

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KABA KÜME TABANLI ÇOK KRİTERLİ KARAR
VERME YÖNTEMİ VE UYGULAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sevil Buse AYMA

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Safiye TURGAY SENCER

Mayıs 2019

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KABA KÜME TABANLI ÇOK KRİTERLİ KARAR
VERME YÖNTEMİ VE UYGULAMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sevil Buse AYMA

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 29. 05. 2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr.
Safiye TURGAY
SENCER
Jüri Başkanı

Prof. Dr.
Mehmet ERYİĞİT

Üye

Dr. Öğr.Üyesi
Seher ARSLANKAYA

Üye

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Sevil Buse AYMA

14.06.2019

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım sırasında önerileri ile yol gösterip, bilgi ve tecrübesini esirgemeyen değerli aileme sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Çalıőmalarım sırasında manevî destekleri ile yanımda olan aileme ve değerli zamanlarını, bilgilerini her fırsatta benimle paylaşan değerli hocam Doç.Dr. Safiye TURGAY'a sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
TABLolar LİSTESİ	vi
ÖZET.....	vii
SUMMARY	viii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	3
BÖLÜM 2.	
KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE LİTERATÜR TARAMASI	4
2.1. Giriş.....	4
2.2. Kaba Kümeleme.....	4
2.3. Çok Kriterli Karar Verme ve Kaba Kümeleme.....	6
BÖLÜM 3.	
KABA KÜMELEME	10
3.1. Giriş.....	10
3.2. Bulanık Küme	11
3.3. Kaba Küme	12
3.4. Kaba Sayılar ve Kaba Kümelemede Sınır Aralığı	13
3.5. Kaba Küme Teorisinin Özellikleri	14
3.6. Tanınabilirlik Matrisi (Pozitif Bölgeye Göre).....	14

3.6.1. Nesnelere göre belirlenebilirlik işlevi.....	15	
3.6.2. Kaba üyelik	16	
3.6.3. Öznitelik bağımlılığı	17	
BÖLÜM 4.		
KABA KÜME TABANLI ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME		
ALGORİTMASI(KKT-ÇKKV-Alg)	20	
4.1. Giriş.....	20	
4.2. Model ve Karar Verme Metodolojisi	21	
4.3. Çoklu Kaba Küme Tabanlı Karar Modelinin Adımları.....	24	
BÖLÜM 5.		
UYGULAMA		26
5.1. Problemin Tanımı.....	26	
5.2. Probleme ait Alternatif ve Kriterlerin Özellikleri	28	
5.3. Probleme ait Alternatif ve Kriter Değerleri	30	
5.4. Kaba Küme Tabanlı ÇKKV Tekniğinin Uygulanması.....	32	
5.5. Değerlendirme Endekslerinin ve Uygun Alternatiflerin Seçimi	34	
5.6. AHP Yöntemi İle Verilerin Analiz Edilmesi	36	
5.7. Sonuç Değerlerinin Karşılaştırılması	39	
5.8. ÇKKV Tekniklerinin Karşılaştırılma	40	
BÖLÜM 6.		
SONUÇ VE ÖNERİLER		42
KAYNAKLAR.....		44
ÖZGEÇMİŞ		53

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AHP	: Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytical Hierarchy Process)
ANP	: Analitik Ağ Süreci (Analytic Network Process)
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Temel Kaba Küme Yapısı.....	13
Şekil 2.2. Kaba Küme Sınır Aralığının Gösterimi	15
Şekil 4.1. Uygulamayı oluşturan Kriterler ve Alternatifler	31

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Kaba Küme Teorisinin Özellikleri.....	17
Tablo 3.1. Kaba Küme Tabanlı ÇKKV Algoritması.....	25
Tablo 4.1. Gövdeli blok yapı şemasına ait endeks verileri	31
Tablo 5.2. Kriterler için (Adım1-Adım5)in uygulama sonuçları.....	32
Tablo 5.3. Kriterler için (Adım6-Adım10)in $\lambda=0.25$ için uygulama sonuçları	32
Tablo 5.4. Kriterler için (Adım6-Adım10)in $\lambda=0.45$ için uygulama sonuçları.....	33
Tablo 4.5. Kriterler için (Adım6-Adım10)in $\lambda=0.65$ için uygulama sonuçları	34
Tablo 4.6. Adım 1-Adım 13arası işlemlerin ortalama endeks işlem sonuçları.....	35
Tablo 4.7. Gemi yapım sürecindeki çoklu endeks verilerinin değerlendirme sonuçları.	35
Tablo 4.8. Her bir alternatifin kriterler için değerleri	35
Tablo 4.9. %10-%15-%20 ve %25 eksik hatalı ve kusurlu olması durumlarına ait veri kümesi.....	36
Tablo 4.10. Kriterlerin ikili karşılaştırma matris gösterimi	37
Tablo 4.11. İkili karşılaştırma matrisinin normalize edilmiş hali	38
Tablo 4.12. Veri kümesi.....	39
Tablo 4.13. Normalize edilmiş değerler.....	39
Tablo 4.14. Alternatif durumların AHP yöntemi ile değerlendirme sonuçları	39
Tablo 4.15. Alternatifler için (Adım1-Adım5)in uygulama sonuçları.....	40
Tablo 4.16. Alternatifler için (Adım6-Adım10)in $\lambda=0.25$ için uygulama sonuçları	40
Tablo 4.17. Alternatifler için (Adım6-Adım10)in $\lambda=0.35$ için uygulama sonuçları	40
Tablo 4.18. Alternatifler için (Adım6-Adım10)in $\lambda=0.45$ için uygulama sonuçları	40
Tablo 4.19. Sonuç değerleri	41

ÖZET

Anahtar kelimeler:Kaba Küme Teorisi, Çok Kriterli Karar Verme; Entropi

Çok kriterli karar verme problemi, çağımız yöneticilerinin sıklıkla başvurmuş olduğu yöntemlerden birisidir. Verilerin belirsiz ya da eksik olması durumunda, mevcut olan çok kriterli karar verme yöntemleri yetersiz kalırken, önermiş olduğumuz kaba küme tabanlı çok kriterli karar verme algoritması, bu eksikliği gidermede en büyük yardımcı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bununla birlikte, hızla artan veri trafiğinde, mevcut verilerin verimli bir şekilde kullanılması da beraberinde önemli bir durumu ortaya çıkartmaktadır. 1982 yılında ilk olarak Pawlak[1] tarafından önerilen kaba küme kavramı, büyük veri tabanlarını kullanarak gerekli olan bilginin keşfini sağlayan önemli bir araç olarak kullanılmaktadır. Kaba küme kavramı, çok kriterli karar verme problemlerinde kullanılmak üzere, kesin olmayan yapıların analizi için bulanık mantık yaklaşımından türetilmiştir. Kaba küme teorisi, kural indirgeme ve sınıflandırma yaklaşım özellikleri ile büyük verilerin analiz işleminin yanı sıra çok kriterli karar verme problemlerinde de kullanılabilir.

Kaba küme teorisi bulanık küme teorisinin bir alt kolu olarak geliştirilmiştir. Eksik, belirsiz verilerin değerlendirilmesi sürecinde, alt ve üst yaklaşımlar kullanılarak, veriler analiz edilmektedir. Bulanık kümeler gibi kesin sınırlamaları içermeyen bir yapıya sahiptir. Eksik bilgi analizi, bilgi tabanı indirgemesi yöntemleri kullanılarak, verilerdeki belirsizlik en aza indirgenmeye çalışılmaktadır. Tutarsız, eksik bilgi içeren veri yapılarından kural çıkarımı ve sınıflandırma konusunda kaba küme teorisi ilerleyen zamanlarda daha fazla tercih edilecek bir yöntem olarak çıkabilecektir.

Bu çalışmada kaba kümeleme teorisine ait temel kavramlar; kaba küme tabanlı bilgi keşfi ve kaba küme kavramı dikkate alınarak geliştirilen algoritma ile birlikte, çok kriterli karar verme probleminin çözümüne yönelik algoritma geliştirilmiştir ve diğer ÇKKV algoritmaları ile karşılaştırılmıştır.

THE ROUGH SET BASED MULTI CRITERIA METHOD AND APPLICATION

SUMMARY

Keywords: Rough Set Theory, Multi Criteria Decision Making; Entropy

The multi-criteria decision-making problem is one of the methods that preferred and applied by the managers. Multi criteria decision making data set may include the uncertain or incomplete data, in this situation, decision is getting difficult and impossible, the suggested rough set based multi criteria decision making algorithm can able to solve this manner problem. However, in the rapidly increasing data traffic, the efficient use of existing data also brings about an important situation. The rough set concept firstly proposed by Pawlak in 1982[1] that is used as an important tool for the discovery of the necessary information by using large databases. In the case of multi-criteria decision-making problems, the concept of rough set theory is derived from the fuzzy logic approach to perform the analysis of uncertain structures. The rough set theory also has the property of being able to be used in multi-criteria decision-making problems with the rules of rule reduction and classification during the analysis of large data.

Rough set theory has a structure that does not contain definite limitations, such as fuzzy sets. Therefore, the rough set approach can able to analysis of the incomplete, inadequate and ambiguous information suitable for data analysis, uses incomplete information analysis, knowledge base reduction methods during this process. Rough set theory can be used as a natural method that deals with inconsistent and incomplete information, which is the basic problem of rule extraction and classification. In this study, the basic concepts of rough set theory is given. The algorithm for solving multi-criteria decision making has been developed by considering the rough set based knowledge discovery and rough set conceptsamples can be successfully determined.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Kaba küme kavramı, yapay zekânın bir alt dalı olan bulanık mantık teorisinden türetilmiştir. 1982 yılında ilk olarak Pawlak [1] tarafından önerilen kaba küme kavramı, kesin olmayan ve tamamlanmamış verilerden bilgi elde etmek için kullanılan bir matematiksel yöntemdir. Aynı zamanda nesnelerin yaklaşık olarak sınıflandırılmasına imkân sağlayan bir araçtır [2,3]. Bu çalışmada, kaba küme teorisi ÇKKV sürecinde ele alınarak, aynı zamanda çok sayıda kriter ve alternatif içerisinde eksik ya da belirsiz veri olması durumunda, verilerin sıralanması ve önem derecesine göre seçilmesi sürecini ele almaktadır.

Bulanık mantığın bir alt dalı olan, kaba kümeler, verilerin değerlendirilmesi sürecinde ayrı bir yeri vardır. ÇKKV teknikleri ile etkin ve verimli kararların alınabilmesi mümkündür. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda, daha çok belirli verilere uygulanan klasik karar verme tekniklerinin yanı sıra belirsiz ve eksik veri içeren durumlara ait uygulamalara, bulanık mantık tabanlı ÇKKV teknikleri uygulanmıştır. Kaba küme tabanlı çok kriterli karar verme tekniği ile daha esnek bir yapı içerisinde alternatif durumların sıralandırılması mümkün olmaktadır. Kaba küme tabanlı ÇKKV teknikleri ile ilgili olarak yeterince çalışma yer almamaktadır. Daha çok bulanık mantık yaklaşımı ile algoritmalar geliştirilmiştir. Oysaki kaba küme tabanlı algoritma ile daha esnek bir yapı ile veriler analiz edilerek, alternatif durumlar sıralanacaktır. Daha iyi ve yüksek performansta sonuçların elde edilmesi için kaba küme tabanlı ÇKKV algoritmasının geliştirilmesi hedeflenmektedir. Literatürde ise, geleneksel ÇKKV tekniklerin ve bulanık mantık yaklaşımlarının yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. ÇKKV, birden çok çelişen veya çelişen kriteri içeren karmaşık karar verme problemlerine yönelik çözümlerin üretildiği algoritmaları içerir. Göz önüne alınan kriterler arasında uyuşmayı belirleyen etkin çözüm ve alternatifleri arayarak en

uygun çözüm kümesini bulur. Genel olarak, ÇKKV ile ilgili problemlerin formüle edilmesi ve analizi esnasında, dört temel unsur dikkate alınmaktadır [4]. Bunlar ise,

- 1- Alternatifler kümesi (eylemler, kararlar veya çözümler),
- 2- Kriterler kümesi,
- 3- Değerlendirme sonuçlarını birleştirmek için toplama mekanizması ve
- 4- Alternatifleri seçmek için tercih veya seçim yapısını içerir.

Alternatifler kümesi, farklı karar seçeneklerini temsil ederken, kriterler kümesi ise alternatifleri değerlendirmek için kullanılır. Özellikle, her bir seçenek, kümedeki, her bir kritere göre değerlendirilmektedir. Toplama mekanizmaları, alternatifin genel etkinliğini belirlemek için farklı kriterlere dayalı bir alternatif için farklı değerlendirmeleri birleştirmektedir. Belirsizlik, eksik, kesin olmayan, belirsiz veya çelişkili bilgilerden kaynaklanabilir [5]. Gecikme, erteleme ya da belirsizlikler durumu uygun bir karar verme stratejisi ile belirsizliğin etkilerini azaltmak için kullanılmaktadır [6]. Kaba kümeler üç tip durum için oldukça etkin ve uygun bir yöntem olacağı düşünülmektedir. Özellikle, kararların alınmasında kullanılan bu durumlar ise;

- 1- belirsiz veya eksik bilgilerle karşılaştığımızda,
- 2- uygulamada olan erteleme ya da
- 3- gecikme durumunu içermektedir.

Bugüne kadar ÇKKV problemlerinin çözümünde kaba küme kavramı yaklaşımı kullanılmamıştır. Bu çalışmada ise kaba küme kavramı ile birlikte verilerin analizi ve çözümlenmesi esnasında bulanık mantık yaklaşımı ile birlikte daha detaylı ve duyarlı bir şekilde, sonuç değere ulaşabilme ve kriterleri daha duyarlı bir şekilde analiz ederek alternatif durumların sıralanması yer almıştır.

Wei vd. (2010) bulanık kaba küme teorisini, tüm veri tipleri için λ -cut yöntem ve komşuluk yaklaşımları ile farklı kaba küme yaklaşımlarında incelemiştir [7].

Çelişki çözümlemede, alternatif kural azaltma metodları dikkate alınarak hedef durumun analiz edilmesinde kaba kümeleri kullanılmıştır.

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı belirsiz ve eksik verilerinde değerlendirilebildiği ÇKKV algoritmasının geliştirilmesi ve geliştirilen bu algoritmanın büyük veri sistemlerine de uygulanabilmesidir.

Bu çalışma kapsamında kaba küme tabanlı ÇKKV algoritması geliştirilerek, geliştirilen algoritmanın temel çalışma yapısı ele alınmıştır. Bu yapının getirmiş olduğu katkılar incelenmiş ve bulanık mantıktan farklı olarak belirsiz olan verilerin daha detaylı bir yapı ile alt ve üst sınır değerleri de birlikte incelenmiştir. Bu alanda bir çalışma olmamakla birlikte geliştirilecek algoritma yapısının doğrulama ve geçerlilik analizleri ile temel ÇKKV yöntemleri karşılaştırılarak gerekli olan analiz işlemleri gerçekleştirilmiştir. Turgay ve arkadaşları (2017) kaba küme kavramını sezgisel bir algoritma ile birlikte modellemişlerdir [8]. Klasik ÇKKV algoritmaları, her bir alternatif durumu için kriter değerlerinin tanımlı ve belirli olması ile birlikte analiz işlemi gerçekleştirilirken, önerilen modelde ise belirsiz ve eksik olabilen veri yapıları dikkate alınarak geliştirilen algoritma ile birlikte analiz işlemi gerçekleştirilecektir.

Yapılan çalışma 6 bölümde anlatılmıştır. Birinci bölümde yapılan çalışma hakkında genel bilgi verilmiş, çalışmanın kapsamı anlatılmaya çalışılmıştır. İkinci bölümde daha önce bu alanda yapılmış çalışmalara değinilmiştir. Üçüncü bölümde, kaba küme teorisi ve genel özellikleri hakkında bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde geliştirilen kaba küme tabanlı çok kriterli karar verme algoritması yer almıştır. Beşinci bölümde ise geliştirilen algoritma Mei'nin çalışmasında yer alan proje tipi imalat süreci olan gemi üretim uygulamasına ait veriler kullanılmış [9] ve entropi, ANP, AHP, bulanık ÇKKV ve kaba küme tabanlı ÇKKV yöntemleri uygulanmıştır. Altıncı bölümde geliştirilen algoritmanın sonuçlarının diğer yöntemler ile benzerliği test edilmiş ve algoritmanın avantajlarından bahsedilmiştir.

