

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İÇ SULARDA DİNAMİK SEYİR RİSKİ HESAPLAMASINA ETKİ EDEN
FAKTÖRLERİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YAKLAŞIMI İLE
ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cengiz Vefa EKİCİ

Deniz Ulaştırma Mühendisliği Anabilim Dalı

Deniz Ulaştırma Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2018

**İÇ SULARDA DİNAMİK SEYİR RİSKİ HESAPLAMASINA ETKİ EDEN
FAKTÖRLERİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YAKLAŞIMI İLE
ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Cengiz Vefa EKİCİ
(512151001)**

Deniz Ulaştırma Mühendisliği Anabilim Dalı

Deniz Ulaştırma Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Tuba KEÇECİ

HAZİRAN 2018

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 512151001 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Cengiz Vefa EKİCİ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “İÇ SULARDA DİNAMİK SEYİR RİSKİ HESAPLAMASINA ETKİ EDEN FAKTÖRLERİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YAKLAŞIMI İLE ANALİZİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Dr. Öğretim Üyesi Tuba KEÇECİ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Tanzer SATIR**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Öğretim Üyesi Dinçer BAYER
Piri Reis Üniversitesi

Teslim Tarihi : **20 Nisan 2018**
Savunma Tarihi : **08 Haziran 2018**





Değerli aileme ve Canım kardeşime,



ÖNSÖZ

Bu çalışmada, iç sularda dinamik seyir risk hesaplamasına etki eden faktörler, uzmanlara danışılarak ve literatür taraması yapılarak belirlenmiş, uzman görüşleri alınarak Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi ile bu faktörlerin önem dereceleri analiz edilmiştir. Müteakip dönemlerde Dinamik seyir risk hesaplama sonuçlarının daha verimli ve gerçekçi olması maksadıyla hesaplama etki eden faktörlerin, en iyi şekilde ağırlıklandırılması ve yeni çalışmalara ışık tutması hedeflenmiştir.

Çalışmanın yürütülmesi esnasında göstermiş olduğu ilgi, destek ve kısa sürede, yoğunluğuna rağmen yardımlarını esirgemeyerek bana tezimin bitmesi açısından umut kaynağı olan tez danışmanım sayın Dr. Öğr. Üyesi Tuba KEÇECİ'ye minnet ve şükranlarımı sunarım. Ayrıca kısıtlı zamanı olmasına rağmen yüksek lisans eğitimimin başından beri yardımlarını/tecrübelerini esirgemeyen ve ihtiyacım olduğunda değerli vaktini benle paylaşan değerli dostum Araş. Gör. Yunus Emre ŞENOL'a ve destekleriyle her zaman yanımda hissettiğim dönem ve araştırma görevlisi arkadaşlarıma teşekkür ederim. Çalışmamda yapılan anketlerde bilgi ve tecrübelerini aktaran uzmanlara ve meslektaşlarıma da sonsuz teşekkürlerimi sunmayı borç bilirim.

Haziran 2018

Cengiz Vefa EKİCİ



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR.....	xi
SEMBOLLER.....	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ	xvii
ÖZET	xxi
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Motivasyonu.....	1
1.2 Önceki Çalışmalar	5
1.3 Tezin Amacı.....	5
1.4 Tezin Kapsamı	5
1.5 Tezin Sınırları	6
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	9
3. DENİZCİLİK ALANINDA RİSK DEĞERLENDİRMESİ	17
3.1 Risk Faktörleri	19
3.2 Karar Destek Sistemleri.....	20
4. METODOLOJİ.....	23
5. ÇALIŞMANIN UYGULANMASI	27
5.1 Kriterlerin Belirlenmesi ve Hiyerarşik Yapının Kurulması	27
5.2 Uzman Seçimi.....	33
5.3 Anketlerin Değerlendirilmesi	34
5.3.1 Çatışma olayı için ağırlıklandırma.....	39
5.3.2 Karaya oturma olayı için ağırlıklandırma.....	44
5.4 Uygulama Sonuçları.....	49
5.4.1 Çatışma olayı için sonuçlar.....	49
5.4.2 Karaya oturma olayı için sonuçlar	54
5.4.3 Karaya oturma olayı ve çatışma olayı sonuçlarının kıyaslanması	58
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	67
KAYNAKLAR.....	71
EKLER	79
ÖZGEÇMİŞ.....	93



KISALTMALAR

ABS	: Amerikan Loydu (American Bureau of Shipping)
AHP	: Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytic Hierarchy Process)
BCR	: Pruva Atlama Mesafesi (Bow Cross Range)
BCT	: Pruva Atlama Zamanı (Bow Cross Time)
BNN	: Bayes Ağ Modeli (Bayesian Belief Network)
CTPA	: Çatışma Tehdidi Parametre Alanı (Collision Threat Parameters Area)
DCPA	: Azami Yaklaşma Noktasına Mesafe (Distance at Closest Point of Approach)
DÇÖT	: Denizde Çatımayı Önleme Tüzüğü
DNV	: Norveç Klas Kuruluşu (Det Norske Veritas)
DWT	: Deadweight Ton
EMSA	: Avrupa Deniz Emniyet Ajansı (European Maritime Safety Agency)
ETA	: Olay Ağacı Analizi (Event Tree Analysis)
FMEA	: Hata Türleri ve Etki Analizi (Fault Mode and Effect Analysis)
FSA	: Biçimsel Emniyet Değerlendirmesi (Formal Safety Assessment)
FTA	: Hata Ağacı Analizi (Fault Tree Analysis)
GRACAT	: Grounding and Collision Analysis Toolbox
HAZID	: Tehlike Belirleme Tekniği (Hazard Identification Technic)
HAZOP	: Tehlike ve İşletebilirlik Tekniği (Hazard and Operability Technic)

IMO	: Uluslararası Denizcilik Örgütü (International Maritime Organisation)
ISM CODE	: Uluslararası Emniyetli Yönetim Kodu (International Safety Management Code)
KDS	: Karar Destek Sistemi
MARCS	: Marine Accident Risk Calculation System
MARIN	: Hollanda Denizcilik Araştırma Enstitüsü (Dutch Maritime Research Institute)
MARPOL	: Gemilerden Kirlenmenin Önlenmesi Uluslararası Sözleşmesi (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships)
MDTC	: Minimum Çatışma Mesafesi (Minimum Distance To Collision)
MoU	: Memorandum of Understanding
MS	: Motor Ship
MSC	: Deniz Güvenlik Komitesi (Maritime Safety Committie)
MV	: Motor Vessel
OTS	: Otomatik Tanımlama Sistemi
SAFECO	: Safety of Shipping in Coastal Waters
SAMSON	: Safety Assessment Models for Shipping and Offshore in the North Sea
SOLAS	: Uluslararası Denizde Can Emniyet Sözleşmesi (The International Convention for Safety of Life at Sea)
STCW	: Eğitim, Belgelendirme ve Vardiya Tutma Standartları (Standards of Training, Certification and Watchkeeping)
TCPA	: Azami Yaklaşma Noktasında Olma Zamanı (Time to Closest Point of Approach)
TSS	: Trafik Ayrım Şeması (Traffic Separation Scheme)
UK MCA	: İngiltere Sahil Güvenlik Ajansı (United Kingdom Marine Coastguard Agency)
UNCTAD	: Birleşmiş Milletler Ticaret ve Gelişim Konferansı (United Nations Conference on Trade and Development)
VTS	: Gemi Trafik Hizmeti (Vessel Traffic Service)

SEMBOLLER

CI	: Tutarlılık indeksi
CR	: Tutarlılık oranı
RI	: Rassallık indeksi
W	: Ağırlık indeksi
E_i	: Temel değer
λ	: Temel değer katsayısı
Σ	: Toplam sembolü



