



**T.C.
YALOVA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**İŞLETME ANABİLİM DALI
İŞLETME BİLİM DALI**

TERSANELERDE ALT İŞVEREN SEÇİMİ VE ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ

DOKTORA TEZİ

ŞÜKRÜ SATILMIŞ

DANIŞMAN: PROF. DR. SELAMİ ÖZCAN

**YALOVA
OCAK 2025**



T.C.
YALOVA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

İŞLETME ANABİLİM DALI
İŞLETME BİLİM DALI

TERSANELERDE ALT İŞVEREN SEÇİMİ VE ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ

DOKTORA TEZİ

ŞÜKRÜ SATILMIŞ
218315002

DANIŞMAN: PROF. DR. SELAMİ ÖZCAN

YALOVA
OCAK 2025

ETİK BEYAN

Yalova Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez/Proje Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım “Tersanelerde Alt İşveren Seçimi Ve Etkinlik Ölçümü” başlıklı bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksinin tespiti halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi taahhüt ve beyan ederim.

İmza

Şükrü SATILMIŞ

ÖNSÖZ

Doktora eğitimim boyunca benden yardımlarını esirgemeyen, akademik anlamda bana her zaman destek olan ve doğru yolu gösteren sayın danışman hocam Prof. Dr. Selami ÖZCAN'a teşekkür ederim. Tez izleme komitemde yer alarak değerli görüşleri ile araştırmamın şekillenmesini sağlayan kıymetli hocalarım Doç. Dr. Gülgönül BOZOĞLU BATI ve Dr. Öğr. Üyesi Hikmet ERBIYIK'a da tüm emekleri için çok teşekkür ederim. Her zaman yanımda oldukları ve benden desteklerini hiçbir zaman esirgemedikleri için aileme teşekkür ederim.

Ocak – 2025

Şükrü SATILMIŞ



İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN	i
ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
KISALTMALAR.....	v
TABLolar LİSTESİ	vi
TERSANELERDE ALT İŞVEREN SEÇİMİ VE ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ.....	viii
ÖZET.....	viii
SUBCONTRACTOR SELECTION AND EFFICIENCY MEASUREMENT IN SHIPYARDS.....	ix
ABSTRACT	ix
GİRİŞ	1
1. GEMİ İNŞA, BAKIM VE ONARIM	3
1.1. Türkiye’de Tersanelerin Tarihsel Gelişimi.....	4
1.2. Türkiye’de Tersanelerin Genel Durumu.....	4
2. ARAŞTIRMA YÖNTEMLERİ	7
2.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri.....	7
2.1.1. Analitik hiyerarşi süreci (AHS)	9
2.1.2. TOPSİS yöntemi	13
2.2. Bulanık Kavramı.....	15
2.2.1. Bulanık kümeler.....	16
2.2.2. Bulanık sayılar	16
2.2.3. Bulanık sayılarda işlemler	18
2.2.4. Bulanık analitik hiyerarşi süreci	20
2.3. Veri Zarflama Analizi.....	25
2.3.1. CRR modeli	26
2.3.2. Girdi yönelimli oransal CCR modeli	27
2.3.3. Girdi yönelimli ağırlıklı CCR modeli	28
2.3.4. Çıktı yönelimli oransal CCR modeli	29
2.3.5. Çıktı yönelimli ağırlıklı CCR model	30
2.3.6. BCC modeli	31
2.3.7. Girdi yönelimli ağırlıklı BCC modeli.....	32
2.3.8. Çıktı yönelimli ağırlıklı BCC modeli	34

3. BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ TABANLI YAKLAŞIM KULLANARAK TERSANELERDE ALT İŞVEREN SEÇİMİ	36
3.1. Tersanelerde Alt İşveren Kavramı.....	36
3.2. Araştırmanın Amacı, Kapsamı ve Önemi.....	37
3.3. Araştırma Modeli.....	38
3.4. Araştırma Probleminin Belirlenmesi	38
3.5. Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci Tabanlı Yaklaşım Kullanarak Tersanelerde Alt İşveren Seçimine İlişkin Literatür Taraması	39
3.6. Araştırma Yönteminin Belirlenmesi.....	41
3.7. Araştırma Yöntemine İlişkin Verilerinin Toplanması.....	44
3.7. Araştırmaya İlişkin Verilerin Analizi ve Yorumlanması	44
3.7.1. Uzman 1 için ikili karşılaştırma matrisleri, ağırlıklar ve sıralamalar	44
3.7.2. Tüm uzmanlar için ikili karşılaştırma matrisleri, ağırlıklar ve sıralamalar	48
3.7.3. TOPSİS yöntemi kullanarak alt işveren seçimi	55
4. VERİ ZARFLAMA ANALİZİNİ KULLANARAK TERSANE ETKİNLİĞİN ARAŞTIRILMASI	59
4.1. Verimlilik ve Etkinlik Kavramları.....	59
4.2. Veri Zarflama Analizini Kullanarak Tersanelerin Etkinliğinin Ölçülmesi	60
4.2.1. Araştırmanın kapsamı, amacı ve önemi.....	60
4.2.2. Araştırma modeli	61
4.2.3. Araştırma probleminin belirlenmesi	61
4.2.4. Veri zarflama analizi kullanılarak tersanelerin etkinliğinin ölçülmesine ilişkin literatür taraması	62
4.2.5. Araştırmada yöntemin belirlenmesi.....	63
4.2.6. Veri toplama	64
4.2.7. Araştırmaya ilişkin verilerin analizi ve yorumlanması.....	64
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	67
KAYNAKÇA	73
ÖZ GEÇMİŞ	78

KISALTMALAR LİSTESİ

KISALTMALAR

AHS	: Analitik Hiyerarşı Süreci
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
DWT	: Detveyt ton
GİSBİR	: Türkiye Gemi İnşa Sanayicileri Birliği
ISO	: Uluslararası Standardizasyon Kuruluşu
OECD	: Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
VZA	: Veri Zarflama Analizi



TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1 AHS ikili karşılaştırma ölçeği.....	10
Tablo 2.2. AHS İkili karşılaştırma matrisi.	11
Tablo 2.3. Nitel Kriterleri Nicel Kriterlere Dönüştürme.....	14
Tablo 3.1 AHS’de bulanık önem ölçeği.....	42
Tablo 3.2. (Uzman 1) Ana kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi	44
Tablo 3.3. (Uzman 1) Ana kriterlerin Ağırlıkları ve Sıralamaları.....	45
Tablo 3.4. (Uzman 1) Üretim becerisi ana kriterine ait alt kriterlerin karşılaştırma matrisi	45
Tablo 3.5. (Uzman 1) Üretim becerisi alt kriterlerinin ağırlıkları ve sıralamaları	46
Tablo 3.6. (Uzman 1) Kurumsal itibar ve deneyim ana kriterine ait alt kriterlerin karşılaştırma matrisi	46
Tablo 3.7. (Uzman 1) Kurumsal itibar ve deneyim ana kriterine ait alt kriterlerin ağırlıkları ve sıralamaları.....	47
Tablo 3.8. (Uzman 1) Finansal ve ekonomik göstergeler ana kriterine ait alt kriterlerin karşılaştırma matrisi	47
Tablo 3.9. (Uzman 1) Finansal ve ekonomik göstergeler ana kriterine ait alt kriterlerin ağırlıkları ve sıralamaları.....	48
Tablo 3.10. Ana kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.....	48
Tablo 3.11. Ana kriterlerin Ağırlıkları ve Sıralamaları.....	49
Tablo 3.12. Üretim becerisi ana kriterine ait alt kriterlerin karşılaştırma matrisi	50
Tablo 3.13. Üretim becerisi alt kriterlerinin ağırlıkları ve sıralamaları	50
Tablo 3.14. Kurumsal itibar ve deneyim ana kriterine ait alt kriterlerin karşılaştırma matrisi	51
Tablo 3.15. Kurumsal itibar ve deneyim ana kriterine ait alt kriterlerin ağırlıkları ve sıralamaları	52
Tablo 3.16. Finansal ve ekonomik göstergeler ana kriterine ait alt kriterlerin karşılaştırma matrisi	53
Tablo 3.17. Finansal ve ekonomik göstergeler ana kriterine ait alt kriterlerin ağırlıkları ve sıralamaları	54
Tablo 3.18 Firmaların kriterlere göre değerlendirilmesi	56
Tablo 3.19 Standart karar matrisi	56
Tablo 3.20. Ağırlıklı karar matrisi ile pozitif ideal çözüm seti ve negatif ideal çözüm seti	57
Tablo 3.21 Alternatiflerin Sıralanması.....	58
Tablo 4.1. Veri zarflama analizi girdileri ve çıktıları.....	64
Tablo 4.2. Girdi ve çıktılarına ilişkin veriler	65
Tablo 4.4. Analiz sonuçları karşılaştırma grafiği	66

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Tersane sayısı	5
Şekil 1.2. Tersane kapasiteleri (Milyon Dwt)	5
Şekil 1.3. Tersane bakım onarım miktarı (Milyon Dwt)	6
Şekil 1.4. Teslim edilen gemi ve yatlar (Bin Dwt)	6
Şekil 2.1. AHS karar hiyerarşisi	10
Şekil 2.2. Yamuk bulanık sayı	17
Şekil 2.3 Üçgen bulanık sayı	18
Şekil 2.4. M1 ve M2 arasındaki kesişim noktası	24
Şekil 2.5. Veri zarflama analizinde kullanılan iki temel model	26
Şekil 2.6. Ölçeğe göre sabit getiri modeli	27
Şekil 2.7. Ölçeğe göre değişken getiri modeli	32
Şekil 3.1. Araştırma modeli	38
Şekil 3.2. Araştırma modeli	43
Şekil 3.3. Ana kriterlerin önem dağılımı	49
Şekil 3.4. Üretim becerisi alt kriterlerinin yüzdelik dağılım grafiği	51
Şekil 3.5. Kurumsal itibar ve deneyim ana kriterine ait alt kriterleri önem dağılımı	53
Şekil 3.6. Finansal ve ekonomik göstergeler ana kriterine ait alt kriterleri önem dağılımı	54
Şekil 3.7. Tüm ana kriterlere ait alt kriterlerin önem dercesine göre ağırlık dağılımı	55
Şekil 4.1. Veri zarflama analizi araştırma modeli	61

TERSANELERDE ALT İŞVEREN SEÇİMİ VE ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ

ÖZET

Tersaneler, gemi yapımı, bakımı ve onarımı gibi faaliyetlerin gerçekleştirildiği bulundukları ülkelerde stratejik öneme sahip endüstriyel işletmelerdir. Bu işletmeler, genellikle büyük ölçekli projeler üzerinde çalıştıkları için iş gücü ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla alt işverenlerden (taşeronlardan) hizmet alırlar. Alt işverenin seçiminde değerlendirme kriterlerinin doğru olarak belirlenmesi ve doğru alt işverenin seçimi tersaneler için büyük öneme sahiptir. Yapılan çalışmamızın ilk bölümünde daha önce yapılmış olan çalışmalardan da faydalanılarak alt işveren seçimi için ana ve alt kriterler oluşturulmuştur. Bu kriterlerden faydalanılarak hazırlanan anket formlarının Yalova Altınova bölgesindeki tersanelerde çalışan uzmanlar tarafından değerlendirilmesi sağlanmıştır. Değerlendirme sonucu elde edilen veriler “Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci Tabanlı Yaklaşım” kullanılarak analize tabi tutulmuştur. Analiz sonucunda alt işveren seçiminde kriterlerin önem dereceleri belirlenmiştir. Son olarak elde edilen kriter önem derecelerinden faydalanılarak TOPSİS yöntemi kullanılarak bölgede faaliyet gösteren bir tersaneye ait alt işveren seçimine ilişkin uygulama yapılmış ve tersane için hangi alt işverenin uygun olacağı belirlenmiştir.

Çalışmamızın ikinci kısmında ise veri zarflama analizi yöntemi ile Türkiye’de bulunan tersanelere ait son yedi yılın istatistiki verilerinden faydalanılarak tersanelerin yıllara göre etkinlik değişimleri ölçülmeye çalışılmıştır. Analiz sonucunda 2023 yılının en etkin yıl olduğu, 2020 yılının ise etkinliğin en düşük gözlemlendiği yıl olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bulanık analitik hiyerarşi süreci, Veri zarflama analizi, Alt işveren seçimi, Tersaneler, Etkinlik

SUBCONTRACTOR SELECTION AND EFFICIENCY MEASUREMENT IN SHIPYARDS

ABSTRACT

Shipyards are industrial enterprises of strategic importance in the countries where they operate, engaging in activities such as shipbuilding, maintenance, and repair. Due to the large-scale nature of their projects, shipyards frequently rely on subcontractors to meet their labor demands. The accurate determination of evaluation criteria and the selection of the right subcontractor are crucial for shipyards. In the first part of this study, main and sub-criteria for subcontractor selection were established, benefiting from previous studies on the subject. Questionnaire forms based on these criteria were evaluated by experts working in shipyards located in the Altınova region of Yalova. The data obtained from these evaluations were analyzed using the "Fuzzy Analytical Hierarchy Process (AHP)-Based Approach." The analysis determined the importance weights of the criteria for subcontractor selection. Subsequently, the TOPSIS method was employed to apply these criteria to the subcontractor selection process for a specific shipyard in the region, ultimately identifying the most suitable subcontractor for the shipyard.

In the second part of the study, the Data Envelopment Analysis (DEA) method was utilized to measure the efficiency changes of Turkish shipyards over the past seven years using statistical data. The analysis revealed that 2023 was the most efficient year, while 2020 recorded the lowest efficiency levels. This research provides a systematic approach to subcontractor selection, a critical strategic decision for shipyards, and offers insights into the efficiency dynamics of the industry, enabling shipyards to enhance their operational performance.

Keywords: Fuzzy analytic hierarchy process, Data envelopment analysis, Subcontractor selection, Shipyards, Efficiency

GİRİŞ

Dünya ticaretindeki yüklerin hacim olarak % 84'ü değer olarak yaklaşık %70'i deniz yolu ile taşınmakta. Deniz yolu taşımacılığı; büyük miktarda hammaddenin tek seferde taşınabilmesi ve yüklerin güvenli ulaştırılması, hava yoluna göre 14, karayoluna göre 7, demiryoluna göre 3,5 kat daha ucuz olmasından dolayı tercih sebebi olmaktadır (Ece, 2006). Eşya taşımacılığında dünya ticareti için geçmişten günümüze kadar önemi devam eden deniz taşımacılığının en önemli bileşeni ise gemilerdir. Gemiler dünya ticaretinde ve teknolojiye de değişimle birlikte son yüz yılda büyük tonajlı yükleri taşıyacak hacimlere ulaşırken aynı zamanda teknoloji açısından da donatımları sürekli iyileştirilmektedir.

Gemilerin deniz yolu eşya taşımacılığında önemli bir görev üstlenmesinin yanı sıra denizcilikte birçok farklı alanda kullanıldığı da gözükmektedir. Limanlarda hizmet veren tekneler, turizm amaçlı kullanılan yatlar, petrol çıkarma maksadıyla kullanılan sondaj gemileri örnek olarak verilebilir. Birçok tip ve büyüklükte olan bu gemilerin başlangıç noktası ise tersanelerdir. Tersaneler yeni gemi inşası ve aynı zamanda eski gemilere bakım onarım faaliyetlerinin yapıldığı deniz kıyısındaki yapılardır (Sukarno ve diğ., 2019).

Geçmişten günümüze tersaneler gerek gemi inşa şekli ve gerekse kullanılan teknoloji açısından birçok değişime uğramıştır. Dünya ticareti için önemli bir yere sahip olan gemilerin en kısa zamanda, tahsis edildiği gayeye uygun olarak, müşteri beklentilerini karşılayacak şekilde inşa edilmesi bu değişimlerle amaçlanmaktadır.

Tersaneler aynı zamanda inşa etmiş oldukları yeni gemiler ve yapmış oldukları bakım onarımla ile bulundukları ülkelere büyük miktarda döviz girdileri sağlayan işletmelerdir. Bu sebeple tersaneler yapmış oldukları ihracat ile ülke ekonomilerinde önemli bir yere sahiptirler.

Tersanelerin ülke ekonomisine ve işletmesine önemli derecede katkı sağlayabilmesi, üreteceği yeni gemilere ve yapacağı bakım onarım faaliyetlerine bağlıdır. Bu durum ülke içerisinde ve uluslararası alanda tersaneler arası rekabetin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Bu rekabet dolayısı ile tersaneler mevcut tesislerini en etkin şekilde kullanarak en yüksek geliri hedeflemektedirler. Tersanelerin rakiplerine göre etkin kullanmadığı tüm tesis ve bileşenleri tersane açısından döviz kaybına neden olduğu gibi ülke ekonomisi açısından da ihracat kayıplarına sebep olabilmektedir. Bu nedenle tersanelerin durumlarını gözden geçirerek mevcut girdiler ile en yüksek çıktıya ulaşmaları beklenmektedir.

Tersanelerin ülke ekonomisine döviz girişi sağlamasının yanı sıra aynı zamanda bulundukları bölgede önemli ölçüde istihdam sağlayan işletmelerdir. Bu sebeple bölgesel gelişime de katkıda

bulunmaktadırlar. Tersanelerin sağladığı bu istihdam tersane bünyesine alınan işçilerle olabildiği gibi alt işverenler vasıtası ile de olabilmekte. Alt işverenler tersane bölgelerinde faaliyet gösteren ve yeni gemi inşa ve bakım onarım faaliyetlerinde işin belirli bir kısmını veya tersane yoğunluğuna bağlı olarak tamamını üstlenen işletmelerdir.

Tersanelerde alt işveren tarafından tamamlanan iş nihai olarak asıl işverenin sorumluluğunda olduğu için alt iş veren kaynaklı oluşabilecek sorunlarda asıl işvereni doğrudan ilgilendirecektir. Özellikle planlı iş akışlarının bir parçası olan alt işverenlerden kaynaklı sorunlar gecikmelere ve iş güvenliği problemlerine sebep olabilmektedir. Bu gibi durumlar tersane açısından maddi kayıplara sebep olduğu gibi müşteri ve iş gücü kayıplarına da sebep olabilmektedir. Alt işverenin doğru seçilmemesi rekabet açısından da tersaneyi olumsuz etkilemektedir.

Tersanelerin belirli süreli veya özel olarak tanımlanan bazı işler için dış kaynak kullanımına giderek alt işveren ile anlaşma sağladıkları gözükmemektedir. Bu anlaşmalarda tersanelerin alt işveren seçerken doğru kriterleri belirlemesi ve bu kriterler doğrultusunda işe en uygun alt işvereni seçmesi beklenmektedir. Doğru seçilen alt işveren tersanedeki iş akışlarının düzgün şekilde ilerlemesini ve teslimatların zamanında yapılmasını da sağlayacaktır. Tersanede iş güvenliği açısından da doğru seçimin pozitif etkisinin olması beklenmektedir. Bu ise hem rekabet hem de maddi açıdan tersane işletmesine katkıda bulunacaktır.

1. GEMİ İNŞA, BAKIM VE ONARIM

Gemi İnşa Sanayi, önem verildiği bütün ülkelerde (GİSBİR, 2020);

- İhracat ile döviz girdisi sağlayan,
- Yabancı sermayeyi davet eden,
- Beraberinde yan sanayi sağlayan ve geliştiren,
- Teknoloji transferini cezbeden,
- Ülke savunmasına kattığı yeni gemilerle gelen değerle stratejik önem taşıyan,
- Bakım-Onarım hizmetleriyle deniz ticaret filosunu destekleyen,
- Yan Sanayisi ile yaklaşık 1'e 7 oranında istihdam yaratan, bir ağır sanayi koludur.

Tersaneler geçmişten günümüze yeni gemi inşasının yapıldığı yerler olmakla birlikte, mevcut gemilerin bakım onarım faaliyetlerinin yürütüldüğü üretim birimleri olarak bilinmektedir. Tarihsel gemi inşa kapasitesine ilişkin son tahminler, 2012'deki zirveden bu yana toplam tersane kapasitesinde bir düşüş olduğunu ortaya koyuyor. Gemi inşa endüstrisindeki fazla kapasitenin en iyimser senaryoda en az 2024 yılına kadar ve en kötü senaryoda 2030 yılına kadar devam edeceği ön görülmekte. Fazla kapasitenin boyutu, tersanelerin kapasiteyi azaltma ve yeni sermaye yatırımlarından kaçınma istekliliği ve fizibilitesinin yanı sıra talebe göre belirlenmektedir (OECD 2021).

Gemi inşa ve bakım onarım faaliyetlerini sınıflandırmaya çalıştığımızda ilk olarak özel sektöre ait tersaneler ve kamuya ait tersaneler olarak iki ana sınıfa ayırabiliriz. Günümüzde kamuya ait tersanelerin birçoğu askeri gemilerin bakım onarım ve inşa faaliyetlerini yürütürken, özel sektöre ait tersaneler genelde ticari amaçlı kullanılan gemilerin bakım onarım ve yeni inşasını yapmaktadır. Ayrıca son dönemde büyük gelişim gösteren özel sektör tersanelerinin askeri gemiler, araştırma gemileri, hizmet gemileri gibi birçok özel alanda da yeni gemi inşa ettikleri gözlenmiştir. Diğer bir sınıflama ise yapmış oldukları üretim faaliyetleri ile ilgili yapılabilir. Özel sektör tersaneleri hem yeni inşa hem de bakım onarım faaliyetlerini yürütmektedirler. Ayrıca bu tersanelerden bir kısmı sadece bakım onarım faaliyetlerine yönelirken, bazı tersaneler ise sadece yeni gemi inşa ile ilgilenmektedirler. Yeni gemi inşa tersanelerinin inşa usulüne göre ada inşa usulü ve blok inşa usulü olarak iki şekilde yeni gemi ürettiğini söyleyebiliriz. Ada inşa usulünü klasik gemi yapım şekli olarak tanımlayabiliriz. Başta omurganın kızığa konulması ve sonrasında döşek, posta, kemereler gibi tüm yapı elamanlarının sırası ile gemiye eklenerek

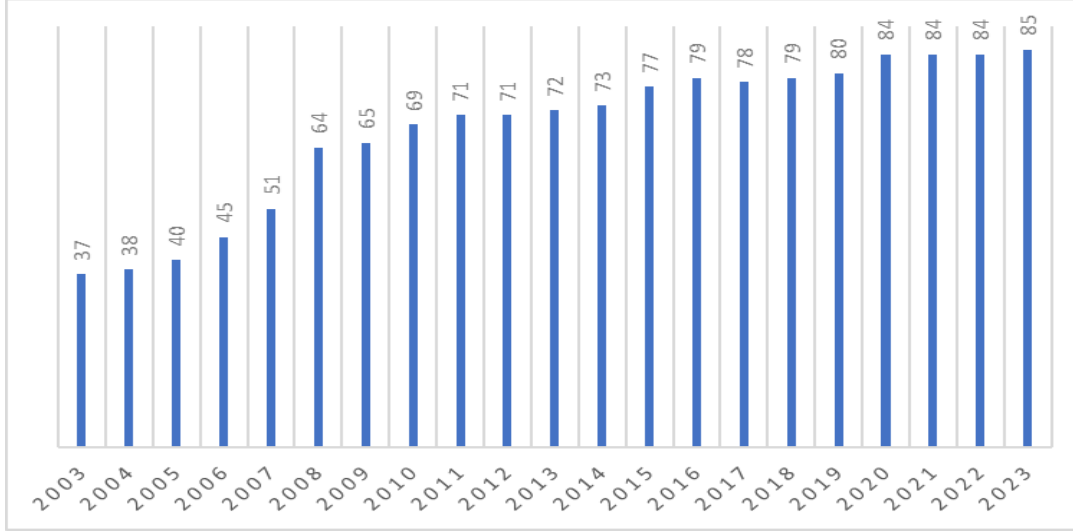
iskeletin ortaya çıkarılması, iskeletin saç ile sarılması suretiyle inşanın tamamlanması söz konusudur. Blok inşa usulünde ise birkaç bloğun farklı yerlerde hazırlanması ve sonrasında bu blokların yan yana getirilerek geminin inşası amaçlanmaktadır. Blok büyüklükleri tersane kreynlerinin kapasitesi ve sahadan kızağa nakliye kapasitesine bağlı olarak değişim göstermektedir. Son olarak tersaneler inşa ettikleri gemi tiplerinde göre de sınıflamak mümkündür. Kuru yük gemisi, konteyner gemisi, kimyasal yük gemisi, araştırma gemileri, balıkçı gemileri, yatlar gibi birçok farklı gemi inşasından birini seçerek sadece bulunduğu alanda ihtisaslaşan tersaneler bulunmaktadır.

1.1. Türkiye’de Tersanelerin Tarihsel Gelişimi

Türkiye’de tersanelerin tarihsel gelişimine bakıldığında 600 yılın üzerine bir geçmişe sahip olduğu söylenebilir. Osmanlı İmparatorluğu dönemindeki ilk tersanenin 1390 yılında Gelibolu’da kuruldu, Fatih Sultan Mehmet tarafından günümüze kadar ulaşmış olan Haliç Tersanesi taş havuzlarının temelleri atıldı. 16. yüzyılda Osmanlı İmparatorluğu’nda sınırları içinde dünyanın en büyük tersaneleri yer almaktaydı. Osmanlı İmparatorluğunun son dönemlerinde çöküşün neticesi olarak tersaneler tamamen tahrip edilmiş ve kullanılamaz duruma gelmiştir. Türkiye Cumhuriyeti’nin kurulması ile öncelikli olarak askeri tersaneler kurulmuş ve faal hale getirilmiştir. Özel sektöre ait tersanelerin gelişim süreci ise 1940 yılından sonra atılım yapmış, özellikle İstanbul Boğazı ve Haliç çevresinde yeni tersaneler kurulmaya başlamıştır. Sonrasında ise 22.09.1969 tarih ve 6/12421 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile tersaneler İstanbul Boğazı ve Haliç’te kurulu yerlerinden çıkartılarak Tuzla Aydınli koyuna yerleşimleri sağlanmıştır. Başlangıçta ahşap tekne imalatı yapan tersaneler gelişen teknoloji birlikte saç tekne imalatında başlamışlardır. Başlangıçta Türk Deniz Ticaret Filosunun ihtiyaçlarını karşılamak amacı ile faaliyete başlayan tersaneler günümüzde tüm dünya ülkelerine yeni gemi inşa ve bakım onarım alanında üretim yaparak ülke ekonomisine büyük katkı sağlamaktadırlar (GİSBİR, 2011).

1.2. Türkiye’de Tersanelerin Genel Durumu

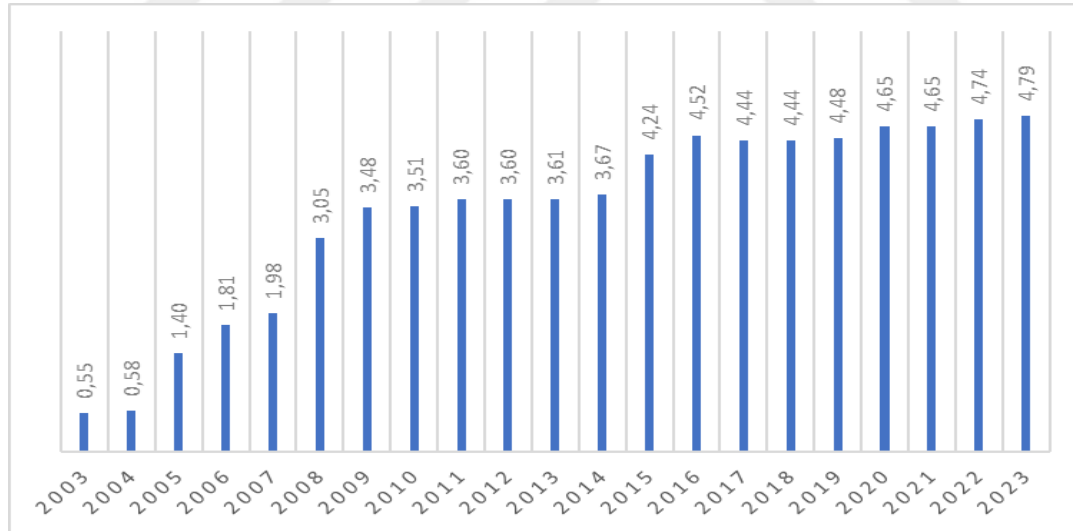
Ülkemizde özel sektöre gemi, yat inşa ve bakım-onarım faaliyeti gerçekleştiren 84 adet faal tersane bulunmaktadır. 28 adedi İstanbul Tuzla Tersaneler Bölgesi’nde, 30 adedi Yalova, 9 adedi Zonguldak, 5 adedi Körfez/Kocaeli, 3 adedi Çanakkale, 3 adedi Trabzon, 1 adet Samsun, 2 adet Kastamonu, 1 adet Adana, 1 adet Ordu, 1 adet Hatay’da konuşlanmış durumdadır (GİSBİR, 2020). Şekil 1.1’de yıllara göre tersane sayılarına baktığımızda 2003 yılında 37 olan tersane sayısı 2023 yılında 85 adete çıkmıştır ve %129,7 artış göstermiştir.