BÖLÜM 2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Giriş

Kaba küme tabanlı ÇKKV algoritmasının geliştirilmesi tez konusu olarak ele alınmıştır. Kaba küme teorisi; ÇKKV problemlerinin çözüm sürecinde eksik ve belirsiz verilerin analiz edilmesi sürecinde, veriler arasındaki bağlantıların değerlendirilmesi, ilgili kuralların elde edilmesi ile verilerin benzerlik ve farklılık faktörleri ile birlikte değerlendirilerek sınıflandırılması ele alınmaktadır. ÇKKV özellikle bütünsel bir biçimde sistemi etkileyen tüm faktörlerin dikkate alındığı bir yapıdır. Önerilen modelde belirli ve belirsiz bilgi yapısı ile açık ve esnek durum ele alınarak kaba küme tabanlı algoritma geliştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında geliştirilen kaba küme tabanlı ÇKKV algoritması ile daha etkin, doğru ve hızlı kararların alınmasını sağlamaktadır. Kaba küme yaklaşımı ile karar sürecini iyileştirmek için entropi yaklaşımı ile derecelendirme yaklaşımı kullanılmış ve niteliklerin karar sürecindeki değişim durumu geliştirilmiştir. Ayrıca, bu yaklaşım ile karar kurallarına dayalı yeni ve ayarlanabilir bir karar destek sistemi oluşturulmuştur. Kaba kümeler ile ilgili olarak, farklı karar vericilerin gereksinimlerini karşılamak için yeni karar algoritmaları geliştirilerek ve çok kriterli bir grup karar verme yöntemi önerilmiştir.

2.2. Kaba Kümeleme

Geniş bir uygulama alanı olan kaba kümeler, tıptan finansa kadar geniş bir uygulama alanı bulmakla birlikte yapay zeka tekniklerinden çelişki çözümlemesi, örüntü algılaması, resim çözümlemesine kadar geniş bir alanda uygulanabilme özelliğine sahiptir.

Pawlak vd. (1994) kaba kümeler ve matematiksel özelliklerini detaylı olarak ele alarak değerlendirdiği kaba küme teorisi, problemi bir bütün olarak ele almakta ve problemin çözümünde ise ayrılmazlık ve denklik ilişkisini dikkate almaktadır [3]. Bununla birlikte, kaba küme teorisi belirsizlik altında karar verme problemlerini ele almak için kullanıldığında çok kriterli problemlerin çözümünde de kullanılabilir. Qian vd.(2010) birden fazla alternatif durumunun değerlendirilmesinde grup yaklaşımı ile birlikte denklik ilişkilerini kullanarak problemin değerlendirme sürecini gerçekleştirmiştir [10]. Birçok uygulamada, özellikle yönetim, karar verme, seçilen değerlendirme özelliklerinin sadece farklı kombinasyonları ile değil, aynı zamanda, problem uzayının nesnelere veya alternatiflerini tanımlayan özellik değerleri için farklı kategoriler de ele alınabilir.

Wu ve Leung, ise yeni bir modelin tanımlanarak problemin geliştirilmesini önerecek belirsizlik ile ilgili teorik yaklaşım ile genelleme modelini tanımlanmış ve daha sonra belirsizlik altında karakterize edilmiş yaklaşımın geliştirilmesini önermiştir [11].

Günümüzde, klasik Pawlak kaba küme ve uzantıları, belirsizlik altındaki çeşitli karar verme problemleriyle başa çıkmak için önemli, verimli bir teori ve araç haline gelmiştir. Pawlak'ın kaba küme teorisinin temel yaklaşımları ile karakterize edilen nitelikler ve mevcut bilgiler ile örtüşebileceği düşünülmektedir. Anlamsızlık ilişkisinden kaynaklanan denklik sınıfları, temel yaklaşımın bir bölümünü oluşturur ve bilginin temel detaylarını gösterir[12]. Kaba küme teorisinde alt ve üst yaklaşım kavramları kullanılarak, bilgi sistemlerinde gizlenen kısımları çözümlenerek karar kurallarının elde edilmesi sürecinde gerekli olan analiz işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Eşdeğerlilik ya da kararsızlık ilişkisi, karar bilgi sistemlerinde yanlış ve belirsiz olan hedefe yaklaşmak için güçlü bir araçtır. Aynı zamanda, ayrılmazlık ilişkisi de birçok uygulama için kısıtlayıcıdır ve bu tarz olumsuz durumları ortadan kaldırmak için, kaba küme modellerinin çeşitli durumsal yapıları ele alınıp araştırılmıştır. Genel olarak denklik ilişkisi ile kısıtlama durumu ele alınarak incelenmiştir [13,14]. Liu ve arkadaşları (2018) bulanık yumuşak küme teorisi ile birlikte kaba küme teorisini ele alarak, bulanık mantık yaklaşımı ile birlikte bütünleşik

bir yapıda ele almışlardır [15]. Sun vd. (2017) ise karar vermede çoklu bulanık kaba küme teorisini incelemiştir [16]. Zhou (2014) çok sınıflı karar terimli kaba küme yaklaşımını önermişlerdir[17]. Luo ve arkadaşları (2018) hiyerarşik çok kriterli sınıflandırma için artırimsal kaba küme yaklaşımını önermişlerdir[18]. Lang ve arkadaşları (2017) karar verme teorisinde üç boyutlu yaklaşım ile kaba küme teorisi ile birlikte çatışan durumların analizlerini gerçekleştirmişlerdir[19].

2.3. Çok Kriterli Karar Verme ve Kaba Kümeleme

Roy ve Maji, 2007, bulanık yumuşak küme kavramını ÇKKV algoritmasının geliştirilmesi esnasında, karşılaştırma tablosunu kullanarak puan temelli algoritmayı geliştirmiştir[20]. Klasik matematiksel analiz yöntemleri kesin ve tam bilgileri dikkate alırken, genellikle pratik alanlardaki belirsizlik durumlarına ait analiz durumunda ise bulanık küme ve alt konusu olan kaba küme teorisi kullanılarak analiz imkanı sağlayabilmektedir. Bulanık küme teorisi [21], yumuşak küme teorisi [22], sezgisel bulanık küme teorisi [23] ve belirsiz küme teorisi [24] gibi teoriler bu belirsizlikleri modellemede yararlı matematiksel yaklaşımları kanıtlamış olsa da, hepsinin ortak bir sınırlaması vardır. Kaba küme teorisi ise yukarıda belirlenen yöntemlerden farklı olarak verilerin analiz edilmesi esnasında alt ve üst sınırlar yaklaşımını kullanarak verilerin daha detaylı bir biçimde analiz edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu çalışmada, niceliksel ve niteliksel kriterler göz önünde bulundurularak tasarım kavramlarını sıralamak için yeni bir yöntem geliştirilmiş ve problemdeki belirsizlik durumlarını çözmek için bulanık mantığın bir alt dalı olan kaba küme kavramı kullanılmıştır. Önerilen yöntem ile tasarım kavramlarında yer alan, niceliksel ve niteliksel kriterler ile pozitif ve negatif ideal referans vektörleri ile birlikte, tasarım kavramlarının performansı arasındaki mesafeye dayanan tasarım kavramlarını sıralamak için aralık bazlı bir yakınlık indeksi geliştirilmiştir.

Genel olarak, uzmanların yargılamalarında bulunan veriler ve bilgiler, özünde sayısal olmayan öznel bir yapı ile birlikte olasılıksal değer içermeyen belirsiz bir yapıyı içerebilmektedir [25]. Pawlak'ın (1982, 1991)[1,2] ilk çalışmasından bu yana, kaba küme teorisi, teorik olarak hızlı bir biçimde gelişmiş ve aynı zamanda, makine

öğrenmesi, örüntü tanıma ve yapay zeka alanlarında da yaygın olarak kullanılmıştır[26]. Pawlak kaba küme modeli ve olasılıksal kaba küme modelleri için genel bir çerçeve önermiştir. Öznitelik azaltma, kaba küme teorisinin en önemli uygulamalarından birisidir. Kaba küme modelinde, düşük yaklaşım, her biri tamamen bir kavram içeren, teorik tanımlamalar ile analiz işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Ancak, bu teorik tanımlama, gerçek dünyada, özellikle gürültülü verilere sahip bazı uygulamalar için esnek değildir. Veri indirgeme yapısı ile koşullar dizisi ve aynı performans düzeyine sahip koşul özniteliklerinin birlikte yeterli bir yapıda ayrı ayrı alt kümesi ile ele alınabilmektedir. Kaba küme modelinde, evren her zaman iki birbirini tamamlayıcı kümeye, yani pozitif ve sınır bölgelere bölünür. Bu nedenle, bağımlılık derecesi ve sınıflandırma kalitesi gibi iki bölgeden yalnızca birini yansıtan belirsizlik ölçüleri, nitelik azaltımı yeterli olmaktadır.

Kaba küme tabanlı ÇKKV algoritması, Mei vd. çalışmasında yer alan, gemi yapımı esnasında geliştirilen üretim alternatifi verilerine uygulanmıştır [8]. Kısaca planlarının değerlendirilmesine geliştirilen algoritma uygulanmıştır. Alternatif üretim planlarının farklı kriterlere göre değerlendirilmesi sürecinde geliştirilen kaba küme tabanlı ÇKKV yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmada, niceliksel ve niteliksel kriterleri göz önünde bulundurarak tasarım kavramlarını sıralamak için yeni bir yöntem geliştirmek ve problemdeki belirsizlik ve belirsizlikle başa çıkmak için kaba küme ve bulanık mantık teorileri kullanılmıştır. Bu yöntem, alternatif üretim programları arasındaki performansın analiz edilmesi sürecinde aradaki mesafeye bağlı olarak tasarım kavramlarını sıralamak için aralık tabanlı bir göreceli yakınlık endeksini geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu nedenle, tasarım sürecinin ilk aşamalarında, çeşitli kriterleri ve aynı zamanda belirsizlik ve belirsizliği dikkate alan tasarım kavramlarının değerlendirilmesi için kaba küme tabanlı ÇKKV yöntemi tercih edilmiştir. Müşteriler sürekli olarak daha yüksek kalite, daha düşük fiyat, daha kısa teslim süresi ve daha yüksek memnuniyet ile ürünler aramaktadırlar. Son derece rekabetçi bir ortamda, birçok şirket müşterinin artan ihtiyaçlarına cevap vermek için ürün geliştirme sürecine odaklanmıştır. Bu nedenle bu kriterlerin değerlendirilmesinde ve performans analizinin gerçekleştirilmesinde daha esnek bir yapıya sahip olan kaba küme tabanlı çok kriterli karar verme algoritmasının geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Bu çalışmada, karar tabanlı teorik kaba kümeleme modelinde öznitelik azaltımı için yeni bir belirsizlik ölçüsü tanıtılmıştır. Daha detaylı olarak, maksimum dahil etme derecesi ve maksimum karar kavramlarına dayanarak, entropi yöntemi ile bir belirsizlik ölçüsü önerilmiş ve daha sonra, pozitif, sınır ve negatif bölgelerinde yer alan azaltımların gerçekleştirilmesi durumu ele alınmıştır. Buna ek olarak, entropi yöntemine dayanan sezgisel öznitelik azaltma algoritması geliştirilecek ve bu azaltım algoritması ile birlikte, sınıf özniteliğine uygunluğunu en üst düzeye çıkarması ve ayrıca öznitelikteki durum özniteliklerinin fazlalığını en aza indirmesi hedeflenmektedir.

Kısaca bu çalışmada;

- ÇKKV problemine yönelik kaba küme tabanlı algoritma geliştirme,
- Önerilen algoritmaya ait matematiksel model geliştirme,

Karar verme sürecinde özellikle ÇKKV sürecinde karşılaşılan belirsizlik, eksik bilgi gibi durumların olumsuz durumlarını ortadan kaldırmak amacıyla kaba küme tabanlı ÇKKV yöntemi geliştirilecektir. Tercih edilen kaba küme tabanlı ÇKKV tekniği bulanık mantıktan farklı olarak belirsiz olan verilerin daha duyarlı ve hassas bir biçimde analiz edilmesine olanak sağlayacaktır. Öngörülen aksaklıklara yönelik geliştirilen algoritma ile sistem içerisinde karar verme performansı artırılacaktır. Sistem performansının testi amacıyla sonuçlar ANP, AHP, Entropy, Fuzzy MCDM ve geliştirilen Kaba ÇKKV ile karşılaştırılarak geliştirilen algoritmanın doğruluk derecesi belirlenmiştir.

Bulanık karar verme yöntemleri açısından, karşılaştırma tablosu ve nesnelerin puanları gibi kavramlar Roy ve Maji (2007) [20] tarafından bulanık yumuşak kümelerde puan tabanlı karar verme yöntemi olarak önerilmiştir. Bulanık teoriye ek olarak, Pawlak (1982) [1] tarafından tanıtılan kaba küme teorisi, belirsizlik ve kalitesiz veri kümesinin analizinde kullanılabilir. Belirsizlik ve yanlışlık analizleri kaba küme yaklaşımı ile gerçekleştirilebilmektedir. Karar verme sürecindeki bulanık kavramında kullanılan üyelik fonksiyonlarının amacı, gerçek sistemlerin üyelik fonksiyonunu kullanarak

gerçek sistemlerdeki belirsizlikleri gösteren bulanık sayılara dönüşmesini sağlamaktır. Kısmi işlevlerin ve bulanık küme sınırlarının belirlenmesinde öznel bir yaklaşım gerektiren bulanık kümeler kuramının aksine, kaba küme teorisi, gerçek değerlere dayanan belirlenmiş sınırları belirler ve karar vericinin kesinlik derecesini dikkate alır.

Kaba küme teorisi sadece iç bilgiyle, yani operasyonel verilerle ilgilendiğinden, varsayım modelleri ile ilgilenmez. Başka bir deyişle, kaba kümeler uygulama esnasında sadece çeşitli ek parametreler yerine verilen verilerin orijinal yapısını kullanır. Kaba küme teorisinin mantığı yalnızca kendileri için gerekli olan veriler ile ilgilendiğinden, verilerin netleştirilmesi ve veri kalitesinin artırılması durumunu dikkate alır. Ayrıca, kaba küme teorisi, istatistiksel yöntemlerin kullanılmadığı durumlar için verilerin değerlendirilmesi sürecinde tercih edilebilen bir yöntem olarak da karşımıza çıkabilmektedir (Pawlak, 1991 [2]. Li ve diğ. 2013, kaba kümelemede pozitif bölgenin öznitelik azalmasından sonra aynı veya daha büyük olması gerektiğini ve pozitif bölge uzatmalarının azaltılması için bir belirsizlik önleminin geliştirildiğini öne sürmüştür [27]. Ölçüt korumaya sahip sezgisel algoritmalar, hızlı bir şekilde bir düşüşe neden olurken, azatlımdan sonraki durumlar hala gereksiz öznitelikler içerebilir. Aynı zamanda, kaba kümelemedeki öznitelik fonksiyonlarının azaltılması, belirsizliğin önlenmesi problemi olarak ele alınabilir. Zhao ve diğ. (2015)[28], en uygun azaltım için pozitif karar, pozitif bölge genişlemesi ve negatif olmayan bölge-bazlı belirsizlik ölçümlerini ortaya koymuş ve aynı zamanda en uygun azatlımın oluşturulması için bir fark edilebilirlik matrisine dayalı bir yaklaşım geliştirmiştir. Zhang ve Miao (2014)[29], öznitelik azaltma, yani bilgi, tutarlılık, bölge ve yapı hedefleri için dört tür belirsizlik önlemini tartışmışlar ve genel bir indirgeme yaklaşımını önermişlerdir.

BÖLÜM 3. KABA KÜMELEME

3.1. Giriş

Pawlak, kaba küme modelinin olasılıksal genelleştirilmesini ele almıştır. Teorik kaba küme karar modeli, belirsiz veya kesin olmayan verilerin analiz edilerek gerekli olan karar kurallarının elde edilmesi için etkin bir yöntemdir. Nitelik azaltma, teorik kaba küme karar modelindeki en önemli sorunlardan birisidir ve öznitelik azaltımı için birçok belirsizlik ölçüsü olarak sunulmuştur.