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1 : AHP İkili karşılaştırma ölçeği (Saaty & Vargas, 2012).	24
Çizelge 5.1 : Literatürdeki karaya oturma risk modellerinde kullanılan kriterler.	28
Çizelge 5.2 : Literatürdeki çatışma risk modellerinde kullanılan kriterler.	29
Çizelge 5.3 : Uzman bilgileri.	33
Çizelge A.1: İkili karşılaştırmada A seçeneğinin B seçeneğine göre önem derecesinin yüksek olduğunu gösteren işaretleme örneği.	81
Çizelge A.2: İkili karşılaştırmada A seçeneğinin B seçeneğine göre önem derecesinin düşük olduğunu gösteren işaretleme örneği.	81
Çizelge A.3 : Ana kriterlerin gösterimi.	82
Çizelge A.4 : Ana kriterlerin ikili karşılaştırmaları.	82
Çizelge A.5 : Gemi teknik özellikleri alt kriterleri.	83
Çizelge A.6 : Gemi teknik özellikleri alt kriterlerinin ikili karşılaştırmaları.	83
Çizelge A.7 : Gemi boyutu alt kriterleri.	84
Çizelge A.8 : Gemi boyutu alt kriterlerinin ikili karşılaştırmaları.	84
Çizelge A.9 : Denge unsurları alt kriterleri.	84
Çizelge A.10 : Denge unsurları alt kriterlerinin ikili karşılaştırmaları.	84
Çizelge A.11 : Hedef gözlemi alt kriterleri.	84
Çizelge A.12 : Hedef gözlemi alt kriterlerinin ikili karşılaştırmaları.	85
Çizelge A.13 : Görüş alt kriterleri.	85
Çizelge A.14 : Görüş alt kriterlerinin ikili karşılaştırmaları.	85
Çizelge A.15 : Çevresel faktörler alt kriterleri.	85
Çizelge A.16 : Çevresel faktörler alt kriterlerinin ikili karşılaştırmaları.	86
Çizelge B.1 : İkili karşılaştırmada A seçeneğinin B seçeneğine göre önem derecesinin yüksek olduğunu gösteren işaretleme örneği.	87
Çizelge B.2 : İkili karşılaştırmada A seçeneğinin B seçeneğine göre önem derecesinin düşük olduğunu gösteren işaretleme örneği.	87
Çizelge B.3 : Ana kriterlerin gösterimi.	88
Çizelge B.4 : Ana kriterlerin ikili karşılaştırmaları.	88
Çizelge B.5 : Gemi teknik özellikleri alt kriterleri.	89
Çizelge B.6 : Gemi teknik özellikleri alt kriterlerinin ikili karşılaştırmaları.	89
Çizelge B.7 : Gemi ölçülebilir özellikleri alt kriterleri.	90
Çizelge B.8 : Gemi teknik özellikleri alt kriterlerinin ikili karşılaştırmaları.	90
Çizelge B.9 : Denge unsurları alt kriterleri.	90
Çizelge B.10 : Denge unsurları alt kriterlerinin ikili karşılaştırmaları.	90
Çizelge B.11 : Görüş alt kriterleri.	91
Çizelge B.12 : Görüş alt kriterlerinin ikili karşılaştırmaları.	91
Çizelge B.13 : Çevresel faktörler alt kriterleri.	91
Çizelge B.14 : Çevresel faktörler alt kriterlerinin ikili karşılaştırmaları.	91



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 :	Tezin akış diyagramı.....	7
Şekil 3.1 :	FSA akış şeması.....	19
Şekil 5.1 :	Çatışma için hiyerarşik yapı.....	30
Şekil 5.2 :	Karaya oturma için hiyerarşik yapı.....	31
Şekil 5.3 :	Dinamik seyir risk faktörlerinin karşılaştırılması örneği.....	34
Şekil 5.3 (devam) :	Dinamik seyir risk faktörlerinin karşılaştırılması örneği....	35
Şekil 5.4 :	Dinamik seyir risk faktörlerinin tutarlılık ve ağırlıklandırma sonucu örneği.....	35
Şekil 5.5 :	Ölçülebilir gemi özellikleri alt faktörlerinin karşılaştırılması örneği.....	36
Şekil 5.6 :	Ölçülebilir gemi özellikleri alt faktörlerinin tutarlılık ve ağırlıklandırma sonucu örneği.....	36
Şekil 5.7 :	Denge unsurları alt faktörlerinin karşılaştırılması örneği.....	36
Şekil 5.8 :	Denge unsurları alt faktörlerinin tutarlılık ve ağırlıklandırma sonucu örneği.....	37
Şekil 5.9 :	Geminin teknik özellikleri alt faktörlerinin karşılaştırılması örneği.....	37
Şekil 5.10 :	Geminin teknik özellikleri alt faktörlerinin tutarlılık ve ağırlıklandırma sonucu örneği.....	37
Şekil 5.11 :	Çevresel faktörler alt faktörlerinin karşılaştırılması örneği.....	38
Şekil 5.12 :	Çevresel faktörler alt faktörlerinin tutarlılık ve ağırlıklandırma sonucu örneği.....	38
Şekil 5.13 :	Görüş alt faktörlerinin karşılaştırılması örneği.....	39
Şekil 5.14 :	Görüş alt faktörlerinin tutarlılık ve ağırlıklandırma sonucu örneği.....	39
Şekil 5.15 :	Çatışma olayı için dinamik seyir riskine etki eden ana faktörlerin ağırlıklandırma matrisi.....	40
Şekil 5.16 :	Çatışma olayı için hedef tehdidi gözlemi alt faktörlerinin ağırlıklandırma matrisi.....	41
Şekil 5.17 :	Çatışma olayı için gemi teknik özellikleri alt faktörlerinin ağırlıklandırma matrisi.....	41
Şekil 5.18 :	Çatışma olayı için gemi boyutu alt faktörlerinin ağırlıklandırma matrisi.....	42
Şekil 5.19 :	Çatışma olayı için denge unsurları alt faktörlerinin ağırlıklandırma matrisi.....	42
Şekil 5.20 :	Çatışma olayı için çevresel faktörler alt faktörlerinin ağırlıklandırma matrisi.....	43
Şekil 5.21 :	Çatışma olayı için görüş alt faktörlerinin ağırlıklandırma matrisi.....	44
Şekil 5.22 :	Karaya oturma olayı için dinamik seyir riskine etki eden ana faktörlerin ağırlıklandırma matrisi.....	45

Şekil 5.23 :	Karaya oturma olayı için gemi teknik özellikleri alt faktörlerinin ağırlıklandırma matrisi.	46
Şekil 5.24 :	Karaya oturma olayı için ölçülebilir gemi özellikleri alt faktörlerinin ağırlıklandırma matrisi.	46
Şekil 5.25 :	Çatışma olayı için denge unsurları alt faktörlerinin ağırlıklandırma matrisi	47
Şekil 5.26 :	Çatışma olayı için çevresel faktörler alt faktörlerinin ağırlıklandırma matrisi.	48
Şekil 5.27 :	Çatışma olayı için görüş alt faktörlerinin ağırlıklandırma matrisi.	48
Şekil 5.28 :	Çatışma olayı için dinamik seyir riskine etki eden faktörlerin ağırlıklarının grafik gösterimi.	49
Şekil 5.29 :	Çatışma olayı için hedef tehdidi gözlemi alt faktörleri ağırlıklarının grafik gösterimi.	50
Şekil 5.30 :	Çatışma olayı için gemi teknik özellikleri alt faktörleri ağırlıklarının grafik gösterimi.	50
Şekil 5.31 :	Çatışma olayı için gemi boyutu alt faktörleri ağırlıklarının grafik gösterimi.	51
Şekil 5.32 :	Çatışma olayı için denge unsurları alt faktörleri ağırlıklarının grafik gösterimi.	51
Şekil 5.33 :	Çatışma olayı için görüş alt faktörleri ağırlıklarının grafik gösterimi.	52
Şekil 5.34 :	Çatışma olayı için çevresel faktörler alt faktörleri ağırlıklarının grafik gösterimi.	52
Şekil 5.35 :	Karaya oturma olayı için dinamik seyir riskine etki eden faktörlerin ağırlıklarının grafik gösterimi.	54
Şekil 5.36 :	Karaya oturma olayı için gemi teknik özellikleri alt faktörlerin ağırlıklarının grafik gösterimi.	55
Şekil 5.37 :	Karaya oturma olayı için ölçülebilir gemi özellikleri alt faktörlerin ağırlıklarının grafik gösterimi.	55
Şekil 5.38 :	Karaya oturma olayı için denge unsurları alt faktörlerin ağırlıklarının grafik gösterimi.	56
Şekil 5.39 :	Karaya oturma olayı için görüş alt faktörlerin ağırlıklarının grafik gösterimi.	56
Şekil 5.40 :	Karaya oturma olayı için çevresel faktörler alt faktörlerin ağırlıklarının grafik gösterimi.	57
Şekil 5.41 :	Karaya oturma ve çatışma olayı için dinamik seyir riskine etki eden faktörleri ağırlıklarının kıyaslama grafik gösterimi.	59
Şekil 5.42 :	Çatışma olayı için dinamik seyir riskine etki eden faktörlerin ağırlıkları.	60
Şekil 5.43 :	Karaya oturma olayı için dinamik seyir riskine etki eden faktörlerin ağırlıkları.	61
Şekil 5.44 :	Karaya oturma ve çatışma olayı için ana faktörler ile ağırlıklandırılmış gemi teknik özellikleri alt faktörlerinin ağırlıklarının kıyaslama grafik gösterimi.	62
Şekil 5.45 :	Karaya oturma ve çatışma olayı için ana faktörler ile ağırlıklandırılmış ölçülebilir gemi özellikleri/gemi boyutu alt faktörleri ağırlıklarının kıyaslama grafik gösterimi.	63
Şekil 5.46 :	Karaya oturma ve çatışma olayı için ana faktörler ile ağırlıklandırılmış denge unsurları alt faktörleri ağırlıklarının kıyaslama grafik gösterimi.	64

Şekil 5.47 : Karaya oturma ve çatışma olayı için ana faktörler ile ağırlıklandırılmış görüş alt faktörleri ağırlıklarının kıyaslama grafik gösterimi.	65
Şekil 5.48 : Karaya oturma ve çatışma olayı için ana faktörler ile ağırlıklandırılmış çevresel faktörler alt faktörleri ağırlıklarının kıyaslama grafik gösterimi.....	66





İÇ SULARDA DİNAMİK SEYİR RİSKİ HESAPLAMASINA ETKİ EDEN FAKTÖRLERİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YAKLAŞIMI İLE ANALİZİ

ÖZET

Deniz taşımacılığı, yüksek kapasitede yük taşıma imkanı sağlaması ve diğer taşımacılık yöntemlerine göre çevre dostu olması nedeniyle uluslararası ve yerel ticaret için ana taşımacılık yöntemidir. Deniz taşımacılığında kapasite ve trafik yoğunluğunun artış göstermesi denizde emniyet olgusunun giderek önemli bir konu haline gelmesini sağlamıştır. Bu kapsamda, denizde emniyeti sağlamak/geliştirmek maksadıyla yeni çözümler ve tedbirlere ihtiyaç duyulmuştur.

