



T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI

**BÜTÜNLEŞİK BULANIK AHP VE GRİ İLİŞKİSEL ANALİZ
MODELİ: İNŞAAT SEKTÖRÜNDE MAKİNE EKİPMAN SEÇİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Meyna ERİŞ POLAT

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Adem TÜZEMEN

TOKAT-2023

ETİK SÖZLEŞMESİ

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Dr. Öğr. Üyesi Adem Tüzemen danışmanlığında hazırlamış olduğum “Bütünleşik Bulanık AHP Ve GRİ İlişkisel Analiz Modeli: İnşaat Sektöründe Makine Ekipman Seçimi Örneği” adlı Yüksek Lisans tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

.../.../...

Meyna ERİŞ POLAT

ÖNSÖZ

Çalışılmış bu tezde, inşaat sektöründe makine ve ekipman seçimlerinde Bulanık Tabanlı Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri incelenmiş, seçilen makine ve ekipmanların doğru karar verme yöntemi ile tedarikinin önemi anlatılarak karşılaştırılacak, benzerlikler ve farklılıklar araştırılmıştır.

Bu çalışmanın hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Adem TÜZEMEN'e teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Buralara kadar gelmemde ve bugünlere ulaşmamda emeklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve her zaman arkamda olan başta annem Tülay ERİŞ olmak üzere tüm aileme de şükranlarımı sunarım.

Meyna ERİŞ POLAT

ÖZET

BÜTÜNLEŞİK BULANIK AHP VE GRİ İLİŞKİSEL ANALİZ MODELİ: İNŞAAT SEKTÖRÜNDE MAKİNE EKİPMAN SEÇİMİ ÖRNEĞİ

Eriş Polat, Meyna

Yüksek Lisans, İşletme Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Adem TÜZEMEN

Temmuz 2023, viii + 69 SAYFA

İnşaat sektörü gelişen teknoloji ve makineleşme alanlarında dünyada olduğu gibi Türkiye’de de büyük değişimler gösterse de insan gücü her zaman önemini korumuştur. Büyük ve orta ölçekli yapılan projelerde makine ekipman seçimi büyük önem arz etmekte; kamyon, greyder, dozer, beton pompası, ekskavatör, mobil vinç, beton mikseri, kule vinci, vb. birçok inşaat sektöründe kullanılan yapı makinelerinin seçilmesi ve temin edilmesi gibi durumlar titizlikle yapılması gereken hususlar arasındadır. Karar verilen aşamada seçilecek olan en iyi metodun uygulanmasıyla da maksimum ve minimum fayda ve külfetleri görmek mümkün olacaktır. İnşaat sektöründeki bir işletme ekipman ve makine tedarik etmeye karar verdiğinde içerisinde bulundukları süreç artık bir problem haline gelir. Buradan yola çıkarak bu çalışmada inşaat sektöründe faaliyet gösteren firmaların makine ve ekipman seçimlerinde sahip oldukları kaynakları maksimum düzeyde yararlı kullanabilecekleri hata pay oranını en aza indirecek modelin oluşturulup en uygun alternatifin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun için Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden Bulanık AHP (BAHP) ve Gri İlişkisel Analiz (GİA) yöntemi kullanılmıştır. Bunun sonucunda işletmeler için en uygun makine ve ekipman seçimi gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İnşaat sektörü, Çok Kriterli Karar Verme, Bulanık AHP, Gri İlişkisel Analiz (GİA)

ABSTRACT**INTEGRATED FUZZY AHP AND GRAY RELATIONAL ANALYSIS
MODEL: EXAMPLE OF MACHINERY EQUIPMENT SELECTION IN THE
CONSTRUCTION INDUSTRY**

Eriş Polat, Meyna

Master Thesis, Department of Business Administration

Advisor: Dr. Öğr. Üyesi Adem TÜZEMEN

July 2023, viii + 68 Page

Although the construction sector has undergone great changes in the fields of developing technology and mechanization in Turkey as well as in the world, manpower has always remained a key role. Machine equipment selection is of great importance in large and medium-sized projects; truck, grader, dozer, concrete pump, excavator, mobile crane, concrete mixer, tower crane, etc. Choosing and supplying construction machines used in many construction sectors are among the issues that need to be done meticulously. It will be possible to see the maximum and minimum benefits and burdens by applying the best method to be chosen at the stage of decision. When a business in the construction industry decides to procure equipment and machinery, the process they are in becomes a problem. From this point of view, in this study, it is aimed to determine the most suitable alternative by determining the model that will minimize the margin of error, in which the companies operating in the construction sector can use the resources they have at the maximum level in the selection of machinery and equipment. For this purpose, Fuzzy AHP (FAHP) and Gray Relational Analysis (GRA) methods from Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods were used. As a result, the most suitable machinery and equipment selection was made for the enterprises.

Keywords: Construction industry, Multi-Criteria Decision Making, Fuzzy AHP, Gray Relational Analysis (GRA)

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa.</u>
Önsöz	i
Özet	ii
Abstract	iii
İçindekiler	iv
Tablo Listesi	vi
Şekil Listesi	vii
Kısaltmalar	viii
GİRİŞ	1
1. BÖLÜM: İNŞAAT SEKTÖRÜ	4
1.1. İnşaat Sektörünün Tarihsel Gelişimi	4
1.2. İnşaat Sektöründe Karşılaşılan Sorunlar	5
1.2.1. Yönetim Süreçlerinde Aksaklıklar	6
1.2.2. İş Güvenliği	6
1.2.3. Proje Girdilerinin Temini	9
1.2.3.1. Arsa Temin Edilememesi	10
1.2.3.2. Makine Ekipman Seçimi ve Önemi	11
1.2.3.2.1. Makine Türleri	12
1.3. Makine Ekipman Seçimindeki Gelişmeler	13
2. BÖLÜM: ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME SÜRECİ: BULANIK AHP VE GRİ İLİŞKİSEL ANALİZ	16
2.1. Karar Verme	16
2.1.1. Karar Verme Süreci	17
2.1.1.1. Tek Kriterli Karar Verme	17
2.1.1.2. Çok Kriterli Karar Verme	17
2.1.1.2.1. Çok Kriterli Karar Verme Problemleri.....	20
2.2. Bulanık Mantık	21
2.2.1. Bulanık Küme	22
2.2.2. Üçgen Bulanık Sayılar	24

2.2.3. Yamuk Bulanık Sayılar	24
2.3. Bulanık Tabanlı Çok Kriterli Karar Verme	25
2.4. Makine Ekipman Seçiminde Kullanılmış Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri	26
2.5. Bulanık AHP	27
2.6. Gri İlişkisel Analiz	31
2.7. Hibrit BAHP - GİA Temelli Literatür İncelemesi	36
3. BÖLÜM: BÜTÜNLEŞİK BULANIK AHP VE GRİ İLİŞKİSEL ANALİZ MODELİ: İNŞAAT SEKTÖRÜNDE MAKİNE EKİPMAN SEÇİMİ ÖRNEĞİ.....	42
3.1. Araştırmanın Metodolojisi	42
3.2. Araştırmanın Kapsam Alanı	42
3.3. Araştırmanın Veri ve Kaynağı	43
3.4. Birinci Adım: Bulanık Kriter Ağırlıklarının Tespiti	46
3.5. İkinci Adım: Bulanık Kriter Ağırlıklarının Tespiti	53
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	56
KAYNAKÇA	58
ÖZGEÇMİŞ	69

TABLO LİSTESİ

Tablo No.....	Sayfa
Tablo 1.1. İş Kazası Ve Bu Kazalarda Meydana Gelen Ölüm Vaka Sayı.....	8
Tablo 2.1. Bulanık Üçgensel Sayılarının Önem Dereceleri Denkliği.....	28
Tablo 2.2. Sübjektif Kriterlere Göre Değerlendirme Ölçüsü	32
Tablo 3.1.Hazırlanan Soru Formu	46
Tablo 3.2.Başlangıç İkili Karşılaştırma Matrisi.....	47
Tablo 3.3. Üçgensel Bulanık Değerlerinin Geometrik Ortalaması.....	48
Tablo 3.4. M Değeri ve Normalize Edilmiş Nihai Kriter Ağırlıkları	48
Tablo 3.5. Maliyet Kriteri BAHP Analiz Özeti	49
Tablo 3.6. Operasyonel Kolaylığı ve Pratikliği Kriteri BAHP Analiz Özeti	50
Tablo 3.7. Esneklik Kriteri BAHP Analiz Özeti	50
Tablo 3.8. Güvenilirlik Kriteri BAHP Analiz Özeti.....	51
Tablo 3.9. Güvenlik Kriteri BAHP Analiz Özeti.....	51
Tablo 3.10. Satış Sonrası Hizmet Kriteri BAHP Analiz Özeti.....	52
Tablo 3.11. Genel Kriter Ağırlıkları	52
Tablo 3.12. GİA İçin Veri Setinin Kurulumu.....	53
Tablo 3.13. Normalizasyon İşlemi.....	54
Tablo 3.14. Mutlak Değer Alma İşlemi.....	54
Tablo 3.15. GİA ile Alternatif Seçimi Özeti.....	54

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil No.....	Sayfa
Şekil 1.1. ÇSGB'nin Türkiye'de İş Sağlığı Ve Güvenliği İçin Kurulduğu Birimin Organizasyon Şeması.....	8
Şekil 1.2. Proje Döngüsü Yönetimi	9
Şekil 1.3. Teleskobik Vinç.....	12
Şekil 1.4. Paletli Vinç	13
Şekil 1.5. Yol ve Arazi Tipi Vinç	13
Şekil 1.6. ÇKKV Problemlerinin Üç Temel Başlığı.....	21
Şekil 1.7. Klasik ve Bulanık Küme Grafiği	23
Şekil 1.8. Klasik ve Bulanık Küme Fonksiyonu.....	23
Şekil 1.9. Üçgen Bulanık Sayı Grafik Gösterimi.....	24
Şekil 1.10. Yamuk Bulanık Sayı Grafik Gösterimi	25
Şekil 2.1. AHP'nin Hiyerarşik Yapısı	28
Şekil 2.2. Gri İlişkisel Analiz Yönteminin Akış Diyagramı.....	33
Şekil 3.1. Makine ve Ekipman Seçiminin Hiyerarşik Yapısı	44

KISALTMALAR

SSK	Sosyal Sigortalar Kurumu
İTK	İş Teftiş Kurulu
İSGÜM	İş Sağlığı Güvenliği Genel Müdürlüğü
ÇASGEM	Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim ve Araştırma Merkezi
ÇSGB	Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı
GSYH	Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
s.	Sayfa
ss.	Sayfa sayısı
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
MOORA	Multi-objective Optimization By Ratio Analysis
GİA	Gri İlişkisel Analiz
AHP	Analitik Hiyerarşi Prosesi
TDK	Türk Dil Kurumu
BAHP	Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi
COPRAS	Karmaşık Oransal Değerlendirme
EDAS	Evaluation based on Distance from Average Solution
PROMETHEE	The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation
SWARA	Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis
COPRAS	Complex Proportional Assessment
VIKOR	VlseKriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje

GİRİŞ

İnşaatın ekonomik kalkınmadaki önemli rolü, geniş ölçüde kabul görmüş ve uzun süredir tanınmaktadır. İnşaat faaliyetleri genellikle, dikkate alınması gereken çelişkili yönleri ve faktörleri içeren çeşitli görevlerin ve gereksinimlerin bir özeti olarak tanımlanabilir. Teknolojilerin karmaşıklığı, karmaşıklığın ve dinamiklerin artması nedeniyle, inşaat projelerinde karar verme karmaşık ve zor hale gelmektedir. Bu nedenle, doğru ve çevik kararlar, yalnızca sezgiye veya deneyime dayanmak yerine nitel veya nicel analize dayalı bilimsel bir şekilde verilmelidir. Aksi takdirde kaynak kullanımı, maliyet etkinliği, çevre ve sürdürülebilirlik üzerinde gizli bir olumsuz etki söz konusu olabilir.

İnşaat sektörünü diğer sektörlerden ayıran ve farklılaştıran, büyük kaynaklar kullanılarak, yüzyıllar boyunca kullanılabilecek durumda üretim yapmaktır. Emeğin yoğun olduğu bir sektör konumunda olması ve bunun getirmiş olduğu özel koşullar ise bu sektörün en önemli ayırt edici özellikleri arasındadır. (Maskuriy ve diğerleri, 2019).

Sosyo ekonomik ve bilimsel açıdan karar verme en önemli konuların başında gelmektedir. Bilim ve mühendislik alanlarında en çok tartışılan konulardan biri de en uygun kararın nasıl verileceğidir (Eisenhardt ve Zbaracki, 1992).

Eski uygarlıklarda, önemli kararlar alınmadan öncesi insanlar din adamlarından veya bilge kişilerden tavsiyeler alırlardı. Geçen yüzyıllar yerini şimdilerde gelişen bilim ve teknolojiye bırakmıştır. Yaşamımızdaki birçok durum da karar verme süreçlerini içerir, uyandığımız andan günün sonuna kadar bir çok konuda kararlar veririz (Edwards, 1954). Ancak, çoğu zaman karar almamızı etkileyen nedenler eksiklik veya belirsizlikler içerir, bu nedenle de sonuçlarımız belirsizdir. Belirsizlikler altında karar vermek için uğraşırken, doğru verilen kararlar ile iyi bir sonuç arasında ki bariz farklılıklar olduğu da unutulmamalıdır.

İnşaat sektörü, karışık yapısı ve çok çeşitli uzmanlık alanlarını içinde barındırdığından iyi bir planlamayı, etkin sevk ve idareyi, çok iyi bir makine ve ekipman seçimini zorunlu kılar.

Karar verme, elde edilen tüm bilgilerin dikkate alınarak durumun kavranabilmesi, beraberinde alternatif eylem planları ile getireceği sonuçların gözden geçirilerek en uygun eylemin seçilmesi ile uygulanan süreçtir.

Bir yapım projesine başlarken gereken makine ve ekipmanların temininde işletmenin giderleri, başlangıç maliyeti, amortisman maliyetlerinin hesaba katılması gerekir. Bununla birlikte tedariki sağlanan makine ve ekipmanların kurulumu, kullanımı, bakımı, onarımı, iş güvenliği gibi içinde bulundurduğu bir optimizasyon probleminin iç yüzünü arz eder. Makine ve ekipmanlar bu bağlamda değerlendirilirken, satın alınması ve kullanılması, kullanılmadığı durumlarda satılması veya kiraya verilmesi dikkate alınmalıdır. İnşaat sektöründe satın alma kararının verileceği durumlarda, alınan kararların bir veya birden fazla kriterinde içinde olacağı tercihinde beraberinde getirecektir.

Çok Kriterli Karar Verme metodu istenilen sonuçta doğru ve iyiye ulaşmada belirlenmiş kurallar sürecidir. Farklı ölçekler içinde olan ve bir biri içinde tutarsız kriterler gerçek hayat problemleri içinde yer almaktadır. Bu sebeple de, seçilecek olan kriterin tamamını tatmin edecek çıkış yoluna ulaştırmak hayli zorlayıcıdır. Bu tarz sorunlarla karşı karşıya kalınan durumlarda ilk tercih edilecek ve belirlenecek standartlar çerçevesinde uygun olan bir çözüm aranmaktadır.

Teorik ve pratik gerekliliklere dayalı olarak, genel olarak çok çeşitli ÇKKV yöntemleri, küçük değişikliklerle veya ilgili araştırma dallarını oluşturmak için mevcut yöntemlerin bir kombinasyonu ile geliştirilmiştir. Bu, karar vericilerin daha fazla seçenek sunmasına yardımcı olabilir, ancak çeşitli alternatifler arasından uygun bir yöntemin seçilmesi, özellikle ÇKKV yöntemleri hakkında sınırlı bir anlayışa sahip karar vericiler için zor olabileceğinden, paradoksal bir sonuç gibi görünmektedir. Uygun bir çözüm bulmak için belirli bir ortamda hesaplamalı ve matematiksel araçları kapsamlı bir şekilde dikkate alan bir yöneylem araştırması yöntemi olarak ÇKKV, bir dizi endüstri sektöründe önemli akademik ilgi çekmiştir. Karmaşık ve dinamik yapısı nedeniyle, yukarıda belirtilen sorun özellikle inşaat endüstrisinde ve projelerinde ÇKKV yöntemlerinin kullanımı için geçerlidir. Bu nedenle, bu makale mevcut ÇKKV yöntemlerinin kapsamlı bir araştırması ve inşaatteki uygulamalarının sistematik bir sentezi yoluyla sorunu ele almaktadır.

Bu çalışmanın amacı inşaat sektöründe faaliyet gösteren firmaların makine ve ekipman seçimlerinde sahip oldukları kaynakları maksimum düzeyde yararlı kullanabilecekleri hata pay oranını en aza indirecek modelin belirlenip en uygun alternatifin belirlenmesidir. Bununla birlikte, bulanık tabanlı çok kriterli karar verme

yöntemleri kullanılarak inşaat sektöründe makine ve ekipman seçimi ele alınmaktadır.

Bu amaca yönelik olarak nihai amaca ulaşmak için kriter ağırlık değerlerinin tespiti için BAHP çözüm yöntemlerinden biri olan Buckley (1985) tarafından sunulan ve ikinci bölümde denklemleriyle algoritması oluşturulan Geometrik Ortalama tekniği, alternatiflerin sıralanması ve en uygun makine ve ekipmanın seçilmesi için de GİA yöntemi kullanılarak analiz sonuçlandırılmıştır.

Belirlenen kriterler şirket içinde uzman olan yöneticiler ve çalışanlar tarafından belirlenmiştir. Her bir kriterin puanlanması için bir soru formu düzenlenmiş ve uzman kişilerce doldurulmuştur. Şirketin ihtiyaç duyduğu ve satın alınması planlanan makine ve ekipmanların çeşitli alternatifleri belirlenerek kapalı şekilde Alternatif 1, Alternatif 2 ve Alternatif 3 olarak tanımlanmıştır. Kararı etkileyecek olan kriterler maliyeti, operasyonel kolaylığı ve pratikliği, esnekliği ve ekipman ağırlığı, güvenilirlik, güvenlik, satış sonrası servis ve teknik özellikleri şeklinde sınıflandırılmıştır. Kriterler makine ve ekipman seçimi üzerine yapılmış çalışmalardan yola çıkarak temel unsurlar göz önüne alınarak belirlenmektedir.

Çalışmanın giriş bölümünden sonra birinci bölümde genel olarak İnşaat sektöründen bahsedilmiştir. İkinci bölümde analizde kullanılan BAHP ve GİA yöntemleri tanımlanmıştır. Ayrıca Bütünleşik BAHP ve GİA tabanlı çalışmalar literatür incelemesine eklenmiştir. Üçüncü bölümde çalışmanın uygulama kısmına, dördüncü bölümde ise sonuç ve önerilere yer verilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. İNŞAAT SEKTÖRÜ

1.1. İnşaat Sektörünün Tarihsel Gelişimi

İnşaat sektörü avcılık ile uğraşan insanın tarıma geçmesiyle kendisi için bir barınak yapma ihtiyacını keşfetmesi ile başlamıştır. İnşa etmenin aslında insanoğlunun barınma ve güvenlik ihtiyacı hissetmesinden doğmuş temel bir iş ve meslektir. Asıl sebebin insanın ihtiyacı olmasından dolayı da peygamber mesleği olarak da geçmektedir. İnşaat sektörü bu sebepten dolayı insanlığın ve medeniyetin olmazsa olmaz bir faaliyet alanıdır (Cooney, 1993). Barınma ve güvenlik ihtiyacının yanı sıra, sürdürülebilir bir hayat için başka yapılar ve bayındırlık işleri de yapmaya gerek duymuşlardır. Göçebe bir yaşamdan yerleşik bir düzene ve yaşama geçilmesi, inşa etmenin çeşitliliğini ve ihtiyaçlarını değiştirmiş, ihtiyaç ve arzulara göre yapılmaya başlanmıştır. İnsanlığın bitmeyen ihtiyaçları ve beklentileri yükseldikçe, inşaat artık bir sektör haline gelmiş ve profesyonel uygulamalar yerini almıştır (Crespin-Mazet ve Havenvid ve Linné, 2015).

İnşaat Sektörü, demiryolu hatları ve büyük su ve kanal projeleriyle Cumhuriyetin ilk yıllarında başlamış, 2. Dünya Savaşı'nın bitmesiyle, dünyada ticaretin serbestleşmesi ile 1950'lere kadar devam etmiştir.

İnşaat sektörünün öncelikli konuları fabrika, okul, cami, hastane, konut gibi projelendirilmiş bina inşaatını, baraj, yol-köprü ve bunların altyapılarını, elektrik, su ve tesisatı, ısıtmadan havalandırmaya kadar olan donanım işlerini kapsama alanına almıştır (Morledge, Knight ve Grada , 2009).

İnşaat, taşınabilir makine ve ekipman kullanılarak, tedarik zincirinin içinde şantiyeye malzeme tedariki sağlayan ve projenin tamamlanması ile makine ve ekipmanlarını üretim sahasından uzaklaşmasını sağlayan ve sonuç olarak yapılan işi yerinde sabit olarak bırakan bir prosestir. Hali hazırda bir yapıda yapılacak olan ilavelerde inşaat sayılabileceği gibi mevcut bir yapıda yapılan değişiklikler, onarımlar yani bir nevi iyileştirme ve düzeltmeler de inşaatıdır (Hughes ve Hillebrandt, 2003).

İnşaat sektörü, standart endüstri içerisinde sınıflandırılan bir sektördür. İmalat ve inşaat sektörleri proses ve çıktı açısından bakıldığında birbirinden farklıdır. İnşaat sektörünü imalat sektöründen ayıran özellikler, tasarımın olduğu yerde üretim

yapılamaz, sabit bir alan yerine geniş bir coğrafik alanı kullanır ve bulunduğu yere, işin mahiyetine bakılarak düzensiz değişimler yapılabilir. İnşaat firmaları düşük öz sermaye ve öz kaynaklara sahiplerdir bundan dolayı da üretim maliyetleri bilinmeden fiyat konmaktadır (Dado, Beheshti ve Van De Ruitenbeek, 2010).