Kaba kümelemeye ait temel kavramlar ise

- Bilgi: Karar Sistemleri (Tablolar)
- Farkındalık
- Yaklaşık Kümeleme
- İndirgemeler ve Çekirdek Kavramı
- Kaba Üyelik
- Öznitelik Bağımlılığı

Kaba küme teorisi aynı zamanda kural indirgeme ve sınıflandırma kavramlarını, pratikte başarılı bir şekilde uygulanabilmesine olanak sağlamaktadır.

Uygulamalarda da görülebileceği gibi veri ve veritabanı uygulamaları sonucunda oldukça gerçekçi sonuçların elde edilmesine olanak sağlanmaktadır. Kaba küme analizinin asıl amacı, kavramların yaklaşık değerlerinin analiz edilmesi ve indirgenmesi sürecinde sisteme ait karar kurallarının elde edilmesidir.

U boş olmayan sonlu bir uzay olsun. $F(x)$ ögesinin $x (x \in U)$ elemanı bulanık A kümesi ile sembolize edildiğinde x bulanık değeri üyelik derecesi ile birlikte, U uzay

kümesinin bir elemanıdır. Bulanık alt kümeleri için U uzayı içerisinde, $F(U)$ gösterim biçimi kullanılır.

3.2. Bulanık Küme

Kaba kümeleme, Zadeh [21] tarafından geliştirilen kaba kümelemenin bir alt kolu olarak geliştirilmiştir. Kaba kümeleme teorisini açıklamadan önce bulanık mantık yapısına yer verilmiştir.

U , boş olmayan sonlu bir küme olsun. Herhangi A değeri sonlu uzayda yer alırsa, $A \subseteq U$ koşulu ile birlikte, $A(x)$ fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanır[30].

$$A(x) = \begin{cases} 1, & x \in A; \\ 0, & x \notin A \end{cases} \quad (3.1)$$

Karakteristik $A(x)$ fonksiyonu U uzayında $\{0,1\}$ değerleri arasında eşleştirilmektedir. U evrenindeki herhangi bir karakteristik fonksiyon, klasik bir U alt kümesi ile belirlenir ve (3.2) eşitliği ile ifade edilir.

$$A = \{x \in U \mid A(x) = 1\} \quad (3.2)$$

U nesnelerin uzayı ve U 'daki nesnelerle ilgili öznitelik kümesi temsil edilsin. Hem U hem de E 'nin, sonlu olmayan sonlu kümeler olduğu varsayılır. E 'nin güç kümesi $P(U)$ ile gösterilir ve $A \subseteq U$ olduğunda ifade edilir. Herhangi bir $A \in F(U)$ için, R seviye kümesi ve A 'nın kuvvetli r seviye kümesi A_r ile gösterildiğinde $r \in [0, 1]$ arasındaki değerler ise birim aralığını ifade etmektedir.

U , boş olmayan sonlu bir evren olsun. Bulanık U uzay kümesi $A(\bullet): U \rightarrow [0,1]$ aralığında tanımlanır ve $A(x)$ fonksiyonu aynı zamanda üyelik durumunu belirtir. $x(x \in U)$ bulanık küme A ile gösterildiğinde, $f(U)$ uzayı içerisindeki tüm alt

kümeleri ifade eder. Herhangi $A \in F(U)$, r seviyesinde ise a kümelerin ait olma durumları belirlenmiş olmaktadır. A seviyesinde belirtilen A_r - ve A_{r+} yerleri ile birlikte

$$A_r = \{x \in U \mid A(x) \geq r\} \text{ ve } A_{r+} = \{x \in U \mid A(x) > r\} \quad [30] \quad (3.3)$$

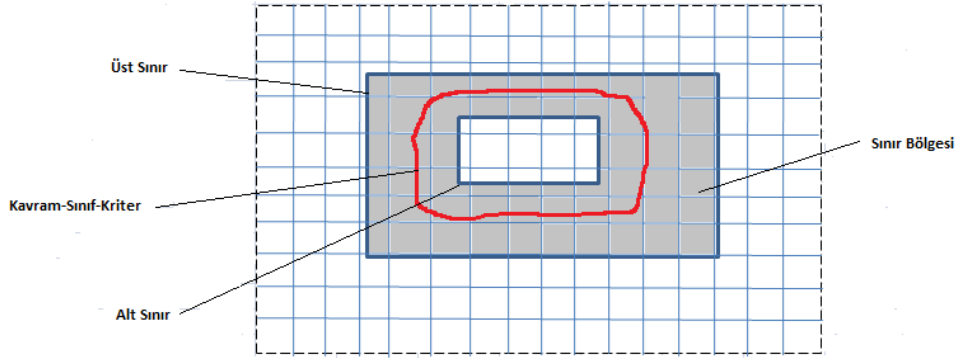
Olarak $r \in [0,1]$ birim aralığı, $A_0 = U$ ve $A_{1+} = \emptyset$ koşulları altında tanımlanır [35]. U boş olmayan sonlu bir uzayı temsil ettiğinde R , $U \times U$ 'nin bir denklik bağıntısını oluşturduğunu varsayarak, R denklik ilişkisi, $[x]$ R veya $[x]$ ile gösterilen U ' nun bir bölümünü indirger ve x 'in denklik sınıflarını temsil eder. Daha sonra (U, R) Pawlak'ın da önermiş olduğu kaba küme alanını temsil etmiş olmaktadır.

Herhangi bir $X \subseteq U$ için, X 'in (U, R) ile ilgili alt ve üst yaklaşımları ise; altYakl_R ve üstYakl_R yaklaşımları R_X 'de, x 'in alt kümesi olan tüm temel kümelerin birleşimidir. x ile boş olmayan bir değere sahip tüm temel kümelerin birleşimidir [31].

3.3. Kaba Küme

Bilgi sisteminde yer alan verilerin temsil edilmesi ve bu verilerin gösterim biçimindeki özellik, kaba küme teorisinin küme özellikleri ile alt değer ve üst değer yaklaşımları büyük önem arz etmektedir. Bilgi sisteminin model yapısı ile gösterimi, karar özelliğinin bilgi sistemi içerisinde temsil edilmesi detaylı olarak verilmiştir.

R 'nin evren U üzerinde bir denklik ilişkisi olmasına izin verir (U, R) bir Pawlak yaklaşma alanı olarak adlandırılır. Herhangi bir $X \subseteq U$ için, alt ve üst seviye değerleri için $\text{altYakl}_R(x)$ ve x 'in üst $\text{Yakl}_R(x)$ değerleri şöyle tanımlanır: $\text{altYakl}_R(x) = \{x \in U : [x] R \subseteq x\}$, $\text{üstYakl}_R(x) = \{x \in U : [x] R \cap x \neq \emptyset\}$. $\text{altYakl}_R(x) = \text{üstYakl}_R(x)$ ise bir alt küme $X \subseteq U$ olarak adlandırılır; aksi halde x 'in kaba bir set olduğu söylenir [1], [32], [20].



Şekil 3.1. Temel Kaba Küme Yapısı

U boş olmayan bir sonlu evrenin kümesi içerisinde R denklik sınıfları arasındaki eşdeğerlik ilişkisine bağlı olarak $[x]_R$, veya $[x]$, ve $U/R = \{[x] | x \in U\}$ açılımı denklik sınıflarını temsil etmektedir[33].

$X \subseteq U$ koşulu altında yer alan alt ve üst yaklaşımlar ile birlikte:

$$\underline{R}(X) = \{x \in U | [x] \subseteq X\} = \cup \{[x] | [x] \subseteq X\} \quad (3.4)$$

$$\overline{R}(X) = \{x \in U | [x] \cap X \neq \emptyset\} = \cup \{[x] | [x] \cap X \neq \emptyset\} \quad (3.5)$$

ile gösterilir (Pawlak, 1982) [1], [33].

Alt yaklaşım $\underline{R}(X)$ X 'in alt kümesi olan tüm temel kümelerin birleşimidir ve üst yaklaşım $\overline{R}(X)$ X ile boş olmayan bir kesişimi olan tüm temel kümelerin birleşimidir.

3.4. Kaba Sayılar ve Kaba Kümelemede Sınır Aralığı

Kaba kümelemede öznel varsayımlar kullanılarak parametreler belirlenir. Bulanık mantıkta ise üyelik fonksiyon değerleri kullanılmaktadır. Bulanık küme teorisinin en temel özelliği ise hiç bir yardımcı veriye gerek kalmadan doğrudan verileri kullanarak belirlenen alt ve üst sınır değerlerini dikkate alarak verilerin değerlendirilmesi sürecini ele almaktadır [2]. Kaba küme teorisi bulanık mantıkta yer alan olasılık

derecelendirme teorisi yerine kendi varsayım parametrelerini dikkate alarak gerekli olan sınıflandırma ve değerlendirme sürecini yerine getirmektedir[34].

$a:U \rightarrow V_a$ $a \in A$ 'dır. V_a ise a'nın değer kümesi olarak adlandırılmaktadır.

Karar Sistemleri/Tablolar

$$DS_{d \in F} = (U, A \cup \{d\})$$

ile daha çok karar özelliği yerine karar değeri dikkate alınır.

3.5. Kaba Küme Teorisinin Özellikleri

Kaba küme teorisinin en temel özellikleri X değerinin U uzayında yer alması durumu için kapsama; boş küme; evrensel küme; üst sınır için birleşim, alt sınır için kesişim özellikleri Tablo 3.1.'de verilmiştir. Şekil 3.2.'de kaba küme sınır aralığını gösterimine yer verilmiştir.

3.6. Tanınabilirlik Matrisi (Pozitif Bölgeye Göre)

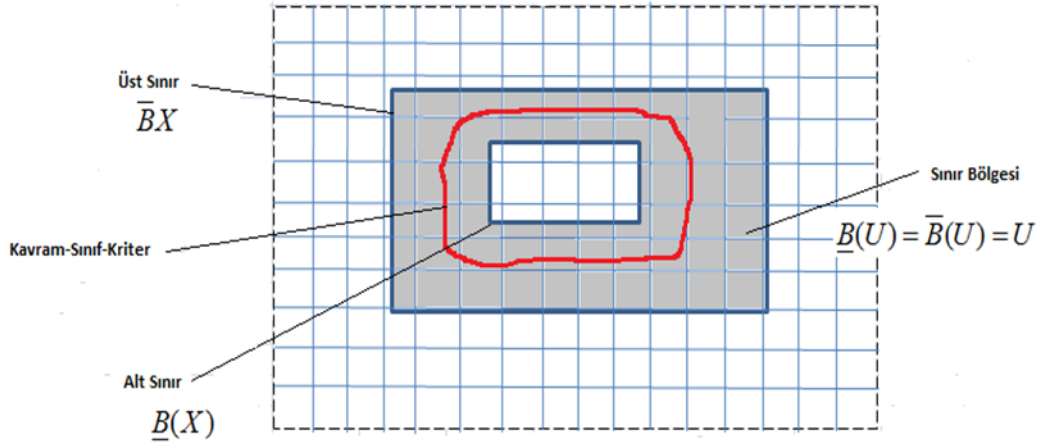
$T = (U, C, D)$ bir karar tablosu olsun ve λ ile birlikte T'nin ayırt edici matrisi olan M (T) ile gösterildiğinde

$$U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$$

$$m_{ij} = \begin{cases} \{c \in C: c(u_i) \neq c(u_j)\} & \text{if } \exists d \in D [d(u_i) \neq d(u_j)] \\ \lambda & \text{if } \forall d \in D [d(u_i) = d(u_j)] \end{cases} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \text{ için,}$$

u_i veya u_j 'nin D'nin C-pozitif bölgesinde olması durumu ile tanımlanabilir.

m_{ij} , u_i ve u_j yi farklı sınıfları ile sınıflandıran tüm koşul özniteliklerini kapsayan nesnelere kümesi olarak göstermektedir. T'nin ayırt edici matrisi olan, $M(T)$ ile gösterildiğinde, U denkleminin yapıyla i, j matrisindeki indislere denk gelen $M(T)$ 'nin boş olmayan tüm değerler kümesi yani girdileri dikkate alınır. u_j yada m_{ij} bölgesindeki C-pozitif değerlerine aittir. $m_{ij} = \lambda d$ ise boş olan değerler kümesinde dikkate alınabileceğini varsayarak, sistemin mantıksal gerçeklik durumunu göstermiş olmaktadır. Minimal bölünebilirlik durumu ile bu fonksiyonun T indirgeme durumları pozitif bölgeye göre tanımlanmış olmaktadır.



Şekil 3.2. Kaba Küme Sınır Aralığının Gösterimi

3.6.1. Nesnelere göre belirlenebilirlik işlevi

Herhangi bir $u_i \in U$ için, $f_T(u_i) = \bigwedge_j \{ \forall m_{ij} : j \neq i, j \in \{1, 2, \dots, n\} \}$ minimum ayırıcı normal formdaki her bir mantıksal yapı, indirgeme örneğinde olduğu gibi açıklanabilmektedir. Nesnelere göre belirlenebilirlik işlevine ait özellikler ise;

- (1) $m_{ij} \neq \varnothing$ koşulu ile $\forall m_{ij}$ tüm değişkenlerin birleşimi olup, $a \in m_{ij}$ dir.
- (2) $m_{ij} = \varnothing$ koşulu ile $\forall m_{ij} = \perp$ (*false*) dir.
- (3) $m_{ij} = \lambda$ koşulu ile $\forall m_{ij} = t$ (*true*) dir.

3.6.2. Kaba üyelik

Kaba üyelik fonksiyonu, X kümesine ait x 'in eşdeğerlik sınıfı arasındaki çakışma derecesi $[x]_B$ fonksiyonu ile nitelendirilir.

$$\mu_x^B : U \rightarrow [0,1] \quad \mu_x^B(x) = \frac{|[x]_B \cap X|}{|[x]_B|} \quad (3.6)$$

Kaba üyelik fonksiyonu, frekans(tekrar) temelli bir tahminci $P(x \in X | u)$ olarak yorumlanabilir. Burada yer alan u , IND (B) eşdeğer sınıfında kullanılmaktadır. Alt ve üst yaklaşımlar için ele alınan formüller, $\pi \in (0.5, 1]$ rastgele hassaslık seviyesi için genelleştirilerek elde edilen kaba üyelik fonksiyonu ile gösterilebilir.

$$\begin{aligned} \underline{B}_\pi X &= \{x \mid \mu_x^B(x) \geq \pi\} \\ \overline{B}_\pi X &= \{x \mid \mu_x^B(x) > 1 - \pi\} \end{aligned} \quad (3.7)$$

Tablo 3.1. Kaba Küme Teorisinin Özellikleri

$$\underline{B}(X) \subseteq X \subseteq \overline{B}X \quad \text{Kapsama özelliği(Sınır özelliği)}$$

$$\underline{B}(\varnothing) = \overline{B}(\varnothing) = \varnothing, \quad \text{Boş küme özelliği}$$

$$\underline{B}(U) = \overline{B}(U) = U \quad \text{Evrensel küme özelliği}$$

$$\overline{B}(X \cup Y) = \overline{B}(X) \cup \overline{B}(Y) \quad \text{Üst sınır için birleşim özelliği}$$

$$\underline{B}(X \cap Y) = \underline{B}(X) \cap \underline{B}(Y) \quad \text{Alt sınır için kesişim özelliği [39]}$$

Alt ve üst sınır için $X \subseteq Y$ özelliği

$$\overline{B}(X) \subseteq \overline{B}(Y) \text{ ve } \underline{B}(X) \subseteq \underline{B}(Y) \text{ için } X \subseteq Y \text{ özelliği}$$

$$\underline{B}(X \cup Y) \supseteq \underline{B}(X) \cup \underline{B}(Y) \quad \text{Alt sınır için birleşim özelliği}$$

$$\overline{B}(X \cap Y) \subseteq \overline{B}(X) \cap \overline{B}(Y) \quad \text{Üst sınır için kesişim özelliği}$$

$$\left. \begin{array}{l} \underline{B}(-X) = -\overline{B}(X) \quad (\text{Ref-2}) \\ \overline{B}(-X) = -\underline{B}(X) \end{array} \right\} \text{Tümleyen özelliği}$$

$$\left. \begin{array}{l} \underline{B}(\underline{B}(X)) = \overline{B}(\underline{B}(X)) = \underline{B}(X) \\ \overline{B}(\overline{B}(X)) = \underline{B}(\overline{B}(X)) = \overline{B}(X) \end{array} \right\} \text{Bütünleyen özelliği [40]}$$

3.6.3. Öznitelik bağımlılığı

Öznitelikler arasındaki bağımlılıkları bulmak bilgi keşfi ve veri madenciliği çalışmaları için önemli bir konudur. D öznitelik kümesi tamamen C özniteliklerinin tüm değerlerine bağlı olarak C'deki tüm değerlerin $C \Rightarrow D$, biçiminde ele alınması durumudur. Öznitelik bağımlılığı, D ve C, A' nın alt kümesi olarak tanımlanması durumunda;

D, C'ye bağlı olarak k derecesinde

$$C \Rightarrow_k D, \quad \text{eğer} \quad k = \gamma(C, D) = \frac{|POS_C(D)|}{|U|} \quad (0 \leq k \leq 1), \quad (3.8)$$

D bölgesindeki C-pozitif değeri olarak adlandırılmaktadır [41]. Daha ayrıntılı olarak

$$POS_C(D) = \bigcup_{X \in U/D} \underline{C}(X) \quad k = \gamma(C, D) = \frac{\sum_{X \in U/D} |\underline{C}(X)|}{|U|} \quad (3.9)$$

ele alınır;

Eğer $k=1$ ise D tamamen C'ye bağlıdır.