Denizde emniyetin temel unsurlarından olan risk değerlendirilmesi, denizcilik alanındaki çalışma ve projelerde önemli bir konu olarak yerini almaktadır. Ağır sonuçları olan deniz kazalarının seyir esnasında yaşandığı ve gemi riskinin birçok değişkene bağlı olduğu düşünüldüğünde dinamik seyir risk hesaplamalarının ve dolayısıyla karar verme mekanizmalarının kullanılması bir gereklilik haline gelmiştir. Bu ihtiyaçtan hareketle akademik çalışmalarda, farklı yaklaşımlarla gerçek zamanlı/dinamik risk hesaplamaları ve karar destek mekanizmaları yapılmaya başlanmıştır.

Dinamik seyir risk değerlendirmesi ile ilgili yapılmış çalışmalar ve karar destek mekanizmaları göz önüne alındığında, seyir risk faktörlerinin çalışmadan çalışmaya farklılık gösterdiği ve bu faktörlerin ne kadar etkili olduklarının belirlenmediği tespit edilmiştir. Seyir risk faktörlerini değerlendirerek dinamik seyir risk hesaplamasına etki eden faktörlerin ortaya çıkarılması ve bu faktörlerin önem değerlerinin tespit edilmesi gereği, bu çalışmanın yapılması için motivasyon kaynağı olarak görülmüştür.

Bu motivasyonla, ilk önce yazın taraması yapılarak denizcilikte risk analizi için kullanılan modeller ve algoritmalar konusu araştırılmış, çatışma/karaya oturma olayları için yazında kullanılan dinamik seyir risk hesaplamasına etki eden faktörler hakkında bilgi toplanmıştır. Çalışmanın devamında denizcilikte risk değerlendirmesi konusunda araştırma yapılarak bu konu hakkında bilgi verilmiş, risk faktörleri çeşitleri açıklanmış ve karar destek sistemlerinden bahsedilmiştir.

Yazın araştırması ve uzman görüşleriyle çatışma olayı ve karaya oturma olayı için dinamik seyir riskine etki eden faktörler belirlenerek, yine uzmanlar eşliğinde tespit edilen bu faktörlerin hiyerarşik yapısı oluşturulmuştur. Bu aşamada, çalışma konusundaki bilgi ve tecrübeleri nedeniyle kılavuz kaptan ve tecrübeli uzakyol kaptanlarının değerlendirmelerine başvurulmuştur.

Çalışmada çok kriterli karar verme yöntemi olarak Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi kullanılmıştır. On bir uzmanın anket yoluyla değerlendirmeleri alınarak, dinamik seyir riskine etki eden faktörlerin ağırlıkları çatışma olayı ve karaya oturma olayı için Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi ile ayrı ayrı analiz edilmiş ve

yorumlanmıştır. Analiz kapsamında ele alınan çatışma olayına ve karaya oturma olayına etki eden faktörler karşılaştırılarak irdelenmiştir.

Faktörlerin irdelenmesi sonucunda literatüre katkı sağlayacak sonuçlar elde edilmiştir. Literatürde fazla kullanılmayan bazı faktörlerin, karaya oturma ya da çatışma olayı için dinamik seyir risk hesaplamasında önemli bir yer tuttuğu görülmüştür. Karaya oturma olayı ile çatışma olayı faktörlerinin ağırlıkları kıyaslandığında, bazı faktörler için yakın değerler görülürken bazı faktörlerde ise farklılık gözlenmiştir.

İlgili araştırma kapsamında yapılan literatür araştırmalarının, yeni araştırmacılar için kaynak niteliği taşıyacağı, dinamik seyir risk hesaplamasına etki eden kriterlerin seçilmesi/belirlenmesi hususunda yol gösterici bir referans olacağı, çatışma olayı ve karaya oturma olayı için dinamik seyir riskine etki eden faktörlerin ağırlıklandırılması yoluyla elde edilen sayısal sonuçların karar vericiler için kriterlerin nicel değerlendirmesinde destek sağlayacağı, kullanılan faktörlerin önem değerlerindeki farklılığın, yapılacak risk modellemelerinde göz önünde bulundurularak daha verimli sonuçlar elde edilmesine yardımcı olacağı, bu sayede denizcilik sektöründe emniyetin sağlanmasına katkı sağlanacağı değerlendirilmektedir.

ANALYSIS OF DYNAMIC NAVIGATION RISK FACTORS IN INTERNAL WATERS BY USING MULTI CRITERIA DECISION MAKING APPROACH

SUMMARY

Maritime transport is the main mode of transportation for international and local commerce due to its high capacity to transport freight and its environmental friendliness compared to other modes of transportation. Increasing capacity and traffic intensity in maritime transport has made maritime safety an increasingly important issue. In this context, new solutions and measures were needed to ensure / improve safety at sea.

In order to avoid disasters, loss of lives and goods damages resulted from marine accidents, international organizations, governments and institutions regulated and implemented practices to prevent accidents. It has been assessed that risk assessments can be performed to decrease the number of marine accidents that can not be avoided by the regulations and practices implemented and thus to ensure safety at sea.

The hazards that the ship may encounter depend on many risk factors that affect the overall risk level of the ship. Risk variables/factors collected in four groups; Static risk factors, Risk factors related to the route of navigation, Dynamic risk factors, Risk factors related to the history of the ship. In the relevant study, Dynamic risk factors were discussed. Dynamic risk factors include factors that change during navigation. These are; ship speed, DCPA, TCPA, weather, current, wind, traffic intensity, visibility, distance to danger, sea condition, etc.

Risk assessment, a key element of safety at sea, is an important issue in maritime studies and projects. The use of dynamic risk assessment of sailing ships and therefore decision-making mechanisms have become a necessity when it is assumed that marine accidents with severe consequences are experienced during navigation and that the risk of navigation is dependent on many variables. From this need, in academic studies, real-time / dynamic risk calculations and decision support mechanisms have been developed with different approaches.

Given the studies and decision support mechanisms related to dynamic risk assessment of sailing ships, it has been determined that navigation risk factors vary across different studies and that their effectiveness were not assessed. Identification of the factors affecting the dynamic risk assessment of navigating vessels by evaluating the navigation risk factors and the determination of the importance values of these factors were seen as a motivation source for this thesis.

With this motivation, firstly the literature and algorithms used for risk analysis in maritime domain were investigated and information about the factors affecting the dynamic risk calculation for navigation used in the literature for collision/ grounding events were collected. In the course of the study, research on maritime risk

assessment was conducted, information was given on this issue, types of risk factors were explained and decision support systems were mentioned.

It has been considered that factors affecting dynamic risk calculations of navigation in internal waters are more effective and that a large proportion of marine accidents take place in internal waters, a study on internal waters would be an example to other waters and encompass the factors of other marine waters.

Literature research and expert opinions have determined the dynamic factors affecting the risk of navigation for the collision and grounding event, and the hierarchical structure of these factors, which were determined in the presence of the experts, was also established. At this stage, the reviews of pilot masters and experienced oceangoing masters have been consulted due to their knowledge and experience in the field of work.

The number of main dynamic risk factors of navigation determined in the study for collision are nine; which are defined as Traffic Density, Target Tendency Observation, Ship Maneuverability, Stability Factors, Technical Characteristics, Ship Dimension, Vessel Speed, Visibility and Environmental Factors. Twenty-one sub factors were located under these main factors.

The main factors of the dynamic risk factors specified in the study for grounding are also nine; which includes Traffic Density, Distance to Hazard, Ship Maneuverability, Stability Factors, Technical Characteristics, Measurable Ship Features, Ship Speed, Visibility and Environmental Factors. Nineteen sub factors were specified under these main factors as well.

Analytic Hierarchy Process method (AHP) which is developed to solve the weighting problems by Thomas Lorie Saaty was used as a multi-criteria decision making method in the study. This method, which is one of the most frequently used multi-criteria decision making methods in the literature is applied to a wide range of fields such as health sector, archaeology, finance, tourism, administration, education and engineering etc. In the method, the decision maker makes simple quantitative comparisons that will be used to determine priority values for purposes such as selection and evaluation. In the study, eleven experts were surveyed and the weights of the factors affecting the dynamic risk of navigation were separately analyzed and interpreted by the Analytic Hierarchy Process (AHP) method for collision and grounding occurrences. The factors affecting the collision and grounding discussed in the analysis are examined and their results were compared to each other.

