.1	0	1	1	4	11	1
1.2a	0	0	9	6	2	1	4.1a	1	2	0	4	11	0	7.2	0	0	0	6	11	0	9.1a	1	1	2	5	8	1
1.2b	0	2	3	1	4	0	4.2	1	3	1	4	9	0	7.3	0	0	3	9	4	0	9.2	1	2	2	2	10	1
1.3a	3	6	3	4	2	0	4.3	0	1	0	5	12	0	7.4	3	8	3	3	0	0	9.2a	1	5	0	2	9	1
1.3b	0	7	5	4	1	1	4.4	0	1	2	5	9	0	7.5	0	0	2	4	10	0	9.3	2	1	4	4	7	0
1.3c	2	6	3	3	4	0	4.5a	0	4	2	4	7	0	7.6	0	1	3	3	9	1	9.4	2	2	3	2	8	1
1.3d	0	2	4	5	7	0	4.5b	0	2	2	7	6	0	7.7	0	1	1	7	8	0	9.5	0	2	3	4	8	0
1.4	0	4	3	3	6	0	4.6	0	2	5	6	4	0	7.8	0	0	2	9	6	0	9.6a	0	1	1	5	11	0
1.4a	0	13	0	2	0	0	4.7	0	4	3	4	5	1	7.9a	8	2	0	0	0	0	9.6b	0	0	3	5	10	0
1.5	1	4	4	2	6	1	4.8	0	3	2	6	5	1	7.9b	6	0	2	1	1	0	9.6c	0	1	4	4	9	0
1.6a	3	3	3	3	5	1	4.8a	0	4	4	5	3	1	7.9c	4	1	0	3	2	0	9.7	0	0	1	4	13	0
1.6b	1	4	4	5	4	0	4.9	0	2	5	2	8	1	7.9d	2	2	2	2	2	0	9.8	0	2	1	2	5	0
1.6c	1	4	4	5	4	0	4.10	0	1	3	3	9	1	7.10	0	2	0	7	8	0	10. Kalite Yönetimi						
1.7	0	2	5	4	3	0	5. Satınalma							7.10a	0	2	1	2	4	0	Cevap Sayısı						
1.7a	0	6	5	4	0	0	Cevap Sayısı							7.11	0	1	3	4	9	0	Soru No	1	2	3	4	5	6
1.7b	0	2	2	8	6	0	Soru No	1	2	3	4	5	6	7.11a	0	1	2	4	2	0	10.1a	4	6	1	0	5	2
1.7c	0	0	2	6	10	0	5.1a	2	2	4	6	3	1	7.12	1	1	1	5	4	0	10.1b	4	4	0	4	4	2
1.8	0	1	3	8	6	0	5.1b	0	1	0	3	14	0	7.13	0	0	4	6	7	0	10.1c	6	4	2	1	3	2
1.8a	0	5	1	6	5	1	5.1c	1	3	1	4	8	1	7.13a	0	4	2	6	5	0	10.2	0	2	6	1	9	0
1.9	3	3	1	5	2	4	5.1d	0	1	0	3	14	0	7.14	7	5	3	2	0	0	10.3	0	2	1	4	10	0
1.10	1	5	3	5	4	0	5.1e	0	0	0	8	10	0	7.15	2	5	3	2	4	1	10.4	3	5	4	2	2	1
2. İnsan Kaynakları							5.2	2	5	3	1	6	1	8. İmalat Teknolojisi							10.5	2	4	5	5	2	0
Cevap Sayısı							5.3	12	4	1	1	0	0	Cevap Sayısı							10.6	2	1	3	6	5	0
Soru No	1	2	3	4	5	6	5.4	0	3	0	3	11	1	Soru No	1	2	3	4	5	6	10.7	1	3	2	5	6	0
2.3a	2	2	4	2	3	0	5.5	0	0	0	5	13	0	8.2	0	1	6	2	9	0	10.8	0	1	4	5	8	0
2.4	0	7	2	8	1	0	5.6	0	0	1	7	10	0	8.3	2	2	2	3	9	0	10.9	1	5	1	5	5	1
2.5	1	2	4	2	2	3	5.7	1	0	2	9	6	0	8.4a	2	2	1	4	7	2	10.10	1	6	2	1	7	1
2.7	1	3	5	4	5	0	5.8	0	0	2	4	12	0	8.4b	1	1	3	5	7	1	10.11	0	5	2	4	5	2
2.8	2	3	7	4	1	1	5.9	0	8	6	0	3	1	8.4c	1	2	3	5	7	0	10.12	1	6	0	3	7	1
2.9	8	5	2	0	3	0	5.10	0	4	3	4	7	0	8.4d	1	1	4	5	7	0	10.13	1	2	2	6	7	0
2.10	9	6	1	1	1	0	5.11	1	7	3	3	4	0	8.4e	0	1	3	6	8	0	10.14	5	4	7	2	0	0