Kaynak: <https://tkygmistatistikleri.uab.gov.tr/tersane-sayisi>

Şekil 1.1. Tersane sayısı

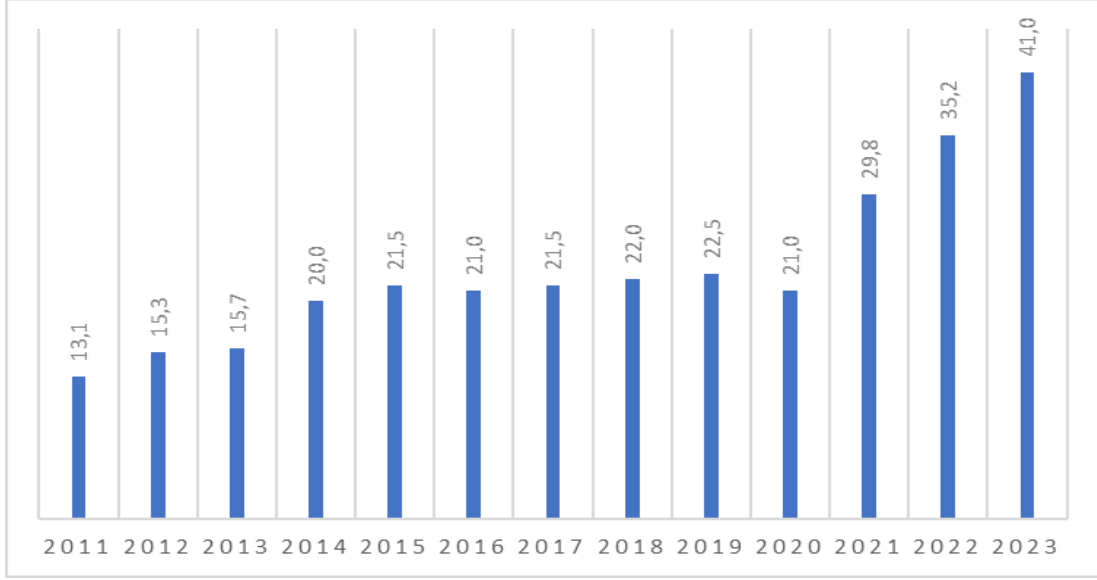
Tersanelerin bakım onarım ve yeni inşa süreçlerinde uluslararası pazardan pay alabilmeleri için önemli bir etkende tersane kapasitesidir. Şekil 1.2’de Türkiye’de 2003 yılından itibaren tersane kapasite artışlar verilmiştir. Grafiğe bakacak olursak 2003 yılında 0,55 milyon DWT olan tersane kapasitemiz, %771 artışla 2023 yılında 4,79 milyon DWT’e yükseldiği gözükmemektedir.



Kaynak: <https://tkygmistatistikleri.uab.gov.tr/tersane-kapasitesi>

Şekil 1.2. Tersane kapasiteleri (Milyon Dwt)

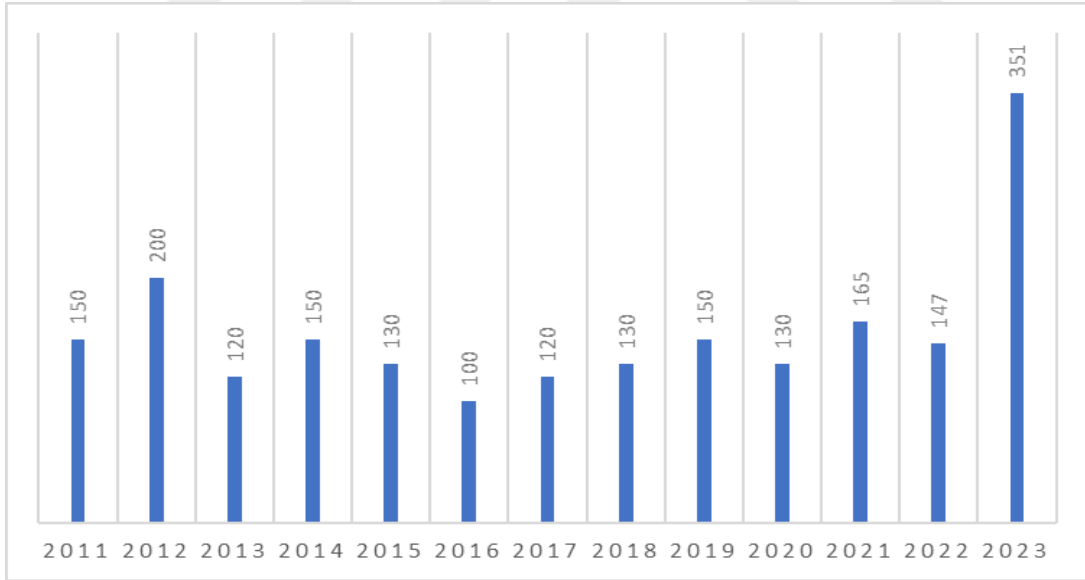
Tersanelere ilişkin diğer bir veri ise bakım onarım miktarıdır. Türkiye’de 2003 yılından itibaren bakım onarıma ilişkin tonaj değişimleri Şekil 1.3’te verilmiştir. Bu tonaj değişimlerine göre 2011 yılında 13,1 milyon DWT iken, %213 artışla 2023 yılında 41 milyon DWT’e yükselmiştir.



Kaynak: <https://tkygmistatistikleri.uab.gov.tr/tersanelerimizdeki-bakim-onarim-miktari>

Şekil 1.3. Tersane bakım onarım miktarı (Milyon Dwt)

Tersanelerimizde yeni inşa edilen gemilerin toplam tonajı Şekil 1.4'te görüldüğü gibi 2011 yılında 150 bin ton ile zirve yaptıktan sonra dalgalı bir seyir izleyerek 2023 yılında %134 artışla 351 bin DWT seviyesine yükselmiştir.



Kaynak: <https://tkygmistatistikleri.uab.gov.tr/tersanelerimizdeki-insa-edilen-gemi-ve-yatlar>

Şekil 1.4. Teslim edilen gemi ve yatlar (Bin Dwt)

2. ARAŞTIRMA YÖNTEMLERİ

2.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

İmalatta karar analizi, birden çok amaç, alternatif ve kriterle karakterize edilen birçok sorunu çözmeye yardımcı olan önemli bir araçtır (Chakraborty, 2010). Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri ekonomi, imalat, malzeme seçimi, askeri, inşaat ve benzeri alanlarda birçok problemin çözümünde faydalı bir araçtır. Özellikle yatırım kararları, proje değerlendirmesi, ekonomik durum değerlendirmesi, personel değerlendirmesi yapılması gerektiğinde doğru kararlar alınmasında önemli rol oynar. Çok Nitelikli Karar Verme, karar vericinin değerlerine ve tercihlerine dayalı olarak alternatifleri belirleme ve seçme çalışmasıdır. Karar vermek, dikkate alınması gereken alternatif seçenekler olduğu anlamına gelir ve böyle bir durumda, yalnızca bu alternatiflerden mümkün olduğu kadar fazlasını belirlemeyeceğimizden dolayı amaçlarımıza, hedeflerimize, arzularımıza, değerlerimize en uygun olanı seçeceğiz açıktır (Gavade, 2014).

Çok kriterli karar verme, çok kriterli olarak değerlendirilen alternatiflere değer atama sürecini ifade eder. Çok kriterli karar verme, çok nitelikli karar verme ve çok amaçlı karar verme olmak üzere iki geniş sınıfa ayrılabilir. Problem, sonlu bir uygulanabilir alternatifler setini değerlendirmek ve bir dizi özellik puanlarına dayalı olarak en iyisini seçmekse, bu çok nitelikli bir karar verme problemidir (Phua ve Minowa, 2005). Çok amaçlı karar verme, birbiriyle çelişen bir dizi amaca dayalı olarak en iyi alternatifin seçimi ile ilgilenir (Massam, 1988). Hem çok özellikli karar verme hem de çok amaçlı karar verme problemleri, tek karar verici problemleri veya grup karar problemleri olabilir (Phua ve Minowa, 2005).

Genel olarak, çok kriterli karar verme problemleri; uzman tercihleri, çalışmanın amacı, problem için mevcut alternatifler, mevcut kriterler ve çalışmanın sonuçları başlıkları altında beş temel bileşenden oluşur (Pohekar ve Ramachandran 2004).

Çok kriterli karar verme problemleri modelleri, en tatmin edici alternatiflerin belirlenmesini veya alternatiflerin amaçlarının alaka düzeyine göre sıralanmasını amaçlar. Bu yöntem, sınırlı sayıda mevcut alternatif arasından seçim yapmayı içeren problemleri çözmek için kullanılır. Hem öznitelikler arası hem de öznitelikler arası karşılaştırma gereksinimi ile seçime ulaşmak için öznitelik bilgilerinin nasıl işleneceğini belirtir (Torfi, Farahani, and Rezapour 2010).

Günümüzde uzmanlar, çeşitli alternatifler arasından üstün olanı seçmeye karar vermek için birçok ampirik ve bilimsel yöntem kullanmaktadır. Kullanılan yöntemler belirli alanlarda etkili olurken tüm alanlar için benzer etkide olacağı söylenemez. Bununla birlikte karar verme

problemlerinin çözümünde bilimsel yöntemlerin kullanılması en iyi sonuçları verecektir. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV), birçok uzman tarafından kullanılan en önemli bilimsel yöntemlerden biri olarak kabul edilmektedir.

Çok kriterli karar verme yöntemlerinde kullanılan birçok model vardır. Bu modellerde araştırmanın yapıldığı alana göre etkinlikleri değişmektedir. Bu modellere MOORA, COPRAS, WASPAS, SWARA, SMART, REGIME, ORESTE, VIKOR, PROMETHEE, ELECTRE, EDAS, PAMSSEM, TOPSİS, AHS, FUZZY AHS örnek olarak verilebilir.

Gerçek zamanlı bir üretim ortamında, değişen ilgi ve değerlere sahip farklı karar vericiler, karar verme sürecini çok daha zorlaştırır. Bir karar verme probleminde, hedefler ve sonuçları her karar alternatifi için ölçülebilir olmalıdır. Nesnel sonuçlar, seçimlerin karşılaştırılmasına temel oluşturur ve sonuç olarak en iyi alternatifin seçimini kolaylaştırır. Bu nedenle, çok amaçlı optimizasyon teknikleri, birden çok, genellikle birbiriyle çelişen niteliklere dayalı bir dizi mevcut seçenek arasından bir veya daha fazla alternatifi sıralamak veya seçmek için uygun bir araç gibi görünmektedir. İlk olarak Brauers tarafından tanıtılan MOORA yöntemi, üretim ortamındaki çeşitli karmaşık karar verme problemlerini çözmek için başarıyla uygulanabilen çok amaçlı bir optimizasyon tekniğidir (Chakraborty, 2011).

Zavadskas ve Kaklauskas tarafından 1996 yılında geliştirilen “Karmaşık Orantılı Değerlendirme” veya COPRAS yöntemi, bir alternatifi diğerine üstünlüğünü değerlendirmek ve alternatifleri karşılaştırmak için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, birden fazla kriterin dikkate alınması gereken durumlarda en üst ve en alt düzeyde kriterlerin değerlendirmesinde uygulanabilir. COPRAS yöntemi, alternatifleri önem ve fayda derecelerine göre adım adım sıralar ve değerlendirir. COPRAS, inşaat sektörü, yatırım projeleri, prototip sistem seçimi, tedarikçi seçimi, malzeme seçimi problemi gibi konularda karar verme analizlerinde kullanılabilir (Hezer ve diğ., 2021)

Bu yöntem, sonuçların niteliğine etkisi ayrı ayrı düşünülmüş en üst ve en alt indeks değerlerinin maksimize edilmesi ve minimize edilmesinin değerlendirilmesinde kullanılır ve öznelitliklerin indekslerinin maksimize edilmesi ve minimize edilmesinin sonuç değerlendirmesine etkisi ayrı ayrı ele alınır. COPRAS yöntemi, risk değerlendirmesi, yatırım projesi seçimi ve malzeme seçimi gibi bazı alanlarda uygulanmaktadır (Alinezhad ve Javad, 2019).

VIKOR, Sırp dilinde VIseKriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje 'nin kısaltmasıdır ve Serafim Opricovic tarafından uzlaşmış sıralama yöntemi olarak adlandırılmıştır. VIKOR, sonlu sayıda alternatif eylemlerin kriterler arasında sıralanması ve seçilmesi için bir sıralama

yöntemidir. Ölçülemeyen ve çelişen kriterlerle ayırık birçok kriterli problemi çözer (Opricovic ve Tzeng, 2003). Genel olarak teknik, alternatiflerin sıralanmasına ve bir dizi çelişkili kriterle sahip olan problemde alternatifin seçilmesine odaklanır ve sonuçta uzlaşmacı bir çözüm sağlayarak karar vericinin nihai çözüme ulaşmasına katkıda bulunur. Lojistik sektöründe dış kaynak kullanımı, tedarikçi seçimi, hastane yer seçimi gibi birçok çalışmada kullanılmıştır.

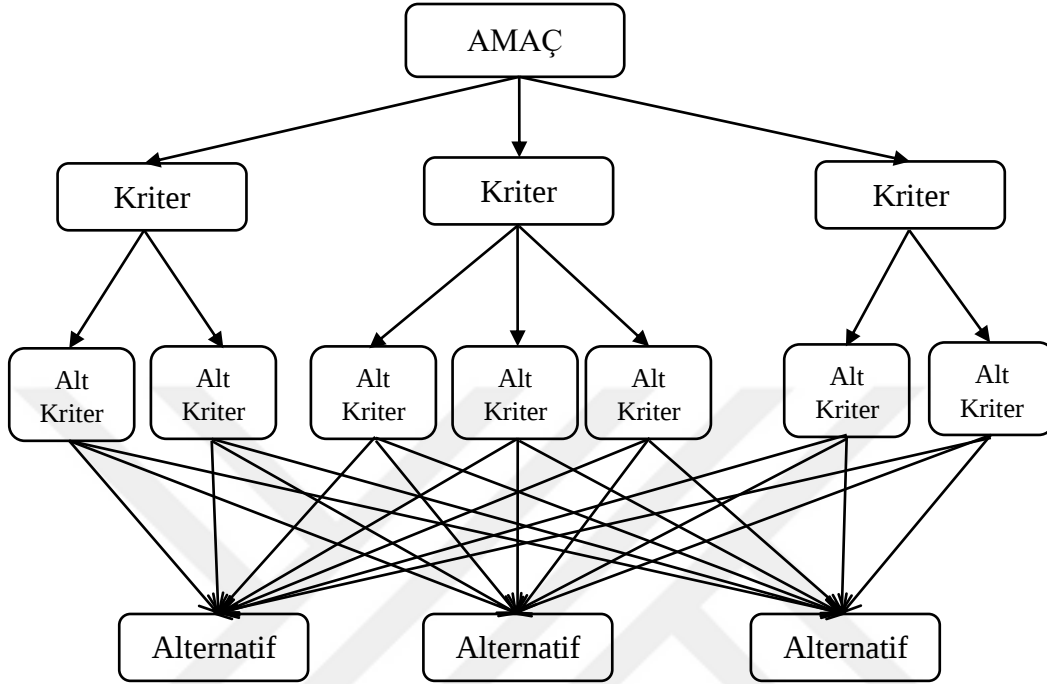
PROMETHEE, Brans tarafından 1982’de değerlendirme probleminin çözümü için geliştirilmiş çok kriterli karar verme yöntemlerinden bir tanesidir. Adından da anlaşılacağı gibi, bu tekniğin sağlayıcıları, karar verme değerlendirmesini iyileştirmek için temel bir çözüm bulmaya çalışmışlardır. Bu nedenle etkili bir yöntem olarak kabul edilmektedir. PROMETHEE yöntemi, alternatiflerin kısmi sıralaması için PROMETHEE I, tam sıralama için PROMETHEE II, aralığa dayalı sıralama için PROMETHEE III içerir (Alinezhad ve Javad, 2019). PROMETHEE I yöntemi yalnızca elde edilen çıktı ve girdi akışlarını inceler ve alternatifleri kısmen sıralar. Ancak PROMETHEE II yönteminde nihai değerlerin belirlenmesi ve alternatiflerin tam sıralanması sonucu net akış belirlenir. PROMETHEE III yönteminde son sıralama aralıklarına göre gerçekleştirilir.

2.1.1. Analitik hiyerarşi süreci (AHS)

AHS yöntemi Saaty tarafından 1980 yılında geliştirilmiştir. En yaygın kullanılan çok kriterli karar verme yaklaşımlarından biri olan AHS, kriter seçimine, kriter önem analizine ve alternatif değerlendirmeye yardımcı olabilir. En iyi karar, bir kararın nitel ve nicel yönleri dahil edildiğinde verilebilir (Saaty 1990). AHS, bir karar sürecinde niteliksel ve niceliksel değerlendirmelerin sentezinin etkinliğini artırmak için ikili karşılaştırma kavramını kullanır. Farklı alternatifler ve alternatifleri değerlendirmek için kriterler içerir. Yaklaşım, karar vericilerin tüm alternatifler üzerinde aynı anda değil, aynı anda iki alternatifi karşılaştırarak görüşlerini ifade etmelerine olanak tanır. Karmaşık konularda karar verme sürecini basitleştirir ve hızlandırır. AHS'nin görünürlük ve kolaylık özellikleri, farklı endüstrilerdeki popüleritesine katkıda bulunur (Vaidya ve Kumar, 2006). AHS, sayısal olarak belirlenmesi zor olan karar kriterlerinin karşılaştırılmasını içeren karmaşık kararlar için özellikle uygundur. AHS, karmaşık bir kararla uğraşırken yapılan görüşmelerle elde edilen kriter karşılaştırmalarını ortak özelliklerine göre kümeleme yapmaktadır.

AHS, karmaşık problemleri sistemleştirmek ve faktörleri çeşitli yönlerden farklı seviyelere çözmek için kullanılır. Karar vericilere uygun planların seçiminde yardımcı olmak için miktar belirtme süreci aracılığıyla kapsamlı bir analiz gerçekleştirilir (Shiau ve diğ., 2003)

AHS üç adımdan oluşur. İlk adımda hiyerarşinin ilk seviyesi karar hedefini içerirken, sonraki alt seviyeler karar kriterlerinin, alt kriterlerin ve karar hedefine ulaşmak için alternatiflerin kademeli dökümünü temsil eder. Bu adımda oluşturulan karar hiyerarşisi aşağıdaki gibidir.



Şekil 2.1. AHS karar hiyerarşisi

İkinci adımda öğelerin birbirinden bağımsız olduğu varsayılarak hiyerarşinin her seviyesindeki öğelerin alanında uzmanlar tarafından ikili karşılaştırmaları istenir. Saaty tarafından geliştirilmiş ikili karşılaştırma ölçeği aşağıdaki gibidir.

Tablo 2.1 AHS ikili karşılaştırma ölçeği

Önem Derecesi	Tanımlama	Açıklama
1	Eşit Önemli	İki kriter arasında üstünlük durumunun olmamasını ifade eder.
3	Biraz Daha Fazla Önemli	Tecrübe ve değerlendirme sonucunda bir kriter diğerine göre daha fazla tercih edilir
5	Kuvvetli Şekilde Önemli	Tecrübe ve değerlendirme sonucunda bir kriter diğerine göre kuvvetli şekilde tercih edilir.
7	Çok Kuvvetli Derecede Önemli	Bir kriterin diğer kriterlere göre güçlü şekilde tercih edilmesi ve baskınlığının çok net görülmesi.
9	Tamamıyla Önemli	Bir kriterin diğerine tercih edilebilmesi için kanıtlar çok güçlü güvenilirliğe sahiptir.
2,4,6,8	Ortalama değer	Değerleri uzaklaştırmak için kullanılan ara değerler

Kaynak: Saaty, 1996

Bu bağlamda ve karar hedefi dikkate alınarak, hiyerarşinin ikinci seviyesinde yer alan her kriterin ikili göreceli önemleri arasında karşılaştırmalar yapılır. Yapılan ikili karşılaştırma aşağıdaki gibi ikili karşılaştırma matrisinin oluşturulmasını sağlar.

Tablo 2.2. AHS İkili karşılaştırma matrisi.

	A1	A2	...	...	An
A1	1	a12	...	...	a1n
A2	1/a12	1	...	...	a2n
.	.	.	...	...	
An	1/a1n	1/a2n	...	...	1

Oluşturulan matriste değerler hesaplanırken aşağıda yer alan formül kullanılır.

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}} \quad (2.1)$$

Aynı kriterlerin birbirlerine göre üstünlüğü bulunmadığından hesaplanan sonuç “1” değerini alır. Bir sonraki işlemde normalize edilmiş matris hesaplaması yapılır.

$$B_i = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ \vdots \\ \vdots \\ b_{n1} \end{bmatrix}_{n \times 1} \quad (2.2)$$

Bu matrisin oluşturulmasında kullanılan denklem ise aşağıdaki şekilde formüle edilmiştir.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (2.3)$$

İkinci adımda son olarak vektör ağırlığının ve kriter ağırlıklarının hesaplaması için aşağıdaki gibi kriter sayısı kadar B sütun vektörü oluşturulur.

$$C = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \cdot & \cdot & \cdot & b_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ b_{n1} & b_{n2} & \cdot & \cdot & \cdot & b_{nn} \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

Öz vektör kriter ağırlıklarının hesaplanması için Formül (2.5) kullanılır.

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n} \quad (2.5)$$

Formül incelendiğinde öz vektör satır toplamlarının kriter toplamlarına bölünmesi ile öz vektör W_i bulunmaktadır. Böylelikle öz vektör ile kriterlerin önem ağırlıklarına ulaşılmış oluruz.

Üçüncü adımda tutarlılığın doğrulaması yapılır. Herhangi bir alternatifin belirlemesi amacı ile bir kriterin göreceli önemine ve karar hedefine ulaşmak için uzman yargıları gereklidir. AHS, karar vericiler tarafından sübjektif yargılara izin verdiği için, yargıların tutarlılığı otomatik olarak garanti edilmez. Bu nedenle, optimize edilmiş sonucun sağlanması için tutarlılık doğrulaması şarttır. Saaty (2000), ikili karşılaştırmaların tutarlılığını kontrol etmek için bir tutarlılık oranı hesaplaması yapılması gerektiğinden bahsetmiştir. Önem ağırlıklarına ulaştıktan sonra değerlerin test edilebilmesi için karar vericinin tutarlılık oranının bilinmesi gerekmektedir. Tutarlılık oranını aşağıdaki denklemi kullanarak hesaplarız.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2.6)$$

Formülde CR tutarlılık oranını, CI tutarlılık indeksini, RI ise Rassal indeksi ifade etmektedir. Denklemden CI değerini hesaplayabilmek için ikili karşılaştırma matrisi kullanarak öncelik vektörünün çarpılması ile D matrisinin aşağıdaki gibi oluşturulması gerekmektedir.

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & . & . & . & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & . & . & . & a_{2n} \\ . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . \\ a_{n1} & a_{n2} & . & . & . & a_{nn} \end{bmatrix} X \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ . \\ . \\ . \\ W_n \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

Matris oluşturulduktan sonra temel değer (E) Denklem aşağıdaki formülle bulunur.

$$E_i = \frac{d_i}{W_i} \quad (2.8)$$

$$(i = 1, 2, \dots, n)$$

Daha sonra en büyük temel değer (λ) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (2.9)$$

$$(i = 1, 2, \dots, n)$$

Son olarak bulunan (λ) değeri kullanılarak aşağıdaki formül yardımıyla CI değeri hesaplanır.

$$CI = \frac{\lambda_{max}}{n - 1} \quad (2.10)$$

CI tutarlılık indeksini hesaplandıktan sonra tutarlılık oranının hesaplanabilmesi için Rassal indekste bilinmesi gerekmektedir. Bu indeks Saaty tarafından aşağıdaki gibi oluşturulmuştur (Saaty, 1987).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0,0 0	0,0 0	0,5 8	0,9 0	1,1 2	1,2 4	1,3 2	1,4 1	1,4 5	1,4 9	1,5 1	1,4 8	1,5 6	1,5 7	1,5 8

Bu aşamada, hesaplanan tutarlılık oranı 0,1 eşliğini aşarsa, karar vericilerin ilk kararlarını gözden geçirmeleri gerekir (Saaty 2000). Gerekli tüm ikili karşılaştırmalar ve revizyonlar yapıldıktan ve tutarlılık oranının da 0,1'den küçük olduğu bulunduktan sonra, karar kriterlerine karşılık gelen alt kriterlerle birlikte öncelik vermek için yargılar sentezlenebilir (Darko ve diğ., 2019).

2.1.2. TOPSİS yöntemi

TOPSIS algoritması, ideal çözümü simüle ederek seçenekleri önceliklendirmek için kullanılan iyi bir karar verme yöntemidir. Bu model en iyi çok göstergeli karar verme modellerinden biridir ve yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemde m seçenek n gösterge ile değerlendirilir. Bu tekniğin temeli, seçilen seçeneğin pozitif ideal çözümle (mümkün olan en iyi durum) en küçük mesafeye ve negatif ideal çözümle (mümkün olan en kötü durum) en büyük mesafeye sahip olması gerektiği kavramına dayanmaktadır. Bu yöntemin bir diğer avantajı da karar vermeye yönelik nicel ve nitel göstergelerin birleşimidir (Sriram ve diğ., 2022). Alternatifler, ideal çözümlerden uzaklıklarına göre hesaplanan genel bir indeks kullanılarak sıralanır.

Bu karar verme mantığının bir diğer bariz avantajı da maliyet ve kar göstergelerine dayalı tüm göstergeleri ayırt etmesi ve önemsemesidir. Algoritma, karar matrisindeki her bir indeks ve kriterin eşit şekilde artan veya azalan bir faydaya sahip olduğunu varsayar. Başka bir deyişle, bu matriste kriterlerin elde ettiği sayı, eğer yüksek bir değere sahipse ve fayda tipinde ise arzu edilebilirlik o kadar yüksek, tersi durumda ise arzu edilirlilik o kadar düşüktür (Velasquez ve Hester, 2013). Bu modelde matematiksel hesaplamaların yapılabilmesi için kriterlere atfedilen

tüm değerlerin nicel olması, kriterlere atfedilen değerlerin nitel olması durumunda ise nicel değerlere dönüştürülmesi gerekmektedir.