Eğer $k=1$ ise D tamamen C'ye bağlıdır.

Eğer $k < 1$ ise D parçasal (k derecesinde) C'ye bağlıdır.

Kaba küme çalışmalarında aynı zamanda sezgisel kaba küme tabanlı özellik seçimi, kaba küme temelli ikili sayı tabanlı kural çıkarsama, genelleştirilmiş dağıtım tablosu (Generalized Distribution Table) ile kural bulma yaklaşımları literatürde yeni yer alan çalışma alanları olarak ifade edilebilmektedir.

3.7. Kaba Kümelerde Teorik Olarak Sınıflandırma

Kaba küme teorisi tanımsal olarak dört temel sınıf içerisinde yer alabilir, bunlar kaba küme tanımlaması, içsel olarak kaba küme tanımlaması, dışsal olarak kaba küme tanımlaması ve toplamda kaba küme tanımlaması olarak gruplandırılabilir.

- x değeri B –' de tanımlandığında $\underline{B}(X) \neq \varnothing$ ve $\overline{B}(X) \neq U$ koşullarını sağladığında kaba küme olarak tanımlanabilir.
- x içsel olarak B'de tanımlanamaması durumunda $\underline{B}(X) = \varnothing$ ve $\overline{B}(X) \neq U$ içsel olarak kaba küme tanımlaması yapılabilir.
- x dışsal olarak B'de tanımlanamadığında $\underline{B}(X) \neq \varnothing$ ve $\overline{B}(X) = U$ koşullarını sağladığında dışsal olarak kaba küme tanımlaması yapılabilir.
- x toplamda B'de tanımlanamadığında $\underline{B}(X) = \varnothing$ ve $\overline{B}(X) = U$ koşullarında toplamda kaba küme olarak tanımlanamaz.

Alt sınır ve üst sınır yaklaşım değerlerinin doğrulaması işleminde ise;

$$\alpha_B(X) = \frac{|B(X)|}{|B(X)|} \quad (3.10)$$

$|X|$ değeri $X \neq \varnothing$ müddetçe denir ve $0 \leq \alpha_B \leq 1$ aralık değerlerinde,

eğer $\alpha_B(X) = 1$ ise x B yaklaşımı ile kesin net değere sahiptir.

eğer $\alpha_B(X) < 1$ ise x B yaklaşımı ile x “kaba” dır denir.

Kaba küme analiz işlemi esnasında kullanılan tablolarda bazen bazı sorunlar ile karşılaşılabilir ki, bu sorunlar; aynı veya anlaşılmaz olan verilerin birkaç kez tekrar edilebilmesi yada bazı değişken yada özelliklerin gereksiz olabilmeleridir. Bu tür özelliğe sahip verilerin kaldırılması gerçekleştirilecek olan sınıflandırmanın kalitesini olumsuz yönde etkilemez.

BÖLÜM 4. KABA KÜME TABANLI ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME ALGORİTMASI(KKT-ÇKKV-Alg)

4.1. Giriş

Kaba küme tabanlı ÇKKV algoritması, özellikle yanlışlık, belirsizlik ve kesin olmayan bilgileri içeren problemlerin analiz edilmesi için geliştirilmiştir. Kaba küme teorisinde alt ve üst yaklaşımlar kavramını kullanarak, bilgi sistemlerinde saklanan bilgiler çözümlenip karar kuralları şeklinde ifade edilebilir.

Bu çalışmada öncelikli olarak kaba küme tabanlı karar verme algoritmasının geliştirilmesi ve bir karar destek modeli ile uygulanması sürecini içermektedir. ÇKKV verme özellikle yöneticilerin kısa zamanda etkin ve doğru karar vermeleri açısından oldukça önemlidir.

ÇKKV, özellikle bütünsel bir biçimde sistemi etkileyen tüm faktörlerin dikkate alındığı yapının, belirli ve belirsiz bilgi yapısı ile açık ve esnek yapısını dikkate almıştır. Kaba küme yaklaşımı ile klasik bir yaklaşımın karar sürecini iyileştirmek için aynı zamanda kriterlere ait ağırlık fonksiyonlarının belirlenmesinde entropi yaklaşımı kullanılarak niteliklerin karar sürecindeki değişim durumu analiz edilebilmektedir. Ayrıca, bu yaklaşım ile karar kurallarına dayalı yeni ve ayarlanabilir bir yaklaşım geliştirilecektir.

Bu çalışma kapsamında ÇKKV algoritmasının geliştirilmesine yönelik çalışma çerçevesinde yer alan kaba küme teorisine ait tanımlamalar ve metodolojik çerçeveye aşağıdaki yer verilmiştir.

Mesafe ölçüsü (4.1) ve (4.2) formülleri dikkate alınarak hesaplanır. ξ_{ij}^{kh} ve ξ_{ij}^{kC} ($1 \leq i, j, k \leq n$) alternatifler arasındaki mesafe ölçüsü x_i ve $x_j \in U$ uzayının öznitelik durumuna göre

dikkate alınmıştır. $C(\xi_{ij}^{kC}, U)$ uzayındaki x_i ve x_j alternatifleri arasındaki uzaklığın ağırlık ölçüsüdür. Uzaklık ölçüsü, $0 \leq \xi_{ij}^{kh} \leq 1$ ve $0 \leq \xi_{ij}^{kC} \leq 1$ sınırlamaları ve mesafe ölçüm değerleri ξ_{ij}^{kh} ve ξ_{ij}^{kC} ile birlikte $n \times n$ U uzayında yer alan verilerin λ benzerlik kriteri ile birlikte değerlendirilerek benzerlik durumları araştırılmıştır.

$$\xi_{ij}^{kh} = \sqrt{f_k(c_h(x_i))^2 - f_k(c_h(x_j))^2} \quad [35] \quad (4.1)$$

$$\xi_{ij}^{kC} = \sum_{k=1}^m w_k \xi_{ij}^{Kh} \quad (4.2)$$

(U, C, K, ω) çok kriterli kaba küme tabanlı karar verme sistemine yönelik bilgi sistemini göstermektedir. ξ_{ij}^{kh} alternatifler arasındaki uzaklık ölçüsünü gösterirken, ξ_{ij}^{kC} ise bu uzaklık değerinin önem durumuan göre almış olduğu ağırlık değerini göstermektedir. x_i ve $x_j \in U$ evreninin karar vericinin değerlendirmesine dayanarak C seti (4.3) denklemi ile gösterildiği gibi niteliğine göre $d_k \in D$ tanımlanmıştır.

$$[x_i]_k^\lambda = \{y \in U \mid \xi_{ij}^{kC} \leq \lambda, \lambda \in [0, 1], k=1, 2, \dots, 1\}, x_i \in U \quad (4.3)$$

λ alternatifler arasındaki uzaklık değerlerini inceleyerek ikili ilişki sınıflarını $x_i \in U$ ile birlikte belirlenir [35].

4.2. Model ve Karar Verme Metodolojisi

Karar verme sürecinde λ - ile birlikte benzerlik ilişkisine derecesine göre veriler sıralanabilmektedir. λ -benzerlik ilişkisine dayalı olan değişken hassasiyetli ile kaba küme modelinde üç temel süreç halinde incelenmiştir.

1. Örnek uzayında kaba küme tabanlı karar verme nesnesinin belirlenerek, problem yapısını oluşturan alternatif ve kriterlerin belirlenmesi;

2. Çözüm uzayına ait kaba küme tabanlı karar verme nesnesinin alt ve üst yaklaşımlarının $\alpha(0 < \alpha \leq 1)$ hassasiyet parametresiyle hesaplanması.
3. Tüm alternatifler için sıralama sonucunu almak ve daha sonra en uygun kararı vermede yardımcı olacak en iyi alternatifini seçilmesi

Şeklinde özetlenebilir.

Dolayısıyla önerilen modelde λ benzerlik ilişkisinin yapısı en temel fonksiyonu oluşturmaktadır. Bu temel fonksiyon; $(0 \leq f_k(c_h(x_i)) \leq 1)$ koşulu altında, tüm alternatiflerin değerlendirilmesi, mevcut kriterlerin eksik yada belirsiz olması durumunda oldukça zordur. Kaba küme yaklaşımı ise bu belirsiz ve eksik veri içeren durumlar için yaklaşık değer ataması gerçekleştirerek, sistem içerisinde yer alan diğer verilerin davranış durumuna göre atama yaparak, verileri değerlendirir.

Karar verme sürecinde belirsizlik yada eksik veri olması durumunda Y_k^+ ve Y_k^- parametreleri dikkate alınarak işlem gerçekleştirilir. Bu parametreler denklem (4.4) ve (4.5)'de gösterilmiştir [35].

$$Y_k^+(x_i) = \max[f_k(c_h(x_i)) | x_i \in U, k = 1, 2, \dots, l; h = 1, 2, \dots, m; i = 1, 2, \dots, n] \quad (4.4) Y_k^-(x_i) = \min[f_k(c_h(x_i)) | x_i \in U, k = 1, 2, \dots, l; h = 1, 2, \dots, m; i = 1, 2, \dots, n] \quad (4.5)$$

Kaba küme uzayını U kümesi ile ifade edersek eğer;

$$Y_k^-(x_i) \leq Y_k^+(x_i) \quad x_i \in U \quad (4.6)$$

$(0 < \alpha \leq 1)$ koşulu altında,

$$\underline{Yakl}_{\sum_{k=1}^l (x_i)_k^\lambda}^\alpha (Y_k^-)(x_i) = \min \left\{ Y_k^-(x_i) \mid \frac{1}{l} \sum_{k=1}^l \chi_{Y_k^-}^{[x_i]_k^\lambda} \geq \alpha, \quad x_i \in U \right\} \quad (4.7)$$

$$\overline{Yakl}_{\sum_{k=1}^l (x_i)_{\lambda_k}^{\alpha}} (Y_k^-)(x_i) = \max \left\{ Y_k^-(x_i) \left| \frac{1}{l} \sum_{k=1}^l \chi_{Y_k^-}^{[x_i]_{\lambda_k}^{\alpha}} \geq \alpha, \quad x_i \in U \right. \right\} \quad (4.8)$$

ve

$$\underline{Yakl}_{\sum_{k=1}^l (x_i)_{\lambda_k}^{\alpha}} (Y_k^+)(x_i) = \min \left\{ Y_k^+(x_i) \left| \frac{1}{l} \sum_{k=1}^l \chi_{Y_k^+}^{[x_i]_{\lambda_k}^{\alpha}} \geq \alpha, \quad x_i \in U \right. \right\} \quad (4.9)$$

$$\overline{Yakl}_{\sum_{k=1}^l (x_i)_{\lambda_k}^{\alpha}} (Y_k^+)(x_i) = \max \left\{ Y_k^+(x_i) \left| \frac{1}{l} \sum_{k=1}^l \chi_{Y_k^+}^{[x_i]_{\lambda_k}^{\alpha}} \geq \alpha, \quad x_i \in U \right. \right\} \quad (4.10)$$

sonuçlarını elde ederiz.

Karar verme bilgi sistemi (U, C, F, ω, μ) sistem içerisinde aşağıdaki özellikleri dikkate almaktadır. Herhangi $\alpha (0 < \alpha \leq 1)$ ve $x_i \in U$,

$$\underline{Yakl}_{\sum_{k=1}^l (x_i)_{\lambda_k}^{\alpha}} (Y_k^-)(x_i) \leq \overline{Yakl}_{\sum_{k=1}^l (x_i)_{\lambda_k}^{\alpha}} (Y_k^+)(x_i) \quad (4.11)$$

Veya

$$\underline{Yakl}_{\sum_{k=1}^l (x_i)_{\lambda_k}^{\alpha}} (Y_k^+)(x_i) \leq \overline{Yakl}_{\sum_{k=1}^l (x_i)_{\lambda_k}^{\alpha}} (Y_k^+)(x_i) \quad (4.12)$$

$$\underline{Yakl}_{\sum_{k=1}^l (x_i)_{\lambda_k}^{\alpha}} (Y_k^-)(x_i) \leq \underline{Yakl}_{\sum_{k=1}^l (x_i)_{\lambda_k}^{\alpha}} (Y_k^+)(x_i) \quad (4.13)$$

veya

$$\overline{Yakl}_{\sum_{k=1}^l (x_i)_{\lambda_k}^{\alpha}} (Y_k^-)(x_i) \leq \overline{Yakl}_{\sum_{k=1}^l (x_i)_{\lambda_k}^{\alpha}} (Y_k^+)(x_i) \quad (4.14)$$

ile ifade edilir.

Minkowsky mesafesi $x(1)$ ve $x(2)$ noktası temel olarak alındığında 4.15 eşitliği ile ifade edilebilmektedir.

$$\delta_k(x_i) = \left(\left| \underline{Yakl}_{\sum_{k=1}^l (x_i)_{\lambda_k}^{\alpha}} (Y_k^+)(x_i) - \underline{Yakl}_{\sum_{k=1}^l (x_i)_{\lambda_k}^{\alpha}} (Y_k^-)(x_i) \right| + \left[\overline{Yakl}_{\sum_{k=1}^l (x_i)_{\lambda_k}^{\alpha}} (Y_k^+)(x_i) - \overline{Yakl}_{\sum_{k=1}^l (x_i)_{\lambda_k}^{\alpha}} (Y_k^-)(x_i) \right] \right) / 2 \quad (4.15)$$

(U,C,K, ω) kaba küme tabanlı karar verme bilgi sisteminde, $[x_i]_{k^{\lambda}}$ ($0 \leq \lambda \leq 1, k=1,2,1$) λ - $x_i \in U$ [35]. Herhangi bir nesnenin benzerlik ilişkisini göstermektedir. Herhangi α_{k-} ve α_{k+} öznitelik kümesine göre α ($0 < \alpha \leq 1$) karar vericiler tarafından verilen karar uzayının en kötü ve en iyi karar verme nesnelere. Herhangi α ($0 < \alpha \leq 1$) aralığında;

$$\delta(x_i) = \sum_{k=1}^l \lambda_k \delta_k(x_i), \quad x_i \in U \quad (4.16)$$

Alternatiflerin sıralama biçimlerinde dikkate alınan parametre ise $\delta(x_i)$ alternatifin optimal endeks fonksiyonu $x_i \in U$ üzerinde (U,C,K, ω) gösterilir.

Karar verme problem yapısında ise; $U = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ ayrık bir alternatifler kümesini temsil etmekte ve $C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$ kriterler-öznitelikler kümesini ifade ederken, $\omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m\}$ kriterlere ait ağırlık vektörünü göstermektedir. Tüm alternatiflerin değerlendirilmesi, C kriterlerinin ağırlık değerleri ile birlikte tüm özelliklerine göre önerilen algoritma yapısı ile birlikte sınıflandırma işlemini $\omega_j \geq 0$, $\sum_{j=1}^m \omega_j = 1$ durumlarını kapsamaktadır. $F = \{f_k | k=1,2,\dots,l\}$ U uzayından C kriterler kümesini, $f_k: U \times C \rightarrow V_k$ ve $V_k = U$ $c_h \in C$ V_h ($h=1,2,\dots,m$) C ayarlanan kriterinin etki alanını göstermektedir.