1.2. İnşaat Sektöründe Karşılaşılan Sorunlar

İş ve sosyal hayatımızın gelişmekte olduğu bir yapısı ve ona ev sahipliği yapan bir alanı vardır. Üretim için tesisler, tarım için çiftlikler, ticaret için işyerlerimiz, turizm için oteller, eğitim alanında okullar, spor salonları, stadyumlar, tiyatro binaları, sinemalar, kafeler, restoranlar ve hepimizin vazgeçilmezi güvenliğimizi ve barınmamızı da sağlayan evlerimiz vardır. İnsan hayatı söz konusu olduğu süreç boyunca ihtiyaçlarımızı karşılayacak yapılara yani inşaata ihtiyaç bitmeyecektir (Kural ve Osman, 2015).

Her ne kadar makine ve ekipmanlar kullanılsa da büyük bir bölümünün insan gücü ile yürütülmesinden kaynaklı, inşaat sektörünün en önemli problemlerinden biri olan nitelikli eleman ve kayıt dışı istihdamdır. Bu sorunlara bir de taşeronlar eklenince, inşaat sektörü çalışan ve işverenler açısından çekilmez bir durum halini almaktadır. Kendi içerisinde onlarca bölüme ayrılan ve her bölümün kendine has uzmanlık alanı gerektirdiğinden ve birbirine bağlantılı olması da sorunları tetikleyen unsurların başında gelmektedir (Gardner, Lark, Jefferson ve Davies, 2018).

Günümüz teknolojisi ile birleştirilince konut taleplerinin giderek fazlalaşması, alt yapının yetersizliği önemli nedenler arasında yerini almıştır. Sağlıksız kentleşmenin getireceği bir diğer sonuç yıkımların artması olacaktır.. Ayrıca, yapıların tartışmaya açık kalitesi ve çağdaş teknolojiden bir o kadar uzak görünüşleri, hali hazırda konutların daha kısa süre içinde yenilenmelerini gerektirecek başka bir etken olabilecektir (Lim ve Alum, 1995).

İnşaat sektöründeki yaşanan sıkıntı üzerinde arsa üretimindeki yetersizliğin de büyük payı vardır. Arsa ofisi kurulmuş olsa da belirli bir üretim seviyesinin üstüne çıkamamıştır. Arsa ofisi üretimi artırabilmek adına yeniden örgütlenmeli ve bürokratik yapıdan bir an önce kurtulmalıdır. Üretimin artması için yıllık arsa üretme programları devreye girmelidir (Bresnen ve Marshall, 2000). Özellikle taşlık ve verimsiz araziler devlet malı olmasından veya orman alanı olarak belirlendiğinden bu alanlarda arsa üretimi özel girişimciler tarafından yapılamamaktadır. Bu boş alanlarda devlet alt yapı

sorunları hallederek arsa üretmeli ve ihtiyaç sahiplerine bu boş araziler verilmelidir. İlave kaynak gerekmediği gibi geniş çapta arsa üretimi ile kaynak yaratılabilecektir.

1.2.1. Yönetim Süreçlerinde Aksaklıklar

Günümüz inşaat şirketlerinin kurumsal yapılarındaki proje yönetim ofis kavramı departman konumuna getirilmiş, konusunda uzman kişilerin bir araya geldiği çözüm odaklı, bütçe, süre ve kaliteye karşı hedeflenen proje başarısını gerçekleştirmek amacıyla, kendi içinde bulundukları yönetim standartlarını uygular ve bunlara uymak zorundadır (Selyutina, 2018).

İnşaat sektöründe, istenilen başarının yakalanması sürecinde yönetim departmanında, metot olarak eksiklikler ve hedeften sapmaları olduğu gözlenmiştir. Yönetim konusunda var olan eksiklikler proje başlangıcından itibaren gerçekleşecek olan eylem listesi biliniyor olsa bile, tam anlamıyla uygulamayan birçok plan, görev ve sorumlulukları aksayan personelin, toplam süreçte yapılacak olan proje takvimindeki sarkmalara neden olmaktadır (Gadde ve Dubois, 2010). Bir projeye başlarken hangi tarihlerde alınması gereken önlemlerin olduğu, konusunda uzman ilgili personelin sayısı, personelin projenin başlangıcından bitişine kadar olan süreç içindeki ihtiyaçlarının karşılanıp karşılanamayacağı gibi birçok detayı ele almalıdır.

Yaşanan sorunların en çok süre üzerinden olduğu, birçoğunun da ortak nedenin ise, çoklu projelerde her projenin kendine has özellikleri ve gereksinimlerinin olması, yine her projenin farklı uygulamalarda mimarı tarafından inşa ediliyor olması, proje müdür ve üst yönetim kadrosunun süre konusunda aceleci davranması, makine ve ekipmanların zamanında tedarikinin sağlanamaması veya kurulumunun tamamlanamaması kontrolün kaybedilmesine yol açmaktadır (Kamara, Augenbroe, Anumba ve Carrillo, 2002).

1.2.2. İş Güvenliği

Ülkemizde yaşanan iş kazaları ve meslek hastalıklarından dolayı uzun yıllardır birçok işçinin yaptığı işten dolayı hastalanmasına, sakat kalmasına ve daha ileri bir boyutta hayatlarını kaybetmelerine neden olmaktadır. İnşaat sektöründe bu tip olaylarla daha fazla karşılaşmaktadır. İnşaat sektöründe bu tip olaylarla karşılaşılmasının en önemli sebebi de bu sektörün kendine has çalışma koşullarının olmasıdır (Johansson ve diğerleri, 2019). Sektörü diğer sektörlerden ayıran başlıca neden her projenin bir

diğerinden farklı ve buna karşılık her projede değışik ve farklı çalışma alanlarında farklı risklerle karşılaşılmasıdır. İnşaat sektöründe faaliyet gösteren çalışanlar diğer sektörlerle göre sabit bir çalışma alanı içerisinde değil, her gerçekleştirilen projede farklı alanlarda hareket halindedirler.

İnşaat alanları oldukça tehlikeli ve fazlasıyla risk teşkil eden alanlardan oluşmakta ve bu sektörde çalışacak olan kişilerin tecrübe ve fiziksel tüm zorluklara karşı hazırlıklı olmaları gerekmektedir. Aynı zamanda inşaat projelerinde aynı anda birden fazla ve farklı gruplarda işçi grupları çalışabilir ki bu da tehlikeye ve risklere karşı davetiye çıkartır. İçerdiği risklerden dolayı inşaat sektöründe çalışan işçinin sağlığını ve güvenliğini sağlamak sıkıntılı ve karmaşık bir hal alabilir (Dedobbeleer ve German, 1987). Son yıllarda gerçekleşen özellikle ölümlerle sonuçlanan kazalardan dolayı işçi güvenliğine ve işçi sağlığına önem daha da artmaya başlamıştır. Bu önemin artmasındaki sebeplerinin başında ülkemizde faaliyet gösteren sektör firmalarının yurtdışı çalışmalarındaki artış ve yapılan işbirliklerinin de katkısı bertaraf edilmemelidir. İnşaat sektöründe gelişmekte olan ülkeler, iş güvenliği ve sağlık çalışmalarının sahalarda uygulanıyor olması isteseler de birçok firmanın henüz bu duruma hazır olmadığı ve bu konuda ciddi atılımların yapılması gerektiğidir (Neitzel, Seixas ve Ren, 2001).

Türkiye’de iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması için Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı 1975 yılında faaliyete başlamış, 1983 yılında ise Bakanlık birimine dönüştürülmüştür. ÇSGB içerisinde İş Sağlığı Güvenliği olarak faaliyet gösteren dört birim daha eklenmiştir. Şekil 1.’de gösterilmiştir.

- İSGÜM: İşçi Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü (İSGGM) / İşçi Sağlığı Güvenliği Merkezi
- İTK : İş Teftiş Kurulu
- ÇASGEM : Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim ve Araştırma Merkezi
- SSK : Sosyal Sigortalar Kurumu



Şekil 1.1. ÇSGB'nin Türkiye'de İş Sağlığı Ve Güvenliği İçin Kurulduğu Birimin Organizasyon Şeması

Kaynak: (ÇSGB, 1983).

Türkiye son 9 yılda inşaat sektörü ve inşaat sektörüne bağlı sektörlerde meydana gelen iş kazaları ve bu kazalar sonrasında ölümle sonuçlanan değişim Tablo 1.1'de verilmiştir. Bu kazaların yaklaşık olarak % 15'i inşaat sektöründe gerçekleşmiştir. 2019 yılında inşaat sektöründe kayda giren kaza sayılarında artış gözlenirken, Türkiye'de kayda geçen iş kazalarının yaklaşık olarak % 18'i inşaat sektöründe meydana geldiği gözlenmektedir (Türkiye İstatistik Kurumu, 2023).

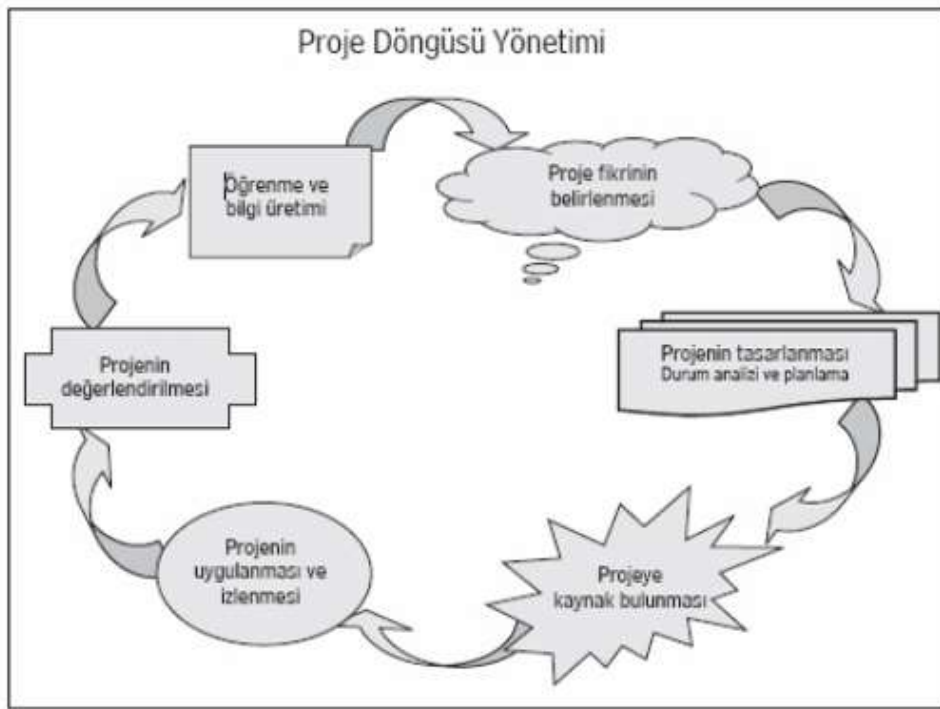
Tablo 1.1. İş Kazası Ve Bu Kazalarda Meydana Gelen Ölüm Vaka Sayıları

YILLAR	BİNA İNŞAATI		BİNA DIŞI YAPILARIN İNŞAATI		ÖZEL İNŞAAT FAALİYETLERİ		İNŞAAT (TOPLAM)		TÜRKİYE GENELİ	
	İş Kazası Sayısı	İş Kazasına Bağlı Ölüm Sayısı	İş Kazası Sayısı	İş Kazasına Bağlı Ölüm Sayısı	İş Kazası Sayısı	İş Kazasına Bağlı Ölüm Sayısı	İş Kazası Sayısı	İş Kazasına Bağlı Ölüm Sayısı	İş Kazası Sayısı	İş Kazasına Bağlı Ölüm Sayısı
2014	3.836	307	1.718	118	215	148	7.749	507	69.265	1.700
2015	4.511	139	1.948	66	2.750	63	9.029	264	74.361	764
2016	14.286	297	5.917	121	6.764	104	26.675	597	191.368	1.365
2017	13.508	265	7.675	143	8.516	99	29.671	61	221.545	1.625
2018	15.065	240	7.903	124	10.393	111	33.647	476	241.548	1.545
2019	20.159	245	9.516	130	14.877	128	44.579	458	286.453	1.445
2020	34.592	348	20.873	158	6.977	87	62.486	548	359.365	1.644
2021	41.579	369	27.639	162	7.759	71	77.157	569	430.942	1.548
2022	25.515	207	15.927	105	6.223	57	47.615	347	422.635	1.475

Kaynak: (Türkiye İstatistik Kurumu, 2023).

1.2.3. Proje Girdilerinin Temini

Bir proje, proje fikrinin doğması ile başlamaktadır. Projenin yola çıkış fikrindeki amaçları yerine getirirken kullanılacak olan analizler, projede kullanılacak olan kaynakların bütünü ve faaliyetlerin planlanması, uygulanması ve kontrol fonksiyonlarının bütünüdür proje yönetimi. Projede gerçekleşecek olan aşamaların bir biri ile etkileşimli olarak sistematik bir yönetim yaklaşımının projedeki fikri dört temel çerçeve olan analiz, planlama, izleme ve değerlendirme üzerinden oluşturulmasıdır (European Commission, 2002).



Şekil 1.2. Proje Döngüsü Yönetimi

Kaynak: (Yentürk ve Aksakoğlu 2006).

İnşaat sektörünün ülkemiz ekonomisine sağlamış olduğu katkıları diğer sektörlerle yapılan işlere göre şekillenmektedir. Yapılan akademik araştırmalara konu olan 15 ekonomik sektörün arasında inşaat sektörünün diğer sektörler arası bağlantılarının yoğunluğu açısından en yoğun faaliyet alanına sahip 4 sektörün başında geldiği gösterilmiştir (Giang ve Pheng, 2011). Yaklaşık olarak 200 sanayi dalından ürün ve girdi temin etmesinden dolayı, Türkiye’de inşaat sektöründe faaliyetlerin artıyor ve azalıyor olması girdi sağladığı sektörlerin ülke ekonomisinde ciddi etkileri vardır. İnşaat sektöründe kullanılan ürünlerin de yerli üretim olması ülke ekonomisine katkı sağlayan

önemli bir husustur. Bu sektördeki küçülme ülke ekonomisinde başta işsizlik olmak üzere GSYH'yı da olumsuz olarak etkileyecektir. Başka bir yönden bakıldığında da siyasi ve ekonomik gelişimi de etkileyen bir durumda verdiği hızlı tepkilerden dolayı riskleri çok olan bir sektör olarak da tanımlanabilir.

Herhangi bir hareketlilik sonrasında kamu sektörü ve özel sektörde, inşaat sektörüne olan ilginin azalıyor olması halinde bilanço durumlarında hızla değişim olurken, gayrimenkul değerlere talep azaldığında ise menkul değerlere taleplerin artacağı yıllara göre de inşaat maliyet endeksinde düşüş olacağı öngörülmektedir. İnşaat sektörü hem üretim hem yönetim hem de mevzuat açısından diğer sektörlerden farklıdır. Diğer sektörlerde seri ve standart üretimler yapılırken, inşaat sektöründe 1-5 yıl arasında süren projeler bulunmaktadır (Eggers, 1992). Tamamlanmış işlerin ardından yeni bir projeye başlanıp başlanmayacağı, başlayacak olan projenin bir önceki proje ile aynı olması da tahmini zor ve zayıf bir ihtimaldir. İnşaat sektöründeki bu durum şirketlerin sabit varlıkları içinde bulunan makine, ekipman ve teçhizat kalemlerini küçültmektedir. Bu kalemlere yapılacak yatırımların yeni projeye başlanması durumunda da alternatif maliyetleri oldukça fazla olacaktır.

1.2.3.1. Arsa Temin Edilememesi

15 – 20 yıl öncesine kadar büyük şehir merkezleri haricinde çevrelerinde de boş araziler bulmak mümkündü. Her geçen yıl artarak devam eden göç, şehir merkezlerinde hızlı nüfus artışına sebep olurken bu göçlerin karşılığı olarak barınma sorununu ortaya çıkarmıştır. Her göçte olduğu gibi insanlar imkânlar dâhilinde alabildikleri yerleri alıyorlar veya kapatıyorlardı. Hızlı, düzensiz ve çarpıklaşmaya neden olan bir yapılaşmanın önüne geçilemiyordu (Lambin ve Meyfroidt, 2011).

Bu hızlı şehirleşmeye ve çarpık yapılaşmaya yerel yönetimlerin belirli bir program ve planlamaları olmadığı için arsa üretimini gerçekleştirememeleri bu konudaki en büyük sorun halini almıştır. Şehir merkezleri ve çevrelerinde konut için ucuz arazi bulmak da ciddi anlamda imkânsızlaşmıştır. Dar gelirli alım gücü olmayan birçok insan da şehir dışında bulunan hazine arazileri üzerine gecekondularına yönelerek bugün şehirleşmedeki en önemli sorun halini alan gecekondular sorununu ortaya çıkarmıştır (Rosenzweig, Binswanger-Mkhize ve McIntire, 1984).

1.2.3.2. Makine Ekipman Seçimi ve Önemi

Yapı üretiminin başlangıcında inşaat makine ve ekipman yönetimi, işi yapacak firmanın projeye teklif verme süresi ile başlayıp, sunulan teklifin kabul onay aşamasının sonrasında, yapılacak olan projenin yapım aşamasına geçilmeden önce hazırlıkların tamamlanması ve sözleşmeye konu olan projenin başlama ve bitirme süreçlerini içeren bir çalışmadır (Dağdeviren, 2008).

Yapımı başlanacak olan inşaat projesinin ne amaçla yapıldığına bakılmaksızın iyi bir yönetim süreci ve hedefi olmalıdır. Bütçe kullanımda en düşük maliyetle hedeflenen projedeki planın ve teknik özelliklerin tamamlanması gerekmektedir. İstenilen hedefe ulaşılmasındaki en kritik öge ise, iş makineleri, makineler ve ekipmanların etkin yönetilmesidir. İnşaatla kullanılacak olan iş makinelerinin verimsiz yönetimi sürenin ve maliyetin artmasına üretimin aksamasına neden olabilir (Hafezalkotob, Hami-Dindar ve Rabie, 2018). Bir proje başlangıcında, projeden sorumlu kişilerin ve makine ekipman yöneticilerinin doğru bir karar verme yöntemi ile yol haritası izlemesi gerekmektedir. Bu durumda tedarik edilecek ekipman, projenin karlılığı açısından son derece önemli bir faktör olacaktır.

Doğru kararlar temini sağlanan ekipman, tıpkı işe konusunda uzman doğru kişiyi seçmek gibi olacak ve proje içinde verimliliği artıracaktır. Kapasitesi projeye yeterli gelmeyecek olan bir makine veya ekipmanı kullanmak sahadaki verimliliğin düşmesine neden olacaktır (Paramasivam, Senthil ve Rajam Ramasamy, 2011).

Bir ekipman veya makine seçilirken sahada kullanımı en uygun olanı, servisinin zamanında bakım ve onarımı da beraberinde getirmektedir. Çok büyük kapasiteli makineleri kullanıyor olmak projenin bir kısmına kadar verimliliği artırabilir ancak, gereğinden büyük bir makine işletmede maliyeti yükselttiği için karlılığı olumsuz yönde etkileyecektir.

Doğru makine kullanmanın sadece mekanik işlemler kısmı için değil, güç, kapasite ve kontroller kısmı için de uygunluğu olmalıdır. Çalışma sahasının yeri ve sahanın durumu, makinelerin ve ekipmanların taşıma sırasındaki mesafesi de seçimi etkileyecektir. Doğru makine ve ekipman seçimi, kazı yapılan alanın istenilen verimlilikte olmasını ve bu alandan çıkan hafriyatın doğru şekilde kaldırılmasını büyük ölçüde etkileyecektir (Tuzkaya, Gülsün, Kahraman ve Özgen, 2010).

Günümüz koşullarında ekipman ve makine imalatçıların giderek yaygınlaşması sadece ekipman satın alım kısmı için değil, finans, kullanım koşulları ve ödeme yöntemleri ile de alternatifleri çoğaltmış ve projeyi ortaya koyacak firmalar içinde bir çok kolaylığı da yanında sunmuştur. Tedarikin sağlanması kısmında bankaların sunmuş oldukları birçok finansman seçenekleri, finans, kiralama ve imalatçı şirketlerin sunduğu alternatif yollar bulunmaktadır. Ağır iş makineleri tedarikinde finans için karar verme aşamasında azımsanmayacak kadar çok sayıda seçenekler vardır (Wang ve diğerleri, 2014a).

Ekipman temin edilmesinde göz önünde bulundurulacak ilk durum, ekipmanı kullanacak olan kişinin maruz kalacağı risk durumudur. Bu risk durumunun değerlendirilmesi makine ve ekipman temininde önemli bir konu haline gelmektedir. Bir ekipmanın finansal getirisinin yanı sıra, temin edilen ürünün ne kadar süre ile kullanılacağı da firmaların maliyet ve yapacakları yatırım açısından önem arz edecek hususlar arasındadır. Bir sonraki projede iş hacmi, projeye ait olan gereksinimler, üretim ihtiyacı veya talepte bulunanın gereksinimleri, uzun vadede şirketin hesapları, satın alımın süresi ve ekipman ve makinenin kullanılabilirliği karar verme aşamasında göz ardı edilmemelidir (Safari, Faghih ve Fathi, 2013).

1.2.3.2.1. Makine Türleri

İnşaat sektöründe kullanılan çok çeşitli makine bulunmaktadır. Araştırmada konu olan inşaat firması için gerekli makine alternatif türleri incelenmiştir. Mobil vinç türlerinden bazıları tanıtılmıştır (Pratt, Kisner ve Moore, 1997).