Tablo 2.3. Nitel Kriterleri Nicel Kriterlere Dönüştürme

Nitel kriterler	Çok az	Az	Orta	Çok	Çok Fazla
Nicel kriterler	1	3	5	7	9

TOPSIS yöntemi, aşağıda gösterilen adımlarla açıklanabilir:

Birinci adım: Sıralama için karar verici tarafından bir karar matrisinin oluşturulması gerekmektedir. Matrisin yapısı şu şekilde ifade edilebilir:

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.11)$$

Karar matrisinin satırlarında değerlendirilmek ve seçim yapmak istenen alternatifler, sütunlarında ise karar vermek için kullanılacak olan değerlendirme kriterleri yer almaktadır.

İkinci adım: Normalleştirilmiş karar matrisinin hesaplanması. Bu işleme standart karar matrisinin oluşturulması da denilebilir ve hesaplama işlemi aşağıdaki formülle yapılmaktadır.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (2.12)$$

Bulunan sonuçlar ile normalleştirilmiş karar matrisi bir sonraki formüldeki gibi oluşturulur.

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.13)$$

Üçüncü adım: Normalleştirilmiş karar matrisinin ilişkili ağırlıkları bulunur ve normalleştirilmiş karar matrisi ilişkili ağırlıklarıyla çarpılarak ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisini hesaplanır.

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (2.14)$$

Ağırlıklar hesaplanırken yukarıdaki formül dikkate alınır. Normalleştirilmiş karar matrisi ilişkili ağırlığı ile çarpılarak Denklem 2.15'te gösterilen ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi oluşturulur.

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & \dots & w_n r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \dots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.15)$$

Dördüncü adım: Pozitif ve negatif ideal çözümlerin oluşturulabilmesi için adım üçte yer alan ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisinde yer alan her sütundaki en büyük ve en küçük değerler seçilerek A^- negatif ideal uzaklık ile A^+ pozitif ideal uzaklık olarak aşağıdaki eşitliklerde gibi kümelenmektedir.

$$A^- = \{(min_i v_{ij} | j \in J), (max_i v_{ij} | j \in J')\} \quad (2.16)$$

$$A^+ = \{(max_i v_{ij} | j \in J), (min_i v_{ij} | j \in J')\} \quad (2.17)$$

Beşinci adım: Bu adımda maksimum ideal noktalara olan uzaklık değerleri ile minimum ideal noktalara olan uzaklık değerlerinin hesaplaması yapılmaktadır ve bunlar sırası ile S_i^+ , S_i^- değerleri ile ifade edilmektedir. Diğer bir ifade ile ulaşılan ideal pozitif ayırım S_i^+ , ideal negatif ayırım S_i^- aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanmaktadır.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (2.18)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (2.19)$$

Altıncı adım: Değeri her zaman 0 ile 1 arasında olan göreceli yakınlık katsayısı (C_i^*) aşağıdaki gibi hesaplanmıştır. Alternatifin göreceli yakınlık katsayısı şu şekilde ifade edilebilir:

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad (2.20)$$

Burada $0 \leq C_i^* \leq 1$, ($i=1,2, \dots, M$).

Yedinci adım: Alternatiflerin sıralaması elde edilir.

2.2. Bulanık Kavramı

1992'de Chen ve Hwang, önceki çok kriterli karar verme yöntemlerindeki bazı hatalı hesaplamaları azaltmak için kullanımı ve anlaşılması kolay bir yaklaşım önerdiler. Yaklaşım iki adımdan oluşmakta. Birinci adımda bulanık verileri kesin sayılara dönüştürmek ve ikinci adımda anlaşılabilir ve kolay metotlar geliştirmek. Ayrıca yapılan çalışmada bulanık karar verme yöntemleri ile bulanık sıralama yöntemleri arasında ayırım yapılmıştır.

Bulanık mantığa göre faktörler ve kriterler kesin sınırlamalar olmaksızın sınıflandırılabilir. Bulanık mantık, belirsizlik ve kesin olmayan gerçek hayat problemlerinin tanımlanması ve çözülmesi için kullanışlı bir tekniktir. Bulanık mantık “evet” ya da “hayır”, “doğru” ya da “yanlış” gibi klasik değişkenler yerine “orta”, “yüksek”, “düşük” gibi ortalama değerleri kullanan çok değişkenli bir teoridir.

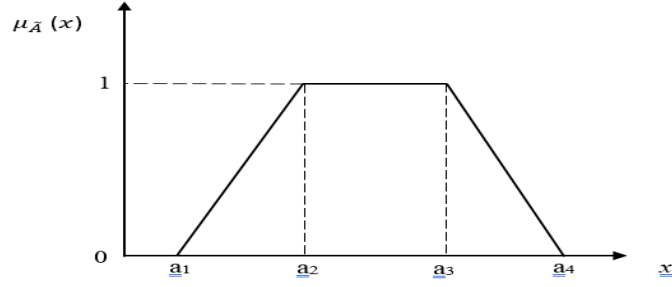
2.2.1. Bulanık kümeler

Bulanık küme teorisi, tamamen doğru ile tamamen yanlış arasında değişen kısmi doğruluk değerleri kavramıyla ilgilenmek için geliştirilmiştir. Bulanık küme teorisi, Zadeh (1965) tarafından belirsiz problemlerle başa çıkmak ve kesin olmayan verileri karar çerçevesine dahil etmek için tanıtıldı. Bulanık küme kavramı, birçok açıdan sıradan kümeler durumunda kullanılan çerçeveye paralel olan ancak daha genel olan kavramsal bir çerçevenin oluşturulması için uygun bir hareket noktası sağlar (Zadeh, 1965).

Klasik kümelerde üye olma durumu 1 sayısı ile gösterilirken üye olmama durumu 0 olarak ifade edilmekteydi (Öztürk, 2018). (A) bulanık kümesi, E evrensel kümesinden $[0,1]$ kapalı aralığında $\mu_{(A)}:E \rightarrow [0,1]$ üyelik fonksiyonu olarak bulanık kümelerde tanımlanmaktadır.

2.2.2. Bulanık sayılar

Literatürde bakıldığında yamuk ve üçgen bulanık sayıların bulanık kümelerde en fazla kullanıldığı gözükmemektedir (Peker ve Nasibov, 2019; Toptancı ve Patur, 2021). Yamuk bulanık sayıların üyelik fonksiyonuna bakıldığında $\mu_{(x)}$ fonksiyonu “x” değerinin bulanık sayı yüzdesini göstermek için tanımlanmaktadır. Yamuk üyelik fonksiyonunun parametreleri ile tanımlanır. Yamuk bulanık sayı grafiği Şekil 2.2'deki gibi oluşturulmuştur.



Kaynak: Chen ve diğ., 2006

Şekil 2.2. Yamuk bulanık sayı

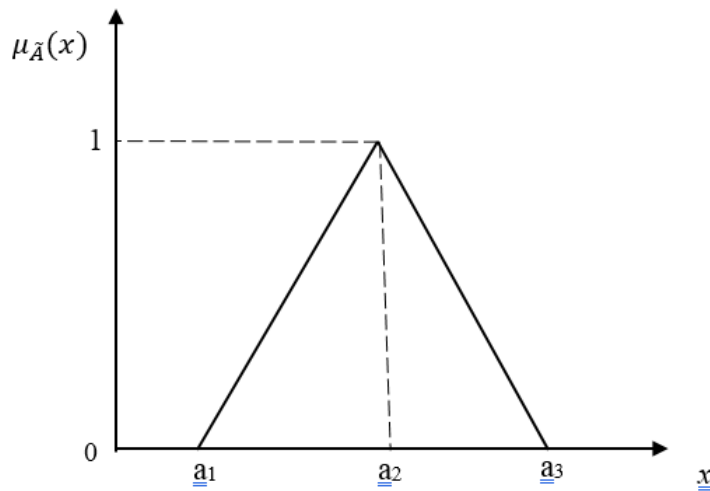
Şekildeki 2.2’de a_1, a_4 değerleri fonksiyonun alt ve üst sınırlarını, $[a_2, a_3]$ aralığı da en yüksek değerlerini göstermektedir.

Aşağıdaki denklemde de yamuk üyelik fonksiyonları gösterilmektedir.

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_4 - x}{a_4 - a_3}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & x > a_4 \end{cases} \quad (2.21)$$

Denklemde yer alan $a_2 = a_3$ eşitliği sağlandığında fonksiyon, üçgen bulanık fonksiyonuna dönüşmektedir.

(x) fonksiyonu üçgen bulanık sayıların üyelik fonksiyonunda “x” değerinin bulanık sayı yüzdesini göstermek için tanımlanmaktadır. Şekil 2.3’te üçgen bulanık sayı grafiği, parametreleri kullanılarak tanımlanmıştır.



Kaynak: Chen ve diğ., 2000

Şekil 2.3 Üçgen bulanık sayı

Aşağıdaki denklemde de üçgen üyelik fonksiyonları gösterilmektedir.

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & x > a_3 \end{cases} \quad (2.22)$$

2.2.3. Bulanık sayılarda işlemler

$\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ ve $\tilde{B} = (b_1, b_2, b_3, b_4)$ bulanık sayılar arasındaki aritmetik işlemler aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} \tilde{A} \oplus \tilde{B} &= (a_1, a_2, a_3, a_4) \oplus (b_1, b_2, b_3, b_4) \\ &= (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3, a_4 + b_4) \end{aligned} \quad (2.23)$$

$$\begin{aligned} \tilde{A} \ominus \tilde{B} &= (a_1, a_2, a_3, a_4) \ominus (b_1, b_2, b_3, b_4) \\ &= (a_1 - b_4, a_2 - b_3, a_3 - b_2, a_4 - b_1) \end{aligned} \quad (2.24)$$

Yamuk bulanık sayılarda α -kesim aralıklarına göre çarpma ve bölme işlemleri yapılmaktadır (Öztürk, 2018).

$\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$, $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ üçgen bulanık sayılar arasındaki aritmetik işlemler aşağıdaki denklemlere ait çözümler yer almaktadır.

$$\begin{aligned} \tilde{M}_1 \oplus \tilde{M}_2 &= (l_1, m_1, u_1) \oplus (l_2, m_2, u_2) \\ &= (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \end{aligned} \quad (2.25)$$

$$\begin{aligned} \tilde{M}_1 \ominus \tilde{M}_2 &= (l_1, m_1, u_1) \ominus (l_2, m_2, u_2) \\ &= (l_1 - u_2, m_1 - m_2, u_1 + l_2) \end{aligned} \quad (2.26)$$

$$\begin{aligned} \tilde{M}_1 \otimes \tilde{M}_2 &= (l_1, m_1, u_1) \otimes (l_2, m_2, u_2) \\ &= (l_1 \times l_2, m_1 \times m_2, u_1 \otimes u_2) \end{aligned} \quad (2.27)$$

$$\begin{aligned} \frac{\tilde{M}_1}{\tilde{M}_2} &= \frac{(l_1, m_1, u_1)}{(l_2, m_2, u_2)} \\ &= \left(\frac{l_1}{l_2}, \frac{m_1}{m_2}, \frac{u_1}{u_2} \right) \end{aligned} \quad (2.28)$$

Bir üçgensel bulanık sayının tersi ise aşağıdaki gibi çözümlenir;

$$\tilde{M}_1^{-1} = (l_1, m_1, u_1)^{-1} = \left(\frac{1}{u_1}, \frac{1}{m_1}, \frac{1}{l_1} \right) \quad (2.29)$$

Üçgensel bulanık sayılarda karşılaştırma matrisi aşağıda gösterilmektedir.

$$\tilde{A} = (\tilde{a}_{ij})_{n \times n} = \begin{bmatrix} (1,1,1) & l_{12}, m_{12}, u_{12} & \dots & l_{1n}, m_{1n}, u_{1n} \\ l_{21}, m_{21}, u_{21} & (1,1,1) & \dots & l_{2n}, m_{2n}, u_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ l_{n1}, m_{n1}, u_{n1} & l_{n2}, m_{n2}, u_{n2} & \dots & (1,1,1) \end{bmatrix} \quad (2.30)$$

2.2.4 Bulanık analitik hiyerarşi süreci

Bulanık analitik hiyerarşi süreci nitel girdilerin nicel girdilere dönüştürülmesini sağlayan ve yanıtlayıcıların yanıtlamadaki dilsel belirsizliklerini yakalamak için kullanılan yardımcı bir metottur. Saaty (1980) tarafından oluşturula ve de Graan (1980) ile Lootsma (1981) tarafından genişletilmiş olan analitik hiyerarşi süreç geliştirilerek çelişen kriterler altında alternatifler arasından seçim yapmayı hedefleyen yöntem Van Laarhoven ve Pedrycz (1983) tarafından ortaya çıkarılmıştır. Bu çalışma bulanık analitik hiyerarşi süreci ile ilgili ilk çalışma olarak literatüre geçmiştir. Bu çalışmada üçgen üyelik fonksiyonları tarafından tanımlanan bulanık oranlar karşılaştırılmıştır. Van Laarhoven ve Pedrycz'in (1983) algoritması aşağıdaki gibi özetlenmiştir:

Adım 1: Bir grup karar vericiyi içeren bulanık ikili karşılaştırma matrisi $\tilde{D} = [\tilde{a}_{ij}]$ aşağıdaki gibi oluşturulur:

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} (1,1,1) & \tilde{a}_{12}^{\delta_{ij}} & \dots & \tilde{a}_{1n}^{\delta_{ij}} \\ \tilde{a}_{21}^{\delta_{ij}} & (1,1,1) & & \tilde{a}_{2n}^{\delta_{ij}} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1}^{\delta_{ij}} & \tilde{a}_{n2}^{\delta_{ij}} & \dots & (1,1,1) \end{bmatrix} \quad (2.31)$$

Matriste $\tilde{a}_{ij}^{\delta_{ij}}$ birden fazla karar verici tarafından değerlendirilen belirsiz yargıları ifade eder. δ_{ij} 'nin, hiçbir karar vericinin karşılaştırmalarını ifade etmemesi durumunda 0 veya birden fazla karar vericinin karşılaştırmalarını ifade etmesi durumunda 1'den büyük olabileceği bilinmesi gerekmektedir.

Adım 2: $\tilde{x}_i = (l_i, m_i, u_i)$ ve $\tilde{y}_{ijk} = \ln \tilde{a}_{ijk} = (l_{ijk}, m_{ijk}, u_{ijk})$ üçgen bulanık sayıları için doğrusal denklemler aşağıdaki gibi çözümlenir.

$$l_i \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \delta_{ij} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \delta_{ij} u_j = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^{\delta_{ij}} l_{ijk} \quad (2.32)$$

$i, j=1, 2, \dots, n; k=1, 2, \dots, \delta_{ij}$

$$m_i \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \delta_{ij} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \delta_{ij} m_j = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^{\delta_{ij}} m_{ijk} \quad (2.33)$$

$i, j=1, 2, \dots, n; k=1, 2, \dots, \delta_{ij}$

$$u_i \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 1}}^n \delta_{ij} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 1}}^n \delta_{ij} l_j = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 1}}^n \sum_{\substack{k \\ k \neq 1}}^{\delta_{ij}} u_{ijk} \quad (2.34)$$

$i, j=1, 2, \dots, n; k=1, 2, \dots, \delta_{ij}$

l_{ijk} ve u_{ijk} değerleri $\tilde{a}_{ijk} = -\ln \tilde{a}_{ijk}$ 'nin alt ve üst değerlerini gösterir.

Yukarıdaki doğrusal denklemlerin çözümü aşağıdaki gibi elde edilir.

$$x_i = (l_i + p_1, m_i + p_2, u_i + p_1) \quad (2.35)$$

$i=1, 2, \dots, n$

Burada p_1 , ve p_2 isteğe bağlı değerlerdir.

Adım 3: x_i 'nin üssü alınır.

$$\beta_i = \exp(x_i) = (\exp(l_i + p_1), \exp(m_i + p_2), \exp(u_i + p_1)) \quad (2.36)$$

$i=1, 2, \dots, n$

β_i normalleştirilir. $\tilde{\alpha}_i$ hesaplanır.

$$\tilde{\alpha}_i = \beta_i \left(\sum_{i=1}^n \beta_i \right)^{-1} \quad (2.37)$$

$i=1, 2, \dots, n$

Burada $\tilde{\alpha}_i$, w_i ($i=1, 2, \dots, n$) ağırlıkları için bulanık tahminleri ifade eder ve şu şekilde hesaplanabilir:

$$\tilde{\alpha}_i = (\gamma_1 \exp(l_i), \gamma_2 \exp(m_i), \gamma_3 \exp(u_i)) \quad (2.38)$$

$i=1, 2, \dots, n$

$$\gamma_1 = \left(\sum_{i=1}^n \exp(u_i) \right)^{-1} \quad (2.39)$$

$$\gamma_2 = \left(\sum_{i=1}^n \exp(m_i) \right)^{-1} \quad (2.40)$$

$$\gamma_3 = \left(\sum_{i=1}^n \exp(l_i) \right)^{-1} \quad (2.41)$$

Adım 4: Bulanık ağırlıkları bulanık olmayan sayıya çevirmek için aşağıdaki yöntem kullanılır.

$$w_i = \frac{\gamma_1 \exp(l_i) + \gamma_2 \exp(m_i) + \gamma_3 \exp(u_i)}{3} \quad (2.42)$$

$i=1,2, \dots, n$

Van Laarhoven ve Pedrycz'in (1983) yapmış olduğu çalışmadan sonra Buckley (1985) geometrik ortalama yöntemi kullanmıştır. Yöntemin adımları aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

Adım 1: Bulanık ikili karşılaştırma matrisi $\tilde{D}$ aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} (1,1,1) & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & (1,1,1) & & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \dots & (1,1,1) \end{bmatrix} \quad (2.43)$$

Burada $\tilde{a}_{ij} \times \tilde{a}_{ji} \approx 1$ ve $\tilde{a}_{ij} \cong \frac{w_i}{w_j}$, $i=1,2, \dots, n$

Adım 2: Her i kriteri için bulanık geometrik ortalama değeri $\tilde{r}_i$, şu şekilde hesaplanır:

$$\tilde{r}_i = (\tilde{a}_{i1} \times \tilde{a}_{i2} \times \dots \times \tilde{a}_{in})^{1/n} \quad (2.44)$$

Adım 3: Her i kriteri için bulanık ağırlık $\tilde{w}_i$ şu şekilde hesaplanır:

$$\tilde{w}_i = \tilde{r}_i \times (\tilde{r}_1 + \tilde{r}_2 + \dots + \tilde{r}_n)^{-1} \quad (2.45)$$

Burada $\tilde{r}_k = (l_k, m_k, u_k)$ ve $(\tilde{r}_k)^{-1} = (1/u_k, 1/m_k, 1/l_k)$.

Adım 4: Bulanık ağırlıkları bulanık olmayan sayıya çevirmek için aşağıdaki yöntem kullanılır.

$$w_i = \frac{l_i + m_i + u_i}{3} \quad (2.46)$$

Chang (1996) tarafından önerilen genişletilmiş kapsam analizi yöntemi, bulanık bir karşılaştırma matrisinden net ağırlıklar elde etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Yöntemde her kriter veya alternatif dilsel değişkenler tarafından değerlendirilir ve ardından kapsam analizi yapılır.

$x = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ bir nesne kümesi ve $U = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_n\}$ amaç kümesidir. Chang'ın genişletilmiş kapsam analizi yöntemine göre her bir nesne için amaç kümesinin her bir elamanı bire bir analize tabi tutulur. Her bir nesne için m kapsam analiz değerleri şu şekilde elde

edilebilir: $M_{gi}^1, M_{gi}^2, \dots, M_{gi}^m, i=1,2, \dots, n$. Tüm $M_{gi}^j, j=1,2, \dots, m$ üçgen bulanık sayılardır. Chang (1996)'ın kapsam analizi modelinin algoritması aşağıdaki şekildedir;

Adım 1: Bulanık ikili karşılaştırma matrisi $\tilde{D} = [\tilde{a}_{ij}]$ aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} (1,1,1) & \tilde{a}_{12}^{\delta_{ij}} & \dots & \tilde{a}_{1n}^{\delta_{ij}} \\ \tilde{a}_{21}^{\delta_{ij}} & (1,1,1) & & \tilde{a}_{2n}^{\delta_{ij}} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1}^{\delta_{ij}} & \tilde{a}_{n2}^{\delta_{ij}} & \dots & (1,1,1) \end{bmatrix} \quad (2.47)$$

Adım 2: i'ninci kritere göre bulanık sentetik kapsamın değeri şu şekilde tanımlanır:

$$S_i = \sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} \right]^{-1} \quad (2.48)$$

Denklemdaki $\sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij}$ ve $\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} \right]^{-1}$ aşağıdaki gibi bir bulanık ikili karşılaştırma matrisi için n kapsam analizinin bulanık toplama işlemi kullanılarak hesaplanır:

$$\sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} = \left(\sum_{j=1}^n l_j \sum_{j=1}^n m_j \sum_{j=1}^n u_j \right) \quad (2.49)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} = \left(\sum_{i=1}^n l_i \sum_{i=1}^n m_i \sum_{i=1}^n u_i \right) \quad (2.50)$$

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i} \right) \quad (2.51)$$

Adım 3: Bulanık sayıları karşılaştırmak için, $M_2 \geq M_1$ olasılık derecesi şu şekilde hesaplanır:

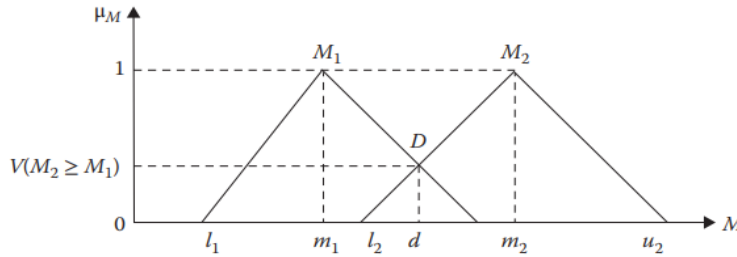
$$\begin{aligned} V(M_2 \geq M_1) &= \sup[\min(\mu_{M_1(x)}, \mu_{M_2(y)})] \\ &= hgt(M_1 \cap M_2) = \mu_-(M_2(d)) \end{aligned} \quad (2.52)$$

$$= \begin{cases} 1, & \text{if } m_2 \geq m_1 \\ 0, & l_1 \geq u_2 \\ \frac{(l_1 - u_2)}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{aksi taktirde} \end{cases} \quad (2.53)$$

Burada μ_{M_1} ve μ_{M_2} arasındaki en yüksek kesişme noktası D olmaktadır.

Adım 4: k bulanık sayıları $S_i (i = 1, 2, 3, \dots, k)$ 'dan bir bulanık sayının daha büyük olma olasılığı şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$V(S \geq S_1, S_2, \dots, S_k) = \min V(S \geq S_i), \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (2.54)$$



Kaynak: Wang ve diğ., 2014

Şekil 2.4. M1 ve M2 arasındaki kesişim noktası

Varsayalım ki

$$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k), \quad i, k = 1, 2, \dots, n; k \neq i$$

Daha sonra, ağırlık vektörü şu şekilde verilir:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (2.55)$$

Adım 5: Normalleştirme yoluyla, normalize edilmiş bulanık olmayan ağırlık vektörü şu şekilde hesaplanır:

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (2.56)$$

Bulanık sayıların sıralamasında kullanılan diğer bir teknik ise Liou ve Wang (1992) tarafından önerilen toplam integral tekniğidir. Liou ve Wang'ın toplam integral sıralama yönteminde $\alpha \in (0,1)$ iyimserlik endeksi olmak üzere; $\tilde{A} = (a, b, c)$ şeklinde verilen üçgen bulanık sayı için, toplam integral değer aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır (Kaptanoğlu ve Özok, 2006).

$$I_T^\alpha(\tilde{A}) = \frac{1}{2}\alpha(b+c) + \frac{1}{2}(1-\alpha)(a+b) = \frac{1}{2}(\alpha c + b + (1-\alpha)a) \quad (2.57)$$

Karar vericinin iyimserlik endeksi olarak tanımlanan α ; $0 \leq \alpha \leq 1$ dir. İndeks değeri büyüdükçe iyimser bir karar verici, indeks değeri küçüldükçe kötümser bir karar vericiyi temsil eder (Kaptanoğlu ve Özok, 2006). $\tilde{A}_i$ ve $\tilde{A}_j$ bulanık sayıları için sıralama, endeks değerine göre aşağıdaki gibidir.

$$I_T^\alpha(\tilde{A}_i) > I_T^\alpha(\tilde{A}_j) \text{ ise } (\tilde{A}_i) > (\tilde{A}_j) \quad (2.58)$$

$$I_T^\alpha(\tilde{A}_i) = I_T^\alpha(\tilde{A}_j) \text{ ise } (\tilde{A}_i) = (\tilde{A}_j) \quad (2.59)$$

$$I_T^\alpha(\tilde{A}_i) < I_T^\alpha(\tilde{A}_j) \text{ ise } (\tilde{A}_i) < (\tilde{A}_j) \quad (2.60)$$

2.3. Veri Zarflama Analizi

İşletmeler daha fazla üretmeye çabalarlarken etkinlik ölçümü büyük ilgi konusu olmuştur. Etkinlik ölçümüyle ilgili çalışmaların başlangıcını 1957’de Farrel başlatmış fakat çok girdi ve çok çıktı problemlerin çözümünde sorunlar yaşamıştı. Bu çalışmadan yirmi yıl sonra Charnes ve diğerleri çok girdi ve çok çıktı birimlerin nispi verimliliklerini değerlendirmek için tatmin edici prosedürlere duyulan ihtiyaca yanıt olarak, daha sonra veri zarflama analizi olarak adlandırılan güçlü bir metodolojiyi tanıttı. Veri Zarflama Analizi, homojen karar birimlerinin tam faktör verimliliğini tahmin etmek için kullanılan veri odaklı bir yöntemdir. Birden çok girdiyi birden çok çıktıya dönüştürme yetenekleri açısından homojen karar verme birimleri kümesinin değerlendirmesine imkân tanımaktadır (Cooper ve diğ. 2011). Veri Zarflama Analizi, benzer yapıdaki karar verme birimlerinin aynı girdileri kullanarak aynı çıktıları üretmesi sonucu birbirlerine göre göreceli etkinliklerini ölçmek için tasarlanmış, doğrusal programlama ilkelerine dayanan, parametrik olmayan bir yöntemdir (Akal, 1993). Charnes ve diğerleri tarafından başlatılan veri zarflama analizi, ortak girdi ve çıktıya sahip bir grup karar verme biriminin etkinliğini göreceli bir şekilde ölçmek için matematiksel programlamaya dayalı bir yaklaşımdır (Higuerey ve diğ., 2020). Veri zarflama analizi, bir grup kuruluş içindeki görünen etkinlik düzeylerini hesaplamak için bir araç sağlayan bir Doğrusal Programlama Problemidir. Bir kuruluşun etkinliği, grubun gözlenen en iyi uygulamasına göre hesaplanır (Bhagavath, 2006). Bu tanımlar doğrultusunda veri zarflama analizin temel özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

Veri zarflama analizi birden fazla sayıda girdi kullanılarak birden fazla çıktının üretildiği durumlarda kullanılır (Yılmaz ve diğ., 2002).