As a result of examining the factors, the results that can contribute to the literature have been obtained. Some factors that are not used extensively in the literature have been found to play an important role in the dynamic risk assessment of navigation for collision and grounding. When the weights of collision factors and grounding factors were compared, some values were found close to each other while some factors were different.

It is aimed that the information obtained through the literature search made within the scope of the related research will be a source reference for new researchers, and a guiding reference for selection/determination of criteria affecting dynamic risk assessment of navigation. It is also aimed that the weighting factors affecting dynamic risk of navigation for collision and grounding will provide support for the quantitative evaluation of the criteria for the decision makers and help to obtain more productive results in risk models by taking into account the differences in the

importance values of the used factors and so it will contribute to provide safety in the maritime sector.





1. GİRİŞ

1.1 Tezin Motivasyonu

Deniz taşımacılığı, düşük maliyetlerle yüksek miktarlarda yük taşıma imkanı sağlaması ve diğer taşımacılık yöntemlerine göre çevre dostu olması nedeniyle uluslararası ve yerel ticaret için ana taşımacılık yöntemidir. Günümüzde dünya ticaretinin yaklaşık %90'ı deniz taşımacılığı ile sağlanmaktadır (Bertho ve diğ., 2016). Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansının (UNCTAD) deniz taşımacılığı verilerine bakıldığında yük elleçleme oranlarının, 1970 yılında 2605 milyon tondan 2016 yılında 10287 milyon tona yükseldiği ve 4 kat arttığı görülmektedir. Deniz ticaret filosunun da 1990'lardan beri büyümeye devam ettiği, 2005 yılından sonra ise büyüme hızını artırdığı ve 2017 yılında 1.9 milyon DWT'a çıkan deniz ticaret filosunun 12 yıl önceye göre 2 katına yükseldiği vurgulanmaktadır (UNCTAD, 2017). Dünya ekonomisi ve ticaretindeki gelişmelerle birlikte, deniz taşımacılığı kapasitesinin ve yoğunluğunun artmaya devam edeceği değerlendirilmektedir.

Deniz taşımacılığında kapasite ve trafik yoğunluğunun artış göstermesi (J. Zhang ve diğ., 2015), denizde emniyet olgusunun giderek önemli bir konu haline gelmesini sağlamıştır. Teknolojik ve operasyonel gemi emniyeti, seyir emniyeti, can emniyeti ve deniz kirliliğinden korunma olarak dört başlığı bünyesinde toplayan denizde emniyet olgusu (Kopacz ve diğ., 2001); sağlık, can, mal ve deniz çevresini etkileyen tehditlerin kabul edilebilir risk seviyesinin üstüne çıkmadığı durum olarak tanımlanmaktadır (Urbański ve diğ., 2008). Deniz ticaret yollarındaki trafik yoğunluğunun giderek artış göstermesi, denizde emniyeti sağlamak/geliştirmek amacıyla yeni çözümler ve tedbirlere ihtiyaç olduğunu vurgulamaktadır.

Denizde emniyetin sağlanması amacıyla felaket niteliğinde sonuçları olan deniz kazalarının sebepleri, denizcilik endüstrisinin gelişmesine paralel olarak araştırılmış ve bu araştırmalar ışığında uluslararası düzenleme ve uygulamalar hayata geçirilmiştir. 1912 yılında buz dağına çarparak 1517 kişinin yaşamını yitirmesine

sebepler olan Titanic kazası sonucu 1914 yılında Uluslararası Denizde Can Emniyeti Sözleşmesi (SOLAS), 1967 yılında İngiltere ve Fransa kıyılarında deniz kirliliğine sebep olan Torrey Canyon kazası sonucu 1975 yılında Uluslararası Gemi Kirliliğinin Önlenmesi Sözleşmesi (MARPOL), 1978 yılında Fransa kıyılarında karaya oturarak Fransa ve İngiltere kıyılarında deniz kirliliğine sebep olan Amoco Cadiz kazası sonucu MARPOL ve SOLAS'a yapılan eklemelerle 1978 yılında Gemi Adamlarının Eğitimi, Belgelendirilmesi ve Vardiya Tutma Standartlarına (STCW) ilişkin uluslararası sözleşme yürürlüğe girmiş ve 1982 yılında Paris Liman Devleti Mutabakatı (MoU) gündeme gelmiştir. Bunlara ek olarak 1987 yılında alabora olarak 193 kişinin hayatını kaybetmesine sebep olan Herald of Free Enterprise kazası Uluslararası Emniyetli Yönetim Kodunun (ISM) yürürlüğe girmesine ve 1999 yılında batarak Fransa kıyılarında deniz kirliliğine yol açan Erika kazası ile 2002 yılında batarak İspanya kıyılarında deniz kirliliğine sebep olan Prestige kazası Avrupa Deniz Emniyet Ajansının (EMSA) kurulmasına neden olmuştur. Ayrıca deniz kirliliğine yola açan 1989 yılında Exxon Valdez kazası, can kayıplarının yaşandığı 1980 yılında MV Derbyshire, 1994 yılında MS Estonia, 2006 yılında Star Princess ve 2012 yılında Costa Concordia kazaları da yürürlükte olan uluslararası düzenleme ve uygulamalara önemli yenilikler ve ekler getirilmesini sağlamıştır. Tehlikeden, can ve mal kaybından ve tolere edilemeyen risklerden uzak olunarak sağlanabilen (Abramowicz-Gerigk ve diğ., 2013) deniz emniyeti, bu düzenleme ve uygulamalarla etkin hale getirilmeye çalışılmıştır.

Trafik yol ayrımı (TSS) veya gemi trafik kontrol istasyonları (VTS) gibi uygulamalara ve uluslararası düzenlemelere rağmen gemi kazalarının önüne geçilememiştir (Szlapczynski & Szlapczynska, 2017a). 2007 ve 2016 yılları arasındaki 10 yıllık süreçte 25898 gemi kazası yaşanmış ve bu kazalar sonucunda 1186 gemi kullanılamaz hale gelmiştir (AGCS, 2017). Bu kazaların can/mal kaybına ve deniz kirliliğine neden olduğu dikkate alındığında deniz kazalarının üzerinde durulması gereken önemli bir konu olduğu açıkça görülmektedir.

Deniz kazaları, en eski kaza veri bankalarından biri olan Lloyds'a göre 6 kategoriye ayrılmış ve kazanın başlangıcında meydana gelen ilk olaya göre kategorize edilmişlerdir. Bunlar;

- ✓ Kötü hava şartları, su alma, ikiye bölünme ve diğer kategorilere girmeyen bir nedenden ötürü geminin batması ile sonuçlanan Batma,

- ✓ Yangın/patlama,
- ✓ Geminin diğer bir gemiyle çarpışması ile sonuçlanan Çatışma,
- ✓ Gemi veya deniz tabanı haricindeki yapılara veya yüzer cisimlere geminin çarpması ile sonuçlanan Çatma (1980 yılı öncesinde çatışma olarak kategorilenmekteydi.),
- ✓ Geminin deniz tabanına oturmasıyla sonuçlanan Karaya Oturma
- ✓ Makina ile gemi teknesinde oluşan arızalar nedeniyle vuku bulan Tekne/Makina Hasarıdır (Soares & Teixeira, 2001).

Allianz Global Corporate & Specialty şirketinin yaptığı analize göre 2007-2016 yılları arasında en fazla yaşanan deniz kazaları, %32 ile tekne/makina hasarı, %15 ile çatışma ve %15 ile karaya oturma olarak sıralanmıştır (AGCS, 2017). EMSA'nın deniz kaza/olaylar analizinde ise 2011-2016 yılları arasında yaşanan toplam 11116 deniz kazasının %18'i çatma, %16'sı çatışma ve %15,6'sı karaya oturma olmak üzere %50'sini seyir kazaları oluşturmuştur (EMSA, 2017). Doğası gereği seyir esnasında meydana gelen çatışma ve karaya oturma, bu istatistikler de değerlendirildiğinde diğer kaza tipleri arasında öne çıkmaktadır.

Deniz kazalarının meydana geldiği deniz bölgesi de deniz kaza tipleri kadar önem arz etmektedir. 2011-2017 yılları arasında vuku bulan deniz kazalarının %50'ye yakını iç sularda, %28'i karasularında ve %20'ye yakını açık denizlerde yaşanmıştır (EMSA, 2017). Deniz kazalarının büyük bir bölümü açık denizlerden ziyade trafik yoğunluğu ve coğrafi kısıtları nedeniyle iç sularda (kısıtlı sularda) gerçekleşmiştir. İç sular, kıyı devletinin kara ülkesinin en yakın sularını teşkil etmekte ve kıyı devletinin bir parçası olarak kabul edilmektedir. İç suların dış sınırı, kara sularının genişliğinin ölçüldüğü esas hatlardır (Sur, 2006). Koylar, körfezler, limanlar, kapalı denizler ve iç denizler ile düz esas hatların gerisinde kalan sular iç suları oluşturur (Baykal, 1998). Kaza riskini azaltmak ve kazalar yaşanmadan önce önlemler alarak riski en az seviyeye indirmek maksadıyla Finlandiya körfezi (Hänninen ve diğ., 2014; Kujala ve diğ., 2009; Mazaheri ve diğ., 2014; Mazaheri ve diğ., 2013; Montewka ve diğ., 2014; Montewka ve diğ., 2010), İstanbul boğazı (Keçeci, 2010; Köse ve diğ., 2003; Ulusçu ve diğ., 2009; Yazıcı & Otay, 2009), Yangtze nehri (Wu ve diğ., 2015; D. Zhang ve diğ., 2013; J. Zhang ve diğ., 2014), Shanghai liman bölgesi (Hu ve diğ., 2007) gibi iç su bölgeleri için projeler/çalışmalar yapılmıştır.