1) Teleskobik Vinç: Çatallı yükleyici tipi vinçtir. Özellikle inşaatlarda tuğla vb. malzemeleri katlara ulaştırmak için kullanılır.



Şekil 1.3. Teleskobik Vinç

2) Paletli Vinç: Sabitlik ve ileri geri hareket sağlayan ray sistemidir. Şantiyelerde ve çok ağır yük kaldırmada kullanılır. Günümüzde çokça tercih edilir. 55-60 tona kadar yük taşıyabilme gücüne sahip vinç türüdür.



Şekil 1.4. Paletli Vinç

3) Yol ve Arazi Tipi Vinç: Kullanım alanı çok yaygındır. Engeli arazilerde ve uzak mesafede ulaşımı kolaydır. Yüksek tonlarda yük kaldırma kapasitesi vardır.



Şekil 1.5. Yol ve Arazi Tipi Vinç

1.3. Makine Ekipman Seçimindeki Gelişmeler

İnşaat sektörü modern teknoloji sayesinde çok yol kat etmiştir. Artık modern yapılar ve devasa yapıların inşa edilebiliyor olması, işi daha hızlı ve daha verimli hale getiren gelişmiş inşaat ekipmanlarının mevcudiyetine bağlanabilir. Her inşaat şirketinin,

herhangi bir geliştirme projesinin önemli bir parçası olduğu için inşaat ekipmanına yatırım yapması gerekir. İş gerçekleştirmek için makine kullanmak işi hızlandırır ve bir projenin zamanında tamamlanmasını sağlar (Manikandan, Adhiyaman ve Pazhani, 2018). Ayrıca yapılan işin kalitesini artırır ve inşaat işçileri için işleri kolaylaştırır. Her türlü inşaat ekipmanını satın almak mümkün olmasa da, doğru bir planlama ile güvenilir ekipmanların seçimini yapmak şirketlerin geleceklerini güvence altına alabilir. Doğru makine ve ekipman seçimi yapmak şirketlere olumlu yansımaları olabilir. Bu yansımalar şu şekilde tanımlanabilir (Temiz ve Calis, 2017; Yoke-Lian, 2012);

- ***Projeleri Zamanında Tamamlamak***

Sahada doğru ekipmana sahip olduğunda inşaat projeleri tüm işin manuel olarak yapıldığı zamana kıyasla daha hızlı ve daha verimli bir şekilde tamamlanır. Doğru becerilere ve yeterli insan gücüne sahip olmak, inşaat projelerini etkili bir şekilde yürütmek için ihtiyaç olunan pay yalnızca yarısıdır. Bir elektrikli alet kiralama kadar basit bile olsa projenin ilerlemesinde dünyalar kadar fark yaratabilir. Bu nedenle, inşaat firmalarının projelerini verilen temin süresinde tamamlamalarını sağlamak için en son teknolojilere yatırım yapmaları gerekmektedir (Chinchore ve Khare, 2014).

- ***Marka Değerini Artırmak***

Bir inşaat şirketi olarak, markanın değeri genellikle operasyonların ne kadar mekanize olduğuna bağlıdır. Potansiyel müşteriler, iş için kullanılan araç ve gereçlere bağlı olarak, gerekli süre içinde kaliteli iş teslim etme yeteneğini değerlendireceklerdir. Bu nedenle, şirketin sahip olduğu inşaat markasının değeri ve yeni müşteri edinme imkanı, teknolojiye ne kadar yararlandığına bağlıdır (Belyaev, Gordienko, Druzhinin ve Evtukov, 2020).

- ***Kaliteli İş Sunumu***

Bir projeyi yürütmek için doğru araçları ve ekipmanı kullanmak, yüklenicilerin projelerini mümkün olan en az kusurla en iyi şekilde teslim etmelerine ve tamamlamalarına olanak tanımaktadır. Bu nedenle, proje için tesis ve alet edinmek yatırım yapmanız önemlidir. Örneğin, bir bina temelini sağlamlığını ve güvenilirliğini sağlamak için bir proje başlamadan önce toprağın sıkıştırılması ve tesviye edilmesi gereklidir. Projenin bu aşaması es geçildiğinde veya doğru toprak sıkıştırma ekipmanına sahip olunmadığı için uygulanmadığında temeli zayıf bir yapı elde edilir. Kalite

standartı amaçları için yapılan işin kalitesini sağlayan makine ve ekipmanların kullanılması gerekmektedir (Hagag, Yousef ve Abdelmaguid, 2023).

- ***Doğru ekipman seçiminde maliyet tasarrufu ve kârlılık sağlamak***

Birçok kişi, ağır inşaat ekipmanı kiralamanın maliyeti nedeniyle uygun araç ve gereçler kullanarak atlatmaya çalışır. Ancak, uzun vadede, bir proje için doğru ekipmanı kullanmaktan kaynaklanan maliyet tasarrufları, yüksek maliyeti telafi eder. Doğru ekipmanın kullanılması üretkenliği artırır ve bir projeyi zamanında ve verimli bir şekilde tamamlamaya olanak tanır (Samee ve Pongpeng, 2016).

- ***Birden çok görevi gerçekleştirmek***

İnşaat projeleri için gelişmiş makine kullanmanın en iyi yollarından biri, başka türlü yerine getirilmesi imkansız olan görevlerin tamamlanmasına olanak sağlamasıdır. Birçok modern inşaat ekipmanı, birden fazla amaca hizmet eder ve benzer görevleri sorunsuz bir şekilde tamamlamaya yardımcı olabilir. Bu, projenin olabildiğince sorunsuz çalışmasını sağlarken birden çok cephede paradan tasarruf edilmesine olanak tanır (Hafezalkotob ve diğerleri, 2018).

- ***Karmaşık projeleri yürütmek***

Bazı projeler için gelişmiş inşaat ekipmanlarının kullanılması sadece bir gereklilik değil, zorunludur. Basit inşaat projeleri için doğaçlama yapmak veya basit araçlar kullanmak mümkün olsa da yüksek binalar, büyük asma köprüler ve zorlu arazilerde kesilen yollar, inşaat ekipmanı tesisi gerekli makine ve ekipman edinilmeden tamamlanamaz. Yalnızca bu tür projeleri tamamlamak için gerekli olan ağır hizmet ekipmanlarına sahip olan veya bunları edinebilen inşaat şirketleri işi elde edebilir (Turovets ve Vishnevskiy, 2019).

- ***Çözüm üretmek***

Verimlilik ve projelerin zamanında teslimi, her inşaat firmasının öncelik vermesi gereken niteliklerdir. Yeni teknolojinin ve doğru ekipmanın benimsenmesi, bir inşaat şirketinin bu hedeflere ulaşma ve potansiyel müşteriler için çekici kalma yeteneğini artırabilir (Bilal ve Oyedele, 2020).

İKİNCİ BÖLÜM

2. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME SÜRECİ: BULANIK AHP VE GRİ İLİŞKİSEL ANALİZ

2.1. Karar Verme

TDK tanımına göre karar, bir iş veya sorun hakkında düşünülerek verilen kesin yargıdır. (TDK, 2005). Bu yargı veya yargılar kritik önemler taşır. Hayat aslında başlı başına bir karardan ibarettir. Kararlarımız doğrultusunda hayatımızı yönlendirir ve şekillendiririz. Bu kararlar bazen kalıplaşmış ve sıradan olurken karmaşık ve zor kararlardan da oluşabilir (M. Çelikten, Gılıç, Y. Çelikten ve Yıldırım, 2019). Okula giden bir öğrencinin uyanabilmek amacıyla alarmını sabah saatlerine kurması rutin karar, okul dönüşü yürüyerek veya araç kullanarak gitmesi basit karar, yolda yağmur yağdığında şemsiye açması refleks karardır. Bu kararlar analize gerek duyulmadan uygulanabilir kararlardır. Lakin bazı zor ve karmaşık kararda daha sistematik ilerlenerek adımlar atılır.

Amaçlarla doğrusal kararlar verebilmek artan rekabet ortamında işletmeler açısından da oldukça önemlidir. Personel alımı, ürün tedariki ve dağıtımı, yeni yatırım yeri seçimi, pazar alanı oluşturma, yeni makine ve teçhizat alımı gibi oldukça önemli kararda uygun analizler yapılarak karara varılır.

2.1.1. Karar Verme Süreci

Karar vermenin bir süregelimi mevcuttur. Hemen değil aşamalar halinde oluşan eylemlerdir. Varsayımlara dayanır. Rasyonel ve irrasyonel akıl yürütmedir ve bu akıl yürütme aşamalar halindedir.

Bir kararın hangi aşamalardan geçtiğine bakılarak doğruluğu izlenir. Karar verme süreç aşamaları (Burhanoğlu, 2016);

- Amaç belirlenir,
- Kontrol edilebilen ve edilemeyen değişkenler belirlenir,
- Değişkenlerin birbirine olan ilişkisi belirlenir,
- Alternatifler arasından en iyi karar bulunur,

- Karar verilir,
- Verilen kararın sonuçları yorumlanır,
- İlerleyen zaman için karar süreci yenilenir.

2.1.1.1. Tek Kriterli Karar Verme

Tek kriterli karar verirken problemlerin çözümü zor değildir. Minimum yada maksimum fayda sağlayacak amaç seçilir. Tek bir amacı vardır en basit karar verme türüdür. Ancak hayatımızda karşılaştığımız karar problemlerinde pek çok amaçtan en iyi istifade edebilmek için yeterli olmamaktadır. Bunun sonucunda da çok kriterli karar verme problemlerine başvurmak gerekir (Subaşı, 2011).

2.1.1.2. Çok Kriterli Karar Verme

Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri, 1960'lı yıllarda karar verme süreçlerine yardımcı olunması amacıyla ortaya çıkmıştır (Kılıç, 2005). ÇKKV, karar yönteminin en bilindik ve kullanılan hali bir veya birden fazla verilecek karar kriterlerinin değerlendirilirken alternatifler arasından en doğru ve uygun olanın seçilmesidir. Kendi aralarındaki alternatifin gruplandırma veya sıralanmalarını oluşturmaktadır (Çiftçi, 2014).

Karar verme aşamasında istenilen hedefe ulaşmak için bir çok kriter belirlenmekte ve seçim değerlendirilmesi yapılırken her bir alternatifin kendine özgü olumlu olumsuz özelliklerinin bulunmasından dolayı karar verme oldukça zor bir hal almaktadır. Örneğin; bir fabrika forklift temini sürecinde değerlendirmesi gereken birçok kriter ve alternatif ile karşı karşıya kalacaktır. Dış dönüş yarı çapı, servis ağı, asansör yüksekliği, tonajı, ataşman, lastik vb. bunlardan birkaçıdır. Kriter ve alternatifler artıkça karar verme süreci de zorlaşacaktır.

ÇKKV yöntemlerinin temel sebebi, alternatiflerin ve kriter sayılarının birden çok olması durumunda karar sürecini kontrol altına alabilmek ve sağlıklı sonuçları hedef almaktır. (Heriştakar, 1999: 240). Karar verme aşamalarında bilimsel veri ve tekniklerin kullanılması hedefe ulaşmada sağlıklı ve güvenilir olabileceği için kişi veya kurumların kararı verirken etkili, doğru ve güvenli kararlar vermelerini sağlamaktadır. ÇKKV, seçilmiş olan kriterlerin içinden çözüme uygun olan şekilde ulaşılmasını sağlar. Kriterlerin bir birlerinden farklılıklar göstermesi durumlarında, elde bulunan mevcut kriterleri aynı anda karşılayacak çözüme sahip olunmadığından, karar verecek olanın

tercihlerine göre çözüm de değişkenlik gösterecektir. Sonuç bir çözüm kümesi veya uzlaşık çözüm olacaktır (Kaya, İpekçi ve Kuruüzüm, 2011). ÇKKV yöntemlerinin bazıları, problemlerin kriterlerindeki önem dereceleri kararı verecek olan için değişkenlik gösterecektir. Bunun amacı, seçilen kriterin diğer seçilen kritere göre önemini belirleyebilmektir.

Çok Kriterli Karar Verme metodunun sonunda belirlenmiş olan alternatiflerin içinden en uygun olanına bakılacaktır (Öztürk ve Batuk, 2007).

Karar verme süreci sonrası oluşabilecek pişmanlığı minimuma indirmek adına karar verecek olanların vermiş oldukları karar ile akıllarında soru işareti kalmaması için paylaşılan verileri sentezleyerek ve organize ederek kriterlerin duyurulmasını amaçlamaktadır (Çiftçi, 2014).

Çok Kriterli Karar Verme metodunda yönetim aşamasında kullanılan kavramlar şu şekilde sıralanabilir (Menteş, 2000);

1) **Alternatif:** Karar verme problemlerindeki tercihlerin seçenekleri anlamını taşır. Alternatif sayısı kritere ve yerlerine göre değişkenlik gösterebilmektedir. Bazen bir veya birden fazla, arada da çok sayıda alternatif seçenekler sunulabilir. Bir veya birden fazla alternatiflerin içinden hedefe en yakın olanı belirlenir.

- ÇKKV aşamasında alternatifler (Majumder, 2015).
- Karşılaştırılabilir olmaları,
- Kullanıma uygun olmaları,
- Ulaşılabilir,
- İdeal değil gerçek

2) **Kriter:** Kriterler, alternatif sunumların temel özelliklerini ifade ederler. Karar verecek olan kişi veya kişilerin önem ve değer ölçütlerine göre tanımlanarak ölçümlendirilirler. ÇKKV sürecinde seçilen kriterler şu şekildedir (Majumder, 2015):

- Ölçülebilir,
- Birbirinden bağımsız,
- Verilen kararla özdeş,
- Ölçeklendirmenin aynı olduğu,

- Alternatiflerle yan yana bir ilişki içinde olmalıdır.

3) **Amaç:** Karar verecek kişi veya kişilerin isteklerinin doğrultusunda belirlenecek olan kriterlerin yönlendirilme şeklidir.

4) **Hedef:** Amaçların soyuttan çıkıp somut bir durum haline getirilip belirlenmiş değerlere dönüştürülmüş şeklidir.

5) **Kısıt:** Problemler sistem içerisinde bulunan tanımlanan hedefleri etkileyecek olan varsayımlar ile çevresel ve içsel değişken ve kaynak içinde sınırlamadır.

6) **Karar matrisi:** Çok kriterli karar verme metodunda alternatifler probleme konu olan sorunun sonucuna bağlı bir matris olarak ifade edilmektedir. Karar probleminin matris şeklinde ifade edilebilmesi için, ÇKKV'nin bir veya birden fazla bir biri içinde çelişen kriterler arasından en uygun olan alternatifin seçilmesi gerekmektedir.

$$D = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & \dots & K_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

(1)

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

(2)

Çok kriterli karar verme mevcut bilgi açısından, belirlilik, belirsizlik ve risk altında karar verme olarak sıralanır.

A. **Belirlilik Altında Karar Verme:** Karar verici belirlilik altında karar verirken oluşacak sonuçlar hakkında şüphe duymaz ve karar vermeden önce durumun ne olacağını bilmektedir. Bu durumda en iyi seçimi en yüksek getiriye sağlayacak şekilde yapar.

B. **Belirsizlik Altında Karar Verme:** Karar verici vereceği hiçbir bilgiden emin değildir. Alternatifler hakkında yeteri kadar bilgi yoktur (Arslan, 2022). Zaman

gerektiren durumlar belirsizlik altında karar verme durumunu oluşturur. Örnek olarak enflasyonun sürekli arttığı bir ülkede yatırım kararı vermek bir işletme açısından oldukça zordur ve bu belirsizlik altında karar vermeyi oluşturur. Bilgi eksikliğinin varlığı analiz yapabilmek için yeni kriterler oluşturmuştur (Turaba, 2016).

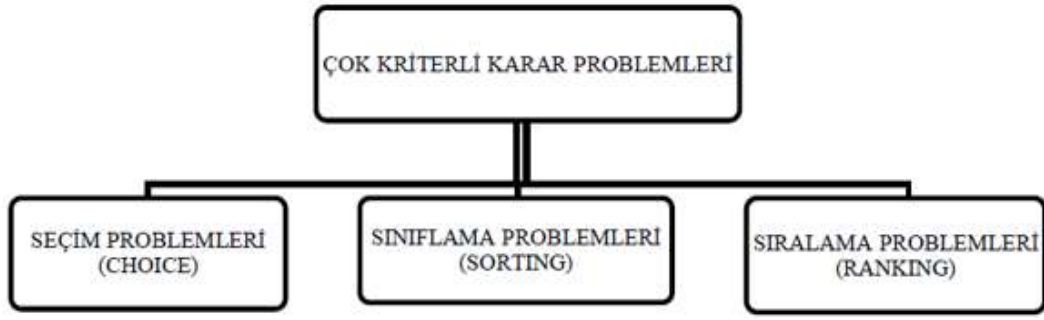
- 1) Laplace Kriteri
- 2) Minimaks Kriteri
- 3) Savage Kriteri
- 4) Hurwicz Kriteri

C. **Risk Altında Karar Verme:** Olasılıkların bilinmediği ve karar vericilerin vereceği kararın sonuçlarını bilmemesi durumunda karar vermesidir. Seçeneklerin sonuçları hakkında olasılıklar vardır. Risk altında karar verirken kullanılan kriterler bulunmaktadır (Çitil, 2017).

- 1) Beklenen Değer Kriteri
- 2) Beklenen Fırsat Kaybı Kriteri
- 3) Beklenen Hırs Seviyesi Kriteri
- 4) En Olası Olay Kriteri
- 5) Tam Bilginin Beklenen Değeri Kriteri

2.1.1.2.1. Çok Kriterli Karar Verme Problemleri

Günlük yaşantımızda birçok durumda karar verme aşamasında problemlerle karşı karşıya kalırız ve bu problemlerin çoğunda bir biri ile çelişen kriterler de önümüze çıkmaktadır. ÇKKV problemlerinden bahsedebilmek için karar verme sürecinde birden fazla kriterin de içinde olması gerekmektedir (Koçak ve Çoğurcu, 2015). ÇKKV problemlerinin üç temel başlığı; seçim yapılması, sınıflandırma ve sonrasında sıralanmasıdır (Vassilev, Genova ve Vassileva, 2005).



Şekil 1.6. ÇKKV Problemlerinin Üç Temel Başlığı

Kaynak: (Vassilev ve diğerleri, 2005).

1) **Seçim Problemleri:** Temel amacı, birbirinden farklı birden çok alternatifin içinde bulunduğu ve birbirleri ile kıyaslanmaları zor bir grup içinden en iyi seçimin yapılmasıdır. Örneğin; bir firma yöneticisinin özgül bir çalışma projesi için çalışan seçmesi. Örneğimizdeki amacımız verilen alternatif grubun içinden en doğru alternatifi seçmektir.

2) **Sınıflama Problemleri:** Temel amacı, alternatiflerin bir araya toplanırken, aynı özelliklere sahip olmalarıdır. Alternatifler belirli tercih ve kriterlere göre sınıflandırılır. Örneğin; Bir firma çalışan performans derecelerini zayıf, orta ve güçlü olarak sınıflandırarak çalışan performans değerlendirilmesidir.

3) **Sıralama Problemleri:** Temel amacı, en iyiden en kötüye doğru sıralama yapılarak alternatifler, belirli kriterlere göre sıralanmasıdır. Örneğin; Bir şirket çalışan performansların en iyiden en düşüğe göre sıralanmasıdır.

2.2. Bulanık Mantık

Bulanık mantık kavram olarak ilk kez Lotfi A. Zadeh tarafından 1965 yılında yayınlanan “Bulanık Kümeler” makalesi ile ortaya çıkmıştır. Sorunlar ne kadar detaylı incelenirse çözümlerinde bir o kadar detaylandığını ve bulanıklaştığını söylemiştir. (Topkarcı, 2013). Gautama Buddha ise dünyada ki her şeyin doğrular yanında biraz da yanlış olabileceği çelişkisinin olduğunu ifade etmiştir (Turaba, 2016).

Geleneksel mantık ikili mantık sistemidir. Doğru ve yanlış olan tamamen belirlilik içeren önermelerden oluşur. Üçüncü bir önermeyi yok sayar. Belirsizliğin yok sayılması geleneksel-klasik mantığın gerçekliğini zedelemiştir.

Gündelik yaşamda ve iş yaşamında karşılaşılan belirsizlikler için çoğu durumda

klasik yaklaşım yeterli gelmeyeceği için bulanık küme teorisini kullanılır. Bulanık küme teorisi dilsel belirsizlikleri modelleyerek insan algı ve yargıların bulunduğu nitel değerlendirmeleri modelleyerek bulanık sayı türü olan üçgen bulanık sayılar ile ifade eder.

Bulanık mantıkta bilgilerin kesinliğin olmadığı, eksik olduğu durumlarda bulanık küme teorisi ile analitik çözümlere varılır.

Bulanık mantığın temel ilkelerini aşağıda sıralanmıştır (Türkben, 2022).

- Net ve kesin ifadelerden oluşmadığı insan yargılarını içeren nitel ifadeler olduğu için tam değil yaklaşık değerlerdir.
- Değerler sıfır ve bir arasında değer alır.
- Sayısal değil, sözel ifadelerdir.
- Belirlenmiş kurallar çerçevesinde bazı sözel ifadeler kendisine karşılık gelen bir değer alır.
- Mantıkla ifade edilen bütün sistemler bulanıktır.
- Matematiksel olarak modellenemeyen durumları ele alır.

2.2.1. Bulanık Küme

Küme teorisi matematiksel işlemlerde kolaylık ve anlaşılabilirlik kattığı için gün geçtikçe literatürde daha çok kullanılmaya başlanmıştır (Türkben, 2022).