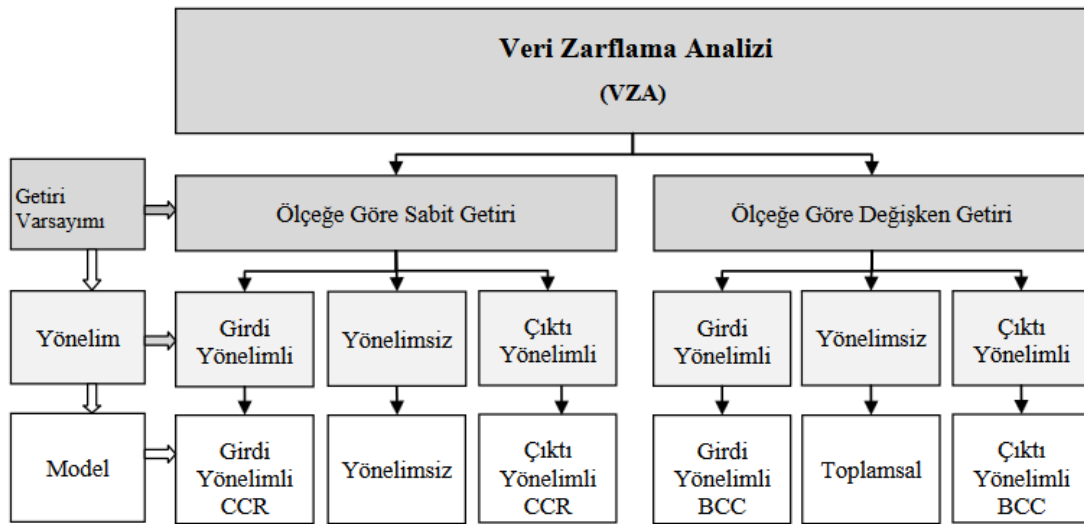
- Analizin yapılabilmesi için kuruluşlara ait benzer girdi ve çıktılar olması gerekir.
- Girdi ve çıktı değerlerinin benzer birimlerden olması gerekli değildir (Yılmaz ve diğerleri, 2002).
- Parametrik olmayan bir yöntemdir.
- Kuruluş içindeki gözlenen en iyi değere göre göreceli etkinlik değerlendirilmektedir.

Veri zarflamanın temelini oluşturan altı varsayımda aşağıdaki gibi tanımlanmıştır. (Medine-Borya 2002):

- 1- Girdiler olmadan çıktılar elde edilemez

- 2- Sonsuz üretim mümkün değildir. Başka bir deyişle, sonlu girdiler sonsuz çıktılar üretemez.
- 3- Girdilerdeki orantılı artış, çıktıları azaltmaz.
- 4- Girdiler azaltılırsa çıktılarda orantılı bir artış elde edilemez.
- 5- Eş zamanlı eğri, orijine göre dışbükeydir. İki boyutlu bir girdi uzayında bu, iki girdi demetinin her biri bir çıktı birimi üretebiliyorsa, bunların ağırlıklı ortalamasının da üretebileceğini gösterir.
- 6- Girdiler ve çıktılar arasındaki uyum kapalıdır. Bu varsayım, bir Eş zamanlı eğrinin tanımına ve varlığına izin verir.

Veri zarflama analizinde temel olarak iki model kullanılmaktadır. Bu modeller CCR ve BCC modelleridir. Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından geliştirilen CCR ölçeğe göre sabit getiri modeli Banker, Charnes ve Cooper tarafından geliştirilen ölçeğe göre değişken getiriye dayanan BCC modeline göre daha az esnek bir yapıya sahiptir. Her iki modelde girdi ve çıktı yönelimli olmak üzere iki farklı şekilde incelenmektedir (Banker ve diğ., 1984)



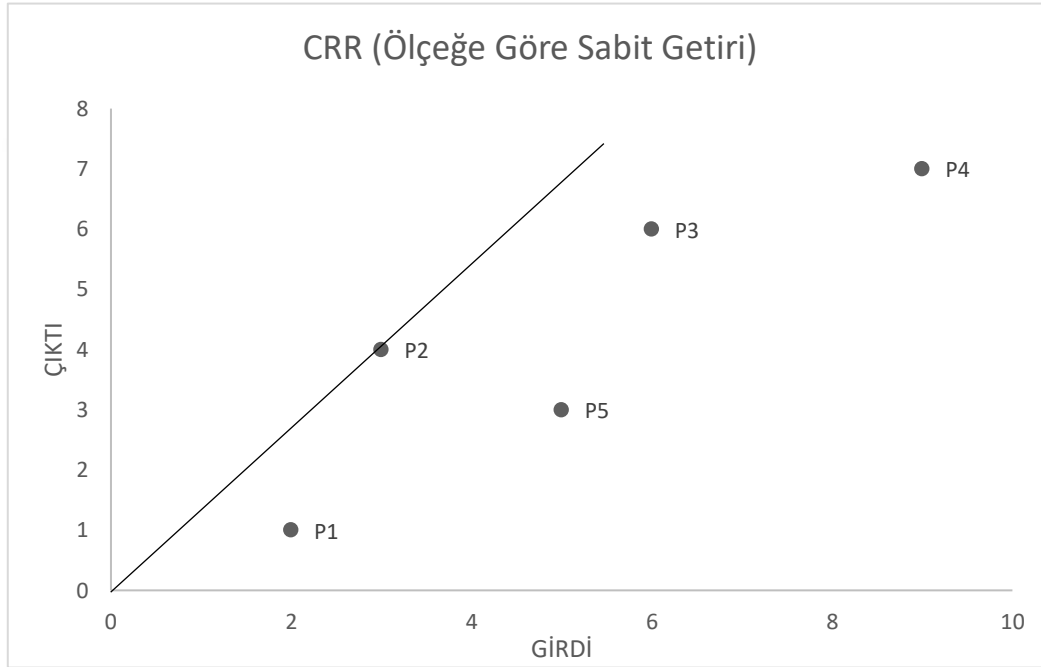
Kaynak: Özden, 2008

Şekil 2.5. Veri zarflama analizinde kullanılan iki temel model

2.3.1. CRR modeli

Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından 1978'de bu model, ölçeğe göre sabit getiri varsayımıyla belirli bir gözlenen karar verme biriminin (KVB) teknik etkinliğini ölçmek için geliştirildi. Modeldeki etkin olmayan kaynakların değerlendirilmesi en etkin olan kaynağa göre belirlenmekte ve kaynakların miktarları hakkında bilgi edinilmektedir. Doğrusal programlama

formülünde çoklu girdilere ve çoklu çıktıları izin veren bu modelde sanal girdi ve sanal çıktı kullanılmaktadır. Üretilen tüm çıktıların ağırlıklı toplamı sanal girdiye eşittir. Modelin ‘n’ kez çözülmesiyle sonucunda girdi ve çıktı ağırlıkları elde edilirken etkinlik sınırları da belirlenmektedir. Ölçeğe göre sabit getiri varsayımı ile oluşturulan etkinlik sınırı, en iyi ölçeğe faaliyette bulunan karar verme birimleri geçerli kabul edilir. Bu sınır göreceli etkinlik kriteri olarak kabul görmekte ve bu sınırın üzerinde karar verme birimlerinden en az bir tanesinin olabileceği düşünülmektedir (Cooper, Li ve diğ., 2001). Ölçeğe göre sabit getiri model diyagramı aşağıdaki şekilde gibidir.



Şekil 2.6. Ölçeğe göre sabit getiri modeli

2.3.2. Girdi yönelimli oransal CCR modeli

Girdiye yönelik oransal model veri zarflama analizinin temelini oluşturmaktadır. Sonraki modeller geliştirilirken bu modelin temel kabul edilerek geliştirmeler yapılmıştır. Bu modele göre gözlem kümesinde yer alan her bir karar alma biriminin diğer gözlemlerle karşılaştırılarak etkinlik düzeyleri belirlenmesi yapılmaktadır. Modelin formülü aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

$$E_k = \text{Max} \left(\frac{\sum_{r=1}^p u_r Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ik}} \right) \quad (2.61)$$

Kısıtlar ise;

$$\left(\frac{\sum_{r=1}^p u_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ij}} \right) \leq 1 \quad (2.62)$$

$$j = 1, \dots, n$$

$$r = 1, \dots, p$$

$$i = 1, \dots, m$$

$$u_r \geq \varepsilon$$

$$v_i \geq \varepsilon$$

n : veri setindeki karar verme birimi sayısı

p : çıktı sayısı

m : girdi sayısı

E_k : incelenen karar verme birimi etkinliği

u_r : k. karar birimi tarafından r. çıktıya verilen ağırlık,

v_i : k. karar birimi tarafından i. girdiye verilen ağırlık,

Y_{rk} : k. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ik} : k. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi,

Y_{rj} : j. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ij} : j. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi,

ε : Oldukça küçük pozitif bir sayı (0,00001örnek olarak verilebilir)

Yukarıda verilen model çözümlendiğinde görelî etkinlik sonuçları elde edilecektir. Etkinliğin sonucunun 1 çıkması karar biriminin etkin olduğunu 1'den küçük olması ise etkin olmadığını gösterecektir.

2.3.3. Girdi yönelimli ağırlıklı CCR modeli

Oransal modelin hesaplama ve çözüm açısından geliştirilmesi ile ağırlıklı CCR modeli olarak ifade edilen doğrusal programlamaya dönüştürülerek aşağıdaki gibi formüle edilmiştir.

$$E_k = MAX \left(\sum_{r=1}^p u_r Y_{rk} \right) \quad (2.63)$$

Kısıtlar ise;

$$\left(\sum_{i=1}^m v_i X_{ik} \right) = 1 \quad (2.64)$$

$$\left(\sum_{r=1}^p u_r Y_{rj} \right) - \left(\sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \right) \leq 0 \quad (2.65)$$

$$u_r \geq \varepsilon$$

$$v_i \geq \varepsilon$$

$$j = 1, \dots, n$$

$$r = 1, \dots, p$$

$$i = 1, \dots, m$$

n : veri setindeki karar verme birimi sayısı

p : çıktı sayısı

m : girdi sayısı

E_k : incelenen karar verme birimi etkinliği

u_r : k. karar birimi tarafından r. çıktıya verilen ağırlık,

v_i : k. karar birimi tarafından i. girdiye verilen ağırlık,

Y_{rk} : k. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ik} : k. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi,

Y_{rj} : j. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ij} : j. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi,

ε : Oldukça küçük pozitif bir sayı (0,00001örnek olarak verilebilir)

2.3.4. Çıktı yönelimli oransal CCR modeli

VZA'da etkinlik, girdi açısından ölçülebildiği mevcut girdilerle oluşabilecek çıktı sonucuna göre de etkinlik ölçülebilmektedir. Bu nedenle, veri zarflama analizinde aynı zamanda, bir karar verme birimi tarafından üretilen çıktıların, söz konusu karar verme birimi tarafından kullanılan girdilerin düzeyini değiştirmeden artırılabilceği çıktı artırıcı teknik etkinliği de belirler (Triantis, 2005).

$$E_k = \text{Min} \left(\frac{\sum_{i=1}^m v_i X_{ik}}{\sum_{r=1}^p u_r Y_{rk}} \right) \quad (2.66)$$

Kısıtlar ise:

$$\left(\frac{\sum_{i=1}^m v_i X_{ij}}{\sum_{r=1}^p u_r Y_{rj}} \right) \geq 1 \quad (2.67)$$

$$j = 1, \dots, n$$

$$r = 1, \dots, p$$

$$i = 1, \dots, m$$

$$u_r \geq \varepsilon$$

$$v_i \geq \varepsilon$$

n : veri setindeki karar verme birimi sayısı

p : çıktı sayısı

m : girdi sayısı

E_k : incelenen karar verme birimi etkinliği

u_r : k. karar birimi tarafından r. çıktıya verilen ağırlık,

v_i : k. karar birimi tarafından i. girdiye verilen ağırlık,

Y_{rk} : k. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ik} : k. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi,

Y_{rj} : j. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ij} : j. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi,

ε : Oldukça küçük pozitif bir sayı (0,00001örnek olarak verilebilir)

2.3.5. Çıktı yönelimli ağırlıklı CCR model

Oransal modelin hesaplama ve çözüm açısından geliştirilmesi ile ağırlıklı CCR modeli olarak ifade edilen doğrusal programlamaya dönüştürülerek aşağıdaki gibi formüle edilmiştir.

$$E_k = \text{Min} \left(\sum_{i=1}^m v_i X_{ik} \right) \quad (2.68)$$

$$\left(\sum_{r=1}^p u_r Y_{rk} \right) = 1 \quad (2.69)$$

$$\left(\sum_{r=1}^p u_r Y_{rj} \right) - \left(\sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \right) \leq 0 \quad (2.70)$$

$$u_r \geq \varepsilon$$

$$v_i \geq \varepsilon$$

$$j = 1, \dots, n$$

$$r = 1, \dots, p$$

$$i = 1, \dots, m$$

n : veri setindeki karar verme birimi sayısı

p : çıktı sayısı

m : girdi sayısı

E_k : incelenen karar verme birimi etkinliği

u_r : k. karar birimi tarafından r. çıktıya verilen ağırlık,

v_i : k. karar birimi tarafından i. girdiye verilen ağırlık,

Y_{rk} : k. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ik} : k. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi,

Y_{rj} : j. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

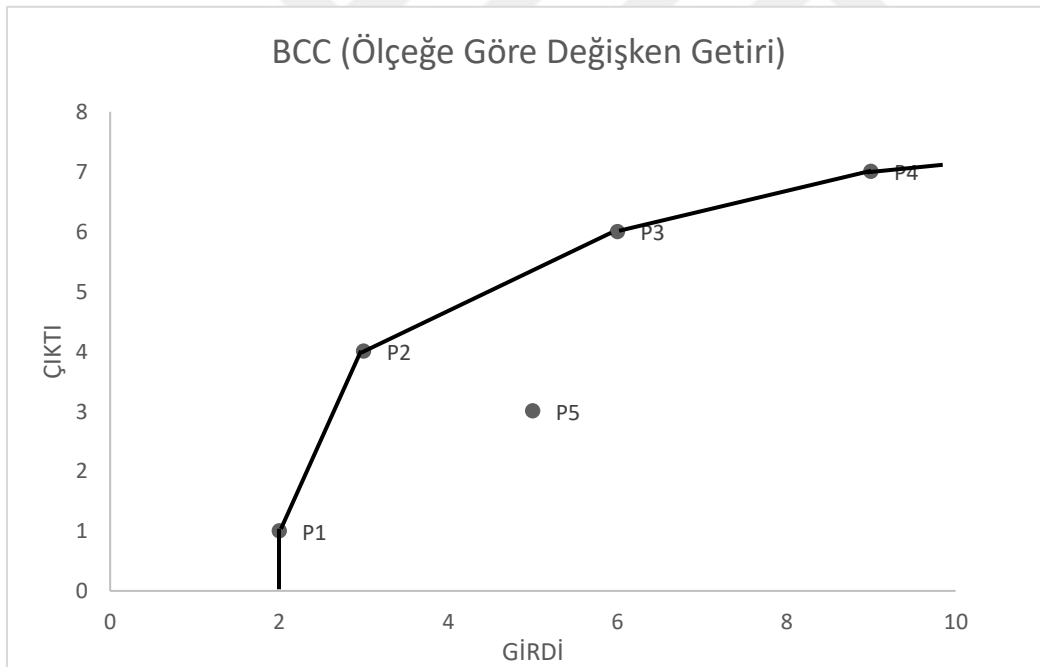
X_{ij} : j. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi,

ε : Oldukça küçük pozitif bir sayı (0,00001örnek olarak verilebilir)

2.3.6. BCC modeli

Yukarıdaki modeller, ölçeğe göre sabit getiri varsaymaktadır. Modele bir değişken eklenirse, ölçeğe göre değişken getirisi olan bir VZA modeli oluşturulabilir. Değişken getiriler, düşük performans veya ölçek ekonomisi nedeniyle farklı çıktı seviyeleri elde edebileceği anlamına gelir. Modelin bu versiyonu popüler olarak BCC olarak bilinmektedir (Banker, Charnes, ve Cooper 1984). BCC modeli Charnes ve diğerlerinin (1978) ilk çalışmasının bir uzantısı olarak Banker ve diğerleri (1984) tarafından hazırlanmıştır (Cook ve Seiford, 2009). İki model

arasındaki ana fark, her birinde kullanılan ölçeğe göre getiridir. CCR modeli ölçeğe sabit getiri kullanır ve BCC modeli ölçeğe değişken getiri kullanır. Bu farklılıktan dolayı modellerin oluşturduğu sınır yüzeyleri farklıdır. CCR modeli tarafından geliştirilen yüzey, orijinden başlayan ve etkin sınıra yaklaşırken karşılaşılan ilk karar verme biriminden geçen düz bir çizgi ile karakterize edilir. CCR modeli tarafından oluşturulan yüzey, girdilerdeki artışın çıktılarda orantılı bir artışa neden olduğunu varsaymaktadır (McCabe, Tran ve Ramani, 2005). BCC modeli tarafından oluşturulan yüzey CCR modeli tarafından yaklaşılan en dıştaki karar verme birimleri ile bağlantılı verileri de kapsar. BCC modelinin kullanılması, girdi değerlerinde bir artışın çıktı seviyelerinde orantısız bir artışla sonuçlanmasına izin verir (McCabe ve diğerleri, 2005). BCC modeli, ölçeğe göre değişken getirilere dayalıdır ve türetilen teknik etkinlik, getirilerin ölçek üzerindeki etkilerini hariç tutar. Bu nedenle saf teknik etkinlik olarak adlandırılır (Xu ve diğ., 2020). Model ölçeğe göre değişken getiri olduğunda etkinliğin ölçümünü sağlamaktadır, girdi ve çıktı yönlü olarak iki şekilde formüle edilmiştir. CRR da yer alan aynı karar birimlerine ait diyagram ise BCC de aşağıdaki şekildeki gibi görünecektir.



Şekil 2.7. Ölçeğe göre değişken getiri modeli

2.3.7. Girdi yönelimli ağırlıklı BCC modeli

$$E_k = \min \alpha - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- \right) - \varepsilon \left(\sum_{r=1}^p s_r^+ \right) \quad (2.71)$$

Kısıtlar;

$$\left(\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + s_i^- - \alpha X_{ik} \right) = 0 \quad (2.72)$$

$$\left(\sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j + s_r^+ - Y_{rk} \right) = 0 \quad (2.73)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (2.74)$$

$$\lambda_j \geq 0$$

$$j = 1, \dots, n$$

$$r = 1, \dots, p$$

$$i = 1, \dots, m$$

$$s_r^+ \geq 0$$

$$s_i^- \geq 0$$

n : veri setindeki karar verme birimi sayısı

p : çıktı sayısı

m : girdi sayısı

α : Göreli etkinliği ölçülen k karar biriminin girdilerinin ne kadar azaltabileceğini belirleyen büzülme katsayısı

E_k : incelenen karar verme birimi etkinliği

Y_{rk} : k. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ik} : k. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi,

Y_{rj} : j. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ij} : j. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi,

ϵ : Oldukça küçük pozitif bir sayı (0,00001örnek olarak verilebilir)

s_i^- : k karar biriminin i'nci girdisine ait atıl değer

s_r^+ : k karar biriminin r'nci çıktısına ait atıl değer

λ_j : j'nci karar biriminin aldığı yoğunluk değeri

2.3.8. Çıktı yönelimli ağırlıklı BCC modeli

$$E_k = \max \alpha + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- \right) + \varepsilon \left(\sum_{r=1}^p s_r^+ \right) \quad (2.75)$$

Kısıtlar;

$$\left(\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + s_i^- + X_{ik} \right) = 0 \quad (2.76)$$

$$\left(\sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - s_r^+ - \beta Y_{rk} \right) = 0 \quad (2.77)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (2.78)$$

$$\lambda_j \geq 0$$

$$j = 1, \dots, n$$

$$r = 1, \dots, p$$

$$i = 1, \dots, m$$

$$s_i^+ \geq 0$$

$$s_i^- \geq 0$$

n : veri setindeki karar verme birimi sayısı

p : çıktı sayısı

m : girdi sayısı

β : Göreli etkinliği ölçülen k karar biriminin girdilerinin ne kadar arttırılacağını belirleyen genişleme katsayısı

E_k : incelenen karar verme birimi etkinliği

Y_{rk} : k. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ik} : k. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi,

Y_{rj} : j. karar birimi tarafından üretilen r. çıktı,

X_{ij} : j. karar birimi tarafından kullanılan i. girdi,

ε : Oldukça küçük pozitif bir sayı (0,00001örnek olarak verilebilir)

s_i^- : k karar biriminin i'nci girdisine ait atıl değer

s_r^+ : k karar biriminin r'nci çıktısına ait atıl değer

λ_j : j'nci karar biriminin aldığı yoğunluk değeri



3. BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ TABANLI YAKLAŞIM KULLANARAK TERSANELERDE ALT İŞVEREN SEÇİMİ

3.1. Tersanelerde Alt İşveren Kavramı

4857 sayılı İş Kanunu taşeronun kelime karşılığı alt işveren şeklinde yapmıştır. Burada alt işvereninden söz edebilmemiz için asıl işverenin olması, alt işverenin alacağı işin asıl işverenin iş yerinde yapacağı üretime ilişkin işlerden olması, icra edilecek işin asıl işverenin iş yerindeki üretime ilişkin işlerde alınmış olması, alt işverene ait işçilerinde yapılacakları işi asıl işverene ait iş yerinde yapmaları gerekmektedir (Şafak, 2004).

Tersanelerde yer alan güvenlik, yemek ve temizlik gibi yardımcı işler genellikle alt vasıtasıyla yerine getirildiği bilinmekte olup, bu konuda herhangi bir kısıtlayıcı düzenleme bulunmamaktadır. Tersane yapılmakta olan işlerde, asıl işler kapsamında değerlendirilebilecek kimi teçhiz ve tefriş işlerinin de alt işverenlerle yapılan anlaşmalarla alt işveren tarafından yapıldığı görülmektedir. Bu işler kapsamında uzmanlık ve ustalık gerektiren elektronik, mobilya imalat ve montaj işleri ile teknik test ve kontrol işleri gibi işlerin alt işverene verilmesinde bir problem bulunmamaktadır. Bu tür işlerle birlikte neredeyse tersanenin tüm iş birimlerin asıl ve alt işveren ilişkisinin görüldüğünü söyleyebiliriz (Özcan, 2007).

6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nda da asıl işveren ve alt işveren ilişkisi ile Madde 22'de yer almıştır. Maddeye göre altı aydan uzun süreli asıl işveren ve alt işveren ilişkisinin bulunduğu hallerde iş güvenliği kurullarının nasıl oluşturulacağı hükme bağlanmıştır.

Tersaneler alt işverenlerin yoğun olarak bulunduğu sektörlerden birisidir. Tersanelerde hem yeni inşa ve hem de bakım onarımda alt işverenler sıklıkla görülmektedir. Bunun en önemli sebeplerinden biri yapılan işin süreklilik arz etmesiyle ilgilidir. Gemi inşa ve bakım onarımda bazı faaliyetler tersanelerde süreklilik arz edecek şekilde gerçekleştirildiği için bu faaliyetler de tersane genelde asıl işveren durumundadır. Faaliyetlerden bazıları kısa dönemli veya tersanelerin sahip oldukları uzmanlığı dışında uzmanlık gerektirdiği için tersaneler alanında uzman alt işverenlerle anlaşma yaparak gerekli iş gücü ve malzeme tedariğini sağlamaktadırlar. Tersaneleri alt işveren ile anlaşmaya iten diğer bir etken ise piyasa dalgalanmalarıdır. Bazı dönemlerde (örneğin; uluslararası kurallardaki değişim dolayısıyla gemilerin kurallara uygunluğu için yapılan yenilemeler, yeni gemiye olan talebin artması) yoğun iş gücü gereksinimi duyan tersaneler bu iş gücünü karşılamak için alt işverenle anlaşma yoluna gitmektedirler.

Tersanelerde alt işverenler gemilerin zamanında teslimi, bakım onarım faaliyetlerinin zamanında yapılması, kaliteli işçiliğin ve malzemenin sağlanmasında anahtar öneme sahiptirler. Bu durum bir tersane için alt işverenin ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Tersaneler için bu denli önemli olan alt işverenlerden tersanelerin beklediği bir çok özellik vardır.

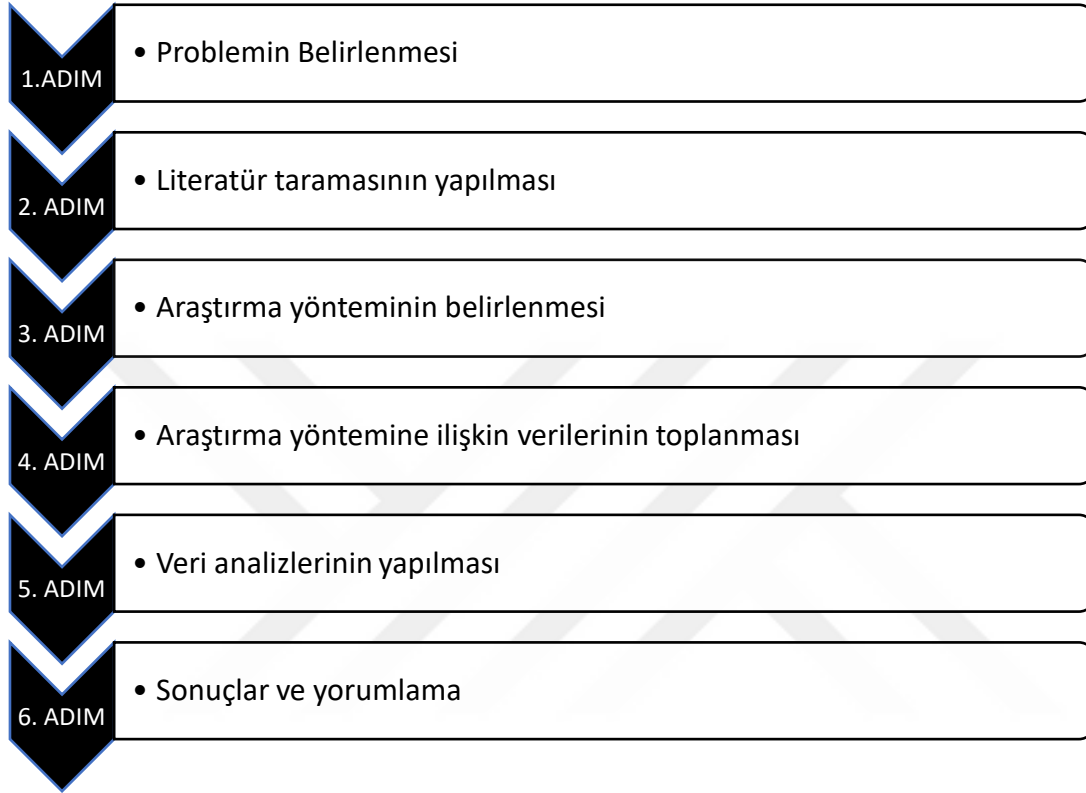
Tersanelerin alt işveren firmalardan beklediği aranan özelliklerin başında programa bağlılık, güvenilirlik, kalite ve yeterlilik gelmektedir. Genellikle bu faktörler aynı zamanda gelişen en önemli amaçlar olarak görülmüştür. Bir tersane ile müşterileri arasında güven etkili programlamanın yanı sıra sorun çözmede açıklık ve dürüstlüğe dayanır. Alt yüklenicilerin değişen operasyonel ortamda süreçlerini geliştirmek istemeleri önemlidir. Son derece rekabetçi gemi inşa endüstrisinde maliyetler ve genel verimlilik de çok önemlidir. Maliyet etkinliği, proje bazlı faaliyetlerde parçalarının toplamından daha fazlasını ifade eder; Saf fiyat tek başına alt işverenlik kararlarını belirlemez, ancak fiyatla ilgili rekabetçilik ve iyi bir fiyat-kalite oranı önemlidir. Alt yüklenicilerden istenen çeşitli özellikler yakından ilişkilidir ve birbiriyle örtüşür. Maliyet etkinliği ve toplam etkinlik, fiyat rekabetçiliğinin önemli faktörleridir (Vuorenmaa ve Välimaa, 2015).