4.3. Çoklu Kaba Küme Tabanlı Karar Modelinin Adımları

Çoklu kaba küme tabanlı bilgi sistemi (U,C, K, ω) değişkenlerinden oluşmaktadır. Sistem uzayını $U = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ ile ifade ederken, sistem içerisinde yer alan kriterler veya öznitelik kümesi $C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$ ile sembolize edilirken kriterlere ait olan ağırlık değerleri ise ve $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m)$ ağırlık vektörü ile sembolize edilmektedir. Sistem içerisinde yer alan değişkenler, $\omega_h \geq 0$ koşulu ile, $\sum \omega_h = 1$ m adet ağırlık değerinin toplam değeri 1' eşit olması koşulunu sağlamalıdır [8].

Kaba küme tabanlı karar modeli λ benzerlik durumunu dikkate alarak Tablo 4.1.'de yer alan algoritmada, işlem basamakları geliştirilmiştir.

Tablo 4.1. Kaba Küme Tabanlı ÇKKV Algoritması

<p>Algoritma 1</p> <p>Girdi</p> <p>(U, C, K, ω) durum uzayında kaba küme bilgi sistemine ait verilerin girilmesi</p> <p>Çıktı</p> <p>Alternatif durumlarının sıralanması;</p> <p>[Adım1.] Pawlak yaklaşımı dikkate alınarak, veri giriş uzayının (U, K) ve Sınır=(Alt, Üst) değerlerinin tanımlanması.</p> <p>[Adım2.] Üst yaklaşım fonksiyonunun tanımlanması ve hesaplanması, $\text{Üst}^{-K}(S)$.</p> <p>[Adım3.] Tüm kriter fonksiyonlarının çekirdek bölgeleri yani orta noktalarının bulunması</p> <p>[Adım4.] Çekirdek fonksiyonuna olan uzaklık değerini değerlendirmek üzere λ eşik değerinin belirlenmesi.</p> <p>[Adım5.] Mesafe ölçüsü aşağıdaki formüller dikkate alınarak hesaplanır ve ξ_{ij}^{kh} ve ξ_{ij}^{kC} ($1 \leq i, j, \leq n$)</p> $\xi_{ij}^{kh} = \sqrt{f_k(c_h(x_i))^2 - f_k(c_h(x_j))^2}$ $\xi_{ij}^{kC} = \sum_{h=1}^m w_h \xi_{ij}^{kh}$ <p>[Adım6.] λ ($0 \leq \lambda \leq 1$) eşik değerinin belirlenir ve λ-benzerlik sınıfları tüm veri için uygulanması.</p> $[x_i]_k^\lambda = \{y \in U \mid \xi_{ij}^{kC} \leq \lambda, \quad \lambda \in [0,1], \quad k = 1, 2, \dots, l\}, \quad x_i \in U$ <p>[Adım7.] Her bir veri için alt ve üst yaklaşım parametreleri; A_{k+} ve A_{k-} değerlerinin atanması.</p> <p>[Adım8.] α hassas parametresinin ($0 < \alpha \leq 1$) koşulu altında ayarlanması</p> <p>[Adım9.] Hesaplama α parametresi ile birlikte alt ve üst yaklaşımları hesaplandığında;</p> $\underline{Yakl}_{\sum_{k=1}^l (x_i)_k^\lambda}^\alpha (Y_k^-), \overline{Yakl}_{\sum_{k=1}^l (x_i)_k^\lambda}^\alpha (Y_k^-)$ $\underline{Yakl}_{\sum_{k=1}^l (x_i)_k^\lambda}^\alpha (Y_k^+), \overline{Yakl}_{\sum_{k=1}^l (x_i)_k^\lambda}^\alpha (Y_k^+);$ <p>Kriter durumları dikkate alınarak değerlendirilir.</p> <p>[Adım10.] Girdilerin eşik değerlerinin $\lambda : A \rightarrow [0, 1]$, kaba küme içerisinde $t \in [0, 1]$ aralığında verilen eşik değerine göre (U,V,K,w) kaba kümesine göre karşılaştırılması.</p> <p>[Adım11.] Optimal karar e_j eğer $S^{-K}(e_j) = V_i \in \{1, 2, \dots, m\} S^{-K}(e_i)$ kuralının seçilmesi.</p> <p>[Adım12.] $\delta_k(x_i)$ Sıralama fonksiyonunu hesaplama;</p> <p>[Adım13.] $\delta(x_i)$ Optimal indeks fonksiyonunun hesaplanması ve sıralamanın optimal indeks fonksiyonunun değerlerine göre sunulması.</p>

BÖLÜM 5. UYGULAMA

Bu çalışmada amaç kaba küme tabanlı ÇKKV algoritması geliştirilerek karar destek modeli ile birlikte bütünleşik bir yapıda, genel amaçlı bir yapı ile birlikte kullanıma sunmaktır. Çok fazla kriterden oluşan problemlerin çözümüne yönelik geliştirilen algoritma ile birlikte problemin tanımlanması ve uygulanması hedeflenmiştir. Kaba küme tabanlı ÇKKV yapısına uygun olarak özgün bir algoritma geliştirilmiş ve geliştirilen bu algoritma Mei ve arkadaşlarının geliştirmiş oldukları gemi imalat süreç planlarının değerlendirilmesine ait veri kümesi geliştirilen algoritmaya uygulanmış ve test edilmiştir [8]. Bu bölümde gemi imalat süreci hakkında kısa bilgiler yer almakla birlikte, algoritmaya ait işlem basamakları uygulama üzerinde detaylı olarak verilmiştir.

5.1. Problemin Tanımı

Gemi yapım inşaatı proje tabanlı üretim modeline girmektedir. Dolayısıyla gemi proje yapısına göre; esnek üretim planları geliştirilerek uygulanabilmektedir. Bu çalışmada geliştirilen kaba küme tabanlı çok kriterli karar verme algoritması, gemi inşa modeli verilerine uygulanarak analiz işlemi gerçekleştirilmiştir. Gemi inşaatı, proje tabanlı bir üretim modeli olmasından dolayı teslim süresinin belirlenmesi, önemli olduğundan belirlenen üretim planı stratejileri arasında doğru kararı vermek gerekir. Dolayısıyla, bilgi akışı, tasarım geliştirme, üretim planlaması, test ve kabul planlaması en önemli işlem basamaklarını oluşturmaktadır. Kısaca gemi imalatı, ham, yarı mamül ve işlenmiş malzemelerin, makine ve teçhizat ile birlikte bir araya getirilmesi sonucunda gerçekleştirilir.

Gemi üretim süreci, sabit konum ve sürece göre üretimi içeren hibrid bir yapıyı kapsamaktadır. Gemi üretimi, siparişe göre üretim yani proje tabanlı üretim yapısı

olduğundan dolayı kullanılan malzemenin üretim esnasında geçeceği işlem süreçlerinin dikkate alınıp gruplandırılması ve kümelendirilmesi gerekmektedir. Gerçekleştirilen işlemin, zaman, maliyet ve kalite açısından değerlendirilmesi, nitelikli olması açısından önemlidir. Gemi inşasında özellikle gövde bloğunun yerleştirilmesi ve gerekli olan ara malzemelerin montaj işlemi oldukça önemlidir. Gövde bloğu, ara ürünleri de kapsayarak gemi yapımında temel işlemi oluşturmaktadır. Gövde bloklarını oluşturmak için çeşitli parçalar birleştirilir. Bu işlem için farklı üretim planları kullanılabilir. Bu kapsamda, alternatif üretim planlarının, çeşitli kriterlere göre değerlendirilmesi ve analiz edilmesi sürecinde kaba küme tabanlı çok kriterli karar verme algoritması geliştirilmiştir. Mei ve diğerlerinin [8] yapmış olduğu çalışmadaki veri kümesinden yararlanılmıştır. Bu veri kümesinin tercih edilmesindeki sebep farklı yöntemler daha önceden bu veri kümesine uygulanmış ve elde edilen sonuçların karşılaştırması yapılmıştır. Bu çalışmada ise bulanık AHP ve kaba küme tabanlı ÇKKV metodu test edilmiştir.

Planlama modeli ile birlikte, kullanılacak kaynaklar yani işgücü, malzeme ve üretim stratejileri belirlenerek, hangi işin ne kadar zamanda, ne kadarlık bir işgücü gereksinimi ve malzeme ile yapılacağı belirlenmiş olmaktadır.

Proje tipi üretim planlama modeli, ara ürünlerin süreç rotalarına dayanarak, ara ürünlerin üretim planlarını değerlendirmekte ve en yüksek verimi elde etmek için üretim kaynaklarını tam olarak kullanmaları için karar desteği sağlamaktadır.

Trostman ve diğerlerinin [36] da belirttiği gibi sipariş tipi üretim süreci için geliştirilecek olan üretim planları aşağıdaki özellikleri taşımaktadır:

1. Ürün her yeni siparişte yeniden tasarlanır;
2. Müşteri siparişleri sadece bir ürünlük sipariştendir;
3. Ürün yalnızca bir kez üretilir ve aynı üründen nadiren tekrar üretilir; ürünün tekrar üretilmesi durumunda sabit bir üretim süresi yoktur;
4. Üretim istikrarı düşüktür ve üretim ve süreç uzmanlaşma derecesi düşüktür; işin çoğu çok işlem gerektirir;

5. Üretim otomasyon seviyesi nispeten düşüktür. Sipariş tipi üretimlere örnek ağır sanayilerden verilebilir. Bunlar, gemi yapımı, kapsamlı, fonksiyonlu makine yapımı, çelik yapı yapımı, özel ekipman ve kazan üretimi gibi.

Farklı süreçlere sahip üretim planları, farklı karar vericilerin (ürün tasarım departmanı, üretim departmanı ve üretim teknolojisi departmanı) ortak katılımıyla formüle edilir ve her bölüm, kendi hedefine göre üretimde işbirliği yapar.

Sipariş tipi üretimde ara ürünlerin üretim planı seçimi, aşağıdaki özelliklere sahip olan çok kriterli bir karar verme problemi haline getirilir:

1. Karar verme probleminin birden fazla kriteri dikkate alınır: (örneğin üretim zamanı, üretim maliyeti ve işgücü tahsisi, vb.)
2. Çok kriterli karar verme probleminin kriterleri orantısızdır, bu da birleştirilmiş bir ölçüm standardı veya çoklu kriterler için ölçüm birimleri olmadığı durumunu gösterir.
3. Birden fazla kriter arasında çatışmalar olabilir. Belirli bir ölçüt değerini iyileştirebilen bir üretim şeması tipik olarak başka bir hedef değerini bozulmasına yol açabilir.

5.2. Probleme ait Alternatif ve Kriterlerin Özellikleri

Sipariş tipi üretimde, üretime yönelik plan tasarımı ve alternatif planlar içerisinde uygun planın seçilmesi oldukça önemlidir. Gemi yapımını örnek olarak kullanmak suretiyle, gövde parçaları, gövde bileşenleri, donanım birimleri, donanım paleti ve tekne blokları, üretim sürecinin belirli bir seviyenin ara ürünleridir.

Alternatif üretim planları oluşturulurken dikkate alınan temel parametreler ise; üretim kapasitesi, yani gemi inşası esnasında; tersane üretim kapasitesi faktörü ele alınırken: tekne atölye ve donatı atölyesinin işlem kapasitesi, gemi inşa rıhtım ve atölyesinin kaldırma ve taşıma kapasitesi ve montaj kaynak atölyesinin üretim alanı dikkate alınmıştır. Bununla birlikte yerleşim düzeni faktörleri ile birlikte gerçekleştirilen

işlem, kalıplama, kaynak bölgesi, depo alanının birbirlerine olan uzaklıkları da göz önünde bulundurulmuştur. Aynı zamanda iş yükü dengesi de dikkate alınarak iş atamaları dengeli ve koordineli bir şekilde gerçekleştirildiği varsayılmıştır [37].

Bu çalışmada kullanılan çift tabanlı bir gövde bloğunun dört farklı montaj alternatif işlemini tanıtmıştır. Kong ve diğ. (2006) [37] kısaca, tipik çift-alt gövde blok montajı için üretim şemasını tanıtmıştır ve montaj işlemleri A, B, C, D olarak aşağıdaki gibi tarif etmiştir:

Yapı Şeması A (Alternatif A): İç kısımdaki N adet eklemli levhalara kaynak işlemi uygulanır ve ardından iç taban boyuna çerçevesi monte edilir. Montajdan sonra, nervürlü plakalar asılır ve sonra uzunlamasına çerçeve ve iç taban, nervürlü parçalar ile iç tabanı ve nervürlü parçalar uzunlamasına çerçeveye kaynakla birleştirilir. Kaynak işleminden sonra, kaynak çerçevesi ters çevrilir ve üzerine dış alt plaka B'ye yerleştirilir (dış alt plaka önce birleştirildi ve sonra otomatik olarak kaynaklandı; ayrıca, uzunlamasına çerçeve zaten monte edildi). Dış tabanın ve iskelet yapısı son kaynak işlemi ile birleştirilir.

Yapı Şeması B (Alternatif B): İç kısımdaki N eklemli levhaları otomatik olarak kaynaklanır ve ardından iç taban uzunlamasına çerçeveye kaynak işlemi ile birleştirilir. Montajdan sonra, nervürlü plakalar asılır ve sonra uzunlamasına çerçeveye, iç tabana, nervürlü parçalar birleştirilir. İç tabanı ve nervürlü plakaları ve uzunlamasına çerçeveye kaynak işlemiyle birleştirilir. Kaynak işleminden sonra, dış alt uzunlamasına çerçeveye asılır ve birleştirilir. Ardından dış alt plaka B üzerine yerleştirilir (dış alt plaka önce birleştirilir ve sonra otomatik olarak kaynaklanır). Ayrıca, tüm gövde bloğunu ters çevirilir. Son olarak, dış taban plakası, dış taban boyuna çerçevesi ile birlikte nervürlü levhalar kaynaklanır.

Yapı Şeması C (Alternatif C): İç kısımdaki N eklemli levhaları otomatik olarak kaynaklanır ve ardından iç taban uzunlamasına çerçeveye birleştirilir ve kaynaklanır. Dış taban plakası B birleştirilir ve daha sonra kaynaklanır. Bir sonraki işlemde, dış alt boyuna çerçeveye birleştirilir ve boyuna doğrultuda çerçeveye kaynak yapılır. Ayrıca, iç alt plakadaki nervürlü plakalar birleştirilir ve kaynak işlemi gerçekleştirilir. Kaynak

sonrası, kaynak çerçevesi ters çevrilir; dış alt plaka üzerine yerleştirilir ve kaynak işlemi yapılır.

Yapı Şeması D (Alternatif D): Eklemeli levhaları dış alt plaka B'ye kaynak yapılır. Ardından, N eklemeli panolara iç tabanda kaynak işlemi uygulanır. Ek olarak, iç taban boyuna çerçeve birleştirilir ve kaynak işlemi uygulanır. Daha sonra, iç alt plakadaki nervürlü plakalar birleştirilir ve kaynak yapılır. Daha sonra, dış alt plaka ve uzunlamasına çerçevenin yapısını oluşturulan çerçeveye yerleştirilir ve birleştirilir. Son olarak, gövde bloğu ters çevrilir ve ardından dış taban plakası ile ilgili bileşenlere kaynak işlemi uygulanır.

Bu nedenle, teknoloji ve ekonomi açısından en makul üretim planını elde etmek amacıyla, sipariş tipi üretim, geçici ürün grubu bölümü ve üretim planı seçimi, üretim durumuna, bina teknolojisi, ürün yapısı özellikleri vb. faktörler, ara ürün grubu bölümü ve üretim planları üzerinde farklı etki derecelerine sahiptir ve üretim şemaları / işlemlerini değerlendirmedeki bilgiler genellikle bulanık ve eksiktir, sinerjileri doğru bir şekilde yansıtmak için bulanık bir kapsamlı değerlendirme yöntemi kullanmak gerekir.