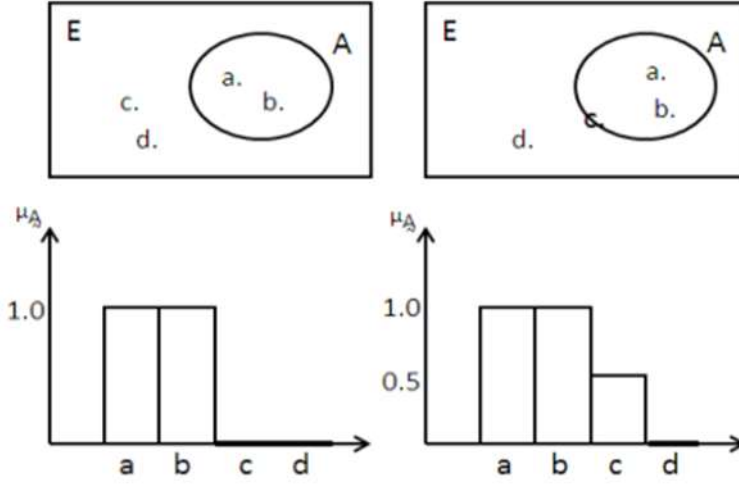
Bulanık kümeler, bulanık mantık sisteminde tanımlanan bileşenlerdir. Klasik kümede bir eleman ya o kümenin elemanıdır ya da değildir. Ancak bulanık küme de eleman değişik derecelerde o kümenin elemanı olabilir.

Gerçek hayatta kullanılan nitel verileri matematiksel olarak ifade ederek işlem yapabilmeyi sağlar. Veriler 0- 1 arasında değerler alır. 1 değerine yaklaştıkça üyelik derecesi artar, 0 değerine yaklaştığında ise üye olma olasılığı azalır. Üyelik fonksiyonu (x) ile ifade edilir (Güneri, 2019).

Bulanık kümenin üç temel özelliği aşağıda sıralanmıştır (Turaba, 2016)

- Bulanık kümenin elemanlarından en az bir tanesinin üyeliği '1' olmalıdır.
- Bulanık küme monotondur.

- Bulanık küme simetrikidir. Aynı uzaklıkta olan üyelerin üyelik dereceleri de aynıdır.

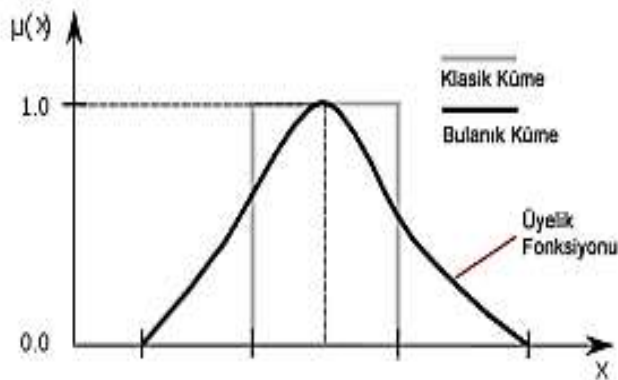


Şekil 1.7. Klasik ve Bulanık Küme Grafiği

Kaynak: (Turaba, 2016).

Şekle baktığımızda bulanık küme üyenin üyelik fonksiyonu 0-1 arası değer alırken, klasik kümenin 0-1 değerlerinden birini alabildiği anlaşılmaktadır (Turaba, 2016).

Yani klasik kümede üyeler ya küme elemanıdır ya değildir. Bulanık kümede ise 1 değerine yaklaşan elemanların küme elemanı olma ihtimali yüksekken, 0 değerine yaklaştıkça ihtimal düşer.



Şekil 1.8. Klasik ve Bulanık Küme Fonksiyonu

Kaynak: (Güneri, 2019).

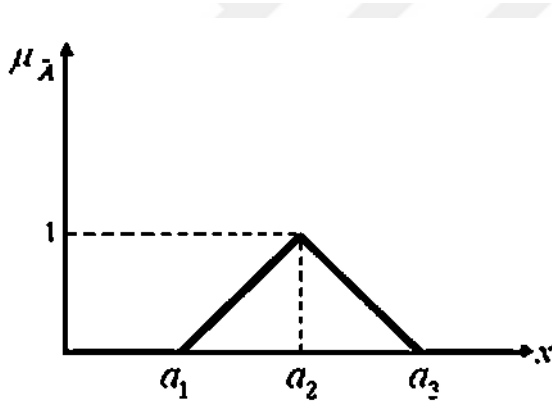
Nitel veriler içeren, kesin olmayan sayıları nitelendirmede bulanık sayılar çok fazla kullanılır. Tez kapsamında uygulamalarda en çok kullanılan üçgen ve yamuk bulanık sayılara yer verilmiştir.

2.2.2. Üçgensel Bulanık Sayılar

Bulanık sayılar içerisinde en fazla kullanılandır (Güneri, 2019: 23). İsmi içerisinde bulun üçlü kombinasyondan (a_1, a_2, a_3) alır. $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$ veya $\tilde{A} = (n_1, n_2, n_3)$ şeklinde ifade edilir.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3-x}{a_3-a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & x > a_3 \end{cases} \quad (3)$$

Üçgen bulanık sayının şekil olarak gösterimi ise aşağıdaki gibidir.



Şekil 1.9. Üçgen Bulanık Sayı Grafik Gösterimi

Kaynak: (Türkben, 2022).

$m = m_1, m_2, m_3$ ve $n = n_1, n_2, n_3$ olan bu iki üçgen sayının aralarındaki uzaklık ise Vertex yöntemi ile bulunur (Chen, 2000).

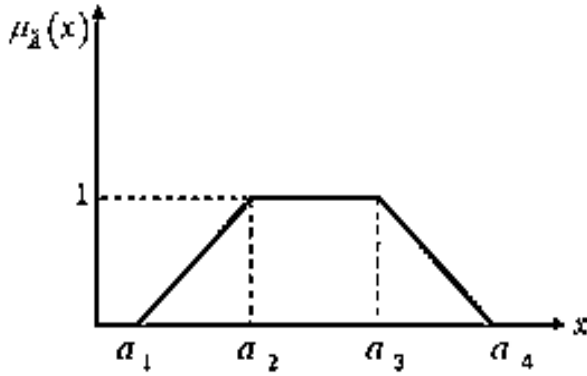
$$d(\tilde{m}, \tilde{n}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2]} \quad (4)$$

2.2.3. Yamuk Bulanık Sayılar

Yamuk bulanık sayılar ise (a_1, a_2, a_3, a_4) şeklinde dörtlü sayılarla ifade edilir. Bu sayılar ise matematiksel olarak Zadeh (1965)'e göre şu biçimde ifade edilir;

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{a_4-x}{a_4-a_3}, & a_3 \leq x \leq a_4 \\ 0, & x > a_4 \end{cases} \quad (5)$$

Yamuk bulanık sayının ise şekil olarak gösterimi şöyledir:



Şekil 1.10. Yamuk Bulanık Sayı Grafik Gösterimi

Kaynak: (Türkben, 2022).

Şekilden alt ve üst sınır ile sayıların üyelik sınırları anlaşılmaktadır.

2.3. Bulanık Tabanlı Çok Kriterli Karar Verme

Karar analizi bulanık küme teorisinin kullanıldığı alana uygun olanıdır. Çok kriterli karar verme sorunlarının içeriğine bakıldığında genellikle karmaşık, sözel değerleri de içeren yalnız tanımlanması yetersiz kalan kriterler nedeni ile bulanık küme teorisi kullanarak modellendirilmeye uygun olanıdır (Gültaş ve Özok, 2007). Son yıllara bakıldığında çok kriterli karar verme sürecine bulanık kümelerin dahil edilmesi ÇKKV alanını genişleterek büyük gelişmeler kaydedilmiştir. Böylelikle bulanık çok kriterli karar verme ortaya çıkmıştır.

Önem dereceleri ve ağırlıkları kullanılan kriterlerin ÇKKV metotları arasında kesin olduğu ortaya konulmuş ve bunun üzerine çalışılmıştır. Gerçekte karşılaşılan problemlerin çoğunda modelle yapılırken kesin verilerin yeterli gelmediği bilinmektedir (Dursun ve Karsak, 2007).

Bulanık ÇKKV yöntemlerinde, kriter ve alternatifler değerlendirilirken sözel

değişkenler kullanma olanağını sunabilirken, kesinleşmemiş bilgiler de sayısallaştırılarak aktif sonuçlara ulaşılmıştır. Karar verme aşamasındaki en belirgin sorun, kriterlerin birbirleriyle çelişen değerlerini seçim kümesi içinden en uygun olan seçeneği belirleyebilmektir. Bu amaç doğrultusunda geliştirilen karar verme metotlarının çoğunluğu sadece soyut olabilecek kriterleri kapsamı içine alacaktır. Yaşam süreci içerisinde karar verme durumlarında soyut ya da somut kriterler hayatımızı etkileyecek öneme sahiptirler (İnce ve Gültaş, 2006).

ÇKKV yöntemlerinde klasik karar verme, alternatifin belirlenmiş kriterde değerlendiriliyor olması kritere göre sahip olduğu gerçek sayı ya da belirlenmiş olasılık değerlerine göre yapılır. Somut olarak tanımlanmış bu tip kriterlerden değişik belirsizlik ve sözel olarak ifade edilebilen, kesin olarak tanımlanmayan somut kriterlerin içinde olduğu problemler de bulunmaktadır. Alternatifin böyle durumlarda kritere ilişkin almış olduğu değer öznel olarak değerlendirilir. Nitel kriterler öncelikle bulanık kümelerle temsil edilmeli sonra alternatif kümeler üyelik değeri belirlenmeli ve belirsiz ortamında kararı vermeye çalışılmalıdır (Ballı, 2005).

Günümüzde değişen teknoloji ve rekabetçi ortam, işletmelerin başarı seviyelerini yükseltmede detaylı kararlar vermede yetki ve güce sahip olmalarını getirir. Kararı verme, bilgiyi kullanmanın yeterli gelemeyeceği gibi durumlarda gelişmiş karar verme yöntemlerinden yardım alınarak yapılmalıdır. Rekabetçi bir ortamda doğru karar avantaja çevirir. Bu sürece birden çok kriter ve amaç da dahil olmaktadır. İşletmeler bu yüzden doğru karar aşamasında, tüm kriterleri değerlendirirken çok kriterli karar verme metodunu kullanıyor olmaları avantaja dönüşecektir (Soner ve Önüt, 2006). Literatür araştırmalarında ÇKKV yöntemleri, Bulanık TOPSIS ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi, karşılaşılan bilindik metotların başında gelmektedir.

2.4. Makine Ekipman Seçiminde Kullanılmış Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Orta ve büyük ölçekli firmaların proje işlerinde makine donanımları oldukça önemlidir. Proje kapsamında inşaat sektöründe sahada kullanılan kule vinçleri, beton mikser ve pompası, ağır iş makineleri kapsamına giren ekskavatör, dozer, greyder vb. makinelerin tedariki, kullanılacak saha içerisindeki verimliliği, bakımlar ve sonraki projelerde değerlendiriliyor olması titizlikle düşünülmesi gereken hususlardır. Karar verecek olanların ihtiyaç, amaç ve değerlendirme kriterlerini kendi önem derecelerine

göre belirleyerek alternatifler oluşturmaları gerekmektedir. Bu durumdan sonra yapılacak olan seçim veya verilecek olan karar çok kriterli optimizasyondan probleme dönüşecektir. En uygun yöntemin seçilip uygulanması maksimum fayda ve minimum külfet olmalıdır.

Literatür çalışmalarında ÇKKV problemlerinin çözümünde kullanılan farklı yöntemler bulunmakta ve bu kullanılan yöntemlerin hiç biri bir diğerine göre tam bir üstünlük sağlamış durumda değildir. Bu yöntemlerin en önemli avantajları somut ve soyut kriterler bir arada değerlendirilmeye uygun ve imkân sağlamaktadırlar (Dağdeviren, Eraslan ve Kurt, 2007).

Uygulamalarda karşımıza çıkabilecek olan ÇKKV metotlarından bazıları ise şunlardır;

- EDAS,
- DELPHI,
- BAHS,
- Bulanık PROMETHEE,
- BAAS,
- Gri İlişkisel Analizi (GİA),
- SWARA ve Gri COPRAS,
- Gri MULTIMOORA,
- Sezgisel Bulanık TOPSIS,
- Bulanık VIKOR,
- Bulanık TOPSIS,

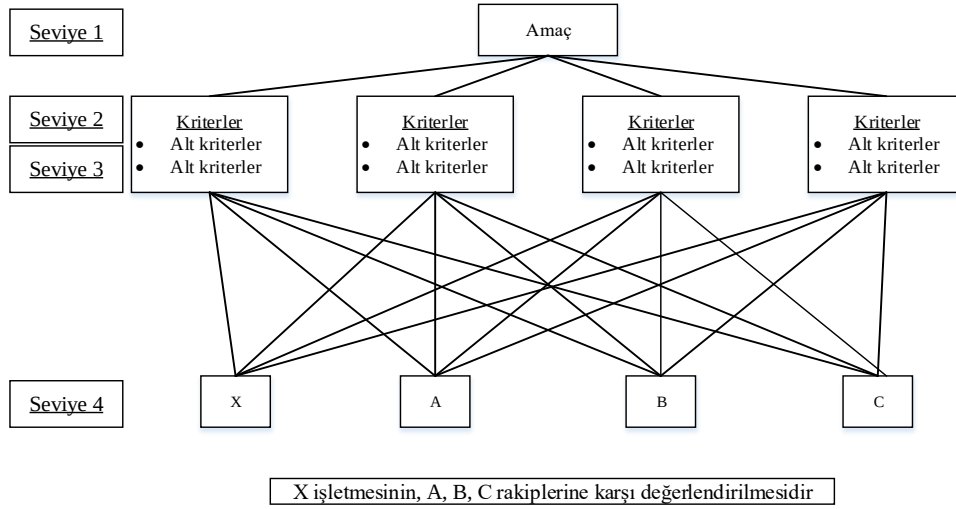
Bu bölümde çalışmanın analiz kısmında Bulanık AHP ve devamında Gri İlişkisel Analiz yöntemleri kullanıldığından dolayı bu yöntemlerin tanımlamaları yapılmıştır.

2.5. Bulanık AHP

Van Laarhoven ve Pedrycz (1983) tarafından ilk BAHF çalışması, üçgensel üyelik fonksiyonu olarak tanımlanan bulanık oranları bir biri ile karşılaştırılması sonucu yapılmıştır. 1985 yılında Buckley karşılaştırma oranlarının bulanık öncelik üçgensel üyelik fonksiyonunu belirlemiştir. BAHF'ın uygulanması için Chang (1996) ilk defa

üçgensel bulanık sayıları ilk defa kullanmaya yeni bir yaklaşım getirmiştir. Soyut ve somut kriterler değerlendirilirken AHP'nin kullanım kolaylığı gibi bir çok sebebinden dolayı çok kriterli karar verme problemlerindeki çözümlerde sıkça kullanılmaktadır.

İnsanoğlunun doğası şüphe ve belirsizliği birlikte taşımasından AHP, kriterler karşılaştırılırken tam olarak sürece yansıtılmaya olanak tanımamaktadır (Huang, Chu ve Cihang, 2008). Ayrıca AHP, belirsizliğin olduğu durumlarda kriterin önceliği hakkında karar verilirken Saaty'nin önermiş olduğu karşılaştırma ölçeğini kullanıyor olması sebebiyle eleştiriler de kaçınılmaz olmuştur. Çünkü, insanoğlunun duygu ve düşünceleri tam sayılarla değil sözel olarak ifade edilmektedir (Chan, Kumar, Tiwari, Lau ve Choy, 2008). AHP'nin genel hiyerarşik yapısı şu şekilde gösterilebilir.



Şekil 2.1. AHP'nin Hiyerarşik Yapısı

Tablo 2.1. Bulanık Üçgensel Sayılarının Önem Dereceleri Denkliği

Saaty Ölçeği	Tanımlama	Bulanık Üçgensel Sayıları
1	EŞİT ÖNEMLİ (EÖ)	(1,1,1)
3	AZ ÖNEMLİ (AÖ)	(2,3,4)
5	ÖNEMLİ (Ö)	(4,5,6)
7	ÇOK ÖNEMLİ (ÇÖ)	(6,7,8)
9	DAHA ÇOK ÖNEMLİ (DÇÖ)	(9,9,9)
2	İki tanımlama arasında kalan değerler	(1,2,3)
4		(3,4,5)
6		(5,6,7)
8		(7,8,9)

Kaynak: (Saaty ve Vargas, 2001).

Bu dilbilimsel terimlerin karşılık gelen üçgen bulanık sayılarına göre, örneğin karar verici “Kriter 1 (C1) Kriter 2'den (C2) Az Önemli” derse, bulanık üçgen ölçeği (2, 3, 4) olarak alır. Aksine, kriterlerin ikili katkı matrisinde, C2'nin C1 ile karşılaştırılması bulanık üçgen ölçeği (1/4, 1/3, 1/2) olacaktır (Saaty ve Vargas, 2001).

Bu çalışmanın analizinde uygulanan BAHP çözüm algoritmalarından Geometrik ortalama tekniği şu adımlarla tanımlanabilir;

Adım 1: Tablo 2.1’de gösterilen görelî ölçek ölçüsünü kullanarak verileri ölçeklendirerek ölçütler için matrisler oluşturulur.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Karşılaştırma matrisi oluşturulduktan sonra her bir satırın geometrik ortalaması şu şekilde alınır;

$$z_i = \left[\prod_{j=1}^n a_{ij} \right]^{1/n}, i = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

w_i ağırlıkları da şu şekilde hesaplanır;

$$w_i = z_i / (z_1 + \dots + z_n), \forall i, \quad (8)$$

Bu çözüm algoritması bir ve birden fazla karar verici için kullanılabilecek esnekliktedir. Karar verici için geçerli durumlar şu şekilde açıklanabilir;

Adım 1: Aşağıda gösterilen dizilim gibi yamuksal bulanık sayılar A ikili karşılaştırma matrisi karar vericilerden alınır.

$$\bar{a}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij}), \forall i, j$$

Adım 2: w_i ağırlıkları şu şekilde hesaplanabilir;

Her bir satır için geometrik ortalama şu formülle elde edilir; $\otimes$ işareti bulanık çarpma işlemini ifade etmektedir.

$$z_i = (\bar{a}_{i1} \otimes \dots \otimes \bar{a}_{in})^{1/n} \forall i \quad (8)$$

Bulanık ağırlık, şu şekilde hesaplanır; burada $\otimes$ işareti bulanık toplama işlemini ifade etmektedir.

$$w_i = z_i \otimes (z_1 \otimes \dots \otimes z_n)^{-1} \quad (9)$$

Bulanık ağırlıkları elde etmek için şu işlemlerden geçirilir. $\bar{a}_{ij}$ yamuksal bulanık sayılarının güven aralıkları cinsinden sağ ve sol yan geometrik ortalamaları aşağıdaki şekilde tanımlanabilir;

$$g_i(\alpha) = \left[\prod_{j=1}^n ((c_{ij} - d_{ij})\alpha + b_{ij}) \right]^{1/n}, \alpha \in [0,1] \quad (10)$$

$$f_i(\alpha) = \left[\prod_{j=1}^n ((b_{ij} - a_{ij})\alpha + a_{ij}) \right]^{1/n}, \alpha \in [0,1] \quad (11)$$

$$a_{ij} = \left[\prod_{j=1}^n (a_{ij}) \right]^{1/n} \quad (12)$$

Ve,

$$a = \sum_{i=1}^m a_i \quad (13)$$

Yine aynı şekilde b_i ve b , c_i ve c , d_i ve d 'ler de tanımlanabilir. Bulanık ağırlık şu şekilde tanımlanır;

$$w_i = \left(\frac{a_i}{d}, \frac{b_i}{c}, \frac{c_i}{b}, \frac{d_i}{a} \right) \quad (14)$$

x yatay eksen üzerinde reel bir sayıdır ve $\mu_{w_i}(x)$ üyelik fonksiyonu şu şekilde tanımlanır;

x	$\mu_{w_i}(x)$
$\leq (a_i / d)$	0
$\geq (d_i / a)$	0
$[b_i / c, c_i / b]$	1
$[a_i / d, b_i / c]$	$\alpha \in [0,1]$
$[c_i / b, d_i / a]$	$\alpha \in [0,1]$

(15)

$x \in [a_i/d, b_i/c]$ olduğunda $x = f_i(\alpha)/g(\alpha)$ eşitliğinden bulunur.

Aynı şekilde $x \in [c_i/b, d_i/a]$ olduğunda da $x = g_i(\alpha)/f(\alpha)$ eşitliğinden bulunur.

Burada;

$$f(\alpha) = \sum_{i=1}^m f_i(\alpha) \text{ ve } g(\alpha) = \sum_{i=1}^m g_i(\alpha) \quad (16)$$

Tüm $r_{ij}, \forall i, j$ performans puanları elde edilinceye kadar Adım 2 tekrarlanır.

Adım 3: Bulanık ağırlıklar ve bulanık performans skorları, bulanık çok kriterli karar verme problemi olarak birleştirilir. Bulanık faydalar şu şekilde elde edilir;

$$U_i = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij}, \quad \forall i. \quad (17)$$

2.6. Gri İlişkisel Analiz

Gri ilişki analizi, gri ilişki derecesinin hesaplanması ve sistemin ana davranışının katkı ölçüsünün veya sistem faktörleri arasındaki etki derecesinin belirlenmesi yöntemidir. İki faktör veya iki sistem arasındaki korelasyonun ölçüsüne gri korelasyon derecesi denir. Gri korelasyon derecesinin değişim eğilimi, boyutu ve hızı, sistem geliştirme sürecindeki faktörlerin göreceli değişimini yansıtır. Geliştirme sürecinde, iki faktörün veya sistemin göreceli değişiklikleri temel olarak aynı değişim eğilimine sahip olduğunda, iki faktör daha yüksek derecede gri korelasyona sahiptir; aksi takdirde, daha küçük bir gri korelasyon derecesine sahiptirler. Bu yazıda, kaynak paylaşımının uygulanmasını etkileyen birçok faktör, sistemin gelişimi ve değişimi ile ilgilidir. Sistemin özelliklerini tanımlamak ve sistemin değişim yasasını çözmek için on beş değişken kullanılır. Düğümün yerel güven derecesi, gri korelasyon analizinin kapsamlı

değerlendirme yöntemiyle hesaplanır. Düğümün güven değeri, düğümün ilgi benzerliğine göre dinamik olarak ayarlanır. Hedef düğümün güven listesi korunur ve güvenilir paylaşılan kaynak güvenilir düğümler elde edilir. Gri ilişki analizi uygulamasının hesaplama süreci şu şekilde yapılmaktadır (Kuo ve Su, 2003; Shen ve Du, 2005).