3.2. Araştırmanın Amacı, Kapsamı ve Önemi

Tersanelerde yapılan yeni inşa ve bakım onarım faaliyetlerinde müşterilerin beklentileri doğrultusunda projeye göre gemi ile ilgili yapılan işlemler değişim göstermektedir. Tersane bünyesinde yapılan faaliyetlerdeki çeşitlilikten dolayı birçok farklı alan ve tecrübeye iş gücüne ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca gemilerin dönemsel olarak bakım onarım faaliyetleri ve yeni çıkan kanun ve yönetmeliklere göre yapılacak imalat ve tadilat işlerinin yoğunlaştığı dönemlerde tersaneler fazladan iş gücüne ihtiyaç duymaktadırlar. Tersaneler uzmanlık gerektiren projelerde ve dönemsel iş yoğunluğu olduğu zamanlarda ihtiyaç duydukları iş gücünü temin etmek için alt işveren firmalarla anlaşma yoluna gitmektedirler. Bu anlaşma süreçlerinde belirlenmiş olan faaliyet için farklı alt işverenler tersanelere tekliflerini sunmaktadır. Bu tekliflerden tersane için en uygun olanı seçilerek ilgili alt işverenden ücret karşılığı iş gücü temini yapılmaktadır. Alt işveren firmaların yanlış seçimi projelerin istenen zamanda ve eksiksiz tesliminde problemlere sebep olmaktadır. Yapılacak araştırmanın amacı tersaneler tarafından alt işveren seçimlerinin doğru yapılmasını sağlayacak kriterleri uzman görüşlerinden faydalanılarak belirlemek ve bu kriterlerin önem derecesine göre sıralayarak tersanelerin alt işveren seçim hatalarını en az düzeye indirmektir.

3.3. Araştırma Modeli

Yapılacak olan araştırmada literatürde yer alan çalışmalar ve uzman görüşleri alınarak tersane alt yüklenici seçim kriterlerinin oluşturulması amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda araştırma modeli aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.



Şekil 3.1. Araştırma modeli

3.4. Araştırma Probleminin Belirlenmesi

Ülkemiz açısından önemli üretim tesislerinden olan tersanelerin etkin ve verimli bir şekilde çalışması, projeleri zamanında teslim etmesi büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle tersaneler mevcut olanaklarını en iyi şekilde kullanmaları gerekmektedir. Tersane üretim sürecinin en önemli birleşenlerinden biri işgücüdür. Üretim süreçlerinde tersaneler kendi bünyesinde bulunan iş gücünün planlanması, iş programlaması, ulaşımı, seçimi ve eğitimi gibi birçok konuda gerekli tüm faaliyetleri yürütürken alt yükleniciye ait iş gücünün planlanması, iş programlaması, ulaşımı, seçimi ve eğitimi gibi konularda sınırlı düzeyde etki gösterebilmektedirler. Bu nedenle iş süreçlerinde doğru alt işveren seçiminin yapılmaması birtakım aksamalara sebep olabilmektedir. Tersanelerin alt işveren seçimi için doğru kriterleri kullanarak hata yapmadan yapılacak işe uygun alt işvereni seçmesi gerekmektedir. Bu süreçte ana problem bu kriterlerin ne olması gerektiği ve hangi kritere öncelik verilmesi gerektiğidir.

3.5. Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci Tabanlı Yaklaşım Kullanarak Tersanelerde Alt İşveren Seçimine İlişkin Literatür Taraması

Küresel üretim ortamında rekabetçi olmak için, diğer işletmelerle stratejik iş birliği en önemli faktörlerden biri haline gelmiştir (Hellard, 1995). İşletmeler rekabetçi üstünlük sağlayabilmek için üstlenmiş oldukları üretimsel süreçlerin belirli bir kısmı anlaşma sağlayarak alt işverenler tarafından tamamlanması yolunu tercih etmektedirler. İşletmelerin bu tercihlerinin amacına ulaşabilmesi için alt işverenin işletme beklentilerini karşılaması gerekmektedir. Yanlış seçilen alt işveren rekabetçi üstünlüğü azalttığı gibi aynı zamandan proje gecikmesi, maddi kayıplar, güvenlik problemleri, prestij kaybı gibi birçok olumsuz durumun ortaya çıkmasına sebep olacaktır. İşletmelerin doğru şekilde alt işveren seçebilmesi için literatürde birçok çalışma yapılmıştır. Alt işveren seçimine ilişkin literatürde yapılan çalışmalara bakıldığında yapılan çalışmaların başta inşaat sektörü olmak üzere birçok farklı alanda yapıldığı tespit edilmiştir. 1999 yılında Okoroh ve Torrance tarafından yapılan çalışmada inşaat yenileme projelerinde alt yüklenicinin risk unsurlarını analiz etmek için bir model sunulmuştur. Yapılan çalışmada alt yüklenici seçme ve atama modeli bulanık mantık kullanılarak oluşturulmuştur. Shiau, Tsai,, Wang ve Huang'ın yapmış oldukları çalışmada (2003) Tayvan'ın inşaat endüstrisinde alt işveren seçimi için kriterler oluşturmuş ve analitik hiyerarşi süreci modelini kullanarak inşaat kalitesi, program kontrolü, inşaat kabiliyeti, yönetim koordinasyonu, güvenli yönetim, sermaye, mali durum, bankacılık geçmişi, tahkim tarihi, iş değerlendirmesi, itibar durumu, ticaret geçmişi ve bölgesel durum gibi taşeron seçim kriteri oluşturarak ağırlıklarını hesaplamışlardır. İnşaat sektörünün en önemli aşamalardan biri ihale sürecidir. İhale sürecinde, ilgili alt işler için en uygun alt yüklenicilerin seçilmesi, genel proje performansı için oldukça kritiktir. Alt yüklenicilerin seçim sürecinde çeşitli faktörleri dikkate alınmalıdır. Üretim kalitesi, verimlilik, kalifiye elemanların istihdamı, şirketin itibarı, şirkete erişilebilirlik, işin zamanında tamamlanması ve benzeri faktörler örnek olarak verilebilir (Arslan, 2008). İnşaat projelerinde yapılan işlerin büyük bir bölümünü taşeronlar gerçekleştirmektedir. Bu nedenle, doğru alt yüklenicinin seçilmesi, projenin başarısına esasen katkıda bulunur. Singapur'daki ana yüklenicilerin alt yüklenici seçim sürecindeki fiyat, teknik bilgi, kalite ve iş birliği olarak belirlenen dört kriterin göreceli önemini incelemek için yapılan araştırmada ana yükleniciler çok kriterli bir seçim sürecini benimsemelerine ve dört kriteri de seçim kararları için önemli olarak algılamalarına rağmen fiili seçim durumunda fiyatın açık ara en önemli seçim kriteri olduğunu ve bunu kalite, iş birliği ve teknik bilginin izlediğini ortaya çıkarmıştır (Hartmann ve diğ., 2009). İran'da inşaat sektöründe alt işveren seçimine yönelik yapılan çalışmada maliyet, kalite, zaman

ve yeterlilik ana tercih kriteri olarak belirlenmiş ve bu doğrultuda alt kriterler oluşturularak bulanık mantıkta çok kriterli karar verme yöntemi ile kriter ağırlıkları belirlenmiştir (Abbasianjahromi ve diğ., 2013).

Birçok inşaat projesinde işlerin %80-90'ı taşeron tarafından gerçekleştirilir. Projenin başarısı büyük ölçüde alt işveren performansına bağlı olduğundan, doğru iş için doğru alt işveren seçmek çok önemlidir. Ana yükleniciler genellikle en düşük teklif fiyatını veren alt yüklenicileri seçme eğilimindedir. Ancak vasıfsız ve yetersiz finanse edilen taşeronlarla çalışmak verimsizliklere ve başarısızlıklara neden olabilir (Polat, 2016). Polat'ın (2016) yapmış olduğu çalışmada analitik hiyerarşi süreci modelini kullanarak kriter ağırlıklarını belirlemiş, tam sıralama elde etmek ve kriterlerin ağırlıklarını değiştirerek duyarlılık analizi yapmak için PROMETHEE metodunu kullanmıştır.

Büyük çaplı projeler yapısı itibarı ile çok fazla iş gücü gerektirmesi, makine teçhizat ve diğer yatırımların planlarının yapılması ve planlananların gerçekleştirilmesi bakımından diğer küçük ve orta çaplı projelere göre çok daha fazla risk taşımaktadırlar. Bu nedenle büyük çaplı projelerde proje yürütülmesi aşamasında proje ile ilgi tüm süreçlerde kısa sürede hızlı, doğru, etkili ve uygulanabilir özelliklere sahip kararlar vermesi gerekmektedir. Büyük çaplı projelerde projenin başarısı için doğru alt işvereni seçmek büyük önem arz etmektedir (Rençber ve Kazan, 2014). Rençber ve Kazan tarafından yapılan çalışmada üretim yeteneği, organizasyon yeteneği, yönetim yeteneği ana kriterleri oluştururken hız, kalite, maliyet, güvenilirlik, risk, esneklik, liderlik, personel yeterliliği, ekip çalışması, yönetim tipi, kalite belgeleri, teknolojik yeterlilik, finansal yeterlilik, iş deneyimi ise alt kriter olarak belirlenmiştir. Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi kullanılarak kriterlere ilişkin analiz yapılmış ve analiz sonucunda olarak ana kriterlerden üretim yeteneğinin, alt kriterlerinden ise kalite, liderlik ve iş deneyimi kriterlerinin birinci derecede önemli oldukları tespit edilmiştir (Rençber ve Kazan, 2014).

Alt yüklenici seçiminin iki önemli amacı vardır. İlk amacı şirketin alt yüklenicilerle iş birliğine giderek karlılığı arttırması. İkinci amacı ise nitelikli alt işvereni işletmeye kazandırarak projenin operasyonel hedeflerine ulaşmasını sağlamak (Husin, 2017). Husin (2017) yapmış olduğu çalışmada Yapay Sinir Ağları yöntemini kullanarak analizlerini gerçekleştirmiştir. yapılan analizde alt yüklenici güvenilirliği, fiyatlandırma, teknik yetenekler, teslim süresi, referansları ana kriterleri oluştururken, yönetim yetenekleri, kalite sistemi, ISO ve benzeri sertifikalar, kalite güvencesi, finansal istikrar, bilanço , banka garantisi, tesisler, nakliye, ekipman, sözleşme güvenilir, proje deneyimi, proje başarısı, sigortanın türü, tutarı, derneklere kayıtlı, şirket yasal,

teklif fiyatı, ödeme yöntemleri, personelin uzmanlığı, çalışma yöntemlerinde uzmanlaşma, gibi kriterlerde alt kriterleri oluşturmaktadır.

Düşük kaliteli alt işverenlerce yürütülen projeler çoğunlukla zaman ve masraf aşımalarına, işin yeniden yapılmasına, çatışmalara ve müşterilerin memnuniyetsizliğine yol açmaktadır (Ulubeyli ve diğ., 2017). Ulubeyli ve diğ. (2017) tarafından yapılan araştırmada alt yüklenici seçim kriterleri ve aşamaları için bulanık önem ağırlıkları ve sıralamaları anket yöntemi ile toplanan verilerin analizi sonucu elde edilmiştir. Genel ve benzer proje tecrübesi, geçmişte beraber çalışılması, kişisel ilişkinin varlığı, mevcut ve muhtemel iş yükü, saygınlık, geçmiş projelerdeki hukuki davalar, geçmiş projelerdeki performans düzeyi, finansal kapasite, merkez ofisten uzaklık, geçmişteki iş güvenliği performansı seçim kriterleri olarak belirlenmiştir.

Koçak, Kazaz ve Ulubeyli'nin yapmış olduğu çalışmada katkı oranı değerlendirme yöntemi kullanılarak alt yüklenicilerin doğru şekilde belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada 8 farklı aday 11 kritere göre değerlendirilmiştir. Kriterler alt işverene yönelik geçmiş yıllarda yapılan çalışmalardan faydalanılarak en sık kullanılan kriterlerin kullanım sıklığına göre sıralanması ile oluşturulmuştur. Sırası ile bu kriterler fiyat, performans geçmişi, kalite, teknik yetenek, finansal durum, teslimat süresi, sağlık ve güvenliğe ilişkin veriler, yönetim, üretim ve kapasite, konum olarak belirlenmiştir (Koçak ve diğ., 2018) Alt yüklenici seçim problemlerinde avantaja göre seçme yöntemi ile verilen bir dizi alt yüklenici seçeneği arasından en iyi alternatifin seçilmesi amaçlanmaktadır. Bu bakış açısıyla, çalışma, benzer işleri yapan ve tünel açma işlerinde uzmanlaşmış üç taşeron alternatifi belirlemiştir. Avantajları, tanımlanmış çeşitli faktörlere ve niteliklere göre listelenmiştir. Son olarak en avantajlı olan seçilmiştir (Demirkese ve Bayhan, 2019). Septian (2021) tarafından yapılan çalışmada alt yüklenici seçim kriterlerinin analizi Analitik Ağ Süreci Yöntemi ile yapılmış ve sırası ile fiyat, malzeme, uygulama yönetimi, uygulama süresi ve sahip olunan sertifikalar en yüksek ağırlığa sahip kriterler olarak belirlenmiştir.

3.6. Araştırma Yönteminin Belirlenmesi

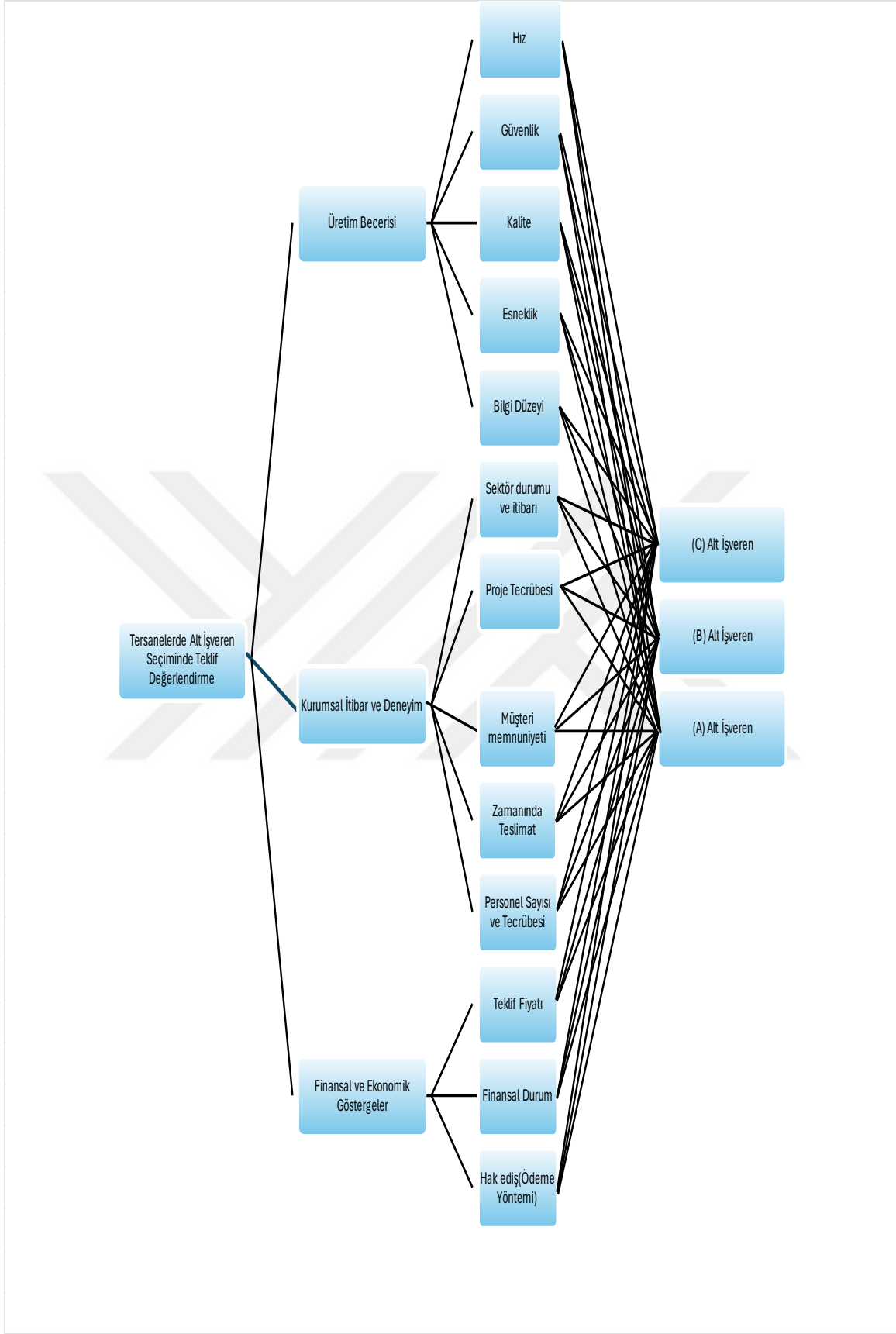
Literatürde yapılan çalışmalarda alt işveren seçimine ilişkin birçok çalışma yapılmış ve bunların önemli bir bölümü inşaat sektörü ile ilgili olduğu tespit edilmiştir. Gemi inşa sektöründe alt işveren ile ilgili çalışmalar yapılmış fakat alt işveren seçimine ilişkin yapılan bir çalışma bulunmamaktadır. Başlangıç olarak alt işveren seçiminin yapılması amacı ile alt işveren seçim kriterlerinin belirlenebilmesi gerekmektedir. Yapılacak olan çalışmada anket yöntemi ile araştırma verilerinin toplanması amaçlanmıştır. Gemi inşa sanayide alt işveren seçimine

yönelik çalışma yapılmamış olmasından dolayı kriter belirleme işlemine ilk olarak önceki çalışmalarda yer alan kriterlerin gemi inşa alanı ile ilişkilendirilmesi ve sonrasında da mevcut ve yeni kriterler için gemi inşa alanında çalışmakta olan uzmanların görüşlerine başvurularak üretim becerisi, kurumsal itibar ve deneyim, finansal ve ekonomik göstergeler olarak üç ana kriter oluşturulmuştur. Üretim becerisinin alt kriterleri olarak hız, güvenlik, kalite, esneklik, bilgi düzeyi olmak üzere 5 alt kriter oluşturulmuştur. Kurumsal itibar ve deneyimin alt kriterleri ise sektör durumu ve itibarı, proje tecrübesi, müşteri memnuniyeti, zamanında teslimat, personel sayısı ve tecrübesi olarak 5 alt kriter oluşturulmuştur. Son olarak finansal ve ekonomik göstergeler ana kriterinin altında teklif fiyatı, finansal durum ve hak ediş olmak üzere 3 alt kriter belirlenmiştir. Kriterler arası ilişki Şekil 3.2’de gösterilmiştir. Belirlenmiş olan kriterlerin önceliklerinin tespiti için ana ve alt kriterler kendi aralarında karşılaştırılması amaçlanmış ve bu amaç doğrultusunda anket formu hazırlanarak bulanık AHS yöntemi ile ana ve alt kriterler kendi aralarında karşılaştırılması yapılmıştır. Bulanık AHS’de Chang yöntemine göre kullanılan ölçek Tablo 3.1’deki gibidir.

Tablo 3.1 AHS’de bulanık önem ölçeği

Sözel Önem	Bulanık Ölçek	Karşılıklı Ölçek
Eşit önemli	(1,1,1)	(1/1,1/1,1/1)
Biraz daha fazla önemli	(1,3,5)	(1/5,1/3,1/1)
Kuvvetli derecede önemli	(3,5,7)	(1/7,1/5,1/3)
Çok kuvvetli derecede önemli	(5,7,9)	(1/9,1/7,1/5)
Tamamıyla önemli	(7,9,9)	(1/9,1/9,1/7)

Kaynak: Kaptanoğlu ve Özok, 2006



Şekil 3.2. Araştırma modeli

3.7. Araştırma Yöntemine İlişkin Verilerinin Toplanması

Araştırmada kullanılacak verileri toplamak amacı ile alt işveren seçimi için önceden belirlenmiş olan ana ve alt kriterlere ilişkin anket formu oluşturulmuştur. Oluşturulmuş olan anket formu yargısal örneklem yöntemi kullanılarak Yalova Altınova bölgesinde faaliyet gösteren 37 adet tersaneden en fazla üretim ve istihdam sağlayan 10 tersanede çalışan uzman ve yöneticilere değerlendirmeleri için sunulmuştur. Bu tersanelerde çalışan 43 adet uzman ve yönetici tarafından anketlerimiz cevaplanmıştır.

3.7. Araştırmaya İlişkin Verilerin Analizi ve Yorumlanması

Araştırma verisini elde etme amaçlı yapılan 43 anket Microsoft Excel'den yararlanılarak Bulanık AHS formülleri yardımı ile analize tabi tutulmuştur. Analize tabi tutulan anketlerden ikili karşılaştırma ile elde edilen veriler sonucunda 9 anketin tutarlılık oranlarının 0,1'in üzerinde olması sebebiyle anketler tutarsız kabul edilmiş ve araştırmaya dahil edilmemiştir. Araştırmaya dahil edilen 34 anket formundan elde edilen verilere ilişkin sonuçlara baktığımızda başlangıç olarak tek bir uzman görüşüne ilişkin değerlendirme sonucu örnek olarak aşağıda verilmiş olup sonrasında tüm uzmanların ortak görüşünü yansıtmak için tüm uzman görüşü sonuçlarına ilişkin matrislerin geometrik ortalaması alınarak tekrar analize tabi tutulmuş ve analiz sonucuna göre ana ve alt kriterlerin önem dereceleri sıralanmıştır.

3.7.1. Uzman 1 için ikili karşılaştırma matrisleri, ağırlıklar ve sıralamalar

Alt işveren seçimi için oluşturulmuş olan Üretim Becerisi (ÜB), Kurumsal İtibar ve Deneyim (KİD), Finansal ve Ekonomik Göstergeler (FEG) ana kriterlerinin ikili olarak karşılaştırılmasına ilişkin Uzman 1 görüşüne ait matris Tablo 3.2'de görülmektedir. Analiz sonucu elde edilen genişletilmiş ve toplam integral yöntemleri ile hesaplanan ağırlıklar ve sıralamalar ise Tablo 3.3'de verilmiştir.

Tablo 3.2. (Uzman 1) Ana kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi

Ana Kriterler	ÜB			KİD			FEG		
ÜB	1	1	1	5	3	1	7	5	3
KİD	1	1/3	1/5	1	1	1	5	3	1
FEG	1/3	1/5	1/7	1	1/3	1/5	1	1	1

Tablo 3.3. (Uzman 1) Ana kriterlerin Ağırlıkları ve Sıralamaları

Ana Kriterler	Ağırlıklar		Sıralama
	Geniştirilmiş Analiz	Toplam İntegral	
ÜB	1,000000000	0,594565052	1
KİD	0,000000000	0,293853803	2
FEG	0,000000000	0,111581145	3

Yapılan analiz sonucunda tutarlılık oranı (CR) 0,04 çıktığı için sonuç tutarlı kabul edilmiştir. Tablo 3.3 incelendiğinde Üretim Becerisi uzman birin görüşüne göre 0,59456 toplam integral değeri ile alt işveren seçiminde ne önemli ana kriter olduğu, Kurumsal İtibar ve Deneyimin ise 0,29385 toplam integral değeri ile ikinci en önemli ana kriter olduğu gözükmemektedir. Finansal ve Ekonomik Göstergeler ise 0,11158 toplam integral değeri ile Alt işveren seçiminde üçüncü ana kriter olduğu uzman 1 tarafından değerlendirilmiştir.

Bir sonraki adımda Uzman 1 tarafından değerlendirilmiş üretim becerisi ana kriteri altında yer alan hız (HI), güvenlik (GÜ), kalite (KA), esneklik (ES), bilgi düzeyi (BD) alt kriterlerine ait ikili karşılaştırma matrisi ile kriterlere ait genişletilmiş analiz ve toplam integral ağırlıkları Tablo 3.4 ve Tablo 3.5'te verilmiştir. Tabloya ait tutarlılık oranı (CR) 0,07 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3.4. (Uzman 1) Üretim becerisi ana kriterine ait alt kriterlerin karşılaştırma matrisi

ÜB	HI			GÜ			KA			ES			BD		
HI	1	1	1	0,33	0,20	0,14	1,00	0,33	0,20	5	3	1	1	0,33	0,20
GÜ	7	5	3	1	1	1	1	1	1	9	7	5	5	3	1
KA	5	3	1	1	1	1	1	1	1	7	5	3	5	3	1
ES	1	0,33	0,20	0,20	0,14	0,11	0,33	0,20	0,14	1	1	1	0,14	0,11	0,11
BD	5	3	1	1	0,33	0,20	1	0,33	0,20	9	9	7	1	1	1

Tablo 3.5. (Uzman 1) Üretim becerisi alt kriterlerinin ağırlıkları ve sıralamaları

ÜB Alt Kriterleri	Ağırlıklar		Sıralama
	Genişletilmiş Analiz	Toplam İntegral	
Hız	0,000000000	0,100407923	4
Güvenlik	1,000000000	0,337114725	1
Kalite	0,000000000	0,255721627	3
Esneklik	0,000000000	0,038836646	5
Bilgi Düzeyi	0,000000000	0,267919079	2

Tablo 3.5 incelendiğinde üretim becerisi alt kriterleri içinde Uzman 1'in görüşüne göre ilk sırada olan 0,337114725 toplam integral değeri ile güvenlik kriteridir. Güvenlik kriterinden sonra sırası ile bilgi düzeyi (0,267919079), kalite (0,255721627), hız (0,100407923) ve esneklik (0,038836646) kriterleri gelmektedir.

Kurumsal itibar ve deneyim ana kriteri altında yer alan sektör durumu ve itibarı (SDİ), proje tecrübesi (PT), müşteri memnuniyeti (MM), zamanında teslimat (ZT), personel sayısı ve tecrübesi (PST) alt kriterlerine ait Uzman 1 tarafından yapılan ikili karşılaştırma matrisi ile kriterlere ait genişletilmiş analiz ve toplam integral ağırlıkları Tablo 3.6 ve Tablo 3.7'da verilmiştir. Tabloya ait tutarlılık oranı (CR) 0,05 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3.6. (Uzman 1) Kurumsal itibar ve deneyim ana kriterine ait alt kriterlerin karşılaştırma matrisi

KİD	SDİ			PT			MM			ZT			PST		
SDİ	1	1	1	1	0,33	0,20	0,33	0,20	0,14	0,14	0,11	0,11	1	0,33	0,20
PT	5	3	1	1	1	1	0,33	0,20	0,14	0,14	0,11	0,11	1	1	1
MM	7	5	3	7	5	3	1	1	1	1	0,33	0,20	7	5	3
ZT	9	9	9	9	9	9	5	3	1	1	1	1	7	9	9
PST	5	3	1	1	1	1	1/3	1/5	1/7	1/9	1/9	1/9	1	1	1

Tablo 3.7. (Uzman 1) Kurumsal itibar ve deneyim ana kriterine ait alt kriterlerin ağırlıkları ve sıralamaları

KİD Alt Kriterleri	Ağırlıklar		Sıralama
	Genişletilmiş Analiz	Toplam İntegral	
Sektör durumu ve itibarı	0	0,037586981	5
Proje Tecrübesi	0	0,088607996	4
Müşteri memnuniyeti	0	0,273594493	2
Zamanında Teslimat	1	0,511524329	1
Personel sayısı ve tecrübesi	0	0,088686201	3

Tablo 3.7 incelendiğinde zamanında teslimat 0,511524329 toplam integral değeri ile zamanında teslimat kurumsal itibar ve deneyim ana kriteri altındaki en önemli alt kriter olduğu gözlemlenmektedir. Müşteri memnuniyeti 0,273594493 toplam integral değeri ile ikinci en önemli alt kriter olduğu ortaya çıkmıştır. Personel sayısı ve tecrübesi 0,088686201 toplam integral değerleri ile üçüncü alt kriter, proje tecrübesi 0,088607996 toplam integral değeri ile dördüncü en önemli kriter, sektör durumu ve tecrübesi 0,037586981 toplam integral değeri ile beşinci önemli alt kriter olarak Uzman 1 tarafından değerlendirilmiştir.