Kujala ve diğ. (2009)'nin yaptığı bir çalışmada, 1997 Ocak ayı ile 2006 Haziran ayı arasında Finlandiya körfezinde meydana gelen kazalar analiz edildiğinde karaya oturma ve çatışmanın en çok yaşanan kazalar olduğu görülmüş, bu süreçte yaşanmış 210 kazanın %47,6'sı karaya oturma ve %20'si çatışma olarak kayıtlara geçmiştir. Bu çalışmadan da anlaşılabileceği gibi bütün denizlerde yaşanan kazalara kıyasla kazaların yoğunlaştığı iç sularda karaya oturma ve çatışma risklerinin daha fazla olduğu görülmektedir.

Deniz kazaları sonucunda yaşanan felaketlerin, can kayıplarının ve maddi zararların önüne geçmek maksadıyla uluslararası örgütler, devletler ve kurumlar tarafından düzenlemeler ve uygulamalar hayata geçirilerek kazaların yaşanması engellenmeye çalışılmıştır. Yapılan düzenlemeler ve uygulamalarla önüne geçilemeyen deniz kazalarının azaltılabilmesi ve dolayısıyla denizde emniyetin sağlanması için risk değerlendirmeleri yapılarak tedbirlerin artırılabilmesi değerlendirilmiştir.

Risk, kısaca bir kaza veya istenmeyen bir olayın olma olasılığıdır. Hesaplanan riskin değerlendirilmesi de karar verme mekanizmalarının en büyük yardımcısı olarak görülmektedir. Risk değerlendirmesi; tehlikenin tanımlanması, olma olasılığı hesaplanması, kaza değerlendirmesi ve risk kıymetlenmesi olarak dört sistematik adımda gerçekleştirilir. İyi bir risk değerlendirmesi, kritik alanlarda net ve iyi bir şekilde kararların verilmesini, hatta organizasyonlarda karar vermeye etki eden faktörlerin tespit edilmesini sağlamaktadır (Lim ve diğ., 2018).

Bu bilgiler ışığında denizde emniyetin temel unsurlarından olan risk değerlendirilmesi (Kristiansen, 2013), denizcilik alanındaki çalışma ve projelerde önemli bir konu olarak ortaya çıkmıştır. Ağır sonuçları olan deniz kazalarının seyir esnasında yaşandığı ve gemi riskinin birçok değişken/faktöre bağlı olduğu düşünüldüğünde dinamik seyir risk hesaplamalarının ve buna bağlı olarak karar verme mekanizmalarının kullanılması bir gereklilik haline gelmiştir. Bu gereklilikten hareketle akademik çalışmalar/projelerde, farklı yaklaşımlarla gerçek zamanlı/dinamik risk hesaplamaları ve karar destek mekanizmaları yapılmaya başlanmıştır (Ahn ve diğ., 2012; Baldauf ve diğ., 2011; Balmat ve diğ., 2009; Chin & Debnath, 2009; Goerlandt ve diğ., 2015; Hilgert & Baldauf, 1997; Mou ve diğ., 2010; Szlapczynski & Szlapczynska, 2017a, 2017b; Wu ve diğ., 2015).

Dinamik seyir risk değerlendirmesi ile ilgili yapılmış çalışmalar ve karar destek mekanizmaları dikkate alındığında, seyir risk faktörlerinin modelden modele ya da hesaplamadan hesaplamaya farklılık gösterdiği ve ne kadar etkili olduklarının tespit edilmediği belirlenmiştir. Seyir risk faktörlerini değerlendirerek dinamik seyir risk hesaplamasına etki eden faktörlerin ortaya konulması ve bu faktörlerin öncelik derecelerinin/ağırlıklarının tespit edilmesi gereği bu çalışmanın yapılması için teşvik edici unsurlar olarak değerlendirilmiştir.

1.2 Önceki alışmalar

Son yıllarda denizcilik sektöründe risk hesaplamaları üzerine çalışmalar artmıştır. Bu çalışmaların bazıları Bölüm 2’de özetlenmiştir.

1.3 Tezin Amacı

Çalışmada öncelikle denizcilikte dinamik seyir risk hesaplamasına etki eden faktörlerin ortaya konulması ve bu faktörlerin önem değerlerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Tez alışması kapsamında çatışma olayı ve karaya oturma olayı için iç sular uygulama alanı olarak seçilmiştir. Bu sayede, karar verme mekanizmalarındaki dinamik seyir risk değerlendirmesi algoritmalarının ve dinamik seyir risk hesaplamalarının daha verimli ve doğru sonuçlar elde edebilmesi açısından yapılacak çalışmalara katkı sağlanması hedeflenmiştir.

1.4 Tezin Kapsamı

Tez alışması kapsamında öncelikle literatür taraması yapılarak denizcilikte risk analizi için kullanılan modeller ve algoritmalar konusunda araştırma yapılmış, çatışma/karaya oturma olayları için yazında kullanılan dinamik seyir risk hesaplamasına etki eden faktörler hakkında bilgi toplanmıştır.

Çalışmanın devamında denizcilikte risk değerlendirmesi konusunda araştırma yapılarak bu konu hakkında bilgi verilmiş, risk faktörleri çeşitleri açıklanmış ve karar destek sistemlerinden bahsedilmiştir.

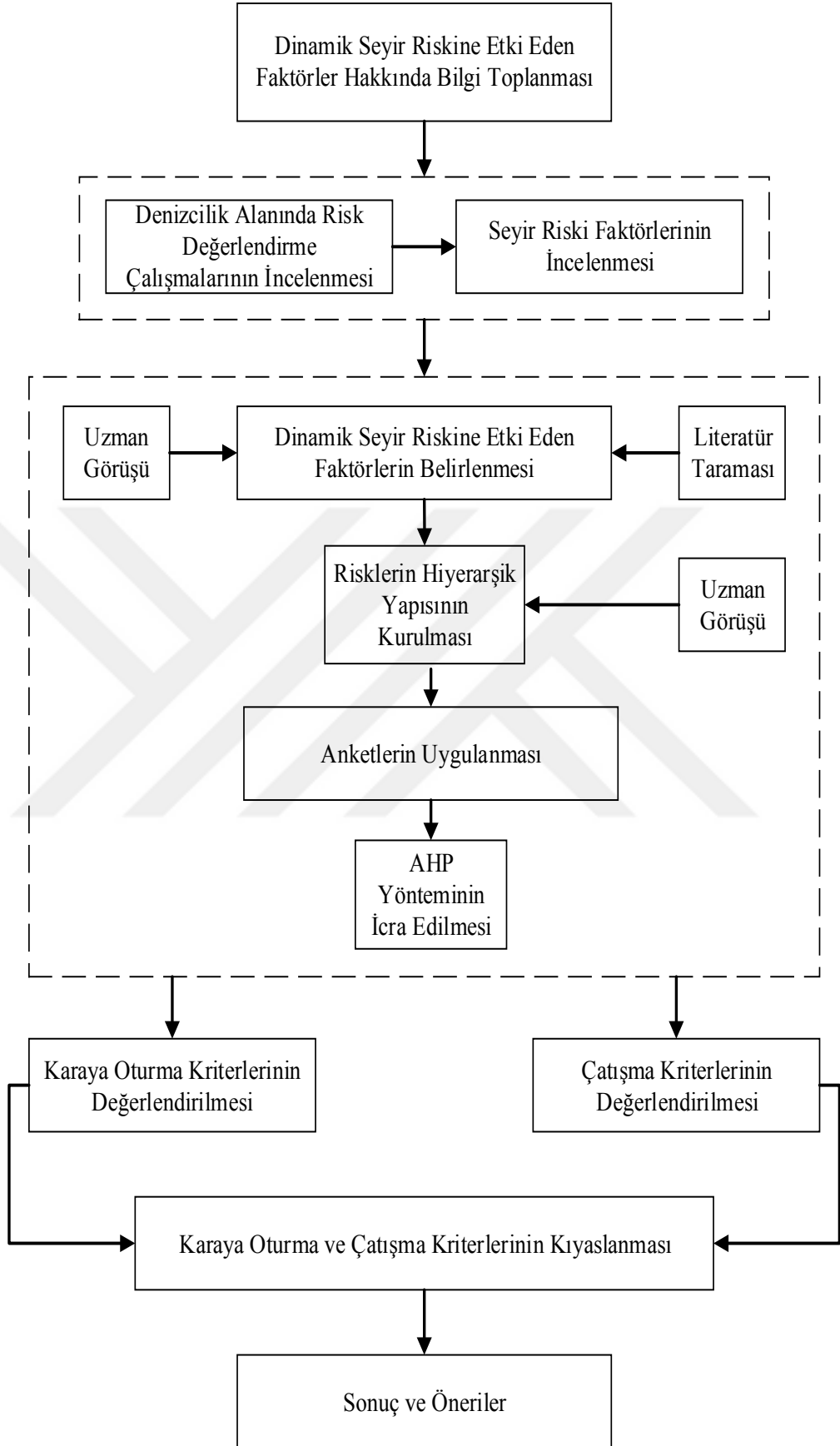
Metodoloji bölümünde, Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi ve işlemler basamakları kısaca açıklanmıştır.