İlgili referanslara göre, gri ilişkisel analiz genellikle aşağıdaki hesaplama ve adımları içerir:

Adım 1: Değerlendirilen verileri belirlenir ve orijinal verileri dönüştürülür. İlk olarak, orijinal verilerin farklı boyutlarını ortadan kaldırılmaması ve bunları birbiriyle karşılaştırılabilecek verilere dönüştürülmesi gerekir.

Gri ilişki derece değerleri modelin kurulması için gerekli olan en temel operatörlerdir. Net olarak bilinmeyen sayıların yerine verilecek değerlerin belirli aralıklar temelinde konumlanacağı ilk aşamadır. Sübjektif (öznel) kriterlere göre derecelendirme tablosu aşağıdaki gibi gösterilmektedir.

Tablo 2.2. Sübjektif Kriterlere Göre Değerlendirme Ölçüsü

Değerlendirme	Gri Sayı Karşılığı
Çok zayıf	[0,10]
Zayıf	[10,30]
Orta Derecede Zayıf	[30,40]
Ortalama	[40,50]
Orta Derecede İyi	[50,60]
İyi	[60,90]
Çok İyi	[90,100]

Adım 2: Referans için veri sırasını belirlenir. Referans dizisi, belirli uygulamaya göre seçilir.

Adım 3: Değerlendirilen her bir nesnenin veri dizisi ile referans veri dizisi arasındaki karşılık gelen öğelerin mutlak farkını ve minimum ve maksimum değerlerini tek tek hesaplayın ve ardından karşılık gelen öğe konumlarında iki dizinin korelasyon katsayılarını hesaplanır.

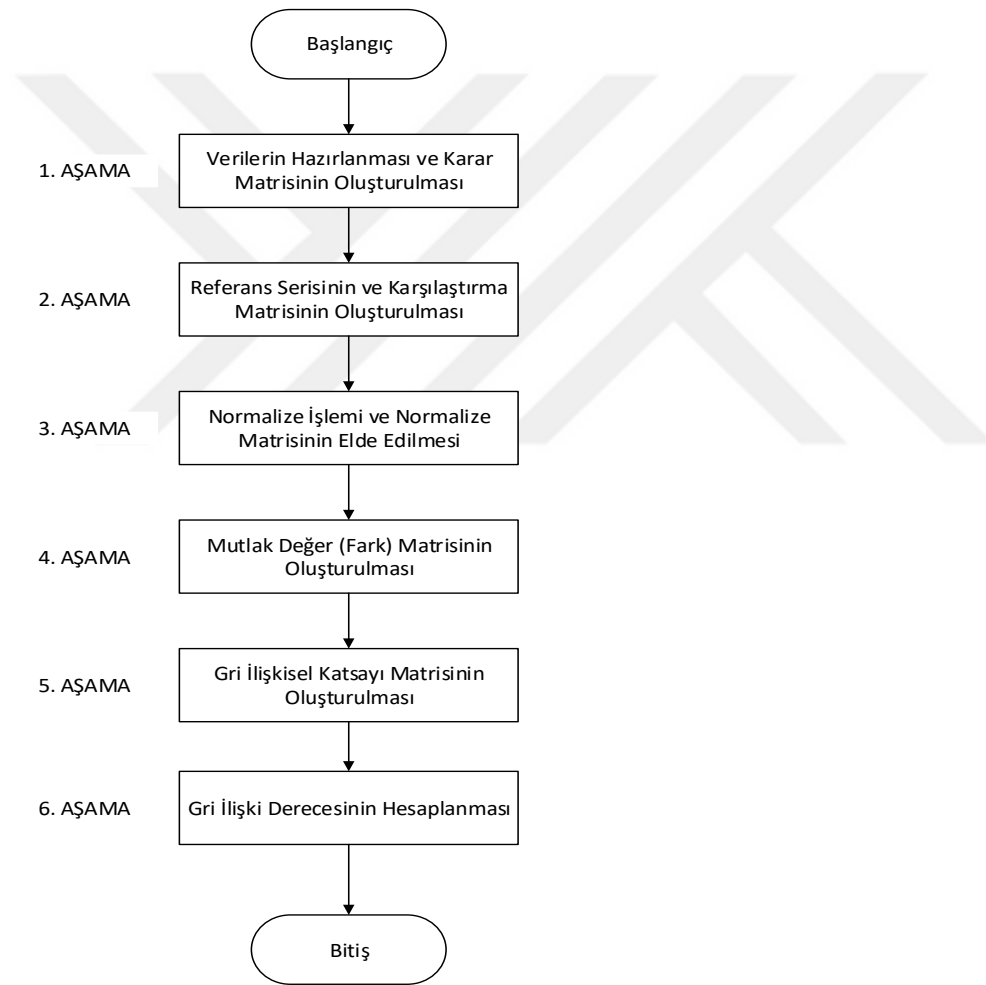
Adım 4: Gri korelasyon derecesini hesaplanır. Her konumun veri indeksi ile referans dizinin karşılık gelen öğeleri arasındaki korelasyon katsayısının aritmetik

ortalaması, değerlendirme nesneleri ile referans dizi arasındaki ilişkiyi yansıtmak için iki dizinin gri korelasyon derecesi olarak hesaplanır.

Adım 5: Tüm gri korelasyon derecelerini büyükten küçüğe veya küçükten büyüğe karşılık gelen sırada düzenlenir.

Adım 6: Sonuçlar analiz edilir. Referans dizisinin seçimi, her indeksin optimal değeri ise, büyük korelasyon derecesine sahip dizi, küçük korelasyon derecesine sahip diziden daha iyidir. Aksi takdirde, sonuç aykırıdır.

GİA yönteminin akış diyagramı şu şekilde tanımlanmaktadır;



Şekil 2.2. Gri İlişkisel Analiz Yönteminin Akış Diyagramı

Kaynak: (Chockalingam, Jawahar, Muralidharan ve Jeyaraj, 2019).

Yöntemin algoritması da şu şekilde tanımlanabilir;

1. Adım: Verilerin Hazırlanması ve Karar Matrisinin Oluşturulması

GİA'nın ilk aşamasında karar verme probleminde yer alan karşılaştırma yapılacak

olan m adet faktör serisi aşağıdaki matrisde gösterilmektedir (Senger ve Albayrak, 2016).

$$X[x_1(1) \ x_1(2) \ \dots \ x_1(n) \ x_2(1) \ x_2(2) \ \dots \ x_2(n) \ \dots \ x_m(1) \ x_m(2) \ \dots \ x_m(n)] \quad (18)$$

Burada;

$$x_i = (x_i(j), \dots, x_i(n)) \ i = 1, 2, \dots, m ; j = 1, 2, \dots, n$$

x_i ; karar alternatifi

$x_i(j)$ ise; i. karar alternatifinin j. Kriter için aldığı değer

2. Adım: Referans Serisinin ve Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması

Referans seri bir karar alternatifi için kriterler altında her bir kriter için ideal değerleri belirleyerek oluşturulur.

$$x_0 = (x_0(j)) \ j = 1, 2, \dots, n \quad (19)$$

Referans seri oluşturmak için pratik bir teknik de kriterlerin ne yönlü olduğunun belirlenmesidir. Kriter fayda yönlü ise en yüksek; maliyet yönlü ise en düşük değer alınarak referans seri elde edilir.

3. Adım: Normalize İşlemi ve Normalize Matrisinin Elde Edilmesi

Fayda durumundaki kriterler dikkate alındığında normalizasyon işlemi şu denklem kullanılır;

$$x_i^*(j) = \frac{x_i(j) - \min_{i=1}^n x_i(j)}{\max_{i=1}^n x_i(j) - \min_{i=1}^n x_i(j)} \quad (20)$$

(büyük değer daha iyi ise)

Maliyet durumundaki kriterler dikkate alındığında normalizasyon işlemi için şu denklemden faydalanılır.

$$x_i^*(j) = \frac{\max_{i=1}^n x_i(j) - x_i(j)}{\max_{i=1}^n x_i(j) - \min_{i=1}^n x_i(j)} \quad (21)$$

(küçük değer daha iyi ise)

En uygun durumun dikkate alınmasını gerektirecek kriterlerin varlığı durumunda şu denklemden faydalanılır.

$$x_i^*(j) = 1 - \frac{|x_i(j) - x_{idl}(j)|}{\max\{\max_{i=1}^n x_i(j) - x_{idl}(j), x_{idl}(j) - \min_{i=1}^n x_i(j)\}} \quad (22)$$

(İdeal değer en iyi ise)

Sonucunda normalizasyon işlemi sonuçlandırılır ve karar matrisi normalize edilmiş karar matrisine dönüştürülür. Şu denklemle açıklanabilir;

$$X^* = [x_1^*(1) \ x_1^*(2) \ \dots \ x_1^*(n) \ x_2^*(1) \ x_2^*(2) \ \dots \ x_2^*(n) \ \dots \dots \dots x_m^*(1) \ x_m^*(2) \ \dots \ x_m^*(n)] \quad (23)$$

4. Adım: Mutlak Değer (Fark) Matrisinin Oluşturulması

Bu işlem şu şekilde yapılmaktadır.

$$\Delta_{0i}(j) = |x_0^*(j) - x_i^*(j)| \quad (24)$$

Bu işlem yapıldıktan sonra elde edilen Mutlak değer matrisi şu şekilde gösterilmektedir.

$$\Delta_{0i} \begin{bmatrix} \Delta_{01}(1) \Delta_{01}(2) \dots \Delta_{01}(n) \Delta_{02}(1) \Delta_{02}(2) \dots \Delta_{02}(n) \\ \dots \dots \dots \Delta_{0m}(1) \Delta_{0m}(2) \dots \Delta_{0m}(n) \end{bmatrix} \quad (25)$$

5. Adım: Gri İlişkisel Katsayı Matrisinin Oluşturulması

Gri ilişkisel katsayı matrisindeki elemanlar şu şekilde gösterilir;

$$\gamma_{0i}(j) = \frac{\Delta_{min} + \Delta_{max}}{\Delta_{0i}(j) + \Delta_{max}} \quad (26)$$

$$\Delta_{min} = \max_i \max_j \Delta_{0i}(j) \quad (27)$$

$$\Delta_{max} = \min_i \min_j \Delta_{0i}(j) \quad (28)$$

Formül 9’da yer alan “ γ ” parametresi 0 ile 1 arasında bir değerdir ve “ayırıcı katsayısı” ya da zıtlık kontrol katsayısı” olarak tanımlanmaktadır. Fark düzenleyici olarak kullanılan bu parametre Δ_{0i} ve Δ_{max} değerleri arasındaki farkı düzenlemek için kullanılır. Bu değer 1’e doğru yaklaştıkça zıtlık özelliği artarken 0’a yaklaştıkça ayırıcı özellik kaybolmaktadır. Genel itibariyle “ γ ” parametresi 0,5 olarak kabul edilmektedir.

6. Adım: Gri İlişki Derecesinin Hesaplanması

Gri ilişkisel dereceler kriterlerin önem düzeylerine göre hesaplanabilir. Buna ek olarak belirlenen karar probleminin içindeki kriterler eşit önem düzeyi temelinde değerlendiriliyorsa aşağıdaki denklem kullanılabilir;

$$\Gamma_{0i} = \frac{1}{n} \sum_j^n \gamma_{0i}(j) \quad (29)$$

Burada; Γ_{0i} gri ilişkisel dereceyi ifade etmektedir.

Eğer karar problemindeki kriterler farklı önem düzeyine göre değerlendiriliyorsa kriter ağırlıkları da formüle eklenerek şu denklem oluşmaktadır.

$$\Gamma_{0i} = \sum_j^n = 1 [w_i(j) \cdot \gamma_{0i}(j)] \quad (30)$$

Burada; w_i değeri j. kriterin kriter ağırlığını vermektedir. Kriterlere ilişkin ağırlık değerleri (w_i) toplamı $\sum_j^n = 1$ $w_i = 1$ sonuçlanacak şekilde belirlenir. Kriter ağırlıklarının AHP ya da BAHP gibi algoritması kriter ağırlıklarının tespiti üzerine kurulu olan yöntemlerle elde edilebilir. Bu çalışmada da kriter ağırlıkları BAHP ile tespit edilir ardından GİA analizi ile en iyi alternatif elde edilir.

2.7. Hibrit BAHP - GİA Temelli Literatür İncelemesi

BAHP ve GİA yöntemlerinin kullanımı literatürde oldukça yaygındır. En çok tercih edilen ÇKKV yöntemlerinden ikisi olan BAHP ve GİA farklı sektörlerde analiz için kullanılarak çeşitli önerilerde bulunulmuştur. Bu çalışmalar şu şekilde açıklanabilir;

Organ ve Yalçın (2009), enerji kaynağının kalitesi, çevrenin kirlilik derecesi, ulaşılabilirlik, sürdürülebilirlik gibi faktörlerin dikkate alınmasının zorluğundan dolayı çok kriterli karar verme yöntemlerini iyileştirme için kullanmışlardır. Bu çalışmada en iyi ısıtma kaynağı seçimi için BAHP ve GİA tabanlı hibrit bir model gerçekleştirilmiştir. Bulanık AHP, kriter ağırlıklarının belirlenmesi aşamasında alternatiflerin sıralamasının belirlenmesinde gri ilişkisel analizden yararlanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan kriterler çevre dostu seviye, maliyet, elde edilebilirlik, ısı değer ve işlenebilirliktir. Bu çalışmada kullanılan alternatifler kömür, doğal gaz, motorin ve elektriktir. Elde edilen sonuçlar, Gri İlişkisel Analiz'in ısıtma kaynağı seçimi problemlerinin çözümü sürecinde başarıyla kullanılabileceğini göstermiştir.

Sofyaloğlu ve Öztürk (2012), örnek bir GİA ve BAHP'nin entegrasyonu oluşturarak başarısızlık modlarının önceliklendirilmesinde eşit ağırlık varsayımına sahip yöntemlerden bir farklılık ortaya koymuşlardır.

Samvedi, Jain ve Chan (2012), belirli bir dizi alternatif arasından takım tezgahı seçimi için BAHP ve GİA yaklaşımlarını bütünleştirmişlerdir. Bulanık AHP, kriterlerin öncelik ağırlıklarını hesaplamak için kullanılır. Dolayısıyla Uygun bir takım tezgahı seçmek için bu yöntemleri kullanarak analizi gerçekleştirmişlerdir.

Gumus, Yayla, Çelik ve Yıldız (2013), uzman görüşlerine ve literatür taramasına dayalı olarak belirlenen tank, metal hidrit ve kimyasal depolama alternatifleri arasından Türkiye için en uygun Hidrojen Enerjisi Depolama (HES) yöntemini seçmeyi amaçlamışlardır. Bu nedenle, BAHP ve Bulanık GİA hibrit metodolojisi önermişlerdir.

Bu birleşik yaklaşım, genellikle sübjektif veriler veya belirsiz bilgilerle anlam ifade eden karmaşık bir karar sürecine uygulanabilir; HES seçim problemini farklı durulaştırma yöntemleri ile çözmek için kullanılabilir. Önerilen yaklaşım hem HES literatüründe hem de ÇKKV literatüründe benzersiz özelliği vurgulanmıştır.

Wang ve diğerleri (2014b) verimli ve etkili bir devlet E-ihale sistemini gerçekleştirmek için etkili bir web tabanlı teklif değerlendirme metodolojisi geliştirmişlerdir. Bu makale ilk olarak, eksik ağırlık bilgisine sahip hibrit bir bulanık ortam dikkate alınarak, E-ihale sürecinde aday isteklilerin optimal seçimi için bulanık GİA ile birlikte BAHP kullanılmasının potansiyelini araştırmışlardır. Tam ağırlık bilgisini elde etmek için tipik AHP ile AHP aralığını birleştiren genişletilmiş Bulanık AHP önerilmiştir ve optimum aday teklif sahiplerini belirlemek için farklı tipteki değerlendirme bilgilerini bir araya getirmek için değiştirilmiş bulanık GRA uygulanmıştır. Son olarak, yaklaşımımızın fizibilitesini doğrulamak için bir prototip sistem oluşturulmuş ve E-ihale için açıklayıcı bir örnek ile doğrulanmıştır.

Lu ve Sheng (2015), imalat kaynak değerlendirme ve seçim problemi için, imalat kaynak değerlendirme endeksleri sistemine dayalı olarak, BAHP ve GİA birleşiminden oluşan bir model sunmuşlardır. Niteliksel indeksi sayısallaştırmak, ağırlık problemini çözmek için, yöntemin etkinliği bir uygulama örneği ile gösterilmiştir.

Eusebio, Huelgas-Orbecido ve Promentilla (2016), Su kıtlığını gidermek konusunda su yönetimi için önemli bir süreci daha uygun maliyetli ve enerji verimli hale getirmek için yeni tuzdan arındırma sistemlerinin geliştirilebileceğini vurgulamışlardır. Bu nedenle, bu çalışma, BAHP ve GİA kullanarak tuzdan arındırma sistemlerinin optimal seçimi için sistematik bir yaklaşım önermişlerdir. Modelleme sonuçlarının sağlamlığını kriterlerin ağırlıklarının değişiminden belirlemek için duyarlılık analizi de yapılmıştır.

Badri Ahmadi, Hashemi Petrudi ve Wang (2017), AHP ve GİA yaklaşımlarını birleştirerek telekom endüstrisi bağlamında sürdürülebilir tedarikçileri değerlendirmek için yapılandırılmış ve entegre bir karar modeli önermişlerdir. Bu çalışmada, İran'ın güneyindeki telekom endüstrisinin sürdürülebilir tedarikçi seçimi sorunu araştırılarak, önerilen bu entegre yaklaşımın etkinliği ve uygulanabilirliği gösterilmiştir.

Qiu, Shi, Teng ve Zhou (2017), Kuzey Çin'in kömür yataklarındaki derin kömür damarlarından yararlanma, su baskısıyla ciddi şekilde tehdit ettiğinden dolayı Liangzhuang kömür madenindeki 13 numaralı kömür damarının madenciliği sırasında

alttaki Ordovisyen akiferinden su akışını tahmin etmek ve önlemek için, Bulanık Delphi AHP ve GİA'ya dayalı su akışı riskini değerlendirmek için yenilikçi bir yöntem kombinasyonu kullanmışlardır. Ana kontrol faktörlerinin her birinin göreceli önemini elde etmek için uzman görüşleri ve GİA uygulanmış ve tüm faktörlerin toplam ağırlıkları Bulanık Delphi AHP kullanılarak belirlenmiştir.

Hatefi ve Tamošaitienė (2018) bu çalışma, sürdürülebilir kalkınma kriterlerine dayalı olarak inşaat projelerini değerlendirmek için BAHP ve GİA modelini önermişlerdir. Bunun için öncelikle literatür taraması ile ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlarda sürdürülebilir kalkınma kriterleri belirlenmekte ve daha sonra uzman görüşleri alınarak kentsel inşaat projelerine özel hale getirilmiştir. Anketler hazırlanıp veri toplandıktan sonra, Bulanık AHP, sürdürülebilir kalkınma kriterlerinin ve alt kriterlerinin önemini belirlemek için kullanılmıştır. Önerilen bulanık AHP ile geliştirilmiş GRA, sürdürülebilir kalkınma kriterlerine dayalı olarak inşaat projelerini önceliklendirmeye yardımcı olmuştur.

Özdemir, Nalbant ve Başlıgil (2018), BAHP ve GİA entegreli metodolojisini kullanarak en iyi personeli belirlemişlerdir. BAHP, personel seçim kriterleri 22 alt kriter 5 ana kriter altında kategorize edilmiştir. Personel seçim kriterlerine göre bulanıklaştırılmış önem ağırlıkları kullanılarak da GİA yöntemi uygulanmıştır. Bunun sonucunda terfi için en iyi performans gösteren personel seçilmiştir.

Chen ve Ren (2018), havacılık yakıtının entegre önceliğini belirlemek için Bulanık Analitik Ağ Prosesi, BAHP ve Bulanık GİA kullanmışlardır.

Ding, Wu, Zhao, Mu ve Yu (2019), son yıllarda karst çökmeleri önemli ekonomik kayıplara neden olmuş hatta insan güvenliğini tehdit etmiştir. Basit ve etkili bir matematiksel algoritma olan BAHP ve GİA temel alınarak karst çökmesi için bir risk değerlendirme modeli geliştirmişlerdir. Bu çalışmada önerilen model Çin'in güneybatısındaki Jiaobai köyüne uygulanmıştır. İlk olarak, ana kontrol faktörleri, karst çökmesinin doğal oluşum yasasının araştırılmasına ve istatistiksel analizine dayanan modelin bir değerlendirme indeksi olarak özetlenmiştir. Saniye, Bağlı ağırlıkları belirlemek için BAHP, endeksler arasındaki gri ilişki katsayısını hesaplamak için GİA kullanılmıştır. Son olarak, gri ağırlıklı ilişkisel derece hesaplanarak değerlendirme nesnelerinin ilişkisel sırası oluşturulmuştur. Maksimum ilişkisel kurala göre, ilişkisel derece ne kadar büyükse, hiyerarşi seti ile ilişkisel derece o kadar iyidir. Sonuçlar,

modelin saha koşulunu doğru bir şekilde simüle ettiğini göstermiştir. Ayrıca çalışma alanında çeşitli kontrol faktörlerinin karstik çökme sürecine ve çökme derecesine katkısı gösterilmiştir. İlişkisel derece ne kadar büyükse, hiyerarşi seti ile ilişkisel derece o kadar iyidir. Sonuçlar, modelin saha koşulunu doğru bir şekilde simüle ettiğini göstermiştir. Ayrıca çalışma alanında çeşitli kontrol faktörlerinin karstik çökme sürecine ve çökme derecesine katkısı gösterilmiştir. ilişkisel derece ne kadar büyükse, hiyerarşi seti ile ilişkisel derece o kadar iyidir. Sonuçlar, modelin saha koşulunu doğru bir şekilde simüle ettiğini göstermiştir. Ayrıca çalışma alanında çeşitli kontrol faktörlerinin karstik çökme sürecine ve çökme derecesine katkısı gösterilmiştir.