Uzman 1 tarafından değerlendirilen son kriterler ise Finansal ve Ekonomik Göstergeler (FEG) ana kriterinin altında yer alan Teklif Fiyatı (TF), Finansal Durum (FD) ve Hak Ediş (HE) alt kriterleridir. Kriterlere ait ikili olarak karşılaştırılma matrisi Tablo 3.8’de görülmektedir. Analiz sonucu elde edilen genişletilmiş ve toplam integral yöntemleri ile hesaplanan ağırlıklar ve sıralamalar ise Tablo 3.9 verilmiştir.

Tablo 3.8. (Uzman 1) Finansal ve ekonomik göstergeler ana kriterine ait alt kriterlerin karşılaştırma matrisi

FEG	TF			FD			HD		
TF	1	1	1	7,00	5,00	3,00	5,00	3,00	1,00
FD	1/3	1/5	1/7	1	1	1	1,00	1,00	1,00
HE	1,00	1/3	1/5	1,00	1,00	1,00	1	1	1

Tablo 3.9. (Uzman 1) Finansal ve ekonomik göstergeler ana kriterine ait alt kriterlerin ağırlıkları ve sıralamaları

FEG alt kriterleri	Ağırlıklar		Sıralama
	Genişletilmiş Analiz	Toplam İntegral	
Teklif Fiyatı	1,000000000	0,650065837	1
Finansal Durum	0,000000000	0,166949898	3
Hak Ediş	0,000000000	0,182984265	2

Yapılan analiz sonucunda tutarlılık oranının (CR) 0,03 olduğu tespit edilmiştir. 0,1'in altında olduğu için sonuç tutarlıdır. Tablo 3.9'e baktığımızda teklif fiyatı 0,65006 toplam integral değeri ile finansal ekonomik göstergeler ana kriteri altındaki en önemli alt kriter olarak Uzman 1 tarafından değerlendirilmiştir. Teklif fiyatını sırası ile hak ediş 0,18298 toplam integral değeri, finansal durum 0,16694 toplam integral değeri ile takip etmektedir.

3.7.2. Tüm uzmanlar için ikili karşılaştırma matrisleri, ağırlıklar ve sıralamalar

Alt işveren seçimi için oluşturulmuş olan Üretim Becerisi (ÜB), Kurumsal İtibar ve Deneyim (KİD), Finansal ve Ekonomik Göstergeler (FEG) ana kriterlerinin ikili olarak karşılaştırılmasına ilişkin uzmanların tamamından alınan görüşlere ait matrislerin geometrik ortalaması alınması sonucu elde edilen matris Tablo 3.10 görülmektedir. Analiz sonucu elde edilen genişletilmiş ve toplam integral yöntemleri ile hesaplanan ağırlıklar ve sıralamalar ise Tablo 3.11'de verilmiştir.

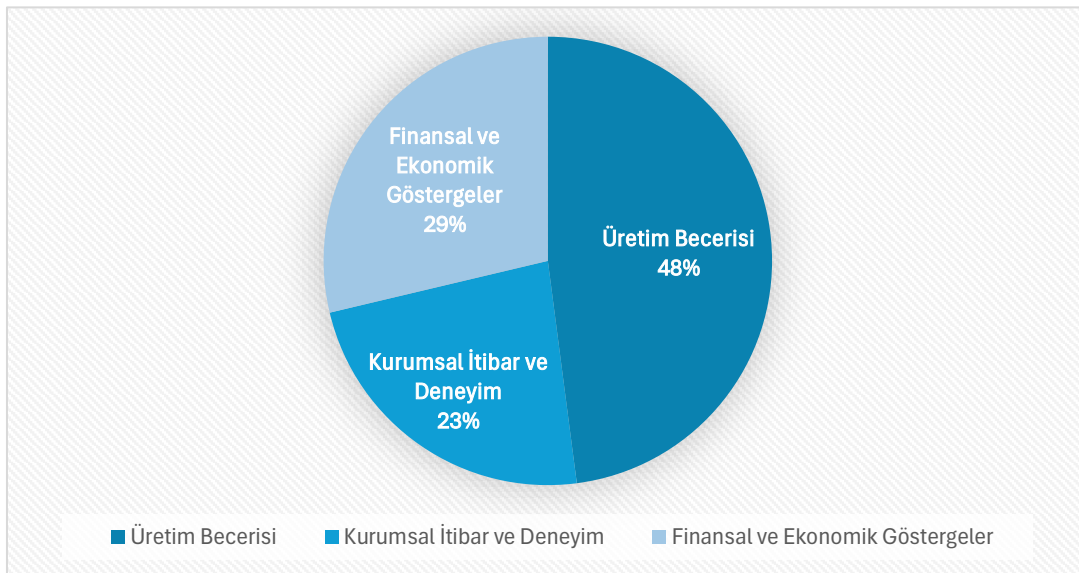
Tablo 3.10. Ana kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi

Ana Kriterler	ÜB			KİD			FEG		
ÜB	1	1	1	3,05	2,09	1,26	2,41	1,73	1,16
KİD	0,80	0,48	0,33	1	1	1	1,23	0,78	0,56
FEG	0,86	0,58	0,42	1,77	1,28	0,81	1	1	1

Tablo 3.11. Ana kriterlerin Ağırlıkları ve Sıralamaları

Ana Kriterler	Ağırlıklar		Sıralama
	Genişletilmiş Analiz	Toplam İntegral	
Üretim Becerisi	1,000000000	0,479360291	1
Kurumsal İtibar ve Deneyim	0,000000000	0,233568250	3
Finansal ve Ekonomik Göstergeler	0,000000000	0,287071459	2

Yapılan analiz sonucunda tutarlılık oranı (CR) 0,00 çıktığı için sonuç tutarlı kabul edilmiştir. Tablo 3.11 incelendiğinde Üretim Becerisi tüm uzmanlardan elde edilen anket verilerinin analizi sonucunda alt işveren seçimine yönelik ana kriterler içerisinde 0,47936 toplam integral değeri ile en önemli kriter olmuştur. İkinci önemli ana kriter ise 0,28707 toplam integral değeri ile Finansal ve Ekonomik Göstergeler olmuştur. Kurumsal İtibar ve Deneyim ise 0,23356 toplam integral değeri ile üçüncü en önemli ana kriter olmuştur. Tablodaki verilere ilişkin yüzdelerik önem dağılım grafiği Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3. Ana kriterlerin önem dağılımı

Uzmanların tamamı tarafından değerlendirilmiş olan üretim becerisi ana kriteri altında yer alan hız (HI), güvenlik (GÜ), kalite (KA), esneklik (ES), bilgi düzeyi (BD) alt kriterlerine ait ikili karşılaştırma matrislerinin geometrik ortalaması alınması sonucu elde edilen yeni matris ile

kriterlere ait genişletilmiş analiz ve toplam integral ağırlıkları Tablo 3.12 ve Tablo 3.13’de verilmiştir. Tabloya ait tutarlılık oranı (CR) 0,00 olarak hesaplanmıştır.

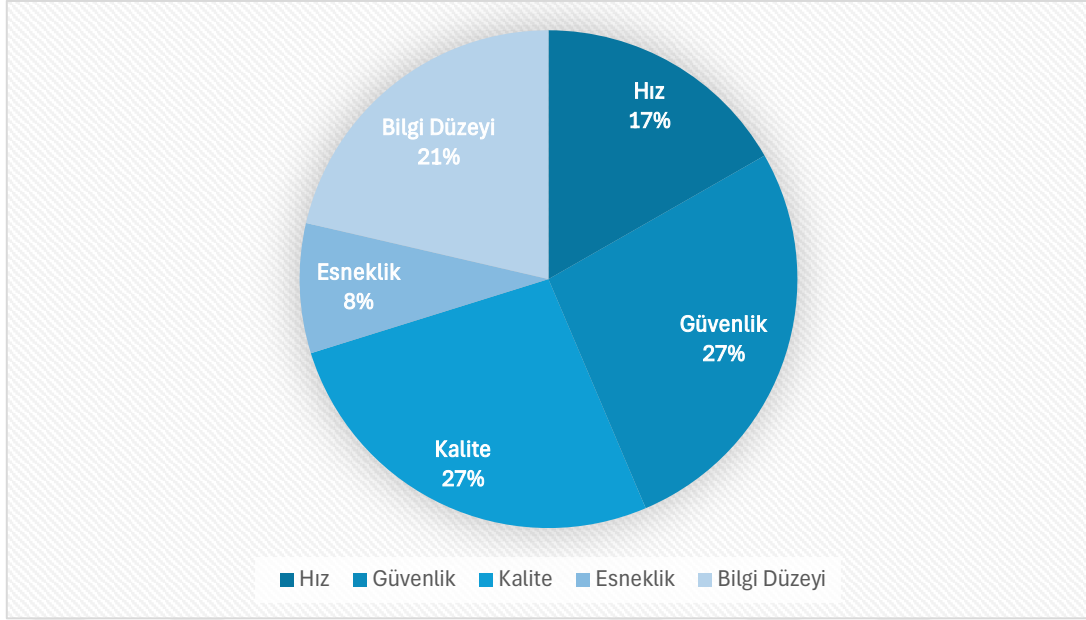
Tablo 3.12. Üretim becerisi ana kriterine ait alt kriterlerin karşılaştırma matrisi

ÜB	HI			GÜ			KA			ES			BD		
HI	1	1	1	3,1	2,1	1,2	2,4	1,7	1,1	1	1	1	3,1	2,1	1,2
GÜ	0,8	0,4	0,3	1	1	1	1,2	0,7	0,5	0,8	0,4	0,3	1	1	1
KA	0,8	0,5	0,4	1,7	1,2	0,8	1	1	1	0,8	0,5	0,4	1,7	1,2	0,8
ES	1	1	1	3,1	2,1	1,2	2,4	1,7	1,1	1	1	1	3,1	2,1	1,3
BD	0,8	0,5	0,3	1	1	1	1,2	0,7	0,6	0,8	0,5	0,3	1	1	1

Tablo 3.13. Üretim becerisi alt kriterlerinin ağırlıkları ve sıralamaları

ÜB Alt Kriterleri	Ağırlıklar		Sıralama
	Genişletilmiş Analiz	Toplam İntegral	
Hız	0,000000000	0,167332809	4
Güvenlik	1,000000000	0,268763879	1
Kalite	0,000000000	0,265799474	2
Esneklik	0,000000000	0,084317456	5
Bilgi Düzeyi	0,000000000	0,213786382	3

Tablo 3.13 incelendiğinde Üretim Becerisi alt kriterleri içinde yer alan Güvenlik kriteri 0,26876 toplam integral değeri ile en önemli kriter olduğu gözükmemektedir. Üretim Becerisinin diğer alt kriterlerine baktığımız Kalite kriteri 0,26579 toplam integral değeri ile ikinci, Bilgi Düzeyi 0,21378 toplam integral değeri ile üçüncü Hız 0,16733 toplam integral değeri ile dördüncü, Esneklik 0,08431 toplam integral değeri ile beşinci önemli kriter olduğu ortaya çıkmıştır. Tablodaki verilere ilişkin yüzdelik önem dağılım grafiği Şekil 3.4’te verilmiştir.



Şekil 3.4. Üretim becerisi alt kriterlerinin yüzdelik dağılım grafiği

Kurumsal itibar ve deneyim ana kriteri altında yer alan sektör durumu ve itibarı (SDİ), proje tecrübesi (PT), müşteri memnuniyeti (MM), zamanında teslimat (ZT), personel sayısı ve tecrübesi (PST) alt kriterlerine ait tüm uzmanlar tarafından değerlendirme sonucu oluşturulmuş olan matrislerin geometrik ortalaması alınarak oluşturulan matris Tablo 3.14’de yer almaktadır. Matristen elde edilen verilerle hesaplanmış olan kriterlere ait genişletilmiş analiz ve toplam integral ağırlıkları Tablo 3.15’te verilmiştir. Tabloya ait tutarlılık oranı (CR) 0,001 olarak hesaplanmıştır.

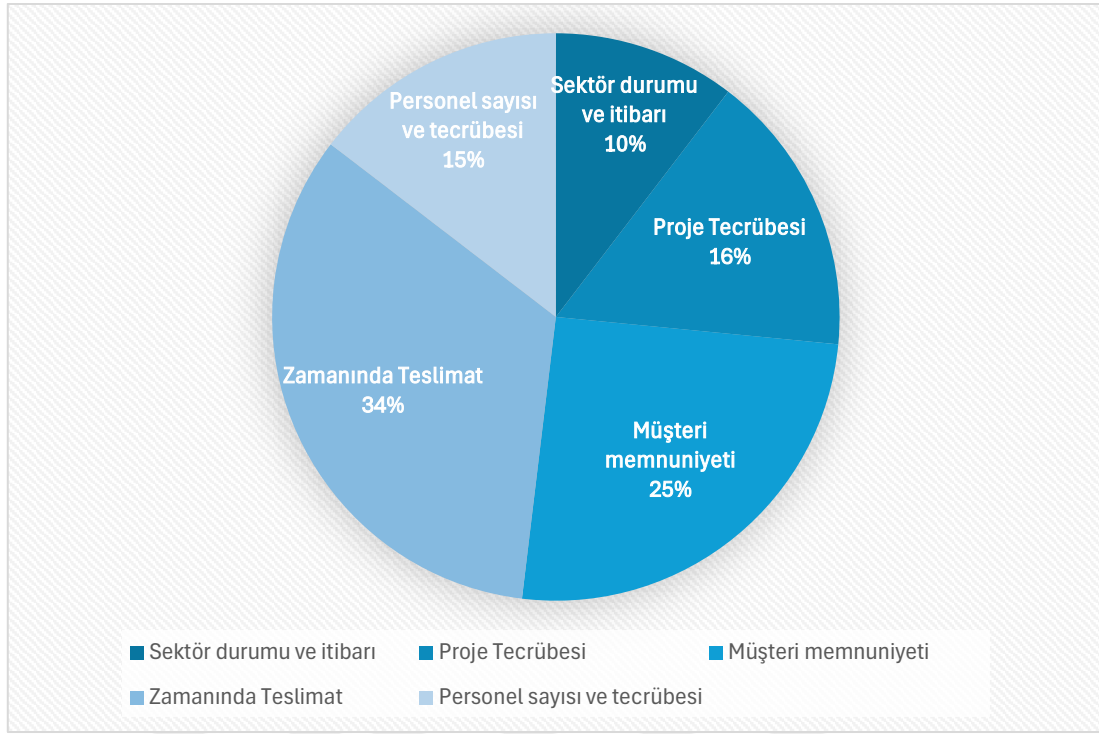
Tablo 3.14. Kurumsal itibar ve deneyim ana kriterine ait alt kriterlerin karşılaştırma matrisi

KİD	SDİ			PT			MM			ZT			PST		
SDİ	1	1	1	1,13	0,68	0,45	0,61	0,38	0,28	0,46	0,28	0,20	1,21	0,69	0,41
PT	2,23	1,47	0,89	1	1	1	0,96	0,64	0,46	0,74	0,47	0,33	1,86	1,24	0,76
MM	3,61	2,67	1,64	2,16	1,57	1,04	1	1	1	1,03	0,78	0,62	2,40	1,71	1,13
ZT	4,89	3,60	2,15	3,00	2,13	1,36	1,60	1,28	0,98	1	1	1	2,84	2,25	1,64
PST	2,44	1,46	0,83	1,32	0,81	0,54	0,89	0,59	0,42	0,61	0,44	0,35	1	1	1

Tablo 3.15. Kurumsal itibar ve deneyim ana kriterine ait alt kriterlerin ağırlıkları ve sıralamaları

KİD Alt Kriterleri	Ağırlıklar		Sıralama
	Genişletilmiş Analiz	Toplam İntegral	
Sektör durumu ve itibarı	0,000000000	0,103961055	5
Proje Tecrübesi	0,000000000	0,161416654	3
Müşteri memnuniyeti	0,000000000	0,253679703	2
Zamanında Teslimat	1,000000000	0,335080672	1
Personel sayısı ve tecrübesi	0,000000000	0,145861916	4

Tablo 3.15 incelendiğinde Zamanında Teslimat 0,33508 toplam integral değeri ile Kurumsal İtibar ve Deneyim ana kriteri altında yer alan en önemli alt işveren seçim kriteri olduğu gözükmemektedir. Müşteri memnuniyeti 0,25367 toplam integral değeri ile ikinci en önemli alt kriter olduğu ortaya çıkmıştır. Proje tecrübesi 0,16141 toplam integral değerleri ile üçüncü, Personel Sayısı ve Tecrübesi 0,14586 toplam integral değeri ile dördüncü, Sektör Durumu ve Tecrübesi 0,10396 toplam integral değeri ile beşinci önemli alt kriter olduğu Tablo 3.15’te gözükmemektedir. Tablodaki verilere ilişkin yüzdelerik önem dağılımı grafiği Şekil 3.5 verilmiştir.



Şekil 3.5. Kurumsal itibar ve deneyim ana kriterine ait alt kriterleri önem dağılımı

Tüm uzmanlar tarafından değerlendirilen Finansal ve Ekonomik Göstergeler (FEG) ana kriterinin altında yer alan Teklif Fiyatı (TF), Finansal Durum (FD) ve Hak Ediş (HE) alt kriterlerin sonuç matrislerinin geometrik ortalaması sonucu elde edilen yeni matris Tablo 3.16’da görülmektedir. Analiz sonucu elde edilen genişletilmiş ve toplam integral yöntemleri ile hesaplanan ağırlıklar ve sıralamalar ise Tablo 3.17’de verilmiştir. Tutarlılık oranı (CR) 0,00 olarak hesaplanmıştır.

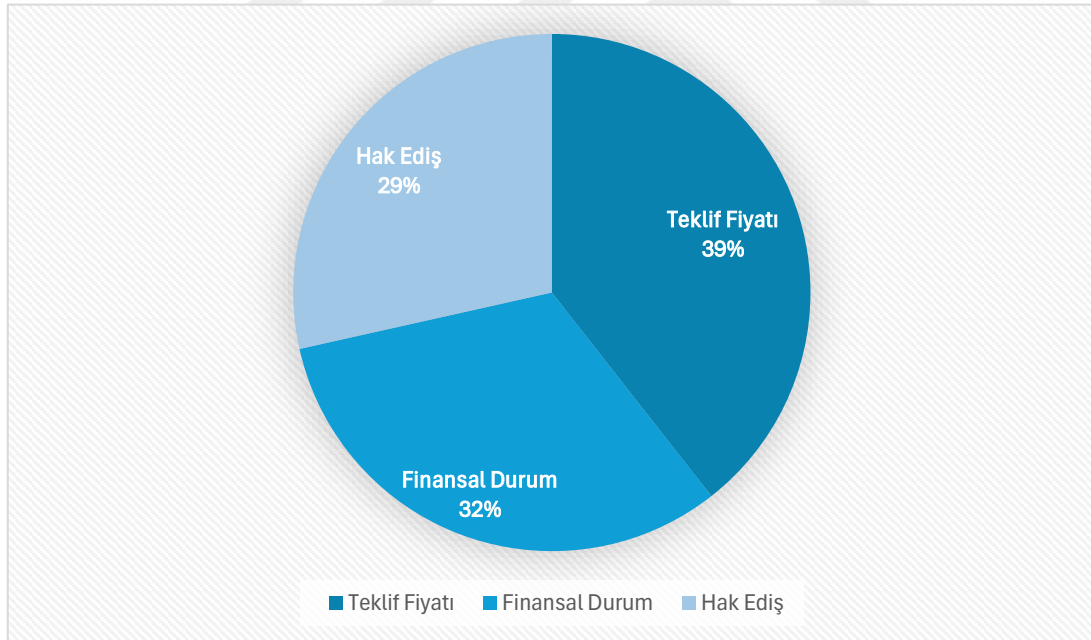
Tablo 3.16. Finansal ve ekonomik göstergeler ana kriterine ait alt kriterlerin karşılaştırma matrisi

FEG	TF			FD			HD		
TF	1	1	1	1,81	1,28	0,84	1,86	1,40	0,93
FD	1,19	0,78	0,55	1	1	1	1,44	1,17	0,87
HE	1,08	0,71	0,54	1,15	0,86	0,69	1	1	1

Tablo 3.17. Finansal ve ekonomik göstergeler ana kriterine ait alt kriterlerin ağırlıkları ve sıralamaları

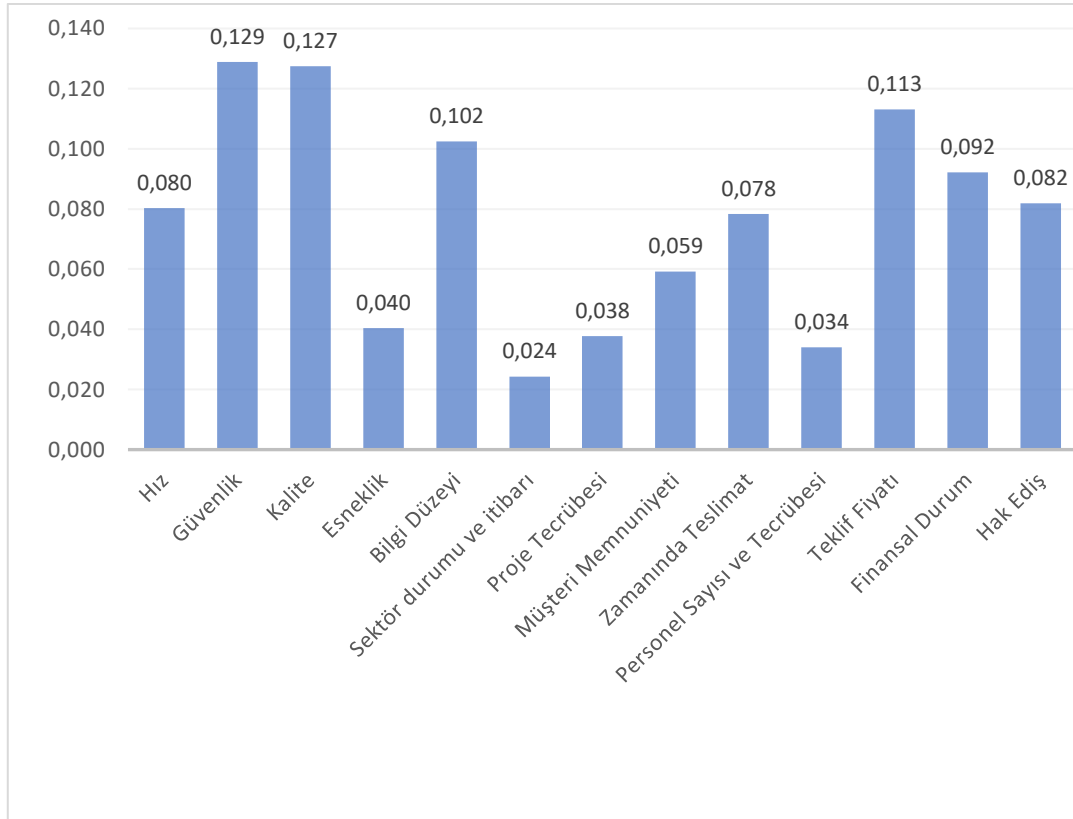
FEG alt kriterleri	Ağırlıklar		Sıralama
	Genişletilmiş Analiz	Toplam İntegral	
Teklif Fiyatı	1,000000000	0,394215718	1
Finansal Durum	0,000000000	0,320763790	2
Hak Ediş	0,000000000	0,285020492	3

Tablo 3.17’deki verilere baktığımızda teklif fiyatı 0,39421 toplam integral değeri ile finansal ekonomik göstergeler ana kriteri altındaki en önemli alt kriter olarak değerlendirilmiştir. Teklif Fiyatını sırası ile Finansal Durum 0,32076 toplam integral değeri, Hak Ediş 0,16694 toplam integral değeri ile takip etmektedir. Tablodaki verilere ilişkin yüzdelik önem dağılımı Grafik-verilmiştir.



Şekil 3.6. Finansal ve ekonomik göstergeler ana kriterine ait alt kriterleri önem dağılımı

Elde ettiğimiz verilerin sonucunda Alt İşveren Seçimi için kullanılacak olan tüm ana kriterlere ait alt kriterlerin önem dercesine göre ağırlık grafiği Şekil 3.7’de verilmiştir.



Şekil 3.7. Tüm ana kriterlere ait alt kriterlerin önem dercesine göre ağırlık dağılımı

Şekil 3.7 incelendiğinde tersanelerde alt işveren seçimi için en önemli alt kriterin % 12,9'luk bir oranla Güvenlik Kriteri olduğu gözükmemektedir. %12,7'lik bir değerle Kalite alt kriteri de Güvenlik alt kriterine yakın bir oranda önem arz etmektedir. Üçüncü en önemli alt kriter ise % 11,3 ile Teklif Fiyatı alt kriteri olduğu yapılan analiz sonucu ortaya çıkmıştır. Bu kriterleri sırası ile %9,2 ile Finansal Durum, %8,2 ile Hak Ediş, % 8 ile Hız, % 7,8 ile Zamanında Teslimat, % 5,9 ile Müşteri Memnuniyeti, % 3,8 ile Proje Tecrübesi, % 3,4 ile Personel Sayısı ve Tecrübesi, % 2,4 ile Sektör Durumu ve İtibarı alt kriterleri izlemektedir.

3.7.3. TOPSİS yöntemi kullanarak alt işveren seçimi

Bulanık AHS yöntemiyle elde ettiğimiz alt işveren seçim kriterlerine ait ağırlıklar kullanılarak TOPSİS yöntemi ile tersanede temizlik, yıkama ve iskele işlerinin yürütülmesi için alt işveren seçimine yönelik örnek bir uygulama yapılmıştır. Uygulamada A, B ve C alt işverenlerinin tersane alt işveren seçim birimince daha önce oluşturmuş olduğumuz alt işveren seçim kriterlerine göre değerlendirilmesi istenmiştir. Değerlendirme yapılırken her bir kriter için alt işveren firmalara 1 ile 10 arası bir puan verilmesi beklenmiştir. 1 çok kötü, 10 mükemmel olarak kabul edilecektir. Değerlendirme sonucu elde edilen verilere ilişkin matris Tablo 3.18 yer almaktadır.

Tablo 3.18 Firmaların kriterlere göre değerlendirilmesi

Seçim Kriterleri	A firması	B firması	C firması
Hız	5	3	7
Güvenlik	8	8	8
Kalite	8	8	8
Esneklik	6	7	9
Bilgi Düzeyi	7	8	6
Sektör durumu ve itibarı	8	8	8
Proje Tecrübesi	8	7	6
Müşteri memnuniyeti	10	9	10
Zamanında Teslimat	9	10	8
Personel sayısı ve tecrübesi	8	8	8
Teklif Fiyatı	10	4	8
Finansal Durum	9	9	9
Hak Ediş	8	8	8

Değerlendirme sonucu elde etmiş olduğumuz matris yardımıyla standart karar matrisini Tablo 3.19'deki gibi oluşturulmuştur.

Tablo 3.19 Standart karar matrisi

Kriterler	Alternatifler		
	A	B	C
Hız	0,6196	0,4819	0,6196
Güvenlik	0,2798	0,839254	0,4663
Kalite	0,2798	0,839254	0,4663
Esneklik	0,6196	0,4819	0,6196
Bilgi Düzeyi	0,5987	0,532152	0,5987
Sektör durumu ve itibarı	0,6462	0,502571	0,5744

Proje Tecrübesi	0,6903	0,613572	0,3835
Müşteri memnuniyeti	0,5987	0,598671	0,5322
Zamanında Teslimat	0,6196	0,4819	0,6196
Personel sayısı ve tecrübesi	0,6581	0,658145	0,3656
Teklif Fiyatı	0,5987	0,532152	0,5987
Finansal Durum	0,6013	0,526152	0,6013
Hak Ediş	0,6462	0,502571	0,5744

Standart karar matrisi ve Bulanık AHS'den elde edilen kriter ağırlıkları çarpımı ile ağırlıklı karar matrisi ile pozitif ideal çözüm seti ve negatif ideal çözüm seti Tablo 3.20'deki gibi elde edilmiştir.