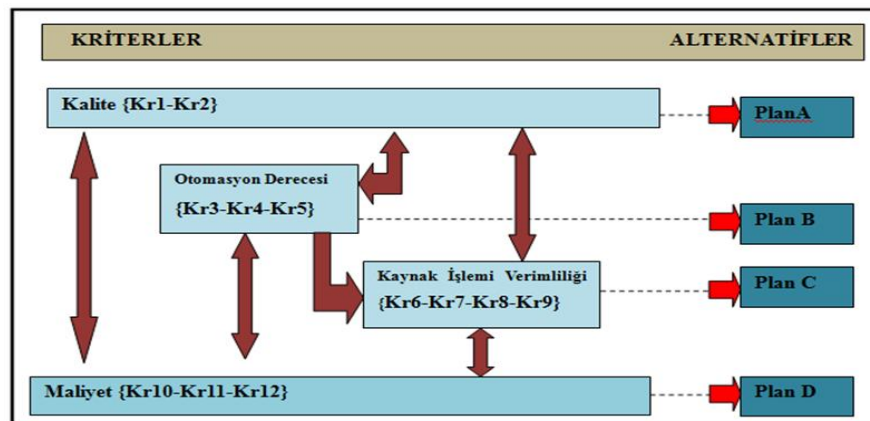
5.3. Probleme ait Alternatif ve Kriter Değerleri

Bu çalışmada dikkate alınan kriterler 4 ana grup altında toplanmıştır. Bunlar kalite; otomasyon derecesi; kaynak işlem verimliliği ve maliyet verimliliği şeklinde ifade edilmektedir. Kalite parametresi altında, işlem hassasiyeti ile sınıflandırma dikkate alınırken otomasyon derecesinde ayar yeteneği, otomasyon cihazlarının kullanım oranı, otomasyon derecesi değerleri ele alınmıştır. Kaynak işlemi verimliliği, gemi yapım işleminde en önemli faktör olduğu için burada 4 adet alt kriter dikkate alınmıştır. Bunlar ise, aşağıya doğru kaynak işlem oranı, torna işlemi sayısı, yardımcı önlemler, montaj zorluğudur. Maliyet verimliliğinde ise, zaman yönetimi, çalışan

Tablo 5.1. Gövdeli blok yapı şemasına ait endeks verileri

Değerlendirme endeksleri Kriter Bileşenleri	Ağırlık	Değerlendirme programları			
		A	B	C	D
<u>Kalite (1)</u>	0.25				
A1. İşlem hassasiyeti (1-1) 0.2	0.5	1.0	0.8	0.4	
A2. Sınıflandırma (1-2) 0.4	0.5	1.0	0.8	0.6	
<u>Otomasyon derecesi (2)</u>	0.25				
B1. Ayar yeteneği (2-1) 0.4	0.25	0.8	1.0	0.8	
B2. Otomasyon cihazlarının kullanım oranı (2-2) 0.2	0.5	1.0	0.8	0.4	
B3. Otomasyon derecesi (2-3) 0.2	0.25	1.0	0.8	0.4	
<u>Kaynak İşlemi verimliliği (3)</u>	0.30				
C1. Aşağıya doğru kaynak işlem oranı (3-1) 0.4	0.33	0.8	1.0	0.8	
C2. Torna işlemi sayısı (3-2) 0,8	0,33	0,0	0,4	1,0	
C3. Yardımcı önlemler (3-3) 0.4	0.17	0.4	0.8	1.0	
C4. Montaj zorluğu (3-4) 0.8	0.17	0.0	0.4	1.0	
<u>Maliyet verimliliği (4)</u>	0,20				
D1. Zaman Yönetimi (4-1) 0.4	0.34	1.0	0.8	0.6	
D2. Çalışan sayısı (4-2) 0.6	0.33	0.2	0.4	1.0	
D3. Mevcut ekipman kullanım oranı (4-3) 0.0	0.33	1.0	0.8	0.6	

sayısı, mevcut ekipman kullanımını şeklindedir. Dolayısıyla bu belirlenmiş olan kriterler aynı zamanda dört alternatif üretim planı ile birlikte değerlendirilmiştir. Bu kriterlerin listesi Tablo 5.1.'de gösterilmiş ve kriterler ile alternatifler arasındaki ilişki ise Şekil 5.3.'de gösterilmiştir[46].



Şekil 5.1. Uygulamayı oluşturan Kriterler ve Alternatifler

5.4. Kaba Küme Tabanlı ÇKKV Tekniğinin Uygulanması

4. Bölümde ele alınan ve Tablo 4.1.'de gösterilen Algoritma 1'in işlem basamakları, kriterler ve alternatiflerin değerlendirilmesi sürecinde ele alınmıştır. Adım 5 ve Adım 6 işlem basamaklarını kriterlere uygulanması sonucu elde edilen ξ_{ij}^{kc} sonuç değerleri Tablo 5.2.'de verilmiştir.

Tablo 5.2 .Kriterler için (Adım1-Adım5)in uygulama sonuçları

Ağırlık	0,125	0,125	0,0625	0,125	0,0625	0,0825	0,0825	0,0425	0,0425	0,085	0,0825	0,0825
Kriterler	Kr1	Kr2	Kr3	Kr4	Kr5	Kr6	Kr7	Kr8	Kr9	Kr10	Kr11	Kr12
Kr1		0,14629	0,22391	0	0	0,22391	0,59145	0,34127	0,59145	0,67926	0,47285	0,14629
Kr2	0,14629		0,13051	0,14629	0,14629	0,13051	0,49261	0,26797	0,49261	0	0,44108	0,25
Kr3	0,22391	0,13051		0,22391	0,22391	0	0,45349	0,18210	0,45349	0,13051	0,34832	0,28201
Kr4	0	0,14629	0,22391		0	0,22391	0,59145	0,34127	0,59145	0,14629	0,47285	0,14629
Kr5	0	0,14629	0,22391	0		0,22391	0,59145	0,42007	0,53368	0,14629	0,47285	0,14629
Kr6	0,22391	0,13051	0	0,22391	0,22391		0,45349	0,18210	0,45349	0,13051	0,34832	0,28201
Kr7	0,59145	0,49261	0,45349	0,59145	0,59145	0,45349		0,32652	0,5	0,49261	0,12381	0,65587
Kr8	0,34127	0,26797	0,18210	0,34127	0,42007	0,18210	0,32652		0,32652	0,26797	0,20917	0,36648
Kr9	0,59145	0,49261	0,45349	0,59145	0,53368	0,45349	0,5	0,32652		0,49261	0,14475	0,65587
Kr10	0,67926	0	0,13051	0,14629	0,14629	0,13051	0,49261	0,26797	0,49261		0,38429	0,25
Kr11	0,47285	0,44108	0,34832	0,47285	0,47285	0,34832	0,12381	0,20917	0,14475	0,38429		0,52219
Kr12	0,14629	0,25	0,28201	0,14629	0,14629	0,28201	0,65587	0,36648	0,65587	0,25	0,52219	

Tablo 5.3. Kriterler için (Adım6-Adım10)in $\lambda=0,25$ için uygulama sonuçları

$\lambda=0,25$	Eşik değerine sahip Kriterler	Kaba Küme Tabanlı ÇKKV	Sıralama
Kr1	Kr2-Kr3-Kr4-Kr5-Kr6-Kr12	0,062823365	6
Kr2	Kr1-Kr3-Kr4-Kr5-Kr6-Kr10-Kr12	0,08526546	3
Kr3	Kr1-Kr2-Kr4-Kr5-Kr6-Kr8-Kr10	0,105121522	1
Kr4	Kr1-Kr2-Kr3-Kr5-Kr6-Kr10-Kr12	0,075258083	4
Kr5	Kr1-Kr2-Kr3-Kr4-Kr6-Kr10-Kr12	0,075258083	4
Kr6	Kr1-Kr2-Kr3-Kr4-Kr5-Kr8-Kr10	0,105121522	1
Kr7	Kr11	0,010214353	9
Kr8	Kr3-Kr6-Kr11	0,043661834	7
Kr9	Kr11	0,011942285	8
Kr10	Kr2-Kr3-Kr4-Kr5-Kr6-Kr12	0,066979109	5
Kr11	Kr7-Kr8-Kr9	0,02525646	
Kr12	Kr1-Kr2-Kr4-Kr5-Kr10	0,098215877	2

Tablo 5.3.'de Algoritma 1'in Adım 8-Adım 10 arasındaki işlem basamakları $\lambda=0.25$ için Tablo 5.4.'de $\lambda=0.45$ ve Tablo 5.5.'de $\lambda=0.65$ için sonuç değerleri verilmiştir.

Bu tablolardan elde edilen değerler incelendiğinde $\lambda=0.25$ ve $\lambda=0.45$ benzerlik durumlarının Kr3 ve Kr6 en yüksek değere yani en yüksek önem derecesine sahip iken, $\lambda=0.25$ için Kr7 ve Kr9 en düşük önem derecesine sahiptir. $\lambda=0.45$ için Kr 11 ve Kr 7 en düşük önem derecesine sahip kriterler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bununla birlikte $\lambda=0.65$ için ise Kr 9 ile Kr 7 en yüksek önem derecesine sahipken, Kr10 ile Kr1 en düşük önem derecesine sahip faktördür.

Tablo 5.4. Kriterler için (Adım6-Adım10)in $\lambda=0.45$ için uygulama sonuçları

$\lambda=0,45$		Kaba Küme Tabanlı ÇKKV	Sıralama
Eşik değerine sahip Kriterler		İndeks Sonuçları	
Kr1	Kr2-Kr3-Kr4-Kr5-Kr6-Kr8-Kr12	0,062823365	6
Kr2	Kr1-Kr3-Kr4-Kr5-Kr6-Kr8-Kr10-Kr11-Kr12	0,08526546	3
Kr3	Kr11-Kr12	0,105121522	1
Kr4	Kr1-Kr2-Kr3-Kr5-Kr6-Kr8-Kr10-Kr12	0,075258083	4
Kr5	Kr1-Kr2-Kr3-Kr4-Kr6-Kr8-Kr10-Kr12	0,075258083	4
Kr6	Kr1-Kr2-Kr3-Kr4-Kr5-Kr7-Kr8-Kr9-Kr10-Kr11-Kr12	0,105121522	1
Kr7	Kr3-Kr6-Kr8-Kr11	0,010214353	10
Kr8	Kr1-Kr2-Kr3-Kr4-Kr5-Kr6-Kr7-Kr9-Kr10-Kr11-Kr12	0,043661834	7
Kr9	Kr3-Kr6-Kr8-Kr11	0,011942285	9
Kr10	Kr2-Kr3-Kr4-Kr5-Kr6-Kr8-Kr11-Kr12	0,066979109	5
Kr11	Kr2-Kr3-Kr6-Kr7-Kr8-Kr9-Kr10	0,02525646	8
Kr12	Kr1-Kr2-Kr3-Kr4-Kr5-Kr6-Kr8-Kr10	0,098215877	2

Tablo 5.5. Kriterler için (Adım6-Adım10)in $\lambda=0.65$ için uygulama sonuçları

$\lambda=0,65$	Kaba Küme Tabanlı ÇKKV	Sıralama
Eşik değerine sahip Kriterler	İndeks Sonuçları	
Kr1 Kr2-Kr3-Kr4-Kr5-Kr6-Kr7-Kr8-Kr9-Kr11-Kr12	0,19027	10
Kr2 Kr1-Kr3-Kr4-Kr5-Kr6-Kr7-Kr8-Kr9-Kr10-Kr11-Kr12	0,19462	9
Kr3 Kr1-Kr2-Kr4-Kr5-Kr6-Kr7-Kr8-Kr9-Kr10-Kr11-Kr12	0,213811	5
Kr4 Kr1-Kr2-Kr3-Kr5-Kr6-Kr7-Kr8-Kr9-Kr10-Kr11-Kr12	0,202705	7
Kr5 Kr1-Kr2-Kr3-Kr4-Kr6-Kr7-Kr8-Kr9-Kr10-Kr11-Kr12	0,203599	6
Kr6 Kr1-Kr2-Kr3-Kr4-Kr5-Kr7-Kr8-Kr9-Kr10-Kr11-Kr12	0,213811	5
Kr7 Kr1-Kr2-Kr3-Kr4-Kr5-Kr6-Kr8-Kr9-Kr10-Kr11-Kr12	0,399377	2
Kr8 Kr1-Kr2-Kr3-Kr4-Kr5-Kr6-Kr7-Kr9-Kr10-Kr11-Kr12	0,282559	4
Kr9 Kr1-Kr2-Kr3-Kr4-Kr5-Kr6-Kr7-Kr8-Kr10-Kr11-Kr12	0,417494	1
Kr10 Kr2-Kr3-Kr4-Kr5-Kr6-Kr7-Kr8-Kr9-Kr11-Kr12	0,171649	11
Kr11 Kr1-Kr2-Kr3-Kr4-Kr5-Kr6-Kr7-Kr8-Kr9-Kr10-Kr12	0,324859	3
Kr12 Kr1-Kr2-Kr3-Kr4-Kr5-Kr6-Kr8-Kr10-Kr11-Kr12	0,197765	8

Tablo 5.6.'da ise 4.bölümde verilen kaba küme tabanlı ÇKKV algoritmasının uygulanması sonucu elde edilen endeks sonuç değerlerine yer verilmiştir. Elde edilen bu sonuç değerlerine göre, kaba küme tabanlı ÇKKV yöntemine göre elde edilen sonuç ile bulanık ÇKKV, ANP ve AHP yöntemlerinde de aynı sonuç elde edilmiştir.

5.5. Değerlendirme Endekslerinin ve Uygun Alternatiflerin Seçimi

Bu çalışma, kalite memnuniyeti, otomasyon derecesi, kaynak verimliliği ve değerlendirme için maliyet oranını içeren dört ana grup birinci seviye değerlendirme endeksinin değerlendirilmesi ve ardından her bir gruba ait kriterin kendi içerisinde değerlendirilmesi yaklaşımı ile birlikte her bir kriter bağımsız olarak incelenmiş ve değerlendirilmiştir. İki seviyeli değerlendirme endeksi sisteminin somut sayısal değerleri aşağıdaki Tablo 5. 1.'de verilmiştir [8]. Verilere uzman araştırmasıyla ve her bir montaj planının tek faktörlü üyelik derecesine dayanarak karar verilmiştir.

Değerlendirme endekslerinin birbirlerine göre göreceli olarak önem sıralamaları uygulanan kaba küme tabanlı ÇKKV yöntemi ile birlikte Tablo 5.6 da verilmiştir.

Tablo 5.6. Adım 1-Adım 13arası işlemlerin ortalama endeks işlem sonuçları

Kriterler	Kaba Küme Tabanlı Ort İndeks		Kriterler	□	Sıralama
	Değeri	Sıralama			
Kr1	0,105305626	11	Kr1	0,144694	1
Kr2	0,125513408	7	Kr2	0,124487	5
Kr3	0,177581257	3	Kr3	0,072419	9
Kr4	0,122575019	9	Kr4	0,127425	3
Kr5	0,123989484	8	Kr5	0,126011	4
Kr6	0,177581257	3	Kr6	0,072419	9
Kr7	0,181111311	2	Kr7	0,068889	10
Kr8	0,202926436	1	Kr8	0,047074	11
Kr9	0,17367071	4	Kr9	0,076329	8
Kr10	0,116233447	10	Kr10	0,133767	2
Kr11	0,163970033	5	Kr11	0,08603	7
Kr12	0,150221513	6	Kr12	0,099778	6

Tablo 5.7.Gemi yapım sürecindeki çoklu endeks verilerinin değerlendirme sonuçları.

Değerlendirme İndeksleri	Entropi Değeri	Entropi Ağırlık Değeri	ANP Ağırlık Değeri	AHP Ağırlık Değeri	Bulanık ÇKKV Ağırlık	Kaba Küme Tabanlı ÇKKV
1.İşlem hassasiyetini basitleştirin (Kr1)	0.5338	0.0885	0.0682	0.0446	0.0718	0.1053
2. Sınıflandırma toplumun gereksinimlerini karşılayın (Kr2)	0.6161	0.0729	0.0687	0.1979	0.0598	0.1255
3. Ayar yeteneği (Kr3)	0.6412	0.0681	0.0682	0.0914	0.0550	0.1775
4. Otomasyon cihazlarının kullanım oranı (Kr4)	0.5338	0.0885	0.0771	0.1175	0.0813	0.1225
5. Otomasyon derecesi (Kr5)	0.6412	0.0681	0.0653	0.1760	0.0526	0.1239
6. Aşağıdan aşağıya kaynak işleminin işletme oranı (Kr6)	0.4868	0.0975	0.0771	0.0759	0.0897	0.1775
7. Devir sayısı (Kr7)	0.5838	0.0790	0.0653	0.0744	0.0622	0.1811
8. Yardımcı önlemler (Kr8)	0.4868	0.0975	0.0796	0.0511	0.0933	0.2029
9. Montaj yapısının zorluğu (Kr9)	0.5838	0.0790	0.0964	0.0388	0.0909	0.1736
10. Zaman Yönetimi (Kr10)	0.4868	0.0975	0.0796	0.0637	0.0933	0.1162
11. Çalışan sayısı (Kr11)	0.6161	0.0729	0.1282	0.0397	0.1112	0.1639
12. Mevcut ekipman kullanım oranı (Kr12)	0.5242	0.0904	0.1282	0.0288	0.1388	0.1502

Tablo 5.8. Her bir alternatifin kriterler için değerleri

		Kr1	Kr2	Kr3	Kr4	Kr5	Kr6	Kr7	Kr8	Kr9	Kr10	Kr11	Kr12
ORJINAL	Ağırlık	0.5	0.5	0.25	0.5	0.25	0.33	0.33	0.17	0.17	0.34	0.33	0.33
VERİ	Plan A	1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	0.8	0	0.4	0.0	1.0	0.2	1.0
	Plan B	0.8	0.8	1.0	0.8	0.8	1.0	0.4	0.8	0.4	0.8	0.4	0.8
	Plan C	0.4	0.6	0.8	0.4	0.4	0.8	1	1.0	1.0	0.6	1.0	0.6
	Plan D	0.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.4	0.8	0.4	0.8	0.4	0.6	0.0

Tablo 5.8.'de ise kaba küme tabanlı ÇKKV yönteminin uygulanacağı veri setinin %10-%15-%20 ve %25 eksik hatalı ve kusurlu olması durumlarının yer aldığı veriler Tablo 5.9.'de gösterilmiştir.