Ayağ ve Samanlıoğlu (2020), nüfusu ve ekonomisi hızla artan ülkelerde enerji talebi önemli ölçüde arttığından, potansiyel enerji kaynaklarının (nükleer, doğal gaz, biyo, jeotermal, hidro, rüzgar ve güneş) ve ihtiyaçları için nihai enerji kaynağını seçmeyi amaçlamışlardır. Öte yandan, bu kritik problem, bir takım enerji kaynağı alternatifleri ve değerlendirme kriterleri varlığında ÇKKV'ye dönüşmüştür. Literatürde, farklı türden problemleri çözmek için tanıtılan birçok ÇKKV yöntemi kullanılmıştır. Bu makalenin amacı, Türkiye örneği ile Bulanık AHP ve GİA kullanarak enerji kaynaklarının değerlendirilmesine yönelik entegre bir yaklaşım sunmuşlardır.

Gu, Zhao ve Chen (2020), BAHP ve GİA yöntemlerini birleştirerek örnek bir vaka analizi yapmışlardır.

Sheng ve diğerleri (2020) BAHP temelli GİA kullanan bir hidrokarbon potansiyeli haritalama yöntemi önermişlerdir. Bulanık AHP tabanlı GİA yöntemi, Çin'in Güney Sarı Havzasındaki Laoshan Yükselmesindeki bir örnek kullanılarak test edilmiştir. Bu test uygulaması, yalnızca yerel tuzakların elverişliliğini ölçmekle kalmamış aynı zamanda uygunluk haritalarındaki mekansal varyasyonlarını ortaya çıkarmıştır ve daha fazla keşif için potansiyel hedefleri göstermiştir. Bulanık AHP tabanlı GİA yöntemiyle elde edilen sonuçlar, entropi ağırlığına dayalı GİA yöntemine göre daha güvenilir ve bilinen jeolojik bilgilerle uygun bir tutarlılık göstermiştir.

Valmohammadi, Razi ve Einy (2021), İranlı bir otomobil imalat şirketinde pazar ihtiyaçlarını karşılamak, kaliteyi artırmak ve performansı iyileştirmek için seçilen Altı Sigma projelerine bir model sunmuşlardır. İlgili literatür taranarak ve uzmanlarla yapılan yarıyapı görüşmeleri sonucunda Altı Sigma projelerinin seçiminde önemli ve etkili 17 kriter belirlenmiştir. Daha sonra uzmanlarla beyin fırtınası toplantıları yapılmış ve sekiz

Altı Sigma projesi tanımlanmıştır. Kriterlerin ağırlığını ve önceliğini belirlemek için BAHP, belirlenen projelerin önceliklendirilmesinde ise ideal çözüme benzerliğe göre tercih sırası için Bulanık TOPSIS ve Bulanık GİA kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar “karlılık” kriterinin birinci öncelik olduğunu ortaya konulmuştur.

Olabanji ve Mpofu (2021), BAHP ve Bulanık GİA yaklaşımlarını kullanarak ideal bir tasarımdan uzaklıkları dikkate alınarak tasarım konseptleri belirlemeye çalışmışlardır. İki ÇKKV modeli için matematiksel modelin formülasyonu üzerine kapsamlı bir analiz sunmuşlar ve ardından hibritleştirilmiş modelin boru bükme makinesinin kavramsal tasarımlarının değerlendirilmesine uygulanması getirmişlerdir. Hibritleştirilmiş model, bulanıklaştırılmış gri ilişkisel derecelerden elde edilen değerleri göz önünde bulundurarak tasarımlardan birini en uygun tasarım olarak belirleme yeteneği ile tatmin edici sonuçlar sağlamıştır. Modelin performansı, iki durulaştırma kullanılarak bir duyarlılık analizi ile doğrulanmıştır.

Ellibeş ve Candan (2021), AB üyesi ülkelerden ve Türkiye'den Türk Hava Yolları (THY), British Airways, Air France KLM, Lufthansa ve Ryanair'in 2012-2018 dönemindeki finansal performansı değerlendirmişlerdir. BAHP ve GİA yöntemi kullanılarak 2018 yılı analiz sonuçları altında finansal performansı en iyi olan şirket belirlenmiştir.

Candan ve Toklu (2022), Avrupa Birliği (AB) üyesi ülkelerin sürdürülebilir sanayileşme performansını değerlendirmek için yeni bir yaklaşım önermişlerdir. Önerilen yaklaşımda değerlendirme kriterleri 16 alt kriter ile çevresel, ekonomik ve sosyal olmak üzere 3 ana kriterden oluşmaktadır. Kriterlerin önem ağırlıkları Küresel Bulanık AHP (KB-AHP) ile belirlenmiş ve değerlendirme kriterlerinin ağırlıkları dikkate alınarak GİA yöntemi ile ülkeler sürdürülebilir sanayileşme performansına göre sıralanmıştır. Önerilen yöntem 2018 yılı verileri dikkate alınarak AB üyesi ülkelere uygulanmıştır. Uygulama sonucunda sürdürülebilir sanayileşme performansına göre ilk beş ülke İsveç, Almanya, Hollanda, Lüksemburg ve Danimarka olarak belirlenmiştir. Bu çalışma, AB üyesi ülkelerin sürdürülebilir sanayileşme performanslarını değerlendiren ilk çalışmalardan biridir. Çalışmanın sonuçlarına, araştırmacıların ve politika yapıcıların ülkelerin sürdürülebilir sanayileşme seviyeleri hakkında fikir sahibi olmalarına yardımcı olabilir düşüncesini de eklemişlerdir.

Hu ve diğerleri (2023), uygun atık su arıtma alternatiflerinin seçimini

kolaylaştırmak için BAHP ve GİA modellerini hibritlemişlerdir. Yaygın olarak kullanılan yedi atık su arıtma alternatifi, Kanada'da ki varsayımsal küçük bir topluluk için değerlendirilmiştir. Değerlendirme, teknik, ekonomik, sosyal ve çevresel kriterlerin bütüncül değerlendirmesine dayanmıştır ve her kriter birkaç alt endeksten oluşturulmuştur. Kriterlerin ve alt endekslerin ağırlıkları, sübjektif ağırlıklandırma sürecinden kaynaklanan insan düşüncelerindeki belirsizlikler ve belirsizlikler gibi olasılıksal olmayan belirsizlikleri ele almak için BAHP kullanılarak belirlenmiştir. Ağırlıklı kriterler daha sonra bir araya getirilip birleştirme sonuçlarına göre alternatifler GİA kullanılarak sıralanmıştır.



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. BÜTÜNLEŞİK BULANIK AHP VE GRİ İLİŞKİSEL ANALİZ MODELİ: İNŞAAT SEKTÖRÜNDE MAKİNE EKİPMAN SEÇİMİ ÖRNEĞİ

3.1. Araştırmanın Metodolojisi

Bu çalışmanın temeli bir inşaat şirketinin makine ve ekipman satın alması temelinde belirli kriterler temelinde en uygun alternatifin seçimi üzerine kurulmuştur.

Karar; insan hayatı için kritik ve etkileyici bir kavramdır. İnsanlar hayatlarını verdiği kararlar doğrultusunda yaşar. Bu denli önemli olan bir kavramı anlattığımız Çok kriterli karar verme yöntemi içinde birden fazla disiplini barındırmaktadır. Matematik, ekonomik, sosyal bilimler ve yönetim gibi disiplinler arasında yerini almıştır. Sıralanan disiplinler sayesinde çok kriterli karar verme birden çok boyutla değerlendirilmeye ve karar alınabilmeyi sağlamaktadır. Yöneylem araştırmalarının bir dalı olan ÇKKV, günümüzde hızla gelişim göstererek diğer araştırma dalları içerisinde hızla gelişen bir yöntem halini almıştır. Çok kriterli karar verme süreç değerlendirmelerinde tüm problemler bir ya da birden çok karar verici ve kriter içerisinde yer alırlar. İnsanoğlunun yaşantısında karar verme sürecinde kararlarını etkileyen yüzlerce kriter bulunmaktadır. ÇKKV karar verecek olan kişilerin karar veya seçimlerini etkileyebilecek en önemli kriterlere yer vermektedir. Bu çalışmanın amacı; uzman ekip tarafından belirlenen kriterler temelinde şirketin makine ve ekipmanları satın almasında en uygun alternatiflerin belirlenmesidir.

3.2. Araştırmanın Kapsamı

İnşaat sektörü, içerisinde çeşitli mal ve hizmetlerin üretimi ile doğrudan bağlantılı, yoğun iş gücünün kullanıldığı, sosyal ve ekonomik refaha sağladığı katkısı ile ekonomik yapı içinde önemi azımsanmayacak bir yere sahiptir. Bu sektörün yaratmış olduğu katma değer ve istihdamlardan dolayı ülkeler arasında lokomotif bir görevi vardır. Sektörün temsil ettiği araç ve ekipmanlar şu şekilde özetlenebilir;

- Ağır İş Makinesi olarak adlandırılan ekskavatörler, dozerler, silindir, kamyon ve greyderler
- Beton Makinesi olarak adlandırılan beton pompaları ve mikserleri, püskürtme

makinelerinin tamamı ve beton santralleri

- Yol, Köprü, Tünel, Maden olarak adlandırılan asfalt kazma ve serme makineleri, tünel açma makinesi, kırma eleme makineleri
- Kule vinçler ve mobil vinçler grubu

İnşaat sektöründe makine ve ekipman seçiminde GİA yönteminin kullanılması bulanık ortamlarda çok kritere dayandırılmış, karar verecek olanların sayısının az ve alternatif grubun içinde karşılaşılan sorun açısından uygun bir yapıda olmasından tercih edilmektedir. GİA metodu belirsizliğin olduğu durumlarda grubun karar verilmesi gereken problemlerin çözümlerinde epeyce elverişlidir. Alternatifler değerlendirilirken ortaya çıkan özelliğin grubun karar verirken çıkardıkları sorunları ortadan kaldırılmasına ve en iyi kararın verilmesine imkân tanımaktadır.

Bu çalışmada karakteristik özellikleri altında belirlenen kriterler kullanılarak hangi kriterlerin daha çok önemsenmesi gerektiğinin tespitinde BAHP ve hangi alternatifin en uygun olduğunun saptanması konusunda da GİA yöntemleri kullanılarak analizin çatısı oluşturulmuştur.

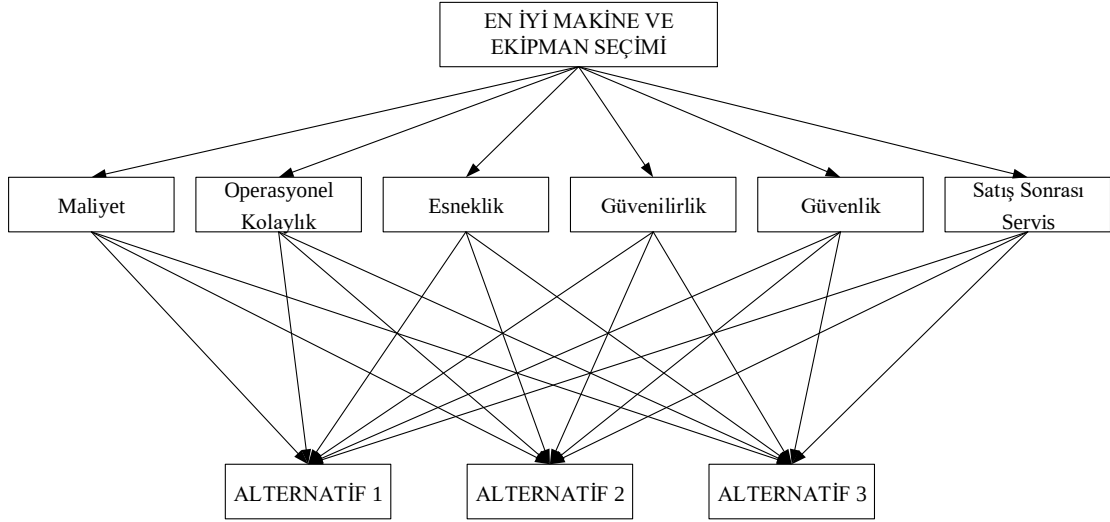
Belirlenen kriterler şirket içinde uzman olan yöneticiler ve çalışanlar tarafından belirlenmiştir. Her bir kriterin puanlanması için bir Soru Formu düzenlenmiş ve uzman kişilerce doldurulmuştur. Şirketin ihtiyaç duyduğu ve satın alınması planlanan makine ve ekipmanların çeşitli alternatifleri belirlenerek kapalı şekilde Alternatif 1, Alternatif 2 ve Alternatif 3 olarak tanımlanmıştır.

3.3. Araştırmanın Veri ve Kaynağı

Araştırmanın analizini oluşturmak için ana kriterler uzman görüşleri eşliğinde belirlenmiştir. Bu görüşmelerin ardından oluşturulan soru formları 15 uzman kişiye doldurtulmuştur. Analizin ilk adımının hazır hale gelmesi için formlardaki veriler Üçgensel Bulanık Sayılara dönüştürülmüştür ve kriterlerin ağırlık değerlerini tespit etmek için BAHP çözüm yöntemlerinden biri olan Buckley (1985) tarafından sunulan ve ikinci bölümde denklemleriyle algoritması oluşturulan Geometrik Ortalama tekniği kullanılmıştır. Kriterlerin ağırlık değerleri elde edildikten sonra GİA yöntemi ile de makine ve ekipman alternatiflerinin sıralaması yapılmış ve en iyi alternatif elde edilmiştir.

Kararı etkileyecek olan kriterler maliyeti, operasyonel kolaylığı ve pratikliği, esnekliği ve ekipman ağırlığı, güvenilirlik, güvenlik, satış sonrası servis ve teknik

özellikleri şeklinde sınıflandırılmıştır. Kriterler makine ve ekipman seçimi üzerine yapılmış çalışmalardan yola çıkarak temel unsurlar göz önüne alınarak belirlenmektedir. Şekil 3.1’de bu kriterlere ait hiyerarşik düzen verilmiştir.



Şekil 3.1. Makine ve Ekipman Seçiminin Hiyerarşik Yapısı

- **K₁ Maliyet**

İnşaat sektöründe makine ve ekipman alternatifleri arasında en önemli karar vermeyi etkileyecek olan etmen, alımı yapılacak olan makinelerin maliyeti ve ödeme koşullarıdır. Makine ve ekipman tedarikçileri firmaların farklı ödeme koşulları ile sağladıkları fiyat farklılıkları ile tercihlerin başında gelmektedir. Bununla birlikte tedarik edilen makine ve ekipmanların kurulumu, kullanıcısı, kullanımı, bakım ve onarımı, gerektiğinde elden çıkarılabiliyor olması da maliyeti etkileyen konular arasındadır.

- **K₂ Operasyonel Kolaylığı ve Pratikliği**

Makine kullanımının kolay olması inşaat sektörü için istenilen etkinin elde edilmesini sağlayacaktır. İnşaat sektöründe geleneksel üretim yöntemleri hakim olsa da yenilenmiş teknolojinin entegrasyonu ile elde edilecek üretkenlik son zamanlarda göz ardı edilemez hale gelmiştir. Gerek üretim de gerek şantiyelerde kullanılan makine ve ekipmanlarda verimlilik ve kolaylığı sağlayan uygulamalar giderek yaygınlaşmaya başlamıştır. İnşaat makinesin göstermiş olduğu yüksek performans, bakım ve arızalarının önceden tespit ediliyor olması filo yönetimi gibi dijital teknolojilerin olması, firmalar açısından fark yaratacak özelliklerdir. Günümüz teknolojisinde kolaylık ve pratiklik

açısından bakıldığında otonom yani sürücüsüz araçlar çarpışmaların yanı sıra ekipman ve personel için kaza oranlarını önemli derecede azaltmıştır.

- **K₃ Esneklik**

Her konuda önemli olan esneklik makine seçiminde de kendini göstermektedir. Günümüzde işletmeler ani talep değişikliklerinde ve kriz yönetiminde başarılı olmak için esnek parça teminine ihtiyaç duyar. Bu ihtiyacı karşılayabilmek için de seçilen makinenin esnek üretim parçalarına sahip olması oldukça gereklidir.

- **K₄ Güvenilirlik**

Güvenilirlik hata payını en aza indiren kavramdır. Makine fonksiyonlarının istenen şekilde yerine gelmesi gerekmektedir. Bu nedenle tercih edilen makinenin kalite, malzeme kalitesi ve servis ağı gibi değerlerinin araştırılıp emin olunarak tercih yapılmalıdır.

- **K₅ Güvenlik**

Seçimi yapılacak olan iş makinesinin herhangi bir arıza ve tehlike durumlarında otomatik olarak gerek tehlikeyi önleyerek gerek arıza sırasında sistemi durdurarak kullanıcısının güvenli bir şekilde çalışmasını sağlamalıdır.

- **K₆ Satış Sonrası Hizmet**

Satış sonrası hizmet, ürün satışının tamamlanmasında sonraki süreç olan müşteriye sunulması gereken teknik desteğin tümü olarak adlandırılabilir. Bu hizmet sigorta, garanti, ürün içerisinde bulunan güncellemeler ve bakım-onarım hizmetleri gibi seçeneklerin yer almasıdır. Satış sonrasında en önemli bileşeni yedek parçanın tedarikinde orijinal malzeme ve parçaların sıkıntısız değiştirebilmeyi taahhüt etmenin yanında, hızlı ileriye dönük bakım ve arızaların önceden tespit ediliyor olabilmesi gerekmektedir. Satış sonrası hizmette aranılan bir diğer unsurda müşteriye anlamaya çalışarak çözümün hızlı, pratik üretimi aksatmayacak şekilde oluşu oldukça önemlidir.

Şirket içindeki uzman ve yöneticiler üzerinde uygulanan soru formu Tablo 3.1’de şu şekilde belirlenmiştir. Bu soru formu bulanık üçgensel sayılarına karşılık gelecek tanımlamalar kullanılarak yapılmıştır.

Tablo 3.1. Hazırlanan Soru Formu

Derece Kısaltmaları ve Üçgensel Bulanık Sayı Dili										
EÖ: Eşit Önemli= (1,1,1)										
AÖ: Az Önemli= (2,3,4)										
Ö: Önemli= (4,5,6)										
ÇÖ: Çok Önemli= (6,7,8)										
DÇÖ: Daha Çok Önemli= (9,9,9)										
Ana Kriter	Derecelendirme									Ana Kriter
	AÖ	Ö	ÇÖ	DÇÖ	EÖ	DÇÖ	ÇÖ	Ö	AÖ	
Maliyet	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Operasyonel kolaylık
Maliyet	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Esneklik
Maliyet	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Güvenilirlik
Maliyet	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Güvenlik
Maliyet	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Satış sonrası servis
Operasyonel kolaylık	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Esneklik
Operasyonel kolaylık	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Güvenilirlik
Operasyonel kolaylık	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Güvenlik
Operasyonel kolaylık	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Satış sonrası servis
Esneklik	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Güvenilirlik
Esneklik	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Güvenlik
Esneklik	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Satış sonrası servis
Güvenilirlik	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Güvenlik
Güvenilirlik	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Satış sonrası servis
Güvenlik	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Satış sonrası servis

3.4. Birinci Adım: Bulanık Kriter Ağırlıklarının Tespiti

Soru formundan elde edilen verinin Geometrik ortalaması alınarak Üçgensel Bulanık dile uygun hale getirilmiştir. İlk karşılaştırma matrisi de Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2. Başlangıç İkili Karşılaştırma Matrisi

Kriter	Maliyet			Operasyonel Kolaylığı ve Pratikliği			Esneklik			Güvenilirlik			Güvenlik			Satış Sonrası Hizmet		
Maliyet	1,00000	1,00000	1,00000	4,85714	5,57143	6,28571	3,66000	4,35000	5,60000	6,45000	4,66000	8,14000	3,55000	4,23000	5,12000	4,95000	5,87000	7,03000
Operasyonel Kolaylığı ve Pratikliği	0,20588	0,17949	0,15909	1,00000	1,00000	1,00000	5,52000	6,97000	7,78000	3,64000	4,51000	6,01000	0,43860	0,28011	0,23529	6,46000	7,96000	9,02000
Esneklik	0,27322	0,22989	0,17857	0,18116	0,14347	0,12853	1,00000	1,00000	1,00000	0,21834	0,15291	0,13661	0,14599	0,12870	0,10965	4,55000	5,39000	6,13000
Güvenilirlik	0,15504	0,21459	0,12285	0,27473	0,22173	0,16639	4,58000	6,54000	7,32000	1,00000	1,00000	1,00000	0,18484	0,15314	0,13812	0,30769	0,24038	0,19608
Güvenlik	0,28169	0,23641	0,19531	2,28000	3,57000	4,25000	6,85000	7,77000	9,12000	5,41000	6,53000	7,24000	1,00000	1,00000	1,00000	7,70000	8,94000	9,55000
Satış Sonrası Hizmet	0,20202	0,17036	0,14225	0,15480	0,12563	0,11086	0,21978	0,18553	0,16313	3,25000	4,16000	5,10000	0,12987	0,11186	0,10471	1,00000	1,00000	1,00000

Daha sonra BAHF Geometrik Ortalama algoritmasının 2. Adımı olarak her bir kriterin üçgensel bulanık değerlerinin geometrik ortalaması alınır ve sonuç Tablo 3.3'te gösterilmiştir. Ayrıca daha sonraki aşamalar olan ortalamanın tersinin (inverse) alınması ve değer sıralamasını yapılması da yine bu tabloda verilmiştir.