Tablo 3.20. Ağırlıklı karar matrisi ile pozitif ideal çözüm seti ve negatif ideal çözüm seti

Kriterler	Alternatifler			Pozitif İdeal Çözüm Seti	Negatif İdeal Çözüm Seti
	A	B	C		
Hız	0,04970	0,03865	0,04970	0,04970	0,03865
Güvenlik	0,03604	0,10813	0,06007	0,10813	0,03604
Kalite	0,03564	0,10693	0,05941	0,10693	0,03564
Esneklik	0,02504	0,01948	0,02504	0,02504	0,01948
Bilgi Düzeyi	0,06135	0,05454	0,06135	0,06135	0,05454
Sektör durumu ve itibarı	0,01569	0,01220	0,01395	0,01569	0,01220
Proje Tecrübesi	0,02602	0,02313	0,01446	0,02602	0,01446
Müşteri memnuniyeti	0,03547	0,03547	0,03153	0,03547	0,03153
Zamanında Teslimat	0,04849	0,03772	0,04849	0,04849	0,03772
Personel sayısı ve tecrübesi	0,02242	0,02242	0,01246	0,02242	0,01246
Teklif Fiyatı	0,06775	0,06022	0,06775	0,06775	0,06022
Finansal Durum	0,05537	0,04845	0,05537	0,05537	0,04845
Hak Ediş	0,05287	0,04112	0,04700	0,05287	0,04112

TOPSİS yönteminin altıncı adımındaki formül yardımı ile C_i^* değeri hesaplaması yapılarak elde edilen sonuca göre alternatiflerin sıralaması yapılır. Tablo 3.20'de görüldüğü gibi alt

işverenlerden C firması ilk seçilecek firma olmalı. C firmasını sırası ile A ve B firmaları takip etmekte.

Tablo 3.21 Alternatiflerin Sıralanması

Alternatifler	Si+	Si-	Si+ + Si-	C_i^*	Sıra
A	0,1014	0,02862	0,13	0,2201	2
B	0,0241	0,10231	0,1264	0,8096	3
C	0,0697	0,04	0,1097	0,3647	1

4. VERİ ZARFLAMA ANALİZİNİ KULLANARAK TERSANE ETKİNLİĞİN ARAŞTIRILMASI

Yapılacak olan çalışma ile veri zarflama analizinden yararlanılarak tersanelerin etkinliğinin belirlenmesi amaçlandığı için bu bölümde başlangıç olarak sıklıkla karıştırılan verimlilik, etkinlik kavramlarının açıklanması ve bir sonraki adımda da veri zarflama analizi ile bu analizde kullanılan literatürde en çok karşılaşılan veri zarflama modelleri hakkında bilgi verilecektir.

4.1. Verimlilik ve Etkinlik Kavramları

Verimliliği anlamak oldukça kolay görünse de terimi çevreleyen karışıklığa neden olan birkaç hata vardır (Tangen, 2002) Verimliliği çevreleyen en yaygın hatalardan biri, üretilen bir ürün veya hizmetin miktarını ifade eden üretim terimi ile eşanlamlı olarak kullanılmasıdır (Tangen, 2002). Bunun bir sonucu olarak insanların üretimdeki bir artışı verimlilikteki bir artışla ilişkilendirir, ki bu mutlaka doğru değildir, çünkü verimlilik göreceli bir kavramdır ve karşılaştırma yapılmadan arttığı veya azaldığı söylenemez. Bununla birlikte, verimliliğin artırılabilmesi beş temel yol vardır: (1) çıktı ve girdi artışında girdideki artışın çıktıdaki artıştan orantılı olarak daha az olduğu da; (2) girdi aynı kalırken çıktı artar; (3) girdi azalırken çıktı artar; (4) girdi azalırken çıktı aynı kalır; ve (5) çıktı azalırken girdi daha fazla azalır (Tangen, 2002). Verimliliği çevreleyen kafa karışıklığını daha da ortadan kaldırmak için, farklı verimlilik türlerini anlamaya ihtiyaç vardır. Kısmi verimlilik ve toplam verimlilik olmak üzere iki verimlilik türü vardır. Kısmi verimlilik, bir girdiyle ilgili çıktı olarak anlaşılırken, toplam verimlilik çoklu girdi ile ilgili çoklu çıktı olarak anlaşılmalıdır (Tangen, 2002).

Bir firmanın etkinliğinden söz edildiğinde, genellikle belirli bir girdi setinden mümkün olduğu kadar çok çıktı üretme başarısı kastedilir. Tüm girdi ve çıktıların doğru bir şekilde ölçülmesi koşuluyla, bu kullanım muhtemelen genel olarak kabul edilecektir (Farrell, 1957). Etkinlik üretim sürecinde kullanılan girdi bileşimlerinden en fazla oranda çıktı elde edilmesi veya elde edilmesi planlanan çıktı miktarı için en az girdi kullanılmasıdır (Cingi ve Tarım, 2000). Başka bir deyişle etkinlik, kaynakların kullanımıyla güçlü bir şekilde ilişkilidir ve verimlilik oranındaki girdiler temel olarak etki eder (Tangen, 2002). Üretim etkinliği, fiilen kullanılan kaynakların miktarına kıyasla istenen işlemleri yürütmek için teorik olarak gerekli olan minimum kaynak seviyesi olarak tanımlanır (Tangen, 2002). Etkinlik ölçümü, kendi etkinliklerini ve verimliliklerini ölçmekte zorluk çeken şirketler, kuruluşlar, firmalar veya tesis operasyonları için kilit bir kavramdır (Shirouyehzad ve diğ., 2012). Herhangi bir

organizasyonun etkinliğini ölçmek için basit denklemler kurularak etkinlik hesaplaması yapılabilir fakat çok girdi ve çok çıktının olduğu organizasyonlarda basit şekilde etkinlik ölçülmesi mümkün değildir. Bu sebeple çok girdi ve çıktı olan organizasyonlarda etkinliğin ölçülmesi içi matematiksel analiz yöntemleri geliştirilmiştir. Literatürde en çok kullanılan yöntemlerden biri veri zarflama analizi yöntemidir.

4.2. Veri Zarflama Analizini Kullanarak Tersanelerin Etkinliğinin Ölçülmesi

Araştırmanın bu bölümünde hem bulunduğu bölge ekonomisine hem de ülke ekonomisine büyük katkısı olan tersanelerin etkinlik araştırması yapılacaktır.

4.2.1. Araştırmanın kapsamı, amacı ve önemi

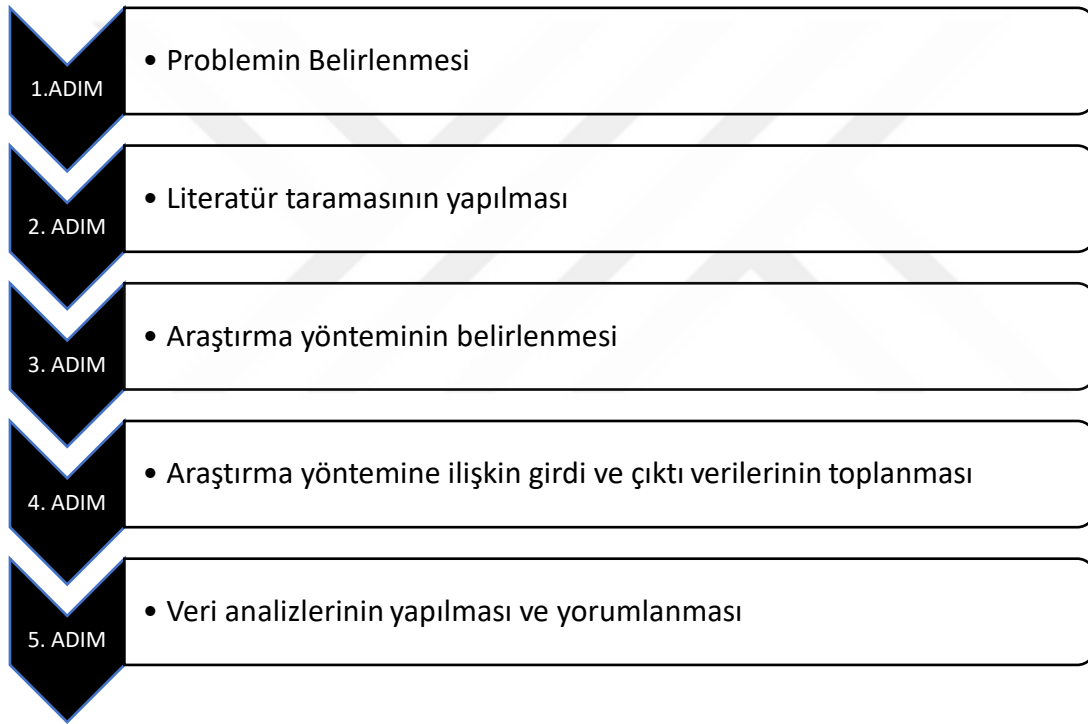
Dünyada deniz taşımacılığında ülkeler arası artan ticaretle birlikte gemi tonaj ve sayılarında da artışlar meydana gelmektedir. Yeni gemilerin inşasıyla bu artışı sağlayan tersaneler mevcut gemilerinde sözleşmeler gereği periyodik kontrollerinin yapılmasının yanı sıra bakım onarım faaliyetlerini de gerçekleştirmektedirler. Ayrıca değişen denizcilik ile ilgili uluslararası sözleşmelere gemilerin uyumunu sağlamak içinde mevcut gemilerde donanım değişikliklerini de gerçekleştirmektedirler. Tersanelerin gerçekleştirdikleri bu üretim faaliyetleri bulundukları bölgede istihdam yaratırken aynı zamanda büyük oranlarda ülkeye döviz girdisi sağlamaktadır. Ülke ekonomilerine önemli derecede katkı sağlayan bu işletmeler bölgesel ve küresel alanda rekabet içinde bulunmaktadır. Tersaneler dünya gemi inşa ve bakım onarım sanayisinden pay alabilmek için içinde bulundukları rekabet ortamında mevcut tesis ve donanımlar kapsamında stratejiler geliştirmektedirler. Bunlardan ilki maliyet liderliği stratejisi. Maliyet liderliği stratejisi rekabette üstünlük sağlayabilmek için işletmenin yer aldığı sektörde en düşük maliyetle üretim gerçekleştirme stratejisi olarak tanımlanabilir (Akingbade, 2014). Diğer bir rakabet stratejisi ise farklılaştırma stratejisidir. Farklılaşma stratejisi; ürünlerin mevcut ürün yelpazesinden teknoloji, tasarım, verilen hizmet ve farklı ürün zenginleştirme yöntemleri ile farklılaştırılmasıdır (Porter, 1980). Porter tarafında tanımlanan diğer bir strateji ise odaklanma stratejisidir. Özellikle son yıllarda ülkemizde rekabetçi üstünlük amacı ile tersanelerimiz tarafından kullanılan stratejilerden biridir. Ülkemizin son yıllarda belirli müşteriler için özel olarak ürettiği yatlar, hizmet ve balıkçı gemileri odaklanma stratejisine örnek olarak verilebilir. Tüm bu rekabet stratejilerine katkı sağlayacak diğer bir etken ise tersanelerin üretim olanaklarında kullandıkları girdiler amaçları doğrultusunda ne kadar doğru kullandıklarını belirleyen etkinlik kavramıdır. Tersaneler mevcut girdileri amaçları doğrultusunda optimum

düzeyde kullanamadığı zaman etkinlikleri azalmakta ve bu durum ise rekabetin yoğun olduğu gemi inşa ve bakım onarım sektöründe iş kayıplarına ve mali kayıplara neden olabilmektedir.

Çalışmamızın bu bölümünde ülkemiz ekonomisi ve bölgesel ekonomi için önemli bir yere sahip olan tersanelerin son 6 yıl içerisindeki yıllara göre etkinlik ölçümlerinin yapılması hedeflenmiştir.

4.2.2. Araştırma modeli

Yapılacak olan çalışmada son 6 yıl içerisindeki tersanelerin mevcut üretim koşulları dikkate alınarak elde edilecek veriler ile etkinliklerinin etkinliğini azaltıcı nedenlerin ortaya çıkarılması hedeflenmektedir. Bu amaç doğrultusunda araştırma modeli aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.



Şekil 4.1. Veri zarflama analizi araştırma modeli

4.2.3. Araştırma probleminin belirlenmesi

İşletmeler mevcut girdilerle en iyi çıktıya ulaştıklarını düşünmektedirler veya en iyi çıktıya ulaşamadıklarının farkında olmalarına rağmen bunun hangi karar verme biriminden kaynaklandığını tespit edememektedirler. Bu durum işletmeler açısından kayıplara neden olmaktadır. Araştırma problemi son 7 yılda gemi inşa sanayimizin yıllara göre etkinliğinde değişim nasıl olmuştur? Bu problemin çözümü için etkinlik ölçümünde literatürde kullanılan matematiksel etkinlik ölçüm yöntemlerinden olan veri zarflama analizi kullanılacaktır.

4.2.4. Veri zarflama analizi kullanılarak tersanelerin etkinliğinin ölçülmesine ilişkin literatür taraması

Florian C. M. Pires Jr ve Thomas Lamb tarafından 2008 yılında yapılan çalışmada gemi inşaa süreçlerinde performans hedeflerinin belirlenmesi amacı ile veri zarflama analizi uygulanmıştır. Çalışma Brezilya'da faaliyet gösteren tersaneler de üretkenliği ve inşaa süresi potansiyelini tahmin etmeyi amaçlanmıştır. Girdi olarak tersane alanı, teknolojik gelişme endeksi belirlenirken çıktı olarak emek verimliliği ve inşaa süresi seçilmiştir.

Hindistan'daki tersanelerin etkinliğini ölçmeye yönelik yapılan çalışmada veri zarflama analizi kullanılarak etkinliğin belirlenmesi hedeflenmiştir. Tersanelerin yıllık geliri çıktı olarak belirlenirken tersane kapasitesi (dwt), inşa edilen geminin maksimum uzunluğu (m) ve toplam çalışan sayısı girdi olarak belirlenmiştir (Chudasama, 2010).

Gemilerin farklı tip ve boyutlarda olması, farklı teknik özelliklere sahip olması nedeniyle inşaa maliyetleri ve değerleri değişebilmektedir. Örnek olarak bir kimyasal tanker taşıma kapasitesi olarak ve büyüklük olarak bir kuru yük gemisinden küçük olabilir fakat taşıyacağı yükün özelliklerine bağlı olarak çok fazla donanım ve teknik özelliğe sahip olması bu tip gemilerin inşaa sürecini uzattığı gibi inşaa maliyetlerini de arttırmaktadır. Dolayısı etkinliğin belirlenmesin tersane üretim kapasitesi (dwt) yeterli olmamaktadır.

Güney Kore'de tersanelerin blok üretim süreçlerinde etkinliğin ölçülmesi amacıyla blok başına harcanan toplam zaman, bekleme süresi girdi, operasyon sayısı ve materyal miktarı çıktı olarak belirlenmiştir (Park ve diğ., 2014).

Hırvatistan tersanelerinin temel performans hedeflerini belirlemeye yönelik 2015 yılında Danijela tarafından veri zarflama analizi kullanılarak yapılan uygulamada çalışanların sayısı, etkin çalışma saati ve toplam harcamalar girdi olarak belirlenirken Cgt tonajı ve gelirler çıktı olarak belirlenmiştir. Tersaneler optimum ölçeklerde çalıştırılarak ve saf teknik verimsizlikler ortadan kaldırılmasıyla ortalama genel teknik verimsizlik %29 oranında azaltılabildiği tespit edilmiştir (Rabar, 2015). Manns Harbour Tersanesi'nin üretkenlik ve etkinliğinin değerlendirilmesi VZA kullanılarak ölçülmesinin hedeflendiği 2018 yılında yapılan çalışmada CCR ve BCC modelleri kullanılarak ölçek etkinliğinin hesaplanmasına olanak tanınmıştır. Çıktı odaklı bir analizle iç işleyişin değerlendirilmesi, verimli bir yenileme süresinin belirlenmesine olanak sağlayacaktır. Ayrıca çıktı odaklılık, tersanedeki mevcut çalışma koşullarına göre verimli operasyonların tanımlanmasına olanak tanır. Bu nedenle yapılan çalışmada çıktı yönelimli veri zarflama analizi modelleri kullanılmıştır. Tersane kapasitesi, çalışan sayısı,

niteliksel faktörler girdi olarak belirlenmiştir. İşgücü verimliliği, yenileme süresi çıktı olarak belirlenmiştir (Mayo ve diğ., 2018).

2020 yılında Chao ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada Çin, Japonya ve Güney Kore'deki tersanelerin etkinliklerinin karşılaştırılması maksadıyla tersane alanı, çalışan sayısı girdi, üretilen gemilere yönelik toplam CGT değeri çıktı olarak belirlenmiş ve sonuç olarak 2014 ve 2015 yıllarındaki verilere göre Japonya ve Güney Kore'deki tersanelerin Çin'deki tersanelere göre daha etkin olduğunu sonucuna varmışlardır.

Tersane işletmeleri için etkinliği ve insan gücü gereksinimlerini potansiyel olarak etkileyebilecek çok sayıda faktör olduğu için bakım ve onarım operasyonları performans hedefleri belirlemek zor olabilir. Niteliksel faktörler, çalışan sayısı, tersane kapasitesi verileri girdi olarak, yenileme zamanı ve iş gücü verimliliğine ait veriler çıktı olarak kullanılarak veri zarflama analizi yardımıyla çeşitli bakım ve onarım operasyonlarının etkinlikleri değerlendirilebilir (Mayo ve diğ., 2020).

Dördüncü sanayi devrimi ("Endüstri 4.0"), akıllı teknolojilere yönelik artan bir ihtiyaca neden oldu. Tersaneler bu ihtiyaç doğrultusunda etkinliklerini arttırmak için birçok farklı akıllı teknolojiyi üretim süreçlerinde kullanmaya başladılar. Tersanelerde veri zarflama analizi kullanılarak etkinliği belirlemek için girdi olarak tersane alanı ve çalışan sayısı çıktı olarak inşa edilen gemi (CGT) yerine girdi olarak süreç ile sistem ve otomasyonun çıktı olarak inşa edilen gemi (CGT) değerinin kullanılması daha iyi sonuçlar verecektir (Woo, Jong Hun ve diğ., 2021).

Tersanelerde yer alan kuru havuzların etkinliğinin ölçülmesi yönelik yapılan çalışmada veri zarflama analizi kullanılarak kuru havuzlamaya ilişkin verileri değerlendirilmesi sonucu kuru havuzlarda verimsizlik kaynakları üç ana grup altında toplandığı gözlenmiştir. Bunlar teknik/teknolojik sorunlar, planlama ve organizasyon, olumsuz hava koşulları olarak belirlenmiştir (Rabar ve diğ., 2022)

4.2.5. Araştırmada yönteminin belirlenmesi

Literatürde yapılan çalışmalara bakıldığında tersane etkinliği iç operasyonel bölümlerin etkinliği ve tersane genel etkinliği olarak iki başlık altında incelenmiştir. Her iki etkinlik ölçümünde de çoklu girdi ve çıktılar kullanıldığı gözlenmiştir. Dikkat çeken diğer bir hususta veri zarflama analizlerinde kullanılan gider ve gelirlere ilişkin girdi ve çıktı değerlerinin bir iki araştırma hariç araştırmalarda yer almaması. Bu duruma neden olarak ise tersanelerin rekabet açısından mali verileri paylaşmadıkları araştırmalarda vurgulanmıştır. Bizim yapacağımız araştırmada veri almayı hedeflediğimiz tersanelerden ve bağlı bulundukları birliklerden bu

durum ile ilgili görüş istenmiş ve sonuç olarak mali bilgilerin ülke bazında toplam çıktı değeri olarak paylaşıldığını fakat rekabet açısından her bir tersaneye ait mali bilgilere ilişkin verilerin paylaşılamayacağı yönünde bilgi verilmiştir. Bu sebeple araştırmada girdi ve çıktıya yönelik mali veriler bulunmayacaktır. Araştırmada literatürdeki yapılan diğer çalışmalardan da faydalanılarak Türkiye’de tersanelerin proje kapasitesi ve çalışan sayıları girdi olarak üretim miktarı ve bakım onarım miktarı çıktı olarak belirlenmiştir. Yapılacak olan araştırmada etkinlik ölçümü için veri zarflama analizi yöntemlerinden olan girdi yönelimli CCR modeli kullanılacaktır.

Tablo 4.1. Veri zarflama analizi girdileri ve çıktıları

Analiz Girdileri ve Çıktıları		
	Değişken Açıklaması	Ölçü birimi
Girdiler	Tersane Kapasitesi	Dwt
	İstihdam Edilen İşçi Sayısı	
Çıktılar	Teslim Edilen Gemi ve Yatlar	Dwt
	Bakım Onarım Miktarı	Dwt

4.2.6. Veri toplama

Araştırmada kullanılan girdi ve çıktı değişkenlerine ilişkin verilere Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Tersaneler ve Kıyı Yapıları Genel Müdürlüğüne ait internet sitesinde bulunan istatistiklerden ulaşılmıştır. Bu istatistiklere ilişkin veriler Tablo 4.2’de yer almaktadır.

4.2.7. Araştırmaya ilişkin verilerin analizi ve yorumlanması

Araştırmada veri zarflama analizi modellerinden olan girdi yönelimli CCR yöntemi kullanılarak verilerin Microsoft Exel programı yardımı ile analizi yapılmıştır. Modelde kullanılan girdi ve çıktıları ilişkin bilgiler Tablo 4.2’de verilmiştir. Tablo incelendiğinde tersane kapasitesi ve çalışan sayısı girdi teslim edilen gemi ve yatlar ile bakım onarım miktarı ise çıktı olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.2. Girdi ve çıktılarına ilişkin veriler

	Girdi		Çıktı	
YIL	Tersane Kapasitesi (Milyon Dwt)	Gemi İnşa ve Yan Sanayinde İstihdam Edilen İşçi Sayısı	Teslim Edilen Gemi ve Yatlar (Bin Dwt)	Bakım Onarım Miktarı (Milyon Dwt)
2017	4,44	46.680	120	21,5
2018	4,44	53.158	130	22,0
2019	4,48	66.696	150	22,5
2020	4,65	76.319	130	21,0
2021	4,65	79.886	165	29,8
2022	4,74	87.595	147	35,2
2023	4,79	94.057	351	41,0

Tablo 4.2 incelendiğinde tersane kapasitesi, çalışan sayısı ve bakım onarım miktarı yıllara artış gösterirken teslim edilen gemi ve yat sayılarının yıllara göre sürekli artış göstermediği gözlemlenmektedir.

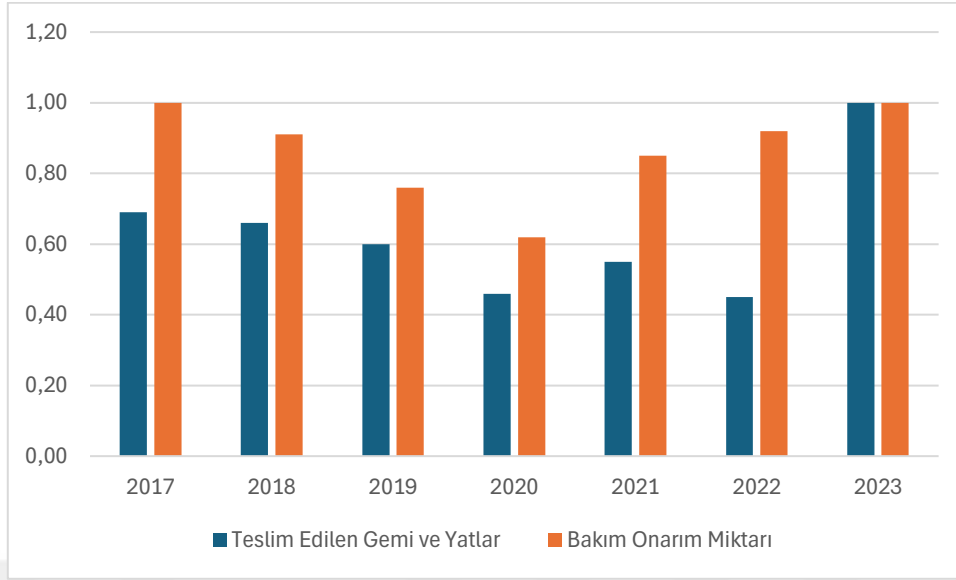
Elde edilen verilere ilişkin girdi yönelimli CCR analizi sonuçları Tablo 4.3’de gösterilmiştir.

Tablo 4.3. Girdi yönelimli CCR analizi sonuçları

YIL	Teslim Edilen Gemi ve Yatlar	Bakım Onarım Miktarı
2017	0,69	1
2018	0,66	0,91
2019	0,6	0,76
2020	0,46	0,62
2021	0,55	0,85
2022	0,45	0,92
2023	1	1

Elde edilen analiz sonuçlarına baktığımızda son 7 yıl içinde 2023 yılı teslim edilen gemi ve yatlar açısından diğer yıllara göre en etkin yıl olurken 2022 yılı ise etkinliğin en düşük seviyede olduğu yıl olduğu gözlemlenmektedir. Bakım onarımına ilişkin analiz sonucu verilerine baktığımızda 2017 ve 2023 yıllarının en etkin yıllar olduğu sonucuna ulaşılırken 2020 yılının etkinliğin en düşük olduğu yıl olduğu gözlemlenmektedir.

Tablo 4.4. Analiz sonuçları karşılaştırma grafiği



Teslim edilen gemi ve yatlar ile bakım onarım miktarına ilişkin analiz sonuçları Tablo 4.4’de karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçlarına bakıldığında gemi inşa sanayimizde son 7 yılda bakım onarım faaliyetlerinin daha etkin yürütüldüğü gözlenmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamız tersanelerimizde iki farklı problemin çözümü üzerine odaklanmıştır. Çalışmamızın ilk kısmında tersanelerde alt işveren seçiminin doğru bir yöntemle yapılabilmesi için literatürde yer alan diğer çalışmalardan ve tersanelerde çalışan uzman görüşlerinden de faydalanılarak alt işveren seçim kriterleri oluşturulmuştur. Seçim kriterlerinin önem derecelerini belirleyebilmek için hazırlanmış olan anket Yalova ili Altınova ilçesinde bulunan tersanelerde çalışmakta olan yönetici ve uzmanlar tarafından doldurulmuştur. Elde edilen veriler çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi kullanılarak analize tabi tutulmuştur. Analiz sonucunda ana seçim kriteri olarak belirlenmiş olan üretim becerisi alt işveren seçiminde en önemli kriter olurken bu kriteri sırası ile finansal ve ekonomik göstergeler ile kurumsal itibar ve deneyim izlemiştir.

Tersanelerde üretim ve bakım onarım süreçlerinin sonucu yapılacak gemi teslimleri belirli süreli sözleşmelere dayanarak yapılmakta ve bu sözleşmelerde geç teslimatların tersanelere ağır finansal yaptırımları olduğu gibi aynı zamanda firmanın prestij ve müşteri kaybına da sebep olmaktadır. Bu nedenle tersaneler üretim ve bakım onarım süreçlerinin problemsiz sonuçlanmasını arzu ettikleri gibi alt işverenlerinden de bu doğrultuda üretim ve bakım onarım süreçlerine katkıda bulunmalarını beklemektedirler.