Tablo 5.9. %10-%15-%20 ve %25 eksik hatalı ve kusurlu olması durumlarına ait veri kümesi

(%10 Eksik-Kusurlu Veri)		Kr1	Kr2	Kr3	Kr4	Kr5	Kr6	Kr7	Kr8	Kr9	Kr10	Kr11	Kr12
	Ağırlık		0.5	0.5	0.25	0.5	0.25	0.33	0.33	0.17	0.17	0.34	0.33
Plan A		1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	0.8	0	0.4	0.0	1.0	0.2	1.0
Plan B		0.8	0.8	1.0	0.8	0.8	1.0	0.4	0.8	0.4	0.8	0.4	0.8
Plan C		0.4	0.6	0.8	0.4	0.4	0.8	1	1.0	1.0	0.6	1.0	0.6
Plan D		0.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.4	0.8	0.4	0.8	0.4	0.6	0.0
(%15 Eksik-Kusurlu Veri)		Kr1	Kr2	Kr3	Kr4	Kr5	Kr6	Kr7	Kr8	Kr9	Kr10	Kr11	Kr12
	Ağırlık		0.5	0.5	0.25	0.5	0.25	0.33	0.33	0.17	0.17	0.34	0.33
Plan A		1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	0.8	0	0.4	0.0	1.0	0.2	1.0
Plan B		0.8	0.8	1.0	0.8	0.8	1.0	0.4	0.8	0.4	0.8	0.4	0.8
Plan C		0.4	0.6	0.8	0.4	0.4	0.8	1	1.0	1.0	0.6	1.0	0.6
Plan D		0.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.4	0.8	0.4	0.8	0.4	0.6	0.0
(%20 Eksik-Kusurlu Veri)		Kr1	Kr2	Kr3	Kr4	Kr5	Kr6	Kr7	Kr8	Kr9	Kr10	Kr11	Kr12
	Ağırlık		0.5	0.5	0.25	0.5	0.25	0.33	0.33	0.17	0.17	0.34	0.33
Plan A		1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	0.8	0	0.4	0.0	1.0	0.2	1.0
Plan B		0.8	0.8	1.0	0.8	0.8	1.0	0.4	0.8	0.4	0.8	0.4	0.8
Plan C		0.4	0.6	0.8	0.4	0.4	0.8	1	1.0	1.0	0.6	1.0	0.6
Plan D		0.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.4	0.8	0.4	0.8	0.4	0.6	0.0
(%25 Eksik-Kusurlu Veri)		Kr1	Kr2	Kr3	Kr4	Kr5	Kr6	Kr7	Kr8	Kr9	Kr10	Kr11	Kr12
	Ağırlık		0.5	0.5	0.25	0.5	0.25	0.33	0.33	0.17	0.17	0.34	0.33
Plan A		1.0	1.0	0.8	1.0	1.0	0.8	0	0.4	0.0	1.0	0.2	1.0
Plan B		0.8	0.8	1.0	0.8	0.8	1.0	0.4	0.8	0.4	0.8	0.4	0.8
Plan C		0.4	0.6	0.8	0.4	0.4	0.8	1	1.0	1.0	0.6	1.0	0.6
Plan D		0.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.4	0.8	0.4	0.8	0.4	0.6	0.0

5.6. AHP Yöntemi İle Verilerin Analiz Edilmesi

AHP yöntemi ile hiyerarşik olarak verilerin analiz edilmesi sürecinde ikili olarak faktörlerin karşılaştırılması ve karşılaştırılan bu faktörler Saaty tarafından geliştirilen ölçek ile birlikte derecelendirilmesi süreci yer almaktadır. Karşılaştırma işlemi esnasında 3 adet uzman görüşüne başvurulmuş ve bu uzmanların ortak görüşlerine yer

verilmiştir. Kriterlerin ve seçeneklerin karşılaştırma matrisi Tablo 5.10'da verilmiştir. Tablo 5.11.'de ise oluşturulan ikili karşılaştırma matrisinin normalize edilmiş biçimi yer almaktadır. Elde edilen normalize matrisin her bir satırının ortalaması alınarak her bir kriter için önem derecesi olan ağırlık değerleri elde edilmektedir. Daha sonra kriterler için gerçekleştirilen karşılaştırma işlemleri daha sonra aynı uzmanlar tarafından alternatif durumlar için değerlendirilmiştir.

Tablo 5.10. Kriterlerin ikili karşılaştırma matris gösterimi

	1. İşlem hassasiyetini basitleştirin (1-1)	2. Sınıflandırma toplumun gereksinimlerini karşılayın (1-2)	3. Ayar yeteneği (2-1)	4. Otomasyon cihazlarının kullanım oranı (2-2)	5. Otomasyon derecesi (2-3)	6. Aşağıdan aşağıya kaynak işleminin işletme oranı (3-1)	7. Devir sayısı (3-2)	8. Yardımcı önlemler (3-3)	9. Montaj yapısının zorluğu (3-4)	10. Süre harcamaları (4-1)	11. Çalışan sayısı (4-2)	12. Mevcut ekipman kullanım oranı (4-3)
1. İşlem hassasiyetini basitleştirin (1-1)	1	0,333	0,5	0,4	0,33	0,5	0,4	0,5	1	3,33	2,5	0,5
2. Sınıflandırma toplumun gereksinimlerini karşılayın (1-2)	3	1	10	5	3,33	0,67	5	2,5	3,33	1,67	5	2,5
3. Ayar yeteneği (2-1)	2	0,1	1	0,33	0,5	5	3,33	2,5	10	2,5	1,4	1,3
4. Otomasyon cihazlarının kullanım oranı (2-2)	2,5	0,2	3	1	0,33	3,33	2	10	3,33	2,5	5	2
5. Otomasyon derecesi (2-3)	2	0,3	2	3	1	10	10	5	10	0,5	3,3	5
6. Aşağıdan aşağıya kaynak işleminin işletme oranı (3-1)	1	1,5	0,2	0,3	0,1	1	5	2	0,5	1	2	3,3
7. Devir sayısı (3-2)	0,3	0,2	0,3	0,5	0,1	0,2	1	5	10	3,33	2	3,3
8. Yardımcı önlemler (3-3)	0,4	0,4	0,4	0,1	0,2	0,5	0,2	1	0,5	3,33	5	2
9. Montaj yapısının zorluğu (3-4)	2	0,3	0,1	0,3	0,1	2	0,1	2	1	0,5	0,5	1,3
10. Süre harcamaları (4-1)	3	0,6	0,4	0,4	2	1	0,3	0,3	2	1	0,3	1
11. Çalışan sayısı (4-2)	0,4	0,2	0,7	0,2	0,3	0,5	0,5	0,2	2	3	1	2
12. Mevcut ekipman kullanım oranı (4-3)	0,2	0,4	0,8	0,5	0,2	0,3	0,3	0,5	0,8	1	0,5	1
TOPLAM	17,8	5,533	19,4	12	8,5	25	28,1	31,5	44,5	23,7	29	25

Tablo 5.12. Veri kümesi

PLAN A	0,366	0,366	0,29	0,37	0,37	0,29	0	0,15	0	0,37	0,1	0,4
PLAN B	0,303	0,303	0,38	0,3	0,3	0,38	0,15	0,3	0,15	0,3	0,2	0,3
PLAN C	0,153	0,229	0,31	0,15	0,15	0,31	0,38	0,38	0,38	0,23	0,4	0,2
PLAN D	0,125	0,25	0,25	0,13	0,13	0,25	0,5	0,25	0,5	0,25	0,4	0
Toplam	0,947	1,148	1,23	0,95	0,95	1,23	1,03	1,08	1,03	1,15	1	0,9

Tablo 5.13. Normalize edilmiş değerler

PLAN A	0,3865	0,319	0,24	0,39	0,39	0,24	0	0,14	0	0,32	0,1	0,4
PLAN B	0,32	0,264	0,31	0,32	0,32	0,31	0,15	0,28	0,15	0,26	0,2	0,3
PLAN C	0,1616	0,199	0,25	0,16	0,16	0,25	0,37	0,35	0,37	0,2	0,4	0,3
PLAN D	0,132	0,218	0,2	0,13	0,13	0,2	0,48	0,23	0,48	0,22	0,4	0
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tablo 5.14. Alternatif durumların AHP yöntemi ile değerlendirme sonuçları

PLAN A	0,2756
PLAN B	0,2757
PLAN C	0,2312
PLAN D	0,2174

5.7. Sonuç Değerlerinin Karşılaştırılması

Entropi ağırlıklı ANP bulanık kapsamlı değerlendirme yöntemi sayesinde, üç ikinci seviye endeks ağırlığının (zaman harcamaları; çalışan sayısı; mevcut ekipman kullanım oranı) toplamı 0.3433'tür (Tablo 5.3), bu da maliyetin ağırlık oranını arttırmaktadır. Aynı zamanda, rasyonellik endeksini ve gövde blok binasındaki çalışma süresi harcamasının ve işçi sayısının etkisini artırır. Gerçekleştirilen kaba küme tabanlı ÇKKV tekniği ile B > A > C > D şeklinde bir sıralama elde edilmiş ve bu elde edilen sıralama ile B planının tercih edilmesi gerekecektir. Tablo 5.15.'de alternatifler için Adım 1-5 arasındaki işlem sonuçları yer alırken, Tablo 5.16.'da alternatifler için (Adım6-Adım15)in $\lambda=0.25$ için uygulama sonuçları, Tablo 5.17.'de $\lambda=0.35$ için ve Tablo 5.18.'da $\lambda=0.45$ için endeks değerleri verilmiştir. Geliştirilmiş yöntem olan kaba küme tabanlı ÇKKV, entropi, ANP, AHP, bulanık ÇKKV yöntemlerinin karşılaştırma sonuçları ise Tablo 5.19.'da verilmiştir.

Tablo 5.15. Alternatifler için (Adım1-Adım5)in uygulama sonuçları

	Plan A	Plan B	Plan C	Plan D
Plan A		0,089018	0,219493	0,26745
Plan B	0,089018		0,143693	0,199595
Plan C	0,219493	0,143693		0,0872
Plan D	0,26745	0,199595	0,0872	

Tablo 5.16. Alternatifler için (Adım6-Adım10)in $\lambda=0.25$ için uygulama sonuçları

$\lambda=0.25$	[Plan A]-0.25,1 x2	[Plan B]-0.25,1 Plan A	[Plan C]-0.25,1 Plan C,1	[Plan D]-0.25,1 Plan D,1
	0,7545	0,746	0,6665	0,371

Tablo 5.17. Alternatifler için (Adım6-Adım10)in $\lambda=0.35$ için uygulama sonuçları

$\lambda=0.35$	[Plan A]-0.35,1 Plan B	[Plan B]-0.35,1 Plan A- Plan C	[Plan C]-0.35,1 Plan D	[Plan D]-0.35,1 Plan C
	0,7545	0,746	0,6665	0,371
	0,746	0,7105	0,371	0,6665

Tablo 5.18. Alternatifler için (Adım6-Adım10)in $\lambda=0.45$ için uygulama sonuçları

$\lambda=0.45$	[Plan A]-0.45,1 Plan B	[Plan B]-0.45,1 Plan A- Plan C	[Plan C]-0.45,1 Plan B- Plan D	[Plan D]-0.45,1 Plan C
	0,2761425	0,2826875	0,254665	0,231875
	0,2761425	0,2826875	0,254665	0,231875

5.8. ÇKKV Tekniklerinin Karşılaştırılma

Bu bölümde karşılaştırma alternatif ÇKKV tekniklerinden, entropi, ANP ve AHP yöntemleri hakkında kısa bilgi ve uygulanan işlem basamakları hakkındaki bilgiler, Ek A, B ve C kısmında verilmiştir. Elde edilen sonuçlar ise Tablo 5.19.'da sonuç değerleri olarak verilmiştir.

Yapı Şeması B'nin çift dipli gövde bloğunu inşa etmek için en iyi üretim şeması olduğu sonucuna varabiliriz. Şu anda, gemi imalatçı işletmelerin çoğu, işçi sayısını optimize ederek ve gemi yapım süresini kısaltmak için mevcut ekipman kullanım oranını planlayarak gemi yapımını kontrol ediyor. Hesaplanan sonuca göre üretim kontrolü ile

toplam blok oluşturma süresinin gövde blok yapımı üzerindeki etkisini nesnel olarak yansıtır.

Tablo 5.19. Sonuç değerleri

	Entropi tabanlı		Bulanık Küme Tabanlı		Fuzzy AHP tabanlı		Kaba Küme Tabanlı	
	ÇKKV	Sıralama	ÇKKV	Sıralama	ÇKKV	Sıralama	ÇKKV	Sıralama
Plan A	0,2463	3	0,7343	2	0,2756	2	0,7343	2
Plan B	0,2741	2	0,7459	1	0,2757	1	0,7459	1
Plan C	0,2791	1	0,6766	3	0,2312	3	0,6766	3
PlanD	0,2419	4	0,3843	4	0,2174	4	0,3843	4

BÖLÜM 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kaba kümeler, bilgi keşfi ve veri madenciliği için sağlam bir temel teşkil eder. Verilerde gizli olan kalıpları keşfetmek için matematiksel yöntemlerden; özellik seçimi; özellik çıkarma; veri azaltma; karar verme sürecinde kullanılmak üzere kural oluşturma ve ilişkisel kurallar oluşturmak üzere kullanılabilir. Kaba kümelemeye ait temel kavramlar ise; bilgi: karar sistemleri (tablolar); farkındalık durumu; yaklaşık kümeleme; indirgemeler ve çekirdek kavramı; kaba üyelik; öznelik bağımlılığıdır. Bu kavramlar ve uygulama biçimlerine detaylı olarak bu bölümde yer verilmiştir. Kaba küme yaklaşımı ile verilerdeki kısmi veya tam bağılıklar tanımlanabilir, gereksiz veriler elimine edilerek boş değerler belirlenebilir. Eksik veri, dinamik veri yapıları belirlenebilir.

Bu çalışmada ele alınan kaba kümeleme yaklaşımının çözebileceği problem tipleri ve uygulama alanları ise; çok büyük veri kümeleri; karışık veri türleri (sürekli değer alan kümeler, sembolik veriler); belirsizlik içeren gürültülü veriler; eksiklik durumunu kapsayan eksik veri ve yapıları; veri değişimi durumları; eski, arşiv bilgilerinin kullanımının gerektiği durumlardır. Kaba küme tabanlı geliştirilen algoritmalar sayesinde büyük yapıdaki veritabanlarının analizi gerçekleştirilebilmektedir.

Bu çalışmanın iki temel amacı vardır; ilk olarak kaba küme tabanlı algoritmanın geliştirilecek ve duyarlılık analizi ile birlikte geliştirilen algoritmanın performans test edilecektir.