Uygulama bölümünde, yazın araştırması ve uzman görüşleriyle çatışma olayı ve karaya oturma olayı için dinamik seyir riskine etki eden faktörler belirlenmiş, ve uzmanlar eşliğinde belirlenen faktörlerin hiyerarşik yapısı oluşturulmuştur. Uzmanlardan edinilen anket değerlendirmeleri Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi ile analiz edilmiş ve faktörlerin ağırlıkları çatışma olayı ve karaya oturma olayı için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar çatışma olayı ve karaya oturma olayı için ayrı ayrı yorumlanarak grafik gösterimleriyle sunulmuştur. Aynı uzmanlar tarafından değerlendirilen çatışma olayına ve karaya oturma olayına etki eden faktörler karşılaştırılmış ve grafik gösterimleri verilerek yorumlanmıştır. Sonuç ve öneriler bölümünde ise tez çalışması sonuçları değerlendirilerek, gelecekte yapılacak çalışmalarla ilgili önerilerde bulunulmuştur. Tezin kapsamına ait akış şeması Şekil 1.1’de verilmiştir.

1.5 Tezin Sınırları

İç sularda dinamik seyir risk hesaplamalarına etki eden faktörlerin daha etkin olduğu ve deniz kazalarının büyük bir oranının iç sularda gerçekleştiği değerlendirildiğinde iç sular üzerine yapılacak bir çalışmanın diğer denizlere de örnek olabileceği ve diğer deniz alanlarının faktörlerini kapsayacağı düşünülmüştür. Bu çalışmada iç sularda en çok yaşanan ve felaketlerle sonuçlanabilen karaya oturma ve çatışma konularına odaklanılmıştır.

Uzman görüşlerine başvurduğumuzda, faktörlerin belirlenmesi aşamasında bu konular üzerine çalışan akademisyenler ve iç suları daha iyi değerlendireceği düşünülen kılavuz kaptanlarla faktörler istişare edilmiştir.



Şekil 1.1 : Tezin akış diyagramı



2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Denizcilikte risk analizi için modeller ve algoritmalar konusunda literatür taraması yapan Lim ve diğ. (2018) tarafından 180 tane makale/çalışma taranmış, kullanılan metotlar istatistiki, simülasyon ve optimizasyon modelleri olarak üç başlık altında toplanmıştır. Çalışmada 2000 yılından itibaren denizcilikte risk analizi konusunda yapılan çalışmalarda ciddi bir artış olduğu ortaya konulmuş ve bu alandaki açıklar tespit edilerek gelecek çalışmalara yeni bakış açıları sağlanması hedeflenmiştir. Ayrıca çatışma, su yolları emniyeti ve karaya oturma konuları olduğu vurgulanmıştır.

Stróżyńska ve Abramowicz (2015) tarafından denizcilik alanında karar destek mekanizmaları için dinamik risk değerlendirmeleri üzerine çalışma yapılmış ve çalışmada çeşitli faktörler/değişkenlerle gemilerin kendine özgün risklerinin gerçek zamanlı hesaplanarak risk karşılaştırması yapabilen bir yaklaşımın ortaya konulması amaçlanmıştır. Yaklaşımda risk faktörleri; statik risk faktörleri, seferle ilgili risk faktörleri, dinamik risk faktörleri ve gemi geçmişi ile ilgili risk faktörleri olarak dört başlık altında gruplandırılmıştır.

Mazaheri ve diğ. (2014) tarafından risk yönetimi bakış açısıyla karaya oturma riskinin modellenmesi konusunda literatür taraması yapılmış ve çalışma 90 tane makale/çalışma taranarak 13 karaya oturma risk modeli karşılaştırılmıştır. Bu modellerde; genel olarak geometrik senaryolar, hata ağacı analizi (FTA), Bayes ağ modeli (BNN) ve simülasyon metot olarak kullanılmıştır. Çalışmada karaya oturma ile ilgili modellerin değerlendirilmesi, risk yönetimi/karar verme mekanizmalarına uygun olan modellerin ortaya konulması ve gelecekte tasarlanacak modellere katkı sağlanması amaçlanmıştır.

Norveç Klas Kuruluşu (DNV)'nun yaptığı biçimsel risk değerlendirmesi (FSA), DNV (2003) teknik raporunda yolcu gemilerinin risk analiz modeli BNN yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur. Kullanılan model, uzman yorumlarıyla ve istatistiki veriler ile şekillendirilmiştir. Çalışmada su yollarının genişliği/geometrisi,

insan/organizasyon faktörleri, geminin teknik güvenilirliği, görüş ve meteorolojik koşullar karaya oturma riski hesaplamasına etki eden faktörler olarak belirlenmiştir.

Ramboll (2006) raporunda Danimarka ve İsveç arasında kalan Øresund Boğazında seyir emniyetini sağlamak maksadıyla Ramboll şirketi tarafından risk analiz modeli oluşturulmuş ve yapılan risk modelinde geometrik senaryolarla BNN yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada karaya oturma risk hesaplamasına etki eden faktörler; su yollarının genişliği/geometrisi, trafik yoğunluğu, gemi draftı, geminin teknik güvenilirliği, sürat, tehlikeye olan mesafe, insan/organizasyon faktörleri ve meteorolojik koşullardır.

Ulusçu ve diğ. (2009) yaptığı çalışmada İstanbul Boğazındaki gemi trafiğinin risk analizi yapılmış ve bu analizde geometrik senaryolarla birlikte simülasyon kullanılmıştır. Karaya oturma risk hesaplamasına etki eden faktörler; insan/organizasyon faktörleri, geminin teknik güvenilirliği, çevresel faktörler, gemi boyu, gemi tipi, gemi yaşı, geminin bayrağı, trafik yoğunluğu, görüş ve su yollarının genişliği/geometrisi olarak belirlenmiştir.

Van Dorp ve Merrick (2011) tarafından deniz ulaştırma sistemi simülasyonu kullanılarak Puget Boğazında yakıt kaçağı risk analizi üzerine yapılan çalışmada karaya oturma riskini hesaplayan bir model oluşturulmuş ve modelin oluşturulma safhasında kaza analizleri ile uzman görüşleri kullanılmıştır. Çalışmada insan/organizasyon faktörleri, geminin teknik güvenilirliği, çevresel faktörler, meteorolojik koşullar, gemi boyu, gemi tipi ve su yollarının genişliği/geometrisi karaya oturma risk hesaplamasına etki eden faktörlerdir.

Montewka ve diğ. (2011) tarafından Finlandiya körfezi için deniz trafik risk modellemesi yapılmış ve coğrafik senaryolarla analitik bir model oluşturulmuştur. Karaya oturma risk hesaplamasına etki eden faktörler olarak geminin teknik güvenilirliği, geminin dönme kabiliyeti, tehlikeye olan mesafe, sürat, gemi boyu, gemi draftı, su yollarının genişliği/geometrisi ve trafik yoğunluğu belirlenmiştir.

Mazaheri ve diğ. (2016) tarafından deniz kaza/olay raporları incelenerek karaya oturma için olay bazlı olasılıksal bir risk modeli oluşturulmuş ve modelde BNN yöntemi kullanılmıştır. İnsan/organizasyonel faktörler, görüş, teknik güvenilirlik, trafik yoğunluğu, su yollarının genişliği/geometrisi ve meteorolojik koşullar karaya oturma risk hesaplamasına etki eden faktörler olarak belirlenmiştir.

Friis-Hansen ve Simonsen (2002) tarafından çatışma ve karaya oturma risk analizi yapan GRACAT isimli program oluşturulmuş ve program içerisinde bulunan modelde, risk analizinde BNN yöntemi kullanılmaktadır. Determenistik ve olasılıksal olarak iki modda çalışabilen program; kaza risk sıklığı, alınabilecek hasar durumu ve hasar sonucu oluşabilecek felaketleri üç farklı modülde hesaplayacak şekilde dizayn edilmiştir. Karaya oturma risk hesaplamasına etki eden faktörler; meteorolojik koşullar, görüş, sürat, trafik yoğunluğu ve tehlikeye olan mesafedir.