Tersaneler kaynak, makine montaj, boya, mobilya, elektrik, elektronik gibi çok farklı alanlarda birçok farklı iş kolunu bünyesinde bulundurmaktadır. Her iş kolunun riskleri de değişim göstermektedir. Bu kadar riskin yoğun olduğu ortamlarda iş kazalarına ve meslek hastalıklarına sebep olmamak için güvenlik önlemlerinin yeteri seviyede olması gerekmektedir. Tersaneler oluşabilecek güvenlik problemlerinin işletmeye olan etkilerini bildikleri için tersane güvenliğini en üst düzeyde tutmayı amaçlamaktadırlar. Bu amaç doğrultusunda tersanenin tüm alanlarında gerekli güvenlik önlemleri alınmakta ve personel de güvenlik konusunda gerekli eğitimlerden geçerek tersane bünyesinde çalıştırılmaktadır. Tersaneler kendi işletme içi güvenliğini sağladığı gibi alt işvereninden de belirlenmiş olan güvenlik kurallarına uymasını ve güvenlik ile ilgili çalışan ve ekipman gereklerini yerine getirmesini beklemektedir. Yapılan anketin analizi sonucu elde edilen verilere bakıldığında da yönetici ve uzman görüşlerine göre üretim becerisi alt kriterlerinden olan güvenlik kriteri alt işveren seçiminde en önemli kriter olarak ortaya çıkmıştır.

Güvenlik alt kriterinden sonra üretim becerisi ana kriteri altında yer alan ikinci en önemli alt kriterin kalite alt kriteri olduğu gözlenmektedir. Kalite alt kriterinin alt işveren seçiminde

önemli bir kriter olmasının temel nedeni, gemiler ve faaliyette bulundukları çalışma ortamları ile ilgilidir. Gemiler ağır deniz koşullarında yük ve yolcu taşıma faaliyeti yerine getirmektedirler. Gemilerde oluşabilecek arızalar bazen büyük kazalara yol açmaktadır veya icra etmiş olduğu faaliyetlerde gecikmelere sebep olmaktadır. Bunun neticesinde can ve mal kaybı olurken çevre kirliliği gibi sorunlar da ortaya çıkmaktadır. Bu sorunların önüne geçebilmek için ulusal ve uluslararası mevzuat çerçevesinde denizcilikle ilgili birçok yasal düzenleme ve kural konulmuştur. Bu düzenlemeler ve kurallar gemi inşa aşamasında başlamaktadır. Sonraki süreçlerde de gemilerin bu kurallara ve yasal düzenlemelere uyması, bakım onarımlarını zamanında yaptırması yetkili idarelerce beklenmektedir. Aksi taktirde faaliyetten menedilmesine giden süreçler yaşanmaktadır. Bu nedenle gemi sahipleri ve işletenleri gemilerin inşa aşamasında yasal düzenlemelere uygun ve en iyi şekilde inşa edilmesini arzu etmektedirler. Aynı zamanda bakım onarım aşamasında da yapılacak olan işlemlerin en iyi şekilde uygulanarak seyir esnasında aksaklıklara neden olmaması ve geminin kondisyonunu iyileştirmesi beklenir. Bu beklentileri karşılamak ve üretim süreçlerini en iyi şekilde yönetebilmek için tersaneler toplam kalitenin iyileştirilmesine yönelik birçok çalışma yapmaktadır. Yapılan çalışmaların iyi sonuç verebilmesi için sürece dahil edilen tüm bileşenlerin kalite süreçlerinin iyileştirilmesi amacı doğrultusunda yönlendirilmesi gerekmektedir. Tersanelerde kalite sürecine katkıda bulunan taraflardan biri de alt işverenlerdir. Alt işverenin kalite süreçlerine yeterli katkısı işletmenin toplam kalite sürecine ve müşteri memnuniyetine katkıda bulunacaktır. Ayrıca bu durumun zıttı olarak, alt işverenin süreçlerde yapacağı hatalar toplam kalite sürecinin olumsuz etkilenmesine, müşteri memnuniyetsizliğine, mevcut veya potansiyel müşterilerin kaybına sebep olacaktır. Bu sebeple tersane işletmeleri alt işverenlerinin sağlamış olduğu ürün ve hizmet kalitesinin yeterli olmasını, alt işverenin bu ürün ve hizmetleri sunarken aynı zamanda tersanenin toplam kalite süreçlerine de katkıda bulunmasını beklemektedir.

Üretim becerisi ana kriteri altında yer alan üçüncü önemli alt kriterin ise bilgi düzeyi alt kriteri olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yüksek bilgi düzeyine ve deneyime sahip olan firmalar ürün ve hizmet kalitesinin artmasını sağlayacakları gibi geçmiş deneyimlerden kaynaklı olarak hataların en az seviyede olmasına ve işin hızlı bir şekilde tamamlanmasına katkıda bulunacaktır. Bu durum teslim süresindeki gecikmelerin önüne geçerek tersanenin sözleşme süreci içinde gemi teslimini sağlayacaktır ve maddi kayıpların önüne geçecektir. Aynı zamanda alt işverenler genel olarak sürekli aynı iş kolunda faaliyet göstermeleri sebebiyle, çalışma esnasında elde etmiş oldukları mesleki uzmanlığı asıl işveren çalışanlarına ve işletmeye aktarma imkânı doğacağı

için dolaylı olarak alt işverenin sahip olduğu bilgi ve deneyim, tersanenin toplam kalite süreçlerine de katkıda bulunacaktır.

Üretim becerisi ana kriteri altında yer alan son iki önemli alt kriterin ise sırası ile hız ve esneklik olduğu tespit edilmiştir. Hız, yapılan işin teslim süresi ile ilgili iken esneklik ise kısa süre içerisinde yapılacak değişimlere en az maliyet ile ayak uydurma olarak ifade edilebilmektedir. Bu nedenle tersanelerde teslimatın zamanında yapılması için işin yapılış hızı önem arz etmektedir. Diğer taraftan esneklik kriteri işletmelere göre farklılık göstermektedir. Yapılan işteki ani değişimlerin çok olduğu işletmelerde esneklik çok önemli bir kriter olurken gemi inşa sanayi gibi belirli bir plan dahilinde faaliyetlerin yürütüldüğü ve genel olarak başlangıçtaki plana bağlı kalınan işlerde esneklik kriterinin alt işveren seçiminde diğer kriterlere göre öneminin daha az olduğu ortaya çıkmıştır.

İkinci önemli ana kriter olan finansal ve ekonomik göstergeler ana kriteri altındaki alt kriterlere bakıldığında teklif fiyatının en önemli alt kriter olduğu sonucu elde edilmiştir. Teklif fiyatının alt işveren seçiminde önemli bir kriter olmasının temel nedeni, tersanelerin yoğun bir şekilde alt işveren çalıştıran iş kolu olması sebebiyle alt işverenlere verilecek olan ücretlerin karlılığı etkilemesidir. Alt işverenlerle yapılan sözleşmelerin yüksek ücrette olması üretim ve bakım-onarım maliyetlerini arttıracaktır. Tersane işletmeciliğinin ulusal ve uluslararası alanda yoğun rekabetin izlendiği sektörlerden biri olması sebebiyle artan maliyet kalemleri rekabetteki avantajın kaybına sebep olacak ve dezavantaj meydana getirecektir. Bu sebeple sektör üretim maliyetlerini aşağıda tutabilmek ve müşterilerine en iyi teklifleri sunabilmek için üretimdeki maliyet kalemlerini makul fiyat aralığında tutmak isteyecektir. Üretim maliyet kalemlerinin içinde önemli bir yere sahip olan alt işverene ödenen ücretlerin kabul edilebilir seviyelerde olması gerekmektedir. Tersane işletmeleri tarafından alt işveren tercihinin yapılmasında alt işverenin vermiş olduğu fiyat teklifi tercih edilirliliğini önemli derecede etkileyecektir.

Finansal ve ekonomik göstergeler ana kriteri altındaki diğer bir önemli alt kriter ise alt işverenin finansal durumudur. Alt işverenin finansal olarak kısa ve uzun vadedeki yükümlülüklerini yerine getirebilir bir firma olması tercih edilebilirliğinde önemli bir etkidir. Finansal olarak iyi durumda olmayan alt işverenlerin sözleşmede belirtilen süreler zarfında iş teslim edememe gibi problemlerle karşı karşıya kalması kuvvetle muhtemeldir. Bu durumun sebebine finansal kaynak yetersizliğinden zamanında üretim için gerekli olan malzeme ve iş gücü temin edememe, mevcut iş gücünü kaybetme gibi durumlar örnek olarak verilebilir.

Finansal ve ekonomik göstergeler ana kriteri altındaki üçüncü ve son önemli alt kriter ise hak edıştır. Hak ediş yapılan sözleşmelere göre işin başında ve sonunda olabildiği gibi yapılan işin

yüzde oranına göre belirli aralıklarla da yapılabilmektedir. Ödeme yönteminde tersane işletmesinin ve alt işverenin finansal gücünde belirleyici olmaktadır.

Alt işveren seçiminde ana kriter olarak belirlenmiş olan kurumsal itibar ve deneyimin alt kriterlerinin sırlamasına bakıldığında zamanında teslimatın en önemli alt kriter olduğu ve onu sırası ile müşteri memnuniyeti, proje tecrübesi, personel sayısı ve tecrübesi, sektör durumu ve itibarının takip ettiği sonucuna varılmıştır.

Daha önce de bahsedildiği gibi gemi inşa sektöründe yapılacak üretim ve bakım onarım işlemleri belirli süreli sözleşmeler ile yapılmakta ve sözleşmeden kaynaklı parasal cezalar ödememek için teslimatların zamanında yapılması gerekmektedir. Gemi inşa ve bakım onarım faaliyetlerin de yapılacak üretim işlemlerinde gecikmelerin yaşanmaması için iş akış diyagramlarına uygun şekilde üretimin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. İş akışlarının birçok adımında alt işverenler tarafından üstlenilen üretim faaliyetleri bulunmaktadır. Bu faaliyetlerde meydana gelebilecek gecikmeler tüm üretim sürecini etkileyecektir. Bu sebeple alt işverenin almış olduğu işi zamanında teslim etmesi büyük önem arz etmektedir.

Müşteri memnuniyeti mevcut müşterilerin elde tutulmasını sağladığı gibi yeni müşterilerin kazanılmasında da büyük öneme sahiptir. Alt işverenin üslenmiş olduğu işe ilişkin müşteri memnuniyetini sağlayacak şekilde hareket etmesi, işi zamanında ve standartlarına uygun şekilde teslim etmesi sonraki yapılacak olan yeni sözleşmeler tercih edilmesini olumlu yönde etkileyecektir.

Alt işverenin daha önce benzer projelerde görev alması projede ortaya çıkabilecek üretim, güvelik ve planlama ile ilgili aksaklıkları önceden ön görmesine, projenin planlanandan daha hızlı ilerlemesine katkıda bulunacaktır. Proje tecrübesinin kurumsal itibar ve deneyim ana kriteri altında yer alan üçüncü önemli alt kriter olduğuna yapılan analiz sonucu ulaşılmıştır.

Tersaneler üretimin gerçekleşmesi için yoğun insan kaynağına ihtiyaç duymaktadır. Bu ihtiyacı kendi bünyesinde bulundurduğu çalışanlardan karşıladığı gibi inşa ve bakım onarım faaliyetlerinin farklı aşamalarında dış kaynak kullanımına yönelmekte ve belirli süreli olarak farklı alt işverenlerle yapılan sözleşmelere dayanarak işçi istihdamını sağlamaktadır. Alt işveren tarafından sağlanan bu fayda da çalışanların sayısı ve tecrübesi işin hızı, kalitesi ve güvenliği açısından büyük önem arz etmektedir. Araştırma sonucuna göre alt işveren seçiminde kurumsal itibar ve deneyim ana kriteri altında yer alan dördüncü önemli alt kriterin personel sayısı ve tecrübesi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Kurumsal itibar ve deneyim ana kriteri altında yer alan sektör durumu ve itibarının alt işveren seçiminde en son önemli olan alt kriter olduğuna analiz sonucunda ulaşılmıştır.

Son olarak tersane işletmeleri tarafından yapılacak olan alt işveren seçiminde tüm alt kriterleri önem derecesine göre karşılaştırdığımızda, sektörün alt işveren seçimini yaparken aşağıdaki kriterlere sırası ile önem vermesi gerektiği yapılan analiz sonucu ortaya çıkarılmıştır.

- Güvenlik
- Kalite
- Teklif fiyatı
- Bilgi düzeyi
- Finansal durum
- Hak ediş
- Hız
- Zamanında teslimat
- Müşteri memnuniyeti
- Esneklik
- Proje tecrübesi
- Personel sayısı ve tecrübesi
- Sektör durumu ve itibarı

Elde ettiğimiz kriter ağırlıklarından faydalanılarak TOPSİS yöntemi ile gemi inşa sektöründe faaliyet gösteren bir tersanenin alt işveren seçimine ilişkin yapılan uygulamada üç firma arasından en uygun firmanın C firması sonra A firması ve son olarak B firması olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yapılan çalışmada tersanelerin alt işveren seçiminde doğru kararı verebilmesi için alt işveren seçimine yönelik kriterler oluşturulmuş ve kriterlerin önem derecelerine göre sıralaması yapılarak alt işveren seçiminde hangi kriterlerin daha önemli olduğu ortaya çıkarılmıştır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda diğer sanayi kollarına da sanayi kollarının alt işveren seçim kriterleri ortaya konularak benzer çalışmalar uygulanabilir.

Çalışmanın ikinci kısmında veri zarflama analizi kullanılarak son yedi yıl içerisinde Türkiye’de tersanelerin yıllara göre etkinlik değişimi ölçülmesi hedeflenmiştir. Çalışma Açık , Ertürk ve

Sağlam (2017) tarafından hazırlanmış olan çalışmanın devamı niteliğindedir. Çalışma sonucunda elde edilen analiz verilerine göre en etkin olunan yılın 2023 yılı olduğu tespit edilmiştir. 2020 yılında etkinliğin genel anlamda en düşük yıl olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Tersanelerinde üretim süreçlerinde yoğun iş gücü kullanılmaktadır. Bu nedenle iş gücünde meydana gelen değişimler üretim süreçlerini de etkileyecektir. 2020 yılında covid-19 pandemisinin etkileri yoğun olarak tüm işletmelerde görüldüğü tersanecilik sektöründe de görülmüştür. Pandemi döneminde istatistiksel verilerden faydalanılarak hazırlanan bazı çalışmalarda Türkiye'deki tersanelere pandeminin orta vadeli etkisinin olmadığı söylenece de istatistikteki verilerin analizine dayalı çalışmamızda pandemi döneminde Türkiye'de bulunan tersanelerin etkinliğinde bir düşüş olduğunu söyleyebiliriz. Fakat etkinliğin düşüş nedenini sadece pandemi sürecine bağlamak da doğru olmayacaktır. Pandemi sürecinin yanı sıra gemilerdeki balast tanklarına yönelik 8 Eylül 2017 tarihinde yürürlüğe giren Balast Suyu Yönetim Sözleşmesi gereği 2018 ve 2019 da balast tanklarına yönelik bakım ve yenileme çalışmalarındaki yoğunluğun 2020 yılında azalmaya başlaması da etkinlik düşüşüne sebep olan nedenlerden biri olarak gösterilebilir.

Uluslararası alanda getirilen yeni kural ve düzenlemeler gemilerde birtakım teknik ve inşaa anlamında değişikliklerin olmasını zorunlu kılıyor. Bu değişikliklerin olacağı dönemler tersaneler açısından daha etkin dönemler olmakta. Baca gazlarından çıkan zehirli maddelerin doğaya salımını azaltacak kurallar getirilmesi ile gemilerin baca kısımlarına daha gelişmiş filtre sistemlerinin eklenmesi sürecinde tersane işlerinin yoğunlaşması diğer bir örnek olarak verilebilir. Ayrıca döviz kurlarındaki dalgalanmalar, çelik fiyatlarındaki değişimler, çalışan maliyetleri, gemi filolarının yenilenme süreçleri gibi birçok etken tüm dünyada olduğu gibi ülkemizdeki tersanelerin etkinliğinde önemli rol oynayacaktır.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda tersanelerin mali verilerine ve her bir tersanenin üretim verilerine ulaşarak tersanelerin yıllık olarak kendi aralarında bölgesel etkinlik karşılaştırılması yapılabilir. Ayrıca benzer şekilde ülkemiz tersanelerin yakın rekabet içinde olduğu Avrupa'da bulunan diğer ülke tersaneleri ile etkinlik karşılaştırılması üzerinde çalışılacak diğer bir çalışma konusu olabilir.

KAYNAKÇA

- Abbasianjahromi, H., Rajaie, H., & Shakeri, E. (2013). A framework for subcontractor selection in the construction industry. *Journal of Civil Engineering and Management*, 19(2), 158-168.
- Akal, Z. (1992). İşletmelerde performans ölçüm ve denetimi. MPM Yayınları, Ankara, 21, 64.
- Alinezhad, A., Khalili, J. (2019). New methods and applications in multiple attribute decision making (MADM) (Vol. 277). Cham: Springer.
- Arslan, G., Kivrak, S., Birgonul, M. T., & Dikmen, I. (2008). Improving sub-contractor selection process in construction projects: Web-based sub-contractor evaluation system (WEBSES). *Automation in Construction*, 17(4), 480-488.
- Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management science*, 30(9), 1078-1092.
- Banker, R. D., Charnes, A., and Cooper, A. A. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 9, 1078-092
- Bhagavath, V. (2006). Technical efficiency measurement by data envelopment analysis: an application in transportation. *Alliance Journal of Business Research*, 2(1), 60-72.
- Chakraborty, S. (2011). Applications of the MOORA method for decision making in manufacturing environment. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 54, 1155-1166.
- Chao, S. L., & Yeh, Y. H. (2020). Comparing the productivity of major shipyards in China, South Korea, and Japan—an application of a metafrontier framework. *Maritime Business Review*, 5(2), 193-210.
- Chudasama, K. M. (2010). Shipbuilding Infrastructure: An Efficiency Analysis of Indian Shipyards. *IUP Journal of Infrastructure*, 8(3).
- Cingi, S. ve Tarım, A. (2000), Türk Banka Sisteminde Performans Ölçümü DEA Malmquist TFFV Endeksi Uygulaması, TBB, Araştırma Tebliği Dizisi, Sayı 2000-01
- Cook, W. D., & Seiford, L. M. (2009). Data envelopment analysis (DEA)—Thirty years on. *European Journal of Operational Research*, 192(1), 1-17.
- Cooper, W. W., Li, S., Seiford, L. M., Tone, K., Thrall, R. M., Zhu, J. (2001). Sensitivity and stability analysis in DEA: some recent developments. *Journal of Productivity Analysis*, 15(3), 217-246.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Zhu, J. (2011). Data envelopment analysis: History, models, and interpretations. *Handbook on data envelopment analysis*, 1-39.
- Darko, A., Chan, A. P. C., Ameyaw, E. E., Owusu, E. K., Pärn, E., & Edwards, D. J. (2019). Review of application of analytic hierarchy process (AHP) in construction. *International journal of construction management*, 19(5), 436-452.

- Demirkesen, S., & Bayhan, H. G. (2019, February). Subcontractor selection with choosing-by-advantages (CBA) method. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 471, No. 2, p. 022020). IOP Publishing.
- Deng, Z. Y., & Zeng, G. X. (1989). Application of analytic hierarchy process (AHP) on intension characteristic and analytic II. National Statistics Report, 1-15.
- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the royal statistical society: series A (General)*, 120(3), 253-281.
- Gavade, R. K. (2014). Multi-Criteria Decision Making: An overview of different selection problems and methods. *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, 5(4), 5643-5646.
- Hartmann, A., Ling, F. Y. Y., & Tan, J. S. (2009). Relative importance of subcontractor selection criteria: evidence from Singapore. *Journal of construction engineering and management*, 135(9), 826-832.
- Hellard, R. B. (1995). *Project partnering: principle and practice*. Thomas Telford.
- Hezer, S., Gelmez, E., & Özceylan, E. (2021). Comparative analysis of TOPSIS, VIKOR and COPRAS methods for the COVID-19 Regional Safety Assessment. *Journal of infection and public health*, 14(6), 775-786.
- Higuerey, A., Viñan-Merced, C., Malo-Montoya, Z., & Martínez-Fernández, V. A. (2020). Data Envelopment Analysis (DEA) for Measuring the efficiency of the hotel industry in Ecuador. *Sustainability*, 12(4), 1590.
- Husin, S. (2017). The Subcontractor Selection Practice Using Ann-Multilayer. *International Journal of Technology*, 8(4).
- Kaptanoğlu, D., & Özok, A. F. (2006). Akademik performans değerlendirmesi için bir bulanık model. *İtÜdergisi/d Mühendislik*, 5 (1), 193-204.
- Koçak, S., Kazaz, A., & Ulubeyli, S. (2018). Subcontractor selection with additive ratio assessment method. *Journal of Construction Engineering, Management & Innovation*, 1(1), 18-32.
- Massam, B. H. (1988). Multi-criteria decision making (MCDM) techniques in planning. *Progress in planning*, 30, 1-84.
- Mayo, G., Shoghli, O., & Morgan, T. (2018). Manpower and Efficiency Study of the Manns Harbor Shipyard.
- Mayo, G., Shoghli, O., & Morgan, T. (2020). Investigating efficiency utilizing data envelopment analysis: case study of shipyards. *Journal of Infrastructure Systems*, 26(2), 04020013.

- McCabe, B., Tran, V., & Ramani, J. (2005). Construction prequalification using data envelopment analysis. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 32(1), 183-193.
- Okoroh, M. I., & Torrance, V. B. (1999). A model for subcontractor selection in refurbishment projects. *Construction Management & Economics*, 17(3), 315-327.
- Özcan, Ş. (2007). Toplum ve Hekim. Kasım - Aralık 2007. *Ciit* 22. Sayı 6
- Park, J., Lee, D., & Zhu, J. (2014). An integrated approach for ship block manufacturing process performance evaluation: Case from a Korean shipbuilding company. *International journal of production economics*, 156, 214-222.
- Phua M.H. & Minowa M., (2005). "A GIS-Based Multi-Criteria Decision Making Approach To Forest Pires Jr, Floriano CM, and Thomas Lamb. "Establishing performance targets for shipbuilding policies." *Maritime Policy & Management* 35.5 (2008): 491-502.
- Polat, G. (2016). Subcontractor selection using the integration of the AHP and PROMETHEE methods. *Journal of Civil Engineering and Management*, 22(8), 1042-1054.
- Rabar, D. (2015). Setting key performance targets for Croatian shipyards. *Croatian Operational Research Review*, 6(1), 279-291.
- Rabar, D., Rabar, D., & Pavletic, D. (2022). Manufacturing Process Performance Measurement Model Using Categorical DEA Approach—a Case of Dry-Docking. *International Journal of Technology*, 13(3).
- Rençber, Ö. F., & Kazan, H. (2014). Büyük Çaplı Projelerde Taşeron Firma Seçiminde Teklif Değerlendirme: Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi İle Karar Verme. *International Journal of Social Science Research*, 3(1), 11-24.
- Saaty TL (1980) *The analytic hierarchy process*. McGraw-Hill, New York
- Saaty TL (1995) Transport planning with multiple criteria: the analytic hierarchy process applications and progress review. *J Adv Transp* 29(1):81–126
- Saaty, T. L. (1994). *Fundamentals of decision making and priority theory with the analytic hierarchy process*. RWS publications.
- Septian, A. (2021). Subcontractor Selection Review Industry XYZ With Analytic Network Process (ANP) Method. *IPTEK Journal of Proceedings Series*, (6), 558-562.
- Shiau, Y. C., Tsai, T., Wang, W., & Huang, M. (2003). Use questionnaire and AHP techniques to develop subcontractor selection system. *Nist Special Publication Sp*, 35-40.
- Shiau, Y. C., Tsai, T., Wang, W., & Huang, M. (2003). Use questionnaire and AHP techniques to develop subcontractor selection system. *Nist Special Publication Sp*, 35-40.

Shirouyehzad, H., Hosseinzadeh Lotfi, F., Aryanezhad, M., & Dabestani, R. (2012). A data envelopment analysis approach for measuring the efficiency of employees: a case study. *South African Journal of Industrial Engineering*, 23(1), 191-201.

Sukarno., A. Mashudi, E. Widodo, I. Syahtaria. 2019. Swot application on determining ship yard development strategies: a case study. *International Journal of ASRO*, 10 (3): 37.

Şafak, C. (2004). 4857 Sayılı İş Kanunu Çerçevesinde Taşeron (Alt İşveren) Meselesi. *TBB Dergisi*, 111-132.

Tangen, S. (2002). Understanding the concept of productivity. Paper presented at the Proceedings of the 7th Asia-Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference, Taipei.

Tanino, T., Tanaka, T., Inuiguchi, M., Opricovic, S., & Tzeng, G. H. (2003). Multicriteria expansion of a competence set using genetic algorithm. In *Multi-Objective Programming and Goal Programming: Theory and Applications* (pp. 221-226). Springer Berlin Heidelberg.

Triantis, K. (2004). "Engineering Applications of Data Envelopment Analysis (DEA)." *Handbook on Data Envelopment Analysis* W. W. Cooper, L. M. Seiford, and J. Zhu, eds., Kluwer Academic Publishers.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Tersaneler ve Kıyı Yapıları Genel Müdürlüğü, Tersaneler ve Kıyı Yapıları İstatistikleri (28 Kasım 2024), <https://tkygmistatistikleri.uab.gov.tr/tersanelerimizdeki-bakim-onarim-miktari>

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Tersaneler ve Kıyı Yapıları Genel Müdürlüğü, Tersaneler ve Kıyı Yapıları İstatistikleri (28 Kasım 2024), <https://tkygmistatistikleri.uab.gov.tr/tersanelerimizdeki-insa-edilen-gemi-ve-yatlar>

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Tersaneler ve Kıyı Yapıları Genel Müdürlüğü, Tersaneler ve Kıyı Yapıları İstatistikleri (28 Kasım 2024), <https://tkygmistatistikleri.uab.gov.tr/gemi-insa-sanayi-istihdami>

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Tersaneler ve Kıyı Yapıları Genel Müdürlüğü, Tersaneler ve Kıyı Yapıları İstatistikleri (28 Kasım 2024), <https://tkygmistatistikleri.uab.gov.tr/tersane-kapasitesi>

Ulubeyli, S., Kazaz, A., & Arslan, V. (2017). Decision criteria for subcontractor selection in international construction projects. In *Proceedings of the International Conference on Civil and Environmental Engineering (ICOCEE)*, May (pp. 8-10).

Vaidya OS, Kumar S (2006) Analytic hierarchy process: an overview of applications. *Eur J Oper Res* 169(1):1–29

Van Laarhoven, P. J., & Pedrycz, W. (1983). A fuzzy extension of Saaty's priority theory. *Fuzzy sets and Systems*, 11(1-3), 229-241.

Vuorenmaa, J., & Välimaa, T. (2015). Meriteollisuuden alihankintaverkostot. Turku, Brahea Centre at the University of Turku centre for maritime studies.

Woo, J. H., Zhu, H., Lee, D. K., Chung, H., & Jeong, Y. (2021). Assessment framework of smart shipyard maturity level via data envelopment analysis. *Sustainability*, 13(4), 1964.

Xu, T., You, J., Li, H., & Shao, L. (2020). Energy efficiency evaluation based on data envelopment analysis: A literature review. *Energies*, 13(14), 3548.

Yılmaz, C., Özdıl, T., & Akdogan, G. (2002). Seçilmiş İşletmelerin Toplam Etkinliklerinin Veri Zarflama Yöntemi İle Ölçülmesi. *Manas Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2(4), 174-183.



ÖZ GEÇMİŞ

Şükrü SATILMIŞ

İlk öğrenimini Gümüşhane’de,

orta ve lise öğrenimini İstanbul’da tamamladı. Uludağ Üniversitesi Yalova Meslek Yüksekokulu Deniz ve Liman İşletme Programından 2003 yılında mezun oldu. 2007 yılında İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Deniz Ulaştırma ve İşletme Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2016 yılında Gebze Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Yüksek Lisans Programından mezun oldu. 2009 yılından beri Kocaeli Üniversitesi Karamürsel Denizcilik Meslek Yüksekokulunda öğretim görevlisi olarak görev yapmakta ve 2016 yılından beride müdür yardımcılığı görevini yürütmektedir. Denizci eğitimci, sınırlı kaptan ve B sınıfı iş güvenliği uzmanlığı yeterliliklerine sahiptir.