2.11	1	7	2	3	4	1	5.11a	1	8	2	3	4	0	8.5a	1	2	1	5	8	0	10.15a	0	4	2	5	6	0
2.12	5	3	5	2	2	1	6. Mühendislik/Tasarım							8.5b	0	0	1	8	8	0	10.15b	0	6	1	3	6	1
2.12a	2	3	2	4	4	1	Cevap Sayısı							8.5c	0	1	1	6	8	1	10.15c	0	3	2	6	6	0
2.13	3	7	2	4	2	0	Soru No	1	2	3	4	5	6	8.5d	1	1	3	5	6	0	10.16a	1	0	4	4	9	0
2.14	1	7	1	5	3	0	6.1	0	0	1	3	11	1	8.5e	0	2	2	5	7	0	10.16b	0	1	3	5	9	0
3. Pazar Yönetimi							6.2	3	4	2	2	3	0	8.6a	5	1	3	4	3	2	10.17	0	7	4	1	5	1
Cevap Sayısı							6.3	0	2	3	1	8	0	8.6b	10	0	1	1	1	5	10.17a	0	5	3	2	7	1
Soru No	1	2	3	4	5	6	6.4	0	1	2	3	8	0	8.6c	6	2	3	2	1	3	10.18	0	2	4	4	8	0
3.1a	0	3	2	9	4	0	6.5a	0	2	1	2	7	2	8.6d	3	4	3	3	2	2							
3.1b	0	2	2	6	8	0	6.5b	0	2	2	3	7	0	8.6e	3	2	5	2	3	3							
3.1c	0	2	1	6	9	0	6.5c	0	1	3	2	6	2	8.6f	9	4	0	0	1	4							
3.1d	0	2	4	9	3	0	6.6	0	0	1	4	8	0	8.6g	9	1	1	2	1	4							
3.1f	1	3	5	5	4	0	6.7a	0	2	4	6	4	0	8.6h	8	1	2	3	0	4							
3.1g	2	3	4	5	3	1	6.7b	0	2	0	6	8	0	8.6i	4	0	1	1	0	3							
3.2	1	2	0	3	12	0	6.7c	0	1	2	6	4	0	8.6j	6	2	3	4	1	2							
3.3	0	3	3	6	6	0	6.7d	0	5	2	4	5	0	8.6k	1	4	2	6	2	2							
3.3a	0	4	1	4	9	0	6.8	0	0	0	0	1	0														
3.4	0	4	2	5	7	0	6.9	0	0	0	0	1	0														
3.5	0	3	4	6	5	0	6.10a	0	0	0	0	1	0														
3.5a	0	2	1	4	10	0	6.10b	0	0	0	0	1	0														
3.5b	3	3	2	8	1	1	6.10c	0	0	0	0	0	1														
3.6a	3	3	7	2	2	1	6.11	0	0	0	0	1	0														
3.6b	5	5	5	1	1	1																					
3.6c	10	4	0	0	1	3																					
3.7	4	4	1	4	3	1																					
3.9a	0	0	6	6	1	0																					
3.9b	1	1	1	3	2	0																					
3.9c	0	3	1	6	5	1																					
3.10	0	1	0	3	14	0																					

ÖZGEÇMİŞ

1968 yılında Karaman'ın Lale köyünde doğan End.Müh. Adem GÖLEÇ, ilk öğretimini bu köyde, orta ve lise öğretimini de Karaman'da tamamlamıştır. 1988 yılında girdiği İTÜ Sakarya Müh. Fak. Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden 1992 yılında mezun olmuştur. Eylül 1992 yılında İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrencisi olmuştur.

Ekim 1992 yılında İTÜ Sakarya Müh. Fak. Endüstri Mühendisliği Bölümü Yöneylem Araştırması Anabilim Dalına Araştırma Görevlisi olarak atanmış olup halen bu görevini sürdürmektedir.