Jebsen ve Papakonstantinou (1997) tarafından Boston, New York/New Jersey, San Fransisco, Tampa ve Houston/Galveston olarak toplam beş liman bölgesinin 1981-1995 yılları arasındaki istatistiki verileri kullanılarak liman girişlerinde/iç sularda karaya oturma riski, matematiksel olarak modellenmiştir. Çalışmada BNN yöntemi kullanılmış ve karaya oturma risk hesaplamasına etki eden faktörler; insan/organizasyonel faktörler, su yollarının genişliği/geometrisi, trafik yoğunluğu, çevresel koşullar, meteorolojik koşullar, gemi tipi, gemi boyutu, manevra kabiliyeti ve görüş olarak belirlenmiştir.

Simonsen (1997) tarafından karaya oturma riski konulu bir çalışma yapılmış ve çalışmada eski kaza analizleri göz önüne alınarak hata ağacı analizi yardımıyla karaya oturma riskini ve karaya oturma olayı sonucunda oluşacak hasar boyutunu hesaplayacak matematiksel bir model oluşturulmuştur. Gemi tipi, yüklülük durumu, gemi boyu, gemi draftı, gemi tipi, trafik yoğunluğu ve tehlikeye olan mesafe karaya oturma risk hesaplamasına etki eden faktörlerdir.

Pedersen (1995) tarafından çatışma ve karaya oturma riski üzerine bir çalışma yapılmış ve çalışmada hata ağacı analizinin yardımıyla Danimarka'da Zeeland ve Funen adalarını birleştiren The Great Belt köprüsünün kuzeyinde yaşanan karaya oturma kazalarının analizi yapılarak karaya oturma riski ve kaza sonrası yaşanabilecek hasarı hesaplayan istatistiksel model oluşturulmuştur. Karaya oturma risk hesaplamasına etki eden faktörler; gemi tipi, yüklülük durumu, gemi boyu, gemi draftı, su yollarının genişliği/geometrisi, tehlikeye olan mesafe, trafik yoğunluğu ve insan/organizasyonel faktörler olarak belirlenmiştir.

COWI (2008) raporunda Bornholm civarındaki bölgede deniz trafiği risk analizi yapılmış ve Bornholm'da kullanılan trafik ayırım şemasının değerlendirilmesi ile Bornholm ve Gdansk körfezi arasında yapılabilecek trafik ayırım şemasının

oluşturacağı etkilerin araştırılması amaçlanmıştır. Raporda kaza/olay analizlerine ve uzman görüşlerine başvurularak analitik bir karaya oturma riski hesaplama modeli oluşturulmuştur. Modelde kullanılan faktörler; gemi draftı, sürat, trafik yoğunluğu, tehlikeye olan mesafe, insan/organizasyonel faktörler ve su yollarının genişliği/geometrisidir.

Avrupa Birliği Komisyonu'nun Karasularında Gemi Emniyeti (SAFEKO) projesi kapsamında yapılan Deniz Kazaları Hesaplama Sistemi (MARCS)'nin modelleri Fowler ve Sörgård (2000) tarafından Kuzey denizini kapsayan verilerle gemi ulaştırma risk modellemesi konusu altında bir çalışmada sunulmuştur. Çalışmada kaza/olay analizleri, hata ağacı analizi yöntemi ve uzman görüşlerinin yardımıyla karaya oturma üzerine analitik bir model oluşturulmuştur. Tehlikeye olan mesafe, sürat, çevresel faktörler, meteorolojik koşullar, teknik güvenilirlik ve su yollarının genişliği/geometrisi karaya oturma risk hesaplamasına etki eden faktörler olarak kullanılmıştır.

Goerlandt ve diğ. (2015) tarafından risk hesaplı gemi çatışma uyarı sistemi/uygulaması üzerine çalışma yapılmış ve çalışmada bulanık uzman sistemler kullanarak dinamik risk hesaplı gemi çatışma uyarı sistemi oluşturulmuştur. Bu sistem oluşturulurken 10 farklı risk değerlendirme ve çatışma önleme sisteminin faktörleri karşılaştırılmış ve uzman görüşlerinin yardımıyla yaklaşılacak en yakın noktadaki gemiler arası mesafe (DCPA), yaklaşılacak en yakın noktada olma zamanı (TCPA), temasın mesafesi, karşılaşma açısı, temasın rotası, pruva atlama zamanı (BCT), pruva atlama mesafesi (BCR), gemi boyu ve görüş; faktörler olarak belirlenmiştir. Oluşturulan sistem dört farklı sistemle karşılaştırılarak sistemin güvenilirlik/geçerlilik seviyesi gösterilmeye çalışılmıştır. Çalışmada, dinamik risk hesaplaması yaparak gemiye çatışma uyarısı veren sistemlerin günümüz ihtiyaçlarını karşılamak amaçlanmıştır.

Mou ve diğ. (2010) tarafından otomatik tanımlama sistemi (OTS) bilgisi kullanılarak yoğun su yollarında çatışma önleme üzerine çalışma yapılmış ve çalışmada yoğun su yolu olarak Rotterdam liman bölgesi seçilerek doğrusal regresyon modeli kullanılmıştır. Bu çalışmayla, Hollanda Denizcilik Araştırma Enstitüsü (MARIN) tarafından kullanılan Kuzey denizinde gemiler ve kıyı için emniyet değerlendirme modellerine (SAMSON), dinamik seyir risk hesaplama özelliği kazandırılmış ve OTS bilgisinin modellerde kullanılabileceği gösterilmiştir. Çalışmada,

SAMSON'daki gemi tipi, gemi boyu, gemi yaşı, bayrağı, meteorolojik koşullar faktörlerine ek olarak TCPA, DCPA ve karşılaşma açılarını risk faktörleri olarak kullanmıştır.

Wu ve diğ. (2015) tarafından farklı seyir bölgelerinde deniz emniyet kontrolünün verimliliği üzerine çalışma yapılmış ve çalışmada Yangtze nehri bölgesi için veri zarflama analizi modeli kullanılmıştır. Denizde emniyete etki eden faktörler; gemi kondisyonu, denizcilik düzenlemeleri/uygulamaları, insan güvenilirliği ve seyir ortamı olarak 4 başlığa ayrılmıştır. Çalışmada, risk hesaplamasına etki eden faktörler olarak görüş, meteorolojik koşullar, trafik yoğunluğu, teknik güvenilirlik, TCPA, DCPA ve karşılaşma açıları belirlenmiştir.

Hilgert ve Baldauf (1997) tarafından Denizde Çatışmayı Önleme Tüzüğü (DÇÖT) göz önüne alınarak gemilerin karşılaşma durumlarını değerlendiren genel risk modeli üzerine çalışma yapılmış ve çalışmada; gemi adamları, kılavuz kaptanlar ile VTS operatörlerine denizcilik düzenlemeleri/uygulamalarına uygun karar destek mekanizmaları oluşturmak amaçlanmıştır. Dinamik seyir risk hesaplamasına etki eden faktörler; DCPA, TCPA, temasın mesafesi, sürat, gemi boyu, görüş, manevra kabiliyeti, DÇÖT kuralları ve karşılaşma açılarıdır.

Baldauf ve diğ. (2011)'nin deniz trafiğinde çatışma önleme sistemi konulu çalışmasında hava ve deniz trafiği karşılaştırılarak bir çatışmayı engellemek maksadıyla uyaran bir alarm algoritması oluşturulmuş ve algoritmayla DÇÖT'e uygun bir dinamik karar destek mekanizması yapılması amaçlanmıştır. Dinamik seyir risk hesaplamasına etki eden faktörler; DCPA, TCPA, temasın mesafesi, sürat, gemi boyu, görüş, manevra kabiliyeti, DÇÖT kuralları, karşılaşma açıları ve çevresel koşullar olarak belirlenmiştir.

Chin ve Debnath (2009) tarafından liman sularında (iç sularda) çatışma riski modellemesi yapılmış ve liman olarak Singapur limanı seçilerek kılavuz kaptanlara karar destek mekanizması oluşturulması hedeflenmiştir. Olasılıksal yaklaşım ile kurulan çalışma modelinde; DCPA, TCPA, temasın mesafesi, sürat, gemi boyu, gemi tipi, görüş, manevra kabiliyeti, trafik yoğunluğu ile çevresel koşullar dinamik risk hesaplamasına etki eden faktörler olarak kullanılmıştır.

Szlapczynski ve Szlapczynska (2017a) tarafından dar sularda emniyetli seyir parametrelerini belirleme/görselleme metodu üzerine çalışılmış ve çalışmada Lenart

(1983) tarafından ilk kez ortaya konulan Çatışma Tehdidi Parametre Bölgesini (CTPA) gösterme tekniğine iyileştirmeler yapılmıştır. Goodwin (1975) tarafından ilk kez ortaya konulan gemi emniyet alanının ve DÇÖT kurallarının CTPA modeline eklenmesiyle dar sularda seyir için karar destek mekanizmasının daha etkin hale getirilmesi amaçlanmıştır. Dinamik seyir risk hesaplamasına etki eden faktörler; DCPA, TCPA, temasın mesafesi, sürat, görüş, manevra kabiliyeti, DÇÖT kuralları, karşılaşma açıları ve su yollarının genişliği/geometrisi olarak belirlenmiştir.