Bu çalışma ile aşağıdaki çıktıların elde edilmiştir;

1. Kaba küme teorisinin ÇKKV problemi için tanımlanması
2. Kaba küme yaklaşımı ile bulanık küme teorisi arasındaki farklılıkların araştırılması

3. Kaba küme tabanlı çok kriterli karar verme yapısının özelliklerinin araştırılması
4. Kaba küme tabanlı çok kriterli karar verme algoritmasının ve modelinin geliştirilmesi
5. Geliştirilen algoritmanın diğer ÇKKV teknikleri ile sonucunun karşılaştırılması.
6. Geliştirilen algoritmanın proje tipi üretim parametrelerinin analiz edilmesi sürecinde kullanılması

Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilecek katkılar şu şekilde sonuçlandırılabilir:

1. Bulanık mantık yaklaşımının yanı sıra kaba küme yaklaşımı ÇKKV problemine yönelik bir algoritma geliştirilecektir.
2. Belirsizlik ile klasik risk karar verme bakış açılarından farklı mantıkla, arka plan tanımları ve iki evren üzerinde önerilen çok-aşamalı modeller için ayrıntılı teorik temel araştırmasına yer verilmiştir.
3. Çok aşamalı bulanık küme kümesine dayalı olarak iki evrenden oluşan ÇKKV problemine yeni bir yaklaşım getirilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Pawlak, Z. (1982). "Rough sets" International Journal of Computer Information Science, 11(5), 341-356.
- [2] Pawlak, Z. (1991). Rough Sets, Theoretical Aspects of Reasoning about Data. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- [3] Pawlak, Z., & Skowron, A. (1994). Rough Set Rudiments. The International Workshop on Rough Sets and Soft Computing, 72.
- [4] Greco, S. Figueira, J. & Ehrgott, M. (2005). Multiple criteria decision analysis, Springer's International Series, Springer.
- [5] Zhang, X.Y. & Miao, D.Q. (2014). Reduction target structure-based hierarchical attribute reduction for two-category decision-theoretic rough sets, Information Science, 277, 755-776.
- [6] Azam, N., Zhang, Y. & Yao, J.T. (2017). Evaluation functions and decision conditions of three way decisions with game-theoretic rough sets, European Journal of Operational Research.
- [7] Wei, X., Juan-Li, W. & Xiao-Tun, W. (2010). Product concept generation and evaluation based on QFD and rough set theory, Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering (ICIII), International Conference on, 2, 244-247.
- [8] Turgay, S., Torkul, O. & Turgay T. (2017). Rough-Set-Based Decision Model for Incomplete Information Systems, Encyclopedia of Information Science and Technology, ed. Mehdi Khosrow-Pour, Fourth, IGI Publishing.
- [9] Mei, Y., Ye, J., Zeng, Z., Entropy-weighted ANP fuzzy comprehensive evaluation of interim product production schemes in one-of-a-kind production, Computers & Industrial Engineering 100 (2016) 144–152
- [10] Qian, Y., Liang, J., Yao & Y., Dang, C. (2010). A multigranulation rough set", Information Sciences, 180, 949-970.
- [11] Wu, W. & Leung, Y. 2011. "Theory and applications of granular labelled partitions in multi-scale decision tables", Information Sciences, 181, 3878-3897.

- [12] Sun, B., Ma, W.& Zhao, H., Rough set-based conflict analysis model and method over two universes, *Information Sciences*, V.372, 1 Dec. 2016, 111-125.
- [13] Slowinski, R. & Vanderpooten, D. 1990. "A generalized definition of rough approximations based on similarity", *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 12(2), 331-336.
- [14] Wang, C., Shao, M., He, Q., Qian, Y. & Qi, Y.2016. "Feature subset selection based on fuzzy neighborhood rough sets ", *Knowledge Based Systems*, 111(1),173-179.
- [15] Liu, Y., Qin, K.& Martinez, L., 2018, "Improving decision making approaches based on fuzzy soft sets and rough soft sets", *Applied Soft Computing*, 65, 320-332.
- [16] Sun, B., Ma, W.& Qian, Y. 2017. "Multigranulation fuzzy rough set over two universes and its application to decision making", *Knowledge Based Systems*, 123, 61-74
- [17] Zhou, B. 2014. "Multi-class decision-theoretic rough sets", *International Journal of Approximate Reasoning*, 55(1)-2, 211-224.
- [18] Luoa, C., Li, T., Chen, H., Fujita, H.& Yi, Z. 2018. "Incremental rough set approach for hierarchical multi criteria classification", *Information Sciences*, 429, 77-87.
- [19] Lang, G., Miao, D.& Cai, M. 2017. "Three-way decision approaches to conflict analysis using decision-theoretic rough set theory", *Information Sciences*, 406-407, 185-207.
- [20] Roy, A.R.& Maji, P. 2007. "A fuzzy soft set theoretic approach to decision making problems", *Journal of Computer Applied Mathematics*, 203 (2), 412-418.
- [21] Zadeh, L.A.1965. "Fuzzy sets" *Inf. Control*, 8(3), 338-353.
- [22] Molodtsov, D.1999. "Soft set theory – first results", *Computer Mathematics Applications*, 37 (4–5), 19-31.
- [23] Atanassov, K.T. 1986. "Intuitionistic fuzzy sets", *Fuzzy Sets Systems*, V. 20, 1, 87-96.
- [24] Gau, W.-L.& Buehrer, D.J. 1993. "Vague sets",*IEEE Transactions Systems Manufacturing Cybernetics*, 23(2), 610-614.
- [25] Martinez, L., Liu, J., Ruan, D. & Yang, J. 2007. "Dealing with heterogeneous information in engineering valuation processes", *Information Science*, 177(7), 1533-1542

- [26] Pawlak, Z. 2001. "Rough sets and their applications" Physica-Verlag HD, Heidelberg, 73-91.
- [27] Li, H.X., Zhou, X.Z., Zhao, J.B. & Liu, D. 2013. "Non-monotonic attribute reduction in decision-theoretic rough sets", *Fundamental of Information*, 126, 415-432.
- [28] Zhao, Y., Wong, S.K.M. & Yao, Y.Y. 2015. "A note on attribute reduction in the decision-theoretic rough set model" *Lecture Notes in Computer Science*, 260-275.
- [29] Zhang, X.Y.& Miao, D.Q. (2014). Reduction target structure-based hierarchical attribute reduction for two-category decision-theoretic rough sets, *Information Science*, 277, 755-776.
- [30] Yaya, L., Qin, K. & Martinez, L. 2018. Improving decision making approaches based on fuzzy soft sets and rough soft sets, *Applied Soft Computing*, 65, 320-332.
- [31] Feng, F. Li, C., Davvaz, B. & Ali, M.I. 2010."Soft sets combined with fuzzy sets and rough sets: a tentative approach", *Soft Computing*, 14 (9), 899-911.
- [32] Zhai, L.-Y., Khoo, L.-P. & Zhong, Z.-W. 2009. "Design concept evaluation in product development using rough sets and grey relation analysis", *Expert Systems with Applications*, 36(3), 7072-7079.
- [33] Sun, B., Ma, W., Chen, X. & Li, X., Heterogeneous multigranulation fuzzy rough set-based multiple attribute group decision group making with heterogeneous preference information, *Computers & Industrial Engineering*, V.122, Aug. 2018, 24-38.
- [34] Miao, D., Pedrycz, W., Slezak, D., Peters, G., Hu, Q. & Wang, R.(ed), *Rough Sets and Knowledge Technology*, 9th International Conference, RSKT 2014, Shanghai, China, October 24-26, 2014.
- [35] Sun, B., Ma, W., Chen, X., Variable precision multigranulation rough fuzzy set approach to multiple attribute group decision-making based on λ -similarity relation, *Computers & Industrial Engineering*, V. 127, pp. 326-343.
- [36] Trostmann, E., Conrad, F., Holm, H., & Madsen, O. (1993). Cybernetic modeling and control in integrated production systems – A project overview. In *Proceedings of the eighth IPS research seminar*, Fuglsø, Denmark. 22–24 March (pp. 213–225).
- [37] Kong, F.K., Zhang, J.T. & Xue, K., Fuzzy evaluation of assembly methods for double bottom blockShip *Engineering*, 28 (1) (2006), pp. 65-68
- [38] Chen, S.J. & Hwang, C.L. (1992). *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Springer, New York

- [39] Saaty, T.L. & Vargas, L.G. (2006) Decision Making with the Analytic Network Process: Economic, Political, Social and Technological Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks, New York: Springer.
- [40] Sun, B., Ma, W., Chen, X., Variable precision multigranulation rough fuzzy set approach to multiple attribute group decision-making based on λ -similarity relation, Computers & Industrial Engineering, V. 127,pp. 326-343.
- [41] Saaty, T.L. (1990) How to Make a Decision: The Analytic Hieratchy Process. European Journal of Operational Research, 48, 9-26.

EKLER

EK A: Entropi Yöntemi

Entropi yöntemi ile karar matrisinde yer alan verilerin dağılım durumlarına göre ağırlık fonksiyonunun hesaplanmasında kullanılabilir. Entropi yöntemi ile verilerin en büyük ve en küçük değerleri arasındaki farkın yüksek olması durumunda ağırlık değeri yüksek olacak. Değerler arasındaki farkın az olması durumunda ise ağırlık değeri düşük olacaktır. Aşağıda Entropy yöntemine ait algoritma yer almaktadır: Entropi formülünde yer alan p_i , olasılık dağılımını dolayısıyla belirsizliği ifade etmektedir [39]:

$$S(P_1, P_2, \dots, P_n) = -k \sum_{j=1}^n p_j \ln p_j \quad (A1)$$

(A1)formülünde, k pozitif bir sabit sayıyı temsil etmektedir. .

p_{ij} 'nin içermiş olduğu belli bir bilgi, entropi yaklaşımı ile verilerin birbirleri ile olan yakınlık derecesi değerlendirilerek ölçülür. D karar matrisi, m alternatif ve n kriterden oluşmaktadır ve $K_1 \quad K_2 \quad \dots \quad K_n$

$$D = \begin{matrix} A_1 & \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \end{bmatrix} \\ A_2 & \begin{bmatrix} x_{21} & x_{22} & & x_{2n} \end{bmatrix} \\ \cdot & \begin{bmatrix} \cdot & \cdot & & \cdot \end{bmatrix} \\ \cdot & \begin{bmatrix} \cdot & \cdot & & \cdot \end{bmatrix} \\ \cdot & \begin{bmatrix} \cdot & \cdot & & \cdot \end{bmatrix} \\ A_m & \begin{bmatrix} x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (A2)$$

Alternatif Kümesi: $A = \{A_m | i = 1, 2, \dots, m\}$

Kriter Kümesi: $K = \{K_n | j = 1, 2, \dots, n\}$

$X_{ij} = i$ alternatifinin j kriterine göre sahip olduğu değer

j kriterinin sonuçları, 1. formülde ifade edildiği gibi tanımlanabilir:

$$P_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}}, \forall i, j \quad (\text{A3})$$

j kriterinin ait olmuş olduğu alternatifler için entropi değeri olan E_j şöyle ifade edilir:

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij}, \forall j \quad (\text{A4})$$

k bir sabiti temsil eder

$$k = \frac{1}{\ln(nm)}$$

$0 \leq E_j \leq 1$ değerleri arasında olması gerekir.

J kriterinin bilgi farklılık derecesi d_j ise aşağıdaki formülle bulunur:

$$d_j = 1 - E_j, \forall j \quad (\text{A5}).$$

EK B: ANP Yöntemi

ANP yöntemi çok kriterli karar verme problemlerinde uzman görüşlerinin hiyerarşik ve heterarşik bir yapı içerisinde değerlendirilmesine olanak sağlayan bir yaklaşımdır. Uzman görüşlerinin alternatif satırları ve kriterler sütunları ile birlikte birebir biçimde değerlendirildiği bir yapıdır.

ANP yönteminde, ikili karşılaştırmalar AHP yönteminde olduğu gibi, Saathy tarafından önerilen 1-9 ölçeği kullanılarak ikili karşılaştırma kullanılarak gerçekleştirilmektedir [40].

Etkileşim içindeki tüm elemanlar için bu işlemler gerçekleştirildikten sonra ise süper matris oluşturulmalıdır.

Süper matris ağdaki elemanları arasındaki bağ, ikili karşılaştırma yardımı ile ikili karşılaştırma matrisinden elde edilmektedir. Oluşturulan matris ağırlık vektörü ile birlikte çarpılarak değerlendirme matrisi oluşturulur.

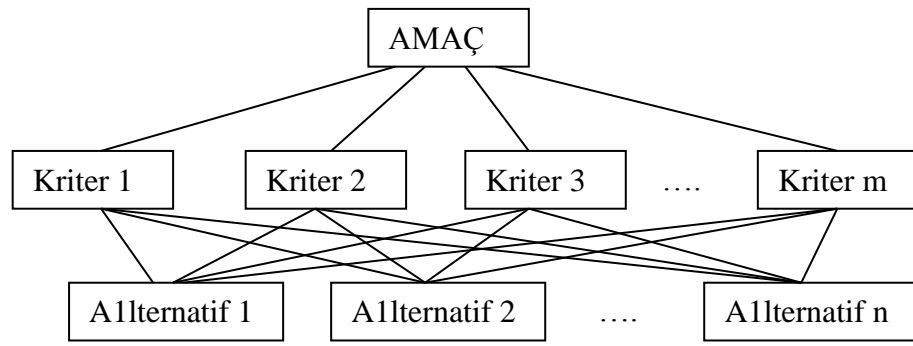
EK C: AHP Yöntemi

Hiyerarşik bir yapı ile ikili olarak faktörlerin karşılaştırılarak ölçeklendirilmesini sağlayan yöntem Thomas L Saaty tarafından geliştirilmiştir[41].

AHP Aşamaları

1. Problemi tanımlayan bir hiyerarşi kurulur.

En üste amaç, amacın altına amaç doğrultusunda seçimi etkileyen kriterler, en alt düzeye ise potansiyel alternatifler yerleştirilir.



Şekil C.1 AHP yapısı içerisinde amaç, kriter ve alternatif ilişkisinin gösterimi

2. Kriterler ve seçeneklerin ikili karşılaştırılma matrislerinin oluşturulur..

Oluşturulan matrisler normalize edilir.

Normalize matris, herbir sütun değerinin ayrı ayrı sütun toplamına bölünmesi ile elde edilir.

Ardından normalize matrisin satır ortalamaları hesaplanarak seçenek ya da kriterin yüzde önem ağırlıkları belirlenir.

3. Son aşamada kriterlerin önem ağırlıkları ile seçeneklerin (alternatif) önem ağırlıklarının çarpımı ve her bir seçeneğe ait öncelik değeri bulunur.

En yüksek değeri alan seçenek karar problemi için en iyi seçenektir.

Karşılaştırma esnasında Saaty'nin geliştirmiş olduğu karşılaştırma ölçütü kullanılır. Bu ölçek 1-9 arasında önem derecesine göre değerler atar. Bu değerler Tablo Ek A3.1.'de gösterilmiştir.

Tablo Ek.AC.1 Karşılaştırma ölçütünde kullanılan önem dereceleri

Önem değerleri	Değer Tanımları
1	Her iki faktörün eşit öneme sahip olması durumu
3	Temel faktörün karşılaştırılan faktörden daha önemli olması durumu
5	Temel faktörün karşılaştırılan faktörden çok önemli olması durumu
7	Temel faktörün karşılaştırılan faktöre nazaran çok güçlü bir öneme sahip olması durumu
9	Temel faktörün karşılaştırılan faktöre nazaran mutlak üstün bir öneme sahip olması durumu
2,4,6,8	Ara değerler

Kişiler, kriterlerin ya da alternatiflerin birbirlerine göre değerlendirilmesi sırasında 1 ve 3 arasında kaldığında 2 önem derecesini kullanabilir [40].

Aynı zamanda gerçekleştirilen değerlendirme sonunda tutarlılık testinde gerçekleştirilerek bulunan sonucun doğruluk testi gerçekleştirilmiş olmaktadır.

Kararın vericiler kriterler (ya da seçenekler) arasında kıyaslama yaparken tutarlı davranıp davranmadığını ölçmek için tutarlılık oranı hesaplanır. Oran 0,10 un altında ise matrisin tutarlı olduğu sonucuna varılır.

ÖZGEÇMİŞ

Sevil Buse AYMA, 04.04.1989'da Edirne'de doğdu. İlkokul ve lise eğitimini Edirne'de tamamladı. 2015'de Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 2017 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mühendislik Yönetimi Bilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimini tamamladı. Evli olan Sevil Buse Ayma 2017'den bu yana İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nde inşaat mühendisi olarak çalışmaktadır.