Tablo 3.3. Üçgensel Bulanık Değerlerinin Geometrik Ortalaması

Kriter	Geometrik Ortalama		
Maliyet	3,553933	3,755231	4,665506
Operasyonel Kolaylığı ve Pratikliği	1,507161	1,52504	1,58387
Esneklik	0,43921	0,389623	0,358067
Güvenilirlik	0,472267	0,47479	0,399286
Güvenlik	2,383312	2,694635	2,838851
Satış Sonrası Hizmet	0,377651	0,350297	0,333419
Toplam	8,733533	9,189616	10,179
Inverse	0,114501	0,108818	0,098241
Değer Sıralama	0,098241	0,108818	0,114501

Ardından her bir Bulanık ağırlığın tespit edilmesi gerekmektedir. Bulanık Ağırlıklar, Kriter ağırlıkları ve Normalize edilmiş nihai kriter ağırlık değerleri de algoritmaya uygun şekilde analiz edilip elde edilmiştir. Tablo 3.4'de nihai değerler gösterilmiştir.

Tablo 3.4. M Değeri ve Normalize Edilmiş Nihai Kriter Ağırlıkları

Kriter	Fuzzy Weights			M_i	Normalize Edilmiş Değerler
Maliyet	0,349144	0,408639	0,534206	0,430662729	0,427
Operasyonel Kolaylığı ve Pratikliği	0,148066	0,165953	0,181355	0,165124415	0,164
Esneklik	0,043149	0,042398	0,040999	0,042181994	0,042
Güvenilirlik	0,046396	0,051666	0,045719	0,047926933	0,048
Güvenlik	0,23414	0,293226	0,325052	0,284139335	0,282
Satış Sonrası Hizmet	0,037101	0,038119	0,038177	0,037798883	0,038
Toplam				1,007834288	1

Kriterlerin genel ağırlıkları sonuçlandırılmıştır. Buna göre; makine ve ekipman satın alma işlemi için öncelik verilmesi gereken birinci kriter maliyet (0,427) olmuştur.

İkinci önemli kriter ise güvenlik (0,282) olmuştur. Diğer kriterler sırasıyla Operasyonel Kolaylığı ve Pratikliği (0,164), Güvenilirlik (0,048), Esneklik (0,042) ve Satış Sonrası Hizmet (0,038) olmuştur. Bu kriter ağırlıkları GİA analizinde Alternatiflerin sıralanması aşamasında kullanılmak üzere kaydedilmiştir.

Bu aradan sonra hangi kriterin hangi alternatif üstünde daha öne planda olduğunun tespit edilmesi için ana kriterler temelinde Geometrik Ortalama BAHF algoritmasını uygulanmıştır ve Tablolar (3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9 ve 3.10) halinde sırasıyla verilmiştir.

Tablo 3.5. Maliyet Kriteri BAHF Analiz Özeti

Üçgensel Bulanık Sayılar									
Maliyet	Alternatif 1			Alternatif 2			Alternatif 3		
Alternatif 1	1,00000	1,00000	1,00000	4,12000	5,63000	6,1200 0	0,1626 0	0,1375 5	0,1222 5
Alternatif 2	0,24272	0,17762	0,16340	1,00000	1,00000	1,0000 0	3,2500 0	4,1200 0	5,3500 0
Alternatif 3	6,15000	7,27000	8,18000	0,30769	0,24272	0,1869 2	1,0000 0	1,0000 0	1,0000 0
Maliyet	Geometrik ortalama								
Alternatif 1	0,87500	0,91831	0,90782						
Alternatif 2	0,92398	0,90115	0,95617						
Alternatif 3	1,23689	1,20840	1,15204						
Toplam	3,03587	3,02787	3,01602						
Inverse	0,32939	0,33026	0,33156						
	5	5	2						
	0,32939	0,33026	0,33156						
Değer Sıralama	5	5	2						
Maliyet	Fuzzy Weights				Mi	Normaliz e Değerler			
Alternatif 1	0,30328	0,30099	0,29750		2				0,298
Alternatif 2	0,28822	7	9		4				0,306
Alternatif 3	0,30435	0,29761	0,31702		4				0,396
	4	8	9		4				
	0,40742	0,39909	0,38197		0,39616				
	5	4	2		4				
Toplam					1,00000				1,000

Tablo 3.6. Operasyonel Kolaylığı ve Pratikliği Kriteri BAHF Analiz Özeti

Üçgensel Bulanık Sayılar Operasyonel Kolaylığı ve Pratikliği	Alternatif 1			Alternatif 2			Alternatif 3		
Alternatif 1	1,00000	1,00000	1,00000	3,36000	4,51000	5,62000	4,56000	5,64000	6,60000
Alternatif 2	0,29762	0,22173	0,17794	1,00000	1,00000	1,00000	0,15038	0,12723	0,11186
Alternatif 3	0,21930	0,17730	0,15152	6,65000	7,86000	8,94000	1,00000	1,00000	1,00000
Operasyonel Kolaylığı ve Pratikliği	Geometrik ortalama								
Alternatif 1	2,48371	2,94093	3,33498						
Alternatif 2	0,35504	0,30442	0,27100						
Alternatif 3	1,13402	1,11699	1,10645						
Toplam	3,97277	4,36234	4,71243						
Tersini Alma	0,251714	0,229235	0,212205						
Değer Sıralama	0,212205	0,229235	0,251714						
Operasyonel Kolaylığı ve Pratikliği	Bulanık Ağırlıklar			Mi	Normalize Değerler				
Alternatif 1	0,527055	0,674165	0,83946	0,680227	0,674				
Alternatif 2	0,075342	0,069783	0,068215	0,071113	0,070				
Alternatif 3	0,240643	0,256052	0,278508	0,258401	0,256				
Toplam				1,00974	1,000				

Tablo 3.7. Esneklik Kriteri BAHF Analiz Özeti

Üçgensel Bulanık Sayılar Esneklik	Alternatif 1			Alternatif 2			Alternatif 2		
Alternatif 1	1,00000	1,00000	1,00000	0,22472	0,17606	0,1455	5,5000	6,4700	7,2700
Alternatif 2	4,45000	5,68000	6,87000	1,00000	1,00000	6	0	0	0
Alternatif 3	0,18182	0,15456	0,13755	6,87000	7,78000	1,0000	0,1455	0,1285	0,1156
						0	6	3	1
						8,6500	1,0000	1,0000	1,0000
						0	0	0	0
Esneklik	Geometrik ortalama								
Alternatif 1	1,07317	1,04436	1,01904						
Alternatif 2	0,86524	0,90044	0,92608						
Alternatif 3	1,07696	1,06339	1,05965						
Toplam	3,01536	3,00820	3,00477						
	0,33163	0,33242	0,33280						
Tersini Alma	5	5	5						
	0,33163	0,33242	0,33280						
Değer Sıralama	5	5	5						
Esneklik	Bulanık Ağırlıklar			Mi	Normaliz e Değerler				
Alternatif 1	0,3559	3	2	0,34740	0,347				
Alternatif 2	0,28694	3	3	0,29815	0,298				
Alternatif 3	0,35715	0,35349	0,35265	0,35443	0,354				
	7	7	5	6	0,354				
Toplam				1,00000	1,000				

Tablo 3.8. Güvenilirlik Kriteri BAHF Analiz Özeti

Üçgensel Bulanık Sayılar Güvenilirlik			Alternatif 1			Alternatif 2			Alternatif 2		
Alternatif 1	1,00000	1,00000	1,00000	5,56000	6,52000	7,20000	3,28000	4,52000	5,61000		
Alternatif 2	0,17986	0,15337	0,13889	1,00000	1,00000	1,00000	6,52000	7,65000	8,81000		
Alternatif 3	0,30488	0,22124	0,17825	0,15337	0,13072	0,11351	1,00000	1,00000	1,00000		
Güvenilirlik		Geometrik ortalama									
Alternatif 1	2,63218	3,08884	3,43109								
Alternatif 2	1,05453	1,05472	1,06958								
Alternatif 3	0,36027	0,30695	0,27249								
Toplam	4,04698	4,45051	4,77316								
Inverse	0,247098	0,224693	0,209505								
Değer Sıralama	0,209505	0,224693	0,247098								
Güvenilirlik		Bulanık Ağırlıklar			Mi	Normalize Değerler					
Alternatif 1	0,551455	0,694042	0,847814	0,69777	0,691						
Alternatif 2	0,220928	0,236989	0,264292	0,240736	0,239						
Alternatif 3	0,075478	0,068969	0,067332	0,070593	0,070						
Toplam				1,00910	1,000						

Tablo 3.9. Güvenlik Kriteri BAHF Analiz Özeti

Üçgensel Bulanık Sayılar Güvenlik		Alternatif 1			Alternatif 2			Alternatif 3		
Alternatif 1	1,00000	1,00000	1,00000	0,17065	0,14472	0,12903	3,25000	4,53000	6,62000	
Alternatif 2	5,86000	6,91000	7,75000	1,00000	1,00000	1,00000	0,30769	0,22124	0,19194	
Alternatif 3	0,30769	0,22075	0,15106	3,25000	4,52000	5,21000	1,00000	1,00000	1,00000	
Güvenlik		Geometrik ortalama								
Alternatif 1	0,82160	0,86871	0,94882							
Alternatif 2	1,21713	1,15198	1,14153							
Alternatif 3	1,00000	0,99926	0,92327							
Toplam	3,03874	3,01995	3,01362							
Inverse	0,329084	0,331131	0,331827							
Değer Sıralama	0,329084	0,331131	0,331827							
Güvenlik		Bulanık Ağırlıklar			Mi	Normalize Değerler				
Alternatif 1	0,270377	0,287656	0,314845	0,290959	0,291					
Alternatif 2	0,400539	0,381457	0,378791	0,386929	0,387					
Alternatif 3	0,329084	0,330887	0,306364	0,322112	0,322					
Toplam				1,00000	1,000					

Tablo 3.10. Satış Sonrası Hizmet Kriteri BAHF Analiz Özeti

Üçgensel Bulanık Sayılar	Alternatif 1			Alternatif 2			Alternatif 3		
Güvenlik									
Alternatif 1	1,00000	1,00000	1,00000	0,19048	0,14409	0,12739	4,47000	5,75000	6,41000
Alternatif 2	5,25000	6,94000	7,85000	1,00000	1,00000	1,00000	3,25000	4,12000	5,35000
Alternatif 3	0,22371	0,17391	0,15601	3,25000	4,52000	5,69000	1,00000	1,00000	1,00000
Güvenlik	Geometrik ortalama								
Alternatif 1	0,94780	0,93922	0,93468						
Alternatif 2	2,57443	3,05787	3,47596						
Alternatif 3	0,89920	0,92290	0,96106						
Toplam	4,42143	4,92000	5,37170						
Inverse	0,226171	0,203252	0,186161						
Değer Sıralama	0,186161	0,203252	0,226171						
Güvenlik	Fuzzy Weights			Mi	Normalize				
Alternatif 1	0,176443	0,190899	0,211397	0,192913	0,190				
Alternatif 2	0,479258	0,621518	0,786161	0,628979	0,621				
Alternatif 3	0,167397	0,187582	0,217364	0,190781	0,188				
Toplam				1,01267	1,000				

Her bir kriterin alternatifler üzerindeki öncelik değerleri elde edildikten sonra yapılması gereken son işlem kriterlerin genel ağırlık değerlerinin tespitidir. Bu değerler GİA analizinde kullanılarak alternatiflerin önem sıralaması yapılarak şirket için en uygun makine ve ekipmanın hangisinin olduğunun analizi yapılacaktır. Her kriter için alternatifler üzerindeki bulanık değerlerin tespiti yapılarak BAHF sonuçlandırılmıştır. Bu sonuçlar Tablo 3.11’de verilmiştir.

Tablo 3.11. Genel Kriter Ağırlıkları

Alternatif/Kriter	1	2	3	4	5	6	Toplam
Alternatif 1	0,127	0,110	0,015	0,033	0,082	0,007	
Alternatif 2	0,131	0,012	0,012	0,011	0,109	0,023	
Alternatif 3	0,169	0,042	0,015	0,003	0,091	0,007	
Toplam	0,427	0,164	0,042	0,048	0,282	0,038	1,000

Tablo 3.11 değerlendirildiğinde; alternatifler üzerinde en yüksek değerdeki kriterin sırayla;

- Maliyet; %42 gibi ciddi bir değer olarak en önemli kriter olmuştur. Şirketin

makine ve ekipman seçimi yaparken maliyeti en ön planda tutması gerektiği sonucu ortaya çıkmıştır.

➤ Güvenlik; %28,2 değeri ile ikinci önemli kriter olmuştur. İnşaat sektöründe emek yoğun ve yoğun ekipman içeriğinden dolayı tehlikeli ortamların oluşması oldukça olasıdır. O yüzden, güvenli şekilde makinelerin tercih edilmesi gerekir.

➤ Operasyonel Kolaylığı ve Pratikliği; üçüncü en önemli kriter ise %16 değeri almıştır. Makine ve ekipmanların kullanımı ve akışkanlığı ne kadar kolay olursa o denli verim yüksek olabilir. Diğer üç kriter de şu değerleri almıştır.

➤ Güvenilirlik; % 4,8

➤ Esneklik; % 4,2

➤ Satış Sonrası Hizmet; % 3,8 değerleri almışlardır.

3.5. İkinci Adım: Bulanık Kriter Ağırlıklarının Tespiti

GİA analizinin gerçekleştirilmesinde ilk veri setinin oluşturulmasıdır. Bunun için yine aynı uzman kişilere 10'luk derecelendirme sistemi altında her bir alternatif için her bir kriterin puanlanması istenmiştir. Daha sonra Ağırlık ortalama ile tek bir veri seti haline getirilerek algoritmanın çözümüne başlanmıştır. İlgili veri setinin son hali Tablo 3.12'deki gibidir.

Tablo 3.12. GİA İçin Veri Setinin Kurulumu

Karar Matrisi						
Alternatif/Kriter	1	2	3	4	5	6
Kriter yönü	MİN	MAK	MAK	MAK	MAK	MAK
Alternatif 1	80,0000	60,0000	90,0000	60,0000	50,0000	70,0000
Alternatif 2	30,0000	70,0000	40,0000	80,0000	50,0000	60,0000
Alternatif 3	50,0000	50,0000	80,0000	40,0000	90,0000	60,0000

Karar matrisi oluşturulduktan sonra sıradaki adım analize uygun hale gelebilmesi için normalizasyondur. Yapılan işlem şu şekilde sonuçlanmıştır.

Tablo 3.13. Normalizasyon İşlemi

Normalizasyon						
Alternatif/Kriter	1	2	3	4	5	6
Alternatif 1	0,0000	0,5000	0,0000	0,5000	1,0000	0,0000
Alternatif 2	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000	1,0000
Alternatif 3	0,6000	1,0000	0,2000	0,8000	0,0000	1,0000
MAK	1,0000	1,0000	1,0000	0,8000	1,0000	1,0000
MİN	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Devamındaki adım mutlak değer alma işlemidir. Bu işleme dair özet Tablo 3.14’de verilmiştir.

Tablo 3.14. Mutlak Değer Alma İşlemi

Mutlak Değer						
	1	2	3	4	5	6
Alternatif 1	1,0000	0,5000	1,0000	0,3000	0,0000	1,0000
Alternatif 2	0,0000	1,0000	0,0000	0,8000	0,0000	0,0000
Alternatif 3	0,4000	0,0000	0,8000	0,0000	1,0000	0,0000
MAK	1,0000	1,0000	1,0000	0,8000	1,0000	1,0000
MİN	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Ardından Gri ilişkisel katsayı değeri 0,5 alınarak gerekli algoritma işlemi yapılmıştır. Bu işlem sırasında BAHF ile elde edilen genel kriter ağırlıkları kullanılarak alternatif sıralaması yapılarak en iyi makine ekipmanın seçimi yapılmıştır. Tablo 3.15’te GİA alternatif seçimi özeti yapılmıştır.

Tablo 3.15. GİA ile Alternatif Seçimi Özeti

Gri İlişkisel Katsayı	0,5					
Kriter Ağırlık Değeri	0,42731502	0,163840838	0,041854097	0,047554378	0,281930609	0,037505057
Alternatif/Kriter	1	2	3	4	5	6
Alternatif 1	0,60286 0,20188 0,48634					
Alternatif 2						
Alternatif 3						

Alternatif değerleri incelendiğinde sıralama şu şekilde olmuştur;

1. Alternatif 1; 0,60286 değeri ile ilk sırada yer almıştır. Nihai olarak şirketin makine ve ekipman alımı konusunda tüm kriterler altında Alternatif 1’i tercih etmesi gelecekteki

planlamaları konusunda kendilerine oldukça yarar sağlayabilir.

2. Alternatif 3; 0,48634 değeri ile ikinci sırada yer almaktadır.
3. Alternatif 2; 0,20188 değeri ile üçüncü sırada yer almaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

İnşaat sektörü, içerisinde çeşitli mal ve hizmetlerin üretimi ile doğrudan bağlantılı, yoğun iş gücünün kullanıldığı, sosyal ve ekonomik refaha sağladığı katkısı ile ekonomik yapı içinde önemi azımsanmayacak bir yere sahiptir. Bu sektörün yaratmış olduğu katma değer ve istihdamlardan dolayı ülkeler arasında lokomotif bir görevi vardır. Sektörün temsil ettiği araç ve ekipmanlar; Ağır İş Makinesi olarak adlandırılan ekskavatörler, dozerler, silindir, kamyon ve greyderler, beton makinesi olarak adlandırılan beton pompaları ve mikserleri, püskürtme makinelerinin tamamı ve beton santralleri, yol, köprü, tünel, maden olarak adlandırılan asfalt kazma ve serme makineleri, tünel açma makinesi, kırma eleme makineleri ve kule vinçler ve mobil vinçler grubu olarak tanımlanabilir.

İnşaat sektöründe makine ve ekipman seçiminde Bulanık AHP yönteminin kullanılması bulanık ortamlarda çok kritere dayandırılmış, karar verecek olanların sayısının az ve alternatif grubun içinde karşılaşılan sorun açısından uygun bir yapıda olmasından tercih edilmektedir. Diğer taraftan, GİA metodu belirsizliğin olduğu durumlarda grubun karar verilmesi gereken problemlerin çözümlerinde epeyce elverişlidir. Alternatifler değerlendirilirken ortaya çıkan öznelliğin grubun karar verirken çıkardıkları sorunları ortadan kaldırılmasına ve en iyi kararın verilmesine imkân tanımaktadır. Bu çalışmanın amacı; uzman ekip tarafından belirlenen kriterler temelinde şirketin makine ve ekipmanları satın almasında en uygun alternatiflerin belirlenmesidir.

Bu çalışmada karakteristik özellikleri altında belirlenen kriterler kullanılarak hangi kriterlerin daha çok önemsenmesi gerektiğinin tespitinde BAHP ve hangi alternatifin en uygun olduğunun saptanması konusunda da GİA yöntemleri kullanılarak analizin çatısı oluşturulmuştur.

Belirlenen kriterler şirket içinde uzman olan yöneticiler ve çalışanlar tarafından belirlenmiştir. Her bir kriterin puanlanması için bir soru formu düzenlenmiş ve uzman kişilerce doldurulmuştur. Şirketin ihtiyaç duyduğu ve satın alınması planlanan makine ve ekipmanların çeşitli alternatifleri belirlenerek kapalı şekilde Alternatif 1, Alternatif 2 ve Alternatif 3 olarak tanımlanmıştır.

Araştırmanın analizini oluşturmak için ana kriterler uzman görüşleri eşliğinde belirlenmiştir. Hazırlanan soru formları 15 uzman kişiye doldurtulmuştur. Analizin ilk

adımının hazır hale gelmesi için formlardaki veriler Üçgensel Bulanık Sayılara dönüştürülmüştür ve kriterlerin ağırlık değerlerini tespit etmek için BAHP çözüm yöntemlerinden biri olan Buckley (1985) tarafından sunulan ve ikinci bölümde denklemleriyle algoritması oluşturulan Geometrik Ortalama tekniği kullanılmıştır. Kriterlerin ağırlık değerleri elde edildikten sonra GİA yöntemi ile de makine ve ekipman alternatiflerinin sıralaması yapılmış ve en iyi alternatif elde edilmiştir. Kararı etkileyecek olan kriterler maliyeti, operasyonel kolaylığı ve pratikliği, esnekliği ve ekipman ağırlığı, güvenilirlik, güvenlik ve satış sonrası servis şeklinde sınıflandırılmıştır.

Kriterlerin genel ağırlıkları BAHP algoritması altında analiz edilmiştir. Buna göre; makine ve ekipman satın alma işlemi için öncelik verilmesi gereken birinci kriter maliyet (0,427) olmuştur. İkinci önemli kriter ise güvenlik (0,282) olmuştur. Diğer kriterler sırasıyla Operasyonel Kolaylığı ve Pratikliği (0,164), Güvenilirlik (0,048), Esneklik (0,042) ve Satış Sonrası Hizmet (0,038) olmuştur. Bu kriter ağırlıkları GİA analizinde Alternatiflerin sıralanması aşamasında kullanılmak üzere kaydedilmiştir. Bu kriter ağırlıklarını kullanarak GİA yöntemi ile alternatiflerin sıralaması yapılmıştır. Alternatifler değerlendirildiğinde; en iyi makine ve ekipmanın Alternatif 1; 0,60286 olarak tespit edilmiştir. Nihai olarak şirketin makine ve ekipman alımı konusunda tüm kriterler altında Alternatif 1'i tercih etmesi gelecekteki planlamaları konusunda kendilerine oldukça yarar sağlayabilir. İkinci sırada Alternatif 3; 0,48634 değeri ile ikinci sırada yer almaktadır. Son sırada ise Alternatif 2; 0,20188 değeri ile üçüncü sırada yer almaktadır. İnşaat sektöründe ÇKKV yöntemlerini sezgisel bir metotla birleştirildiğinde alınan kararın sonucunda ve yapılacak seçimin doğruluğu ve tutarlılığı yüksek olacaktır. Uzman kişilerden alınacak geri dönüşlerle hem formların doldurulması hem de kriter ve alternatiflerin belirlenmesi konusunda geleceğe yönelik sağlam adımlar atılabilir.

KAYNAKLAR

- Arslan, B. (2020). *İnşaat Sektöründe Tedarikçi Seçim Kriterlerinin Önceliklendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Proje Ve Yapım Yönetimi Bilim Dalı, İstanbul.
- Ayağ, Z., & Samanlioglu, F. (2020). Fuzzy Ahp-Gra Approach To Evaluating Energy Sources: A Case Of Turkey. *International Journal Of Energy Sector Management*, 14(1), 40-58.
- Badri Ahmadi, H., Hashemi Petrudi, S. H., & Wang, X. (2017). Integrating Sustainability Into Supplier Selection With Analytical Hierarchy Process And Improved Grey Relational Analysis: A Case Of Telecom İndustry. *The International Journal Of Advanced Manufacturing Technology*, 90, 2413-2427.
- Ballı, S. (2005) Fuzzy Çok Kriterli Karar Verme ve Basketbolda Oyuncu Seçimine Uygulanması (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Belyaev, A., Gordienko, V., Druzhinin, P., & Evtukov, S. (2020). Mathematical Model For Selecting The Best Technology For Restoring Road Construction Machines. In *E3s Web Of Conferences* (Vol. 164, P. 03044). Edp Sciences.
- Bilal, M., & Oyedele, L. O. (2020). Guidelines For Applied Machine Learning İn Construction İndustry—A Case Of Profit Margins Estimation. *Advanced Engineering Informatics*, 43, 101013.
- Bresnen, M., & Marshall, N. (2000). Building Partnerships: Case Studies Of Clientcontractor Collaboration İn The Uk Construction İndustry. *Construction Management And Economics*, 18(7), 819-832.
- Burhanoglu, S. (2016, Eylül 21).Dr. Sabri Burhanoglu. <https://www.sabriburhanoglu.com/karar-verme-sureci> adresinden alındı.
- Candan, G., & Cengiz Toklu, M. (2022). Sustainable Industrialization Performance Evaluation Of European Union Countries: An Integrated Spherical Fuzzy Analytic Hierarchy Process And Grey Relational Analysis

- Approach. *International Journal Of Sustainable Development & World Ecology*, 29(5), 387-400.
- Chan, F. T. S., Kumar, N., Tiwari, M. K., Lau, H. C. W. Ve Choy, K. L. (2008) “Global Supplier Selection: A Fuzzy-Ahp Approach”, *International Journal Of Production Research*, 46(14):3825-3857.
- Chen, L., & Ren, J. (2018). Multi-Attribute Sustainability Evaluation Of Alternative Aviation Fuels Based On Fuzzy Anp And Fuzzy Grey Relational Analysis. *Journal Of Air Transport Management*, 68, 176-186.
- Chinchore, M. N. D., & Khare, P. R. (2014). Planning And Selection Of Heavy Construction Equipment In Civil Engineering. *International Journal Of Engineering Research And Applications*, 1(4), 29-31.
- Chockalingam, K., Jawahar, N., Muralidharan, N., & Jeyaraj, K. L. (2019). Material Subtraction Study Of A1s1 T-15-Hss By Wire Cut Electrical Discharge Machining (Cnc-Wire Cut Edm) Based On Taguchi Grey Relational Analysis. *International Journal Of Machining And Machinability Of Materials*, 21(3), 139-168.
- Cooney, E. W. (1993). Productivity, Conflict And Order In The British Construction Industry: A Historical View. *Construction History*, 9, 71-84.
- Crespin-Mazet, F., Havensvid, M. I., & Linné, Å. (2015). Antecedents Of Project Partnering In The Construction Industry—The Impact Of Relationship History. *Industrial Marketing Management*, 50, 4-15.
- Çelikten, M., Gılıç, F., Çelikten, Y., Yıldırım, A., (2019).” Örgüt Yönetiminde Karar Verme Süreci: Bitmeyen Bir Tartışma”. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 15(2), 581-592.
- Çiftçi C. (2014). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle İMKB'de İşlem Gören Büyük Çaplı Şirketlerin Finansal Performanslarının Karşılaştırmalı Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Gebze.
- Çitil, İ. (2017, Nisan 30). SILO.TIPS. <https://silo.tips/download/rsk-altinda-karar->

vermek-prof-dr-brahm-l# adresinden alındı

- Dado, E., Beheshti, R., & Van De Ruitenbeek, M. (2010). Product Modelling In The Building And Construction Industry: A History And Perspectives. In Handbook Of Research On Building Information Modeling And Construction Informatics: Concepts And Technologies, 104-137. Igi Global.
- Dağdeviren M., Eraslan E., Kurt M. (2007). Makina Seçimi Problemi için TOPSIS, AHP, ELECTRE ve PROMETHEE Yöntemleri ile Karşılaştırmalı Bir Analiz, Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 27. Ulusal Kongresi Bildiriler Kitabı, İzmir, s.562-567.
- Dağdeviren, M. (2008). Decision Making In Equipment Selection: An Integrated Approach With Ahp And Promethee. Journal Of Intelligent Manufacturing, 19, 397-406.
- Dedobbeleer, N., & German, P. (1987). Safety Practices In Construction Industry. Journal Of Occupational Medicine, 863-868.
- Ding, H., Wu, Q., Zhao, D., Mu, W., & Yu, S. (2019). Risk Assessment Of Karst Collapse Using An Integrated Fuzzy Analytic Hierarchy Process And Grey Relational Analysis Model. Geomechanics And Engineering, 18(5), 515.
- Dursun M., Karsak E. (2007). Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme Yaklaşımından Yararlanarak Katı Atık Yönetim Sistemi Seçimi, Yöneylem Araştırması Ve Endüstri Mühendisliği 27. Ulusal Kongresi Bildiriler Kitabı, İzmir, S.1219-1224.
- Edwards, W. (1954). The Theory Of Decision Making. Psychological Bulletin, 51(4), 380.
- Eggers, H. (1992). The Integrated Approach To Project Cycle Management. Project Appraisal, 7(1), 3-10.
- Eisenhardt, K. M., & Zbaracki, M. J. (1992). Strategic Decision Making. Strategic Management Journal, 13(S2), 17-37.
- Ellibeş, E., & Candan, G. (2021). Financial Performance Evaluation Of Airline Companies With Fuzzy Ahp And Grey Relational Analysis Methods. Ekoist:

Journal Of Econometrics and Statistics,34, 37-56

European Commission, Project Cycle Management Guidelines (2004) Brussels.

Eusebio, R. C., Huelgas-Orbecido, A. P., & Promentilla, M. A. (2016). Optimal Selection Of Desalination Systems Using Fuzzy Ahp And Grey Relational Analysis. Chemical Engineering Transactions, 52, 649.

Gadde, L. E., & Dubois, A. (2010). Partnering In The Construction Industry—Problems And Opportunities. Journal Of Purchasing And Supply Management, 16(4), 254-263.

Gardner, D., Lark, R., Jefferson, T., & Davies, R. (2018). A Survey On Problems Encountered In Current Concrete Construction And The Potential Benefits Of Self-Healing Cementitious Materials. Case Studies In Construction Materials, 8, 238-247.

Giang, D. T. H. And Pheng, L. S. (2011). “Role of Construction in Economic Development:

Review of Key Concepts in the Past 40 Years”, Habitat International, 35, p. 118-125.

Gu, J., Zhao, Z., & Chen, Y. (2020). System Evaluation Method For Two Planetary Gears Hybrid Powertrain Under Gray Relational Analysis Based On Fuzzy Ahp And Entropy Weight Method (No. 2020-01-0430). Sae Technical Paper.

Gumus, A. T., Yayla, A. Y., Çelik, E., & Yildiz, A. (2013). A Combined Fuzzy-Ahp And Fuzzy-Gra Methodology For Hydrogen Energy Storage Method Selection In Turkey. Energies, 6(6), 3017-3032.

Gunasekaran, A., Goyal, S. K., Martikainen, T., & Yli-Olli, P. (1993). Equipment Selection Problems In Just-In-Time Manufacturing Systems. Journal Of The Operational Research Society, 44(4), 345-353.

Gültaş ., Özok A. F. (2007). Endüstri Mühendisliği Eğitiminde Matematik Ders İçeriklerinin Belirlenmesinde Bahp Yöntemi İle Çözüm Önerisi, Yöneylem Araştırması / Endüstri Mühendisliği 27. Ulusal Kongresi Bildiriler Kitabı, İzmir, S.87-92.

Güneri, M.N. (2019). *Türk Kanatlı Hayvancılık Sektörü İhracatında Hedef Pazarlarının*

Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımıyla Belirlenmesi. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi. Hatay: Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Hafezalkotob, A., Hami-Dindar, A., & Rabie, N. (2018). *A Decision Support System For Agricultural Machines And Equipment Selection: A Case Study On Olive Harvester Machines.* Computers And Electronics In Agriculture, 148, 207-216.

Hagag, A. M., Yousef, L. S., & Abdelmaguid, T. F. (2023). Multi-Criteria Decision-Making For Machine Selection In Manufacturing And Construction: Recent Trends. Mathematics, 11(3), 631.

Hatefi, S. M., & Tamošaitienė, J. (2018). Construction Projects Assessment Based On The Sustainable Development Criteria By An Integrated Fuzzy Ahp And Improved Gra Model. Sustainability, 10(4), 991.

Heriřçakar E. (1999). *Gemi Ana Makine Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*

AHP ve SMART Uygulaması, Gemi İnşaatı ve Teknolojisi Teknik Kongresi, Bildiri Kitabı.

<https://www.tuik.gov.tr/>

Hu, G., Mian, H. R., Kaur, M., Hager, J., Hewage, K., & Sadiq, R. (2023). Selection Of Wastewater Treatment For Small Canadian Communities: An Integrated Fuzzy Ahp And Grey Relational Analysis Approach. Fuzzy Systems Modeling In Environmental And Health Risk Assessment, 191-205.

Hughes, W. P., & Hillebrandt, P. M. (2003). Construction Industry: Historical Overview And Technological Change.

Huang C. C., Chu, P. Y. ve Chiang Y. H. (2008). A Fuzzy AHP application in government-sponsored R&D project selection. Omega, The International Journal of Management Science, 36 (6): 1038-1052.

İnce Ö., Gültaş . (2006). Makina Seçimi Problemine BAHp Yaklaşımı, VI. Ulusal Üretim

Araştırmaları Sempozyumu Bildiriler Kitabı, İstanbul, s.107-117.

Johansson, J., Berglund, L., Johansson, M., Nygren, M., Rask, K., Samuelson, B., & Stenberg, M. (2019). Occupational Safety In The Construction Industry. Work, 64(1), 21-32.

Kamara, J. M., Augenbroe, G., Anumba, C. J., & Carrillo, P. M. (2002). Knowledge Management In The Architecture, Engineering And Construction Industry. Construction Innovation.

Kaya P., İpekçi Çetin E. ve Kuruüzüm A. (2011). “Çok Kriterli Karar Verme İle Avrupa Birliği Ve Aday Ülkelerin Yaşam Kalitesinin Analizi”, 12. Uluslararası Ekonometri, Yöneylem Araştırması, İstatistik Sempozyumu Özel Sayısı, İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri Ve İstatistik Dergisi, Sayı:13, s.80-94

Kılıç S. B. (2005). “Avrupa Birliğine Üye Ve Aday Ülkelerin Bazı Temel Makro Ekonomik

Kriterlere Göre Sınıflandırılması: Çok Kriterli Karar Alma Analizine Dayalı Bir

Modelin Tahmini”, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt:14, Sayı:2, s.339-352.

Koçak D., Coğurcu Y.E. (2015). “Network Modeli İle Ağ Analizi İçin Çok Kriterli Karar

Verme Yöntemleriyle Karşılaştırmalı Çözüm”, Gazi İktisat ve İşletme Dergisi, Sayı:1,

s.1-42.

Korkmaz, H. D. (2020). *Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri İle Tedarikçi Ödeme Seçimi: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama*. Sakarya: Sakarya Üniveristesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

Kuo, C. F. J., & Su, T. L. (2003). Gray Relational Analysis For Recognizing Fabric Defects. Textile Research Journal, 73(5), 461-465.

Kural, R., & Osman, Ü. N. A. L. (2015). İnşaat Sektöründe Yapı Denetimi Ve

- Afyonkarahisar İlindeki Uygulamaların Araştırılması. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 15(3), 1-10.
- Lambin, E. F., & Meyfroidt, P. (2011). Global Land Use Change, Economic Globalization, And The Looming Land Scarcity. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences*, 108(9), 3465-3472.
- Lim, E. C., & Alum, J. (1995). Construction Productivity: Issues Encountered By Contractors In Singapore. *International Journal Of Project Management*, 13(1), 51-58.
- Lu, Q., & Sheng, B. (2015). Evaluation Method Of Manufacturing Resources Based On Fuzzy Analytic Hierarchy Process And Grey Relational Analysis. In 2015 International Conference On Industrial Informatics-Computing Technology, Intelligent Technology, Industrial Information Integration (Pp. 102-106).
- Manikandan, M., Adhiyaman, M., & Pazhani, K. C. (2018). A Study And Analysis Of Construction Equipment Management Used In Construction Projects For Improving Productivity. *International Research Journal Of Engineering And Technology*, 5(3), 1297-1303.
- Maskuriy, R., Selamat, A., Maresova, P., Krejcar, O., & David, O. O. (2019). Industry 4.0 For The Construction Industry: Review Of Management Perspective. *Economies*, 7(3), 68.
- Menteş A. (2000). Manevra ve Sevk Sistemi Seçiminde Bulanık Çok Kriterli Karar Verme,
Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Majumder M. (2015). "Impact of Urbanization on Water Shortage in Face of Climatic Aberrations", *Springer Briefs in Water Science and Technology*, more information about this series at <http://www.springer.com/series/11214>, s.1-98.
- Morledge, R., Knight, A., & Grada, M. (2009). The Concept And Development Of Supply Chain Management In The Uk Construction Industry. *Construction Supply Chain Management: Concepts And Case Studies*, 23-41.

- Neitzel, R. L., Seixas, N. S., & Ren, K. K. (2001). A Review Of Crane Safety In The Construction Industry. *Applied Occupational And Environmental Hygiene*, 16(12), 1106-1117.
- Organ, A., & Yalçın, R. A. E. (2009). An Integrated Approach Based On Fuzzy Ahp And Grey Relational Analysis For Heating Source Selection. *Choice*, 164.
- Özdemir, Y., Nalbant, K. G., & Başlıgil, H. (2018). Personnel Selection For Promotion Using An Integrated Fuzzy Analytic Hierarchy Process-Grey Relational Analysis Methodology: A Real Case Study. *Anadolu University Journal Of Science And Technology A-Applied Sciences And Engineering*, 19(2), 278-292.
- Öztürk D., Batuk F. (2007). "Criterion Weighting In Multicriteria Decision Making", *Journal of Engineering and Natural Sciences*, Cilt:25, Sayı:1, s. 86-98.
- Paramasivam, V., Senthil, V., & Rajam Ramasamy, N. (2011). Decision Making In Equipment Selection: An Integrated Approach With Digraph And Matrix Approach, Ahp And Anp. *The International Journal Of Advanced Manufacturing Technology*, 54, 1233-1244.
- Pratt, S. G., Kisner, S. M., & Moore, P. H. (1997). Machinery-Related Fatalities In The Construction Industry. *American Journal Of Industrial Medicine*, 32(1), 42-50.
- Qiu, M., Shi, L., Teng, C., & Zhou, Y. (2017). Assessment Of Water Inrush Risk Using The Fuzzy Delphi Analytic Hierarchy Process And Grey Relational Analysis In The Liangzhuang Coal Mine, China. *Mine Water And The Environment*, 36(1), 39.
- Rosenzweig, M. R., Binswanger-Mkhize, H. P., & McIntire, J. (1984). From Land-Abundance To Land-Scarcity: The Effects Of Population Growth On Production Relations In Agrarian Economies (No. 23). *International Union For The Scientific Study Of Population*.
- Saaty, T. L., Vargas, L. G., (2001). How To Make A Decision. *Models, Methods, Concepts & Applications Of The Analytic Hierarchy Process*, 1-25.
- Safari, H., Faghih, A., & Fathi, M. R. (2013). Integration Of Graph Theory And Matrix

- Approach With Fuzzy Ahp For Equipment Selection. Journal Of Industrial Engineering And Management (Jiem), 6(2), 477-494.
- Samee, K., & Pongpeng, J. (2016). Structural Equation Model For Construction Equipment Selection And Contractor Competitive Advantages. Ksce Journal Of Civil Engineering, 20, 77-89.
- Samvedi, A., Jain, V., & Chan, F. T. (2012). An İntegrated Approach For Machine Tool Selection Using Fuzzy Analytical Hierarchy Process And Grey Relational Analysis. International Journal Of Production Research, 50(12), 3211-3221.
- Selyutina, L. G. (2018). Innovative Approach To Managerial Decision-Making İn Construction Business. In Materials Science Forum (Vol. 931, Pp. 1113-1117). Trans Tech Publications Ltd.
- Senger, Ö., & Albayrak, Ö. K. (2016). Gri İlişki Analizi Yöntemi İle Personel Değerlendirme. Uluslararası İktisadi Ve İdari İncelemeler Dergisi, (17), 235-258.
- Shen, D. H., & Du, J. C. (2005). Application Of Gray Relational Analysis To Evaluate Hma With Reclaimed Building Materials. Journal Of Materials İn Civil Engineering, 17(4), 400-406.
- Sheng, J., Sun, J., Bai, Y., Liu, Z., Wei, H., Li, L., ... & Wang, Z. (2020). Evaluation Of Hydrocarbon Potential Using Fuzzy Ahp-Based Grey Relational Analysis: A Case Study İn The Laoshan Uplift, South Yellow Sea, China. Journal Of Geophysics And Engineering, 17(1), 189-202.
- Sofyalioğlu, Ç., & Öztürk, Ş. (2012). Application Of Grey Relational Analysis With Fuzzy Ahp To Fmea Method. Doğuş Üniversitesi Dergisi, 13(1), 114-130.
- Soner, S., Önüt, S. (2006). Multi-Criteria Supplier Selection: An ELECTRE-AHP Application, Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, Cilt:4, s.110-120.
- Subaşı, H. (2011). *Çok Kriterli Karar Vermede Kullanılan TOPSİS ve AHP Yöntemlerinin Karşılaştırılması ve Bir Uygulama*. İstanbul: Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans

Tezi.

Temiz, I., & Calis, G. (2017). Selection Of Construction Equipment By Using Multi-Criteria Decision Making Methods. *Procedia Engineering*, 196, 286-293.

Topkarcı, Y. (2013). *Alternatif Pazarlama Stratejilerinin Değerlendirilmesinde Bulanık Çok Ölçütlü Bir Yaklaşım*. İstanbul.: Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

Turaba, L. (2016). *Çok Kriterli Karar Vermede Bulanık Topsis Yöntemi: Enerji Ve Endüstri Projeleri Seçimi Üzerine Bir Uygulama*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

Turovets, Y., & Vishnevskiy, K. (2019). Patterns Of Digitalisation İn Machinery-Building Industries: Evidence From Russia. *Engineering Management İn Production And Services*, 11(4), 7-22.

Tuzkaya, G., Gülsün, B., Kahraman, C., & Özgün, D. (2010). An İntegrated Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Methodology For Material Handling Equipment Selection Problem And An Application. *Expert Systems With Applications*, 37(4), 2853-2863.

Türkben, R. (2022). *Bir Polis Merkezi Konumunun Bulanık Topsis Yöntemiyle Belirlenmesi: Adıyaman İl Örneği*. Adıyaman: Adıyaman Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

Valmohammadi, C., Razi, F. F., & Einy, F. (2021). Six Sigma Project Selection Using The Hybrid Approach Fuzzy-Topsis And Grey Relational Analysis Model. *Ieee Engineering Management Review*, 49(2), 134-146.

LAARHOVEN, Van P.M.J. and Witold PEDRYCZ; (1983), "A Fuzzy Extension of Saaty's

Priority Theory", *Fuzzy Sets and Systems*, 1(11), pp. 229-241.

Vassilev V.; Genova K. and Vassileva M., (2005) "A brief Survey of Multicriteria Decision

Making Methods", *Bulgarian Academy of Sciences Cybernetics and Information*

Technologies, 5(1), 4.

- Wang, S. L., Guo, L., Kang, L., Li, C. S., Li, X. Y., & Stephane, Y. M. (2014a). Research On Selection Strategy Of Machining Equipment In Cloud Manufacturing. The International Journal Of Advanced Manufacturing Technology, 71, 1549-1563.
- Wang, Y., Xi, C., Zhang, S., Yu, D., Zhang, W., & Li, Y. (2014b). A Combination Of Extended Fuzzy Ahp And Fuzzy Gra For Government E-Tendering In Hybrid Fuzzy Environment. The Scientific World Journal, 2014.
- Yentürk, N., & Aksakoğlu, Y. (2006). Proje Döngüsü Yönetimi I: Proje Teklifi Yazma, İzleme Ve Değerlendirme. İstanbul Bilgi Üniversitesi.
- Yoke-Lian, L., Hassim, S., Muniandy, R., & Teik-Hua, L. (2012). Review Of Subcontracting Practice In Construction Industry. International Journal Of Engineering And Technology, 4(4), 442.
- 

ÖZGEÇMİŞ