Ahn ve diğ. (2012) tarafından yapay sinir ağı ve bulanık mantık kullanılarak çatışma önleme üzerine çalışılmıştır. Çalışmada çatışma riski hesaplamasında nöral ağ yöntemi kullanılmış ve DCPA/TCPA fonksiyonları simülasyon verileriyle belirlenmiştir. Bulanık mantık kullanılarak algoritma oluşturulmuş ve gemi emniyet alanı, coğrafi karakteristikler ve kısıtlı görüş de göz önüne alınmıştır. DCPA, TCPA, temasın mesafesi, sürat, görüş, manevra kabiliyeti, gemi boyu, çevresel koşullar ve su yollarının genişliği/geometrisi dinamik seyir risk hesaplamasına etki eden faktörlerdir.

Montewka ve diğ. (2012) tarafından deniz kazalarının olasılığını hesaplamak için çatışmaya etki eden uygun kriter/sebep faktörlerinin belirlenmesi üzerine çalışılmış ve çatışmayı engellemek için minimum gemiler arası mesafe (MDTC) modelindeki (Montewka ve diğ., 2010) faktörlerin uygunluğu değerlendirilmiştir. Deniz trafik analizi ve deniz kaza istatistikleri yardımıyla sebep faktörler belirlenmiş ve MDTC bilgisi simülasyon yardımıyla oluşturulmuştur. Çalışmada seyir risk hesaplamasının statik ve dinamik olarak iki ana modelle ayrılabilceğine değinilmiştir. Dinamik seyir risk hesaplamasına etki eden faktörler; gemi rotası, karşılaşma açıları, gemi eni, gemi boyu, gemi draftı, trafik yoğunluğu ve manevra kabiliyetidir.

Bukhari ve diğ. (2013) tarafından gerçek zamanlı ve çok gemili çatışma riski hesaplaması üzerine çalışılmış ve çalışmada bulanık çıkarım sistemleri kullanılmıştır. Sunulan karar destek mekanizması, VTS operatörleri için tasarlanmıştır. Dinamik seyir risk hesaplamasına etki eden faktörler; DCPA, TCPA, karşılaşma açıları ve sürat olarak belirlenmiştir.

N. Wang (2010) tarafından gemi etrafını dört parçaya ayırarak daha esnek bir gemi alanı üzerine, çatışma riski odaklı bir çalışma yapılmış ve çalışmada bulanık mantık kullanarak sistematik bir model oluşturulmuştur. Simülasyonda denenen yeni gemi

alanı modelinin, diğer gemi alanı modellerinden daha verimli ve üstün olduğu vurgulanmıştır. Karşılaşma açıları, mesafe, sürat, gemi boyu ve manevra kabiliyeti dinamik seyir risk hesaplamasına etki eden faktörler olarak belirlenmiştir.

Lee ve Rhee (2001) tarafından uzman sistemler ve arama algoritması kullanılarak çatışma önleyici sistemlerin gelişimi üzerine yapılan çalışmada bulanık mantık ve A Yıldız Arama Algoritması (A*) kullanılmış ve oluşturulan çatışma önleyici sistem simülasyonda denenmiştir. Dinamik seyir risk hesaplamasına etki eden faktörler; DCPA, TCPA, sürat ve gemi boyudur.





3. DENİZCİLİK ALANINDA RİSK DEĞERLENDİRMESİ

Denizcilikte risk konsepti, literatürde çeşitli şekillerde tanımlanmaktadır. Goerlandt ve Montewka (2015), denizcilik alanında genel risk tanımlarını ve çeşitli risk analiz yaklaşımlarını çalışmada sunmuştur. Klasik yaklaşımla risk değerlendirmesi; istenmeyen olay senaryolarının tanımlanması, her bir senaryonun olma olasılığının hesaplanması, olaylar sonrası oluşabilecek sonuçların hesaplanması ve oluşan riskin kabul edilebilir ya da kabul edilemez olduğunun değerlendirilmesi olarak dört temel adımdan oluşmaktadır (ABS, 2000). Denizcilikte emniyet değerlendirmesi yaklaşımı olarak Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO)'nün kullanılmasını tavsiye ettiği yöntem Biçimsel Emniyet Değerlendirmesi (FSA)'dır (Berle ve diğ., 2011; Trucco ve diğ., 2008).

1988 yılında Kuzey denizinde bulunan Piper Alpha isimli açık deniz platformunun patlaması ve 167 kişinin hayatını kaybetmesi üzerine yüksek teknoloji endüstrilerde kullanılan emniyet rejimleri İngiltere tarafından açık deniz endüstrisinde de kullanılmaya başlanmıştır (Jin Wang, 2001). 1987 yılında yaşanan Herald of Free Enterprise felaketi üzerine yapılan araştırmalar sonucu 1992 yılında Lordlar Kamarası tarafından Lord Carver raporu (HOUSE, 1992) oluşturulmuş ve IMO tarafından uygulanması gerektiği bildirilerek İngiltere Denizcilik ve Sahil Güvenlik Ajansı (UK MCA) tarafından biçimsel gemi emniyet değerlendirmesi konusu, 1993 yılında Deniz Emniyeti Komitesi (MSC)'nin 62. toplantısında MSA (1993) ile gündeme getirilmiştir (J Wang & Foinikis, 2001). 1997 yılında IMO tarafından IMO'nun kural geliştirme işleminde Biçimsel Emniyet Değerlendirmesi (FSA) işleminin uygulanması konusunda IMO/MSC (1997) ile karar alınmıştır (Kontovas, 2005). 2002 yılında FSA ile ilgili rehber doküman IMO/MSC (2002) olarak yayınlanmış ve son olarak 2015 yılında IMO/MSC (2015) olarak revize edilmiştir. FSA, IMO kararları sonrasında kullanılmaya başlanmıştır.

Biçimsel emniyet değerlendirmesi (FSA); deniz çevresinin korunması ile can/mal kayıplarının engellenmesi gibi hususları içeren deniz emniyetinin sağlanması amacıyla fayda maliyet analizi ve risk değerlendirmesi yaparak kullanılan

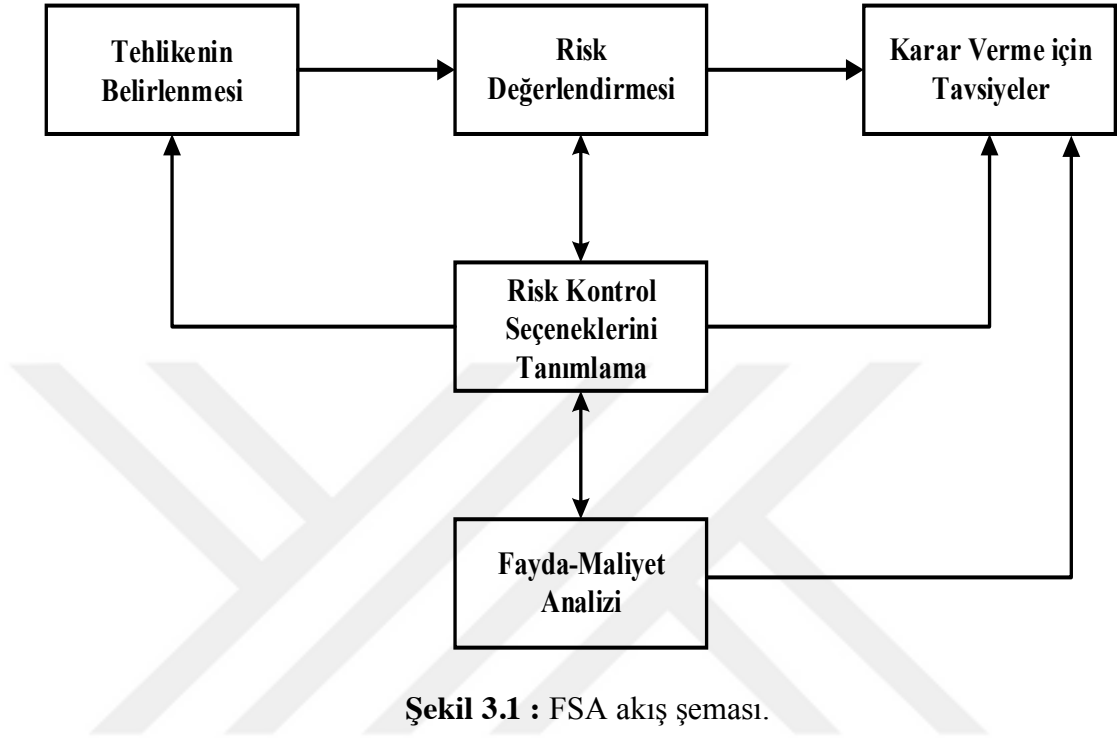
sistematik ve yapısal işlemler bütünüdür (IMO/MSC, 2002, 2015). FSA; risk tabanlı ya da ön alma prensipleri uygulayarak geliştirilmiş veya halihazırda yürürlükte olan düzenlemelerin geçerliliğini gözden geçirmede, gerekli kararların kesin alınamadığı ve analiz edilmesiyle alınacak risklerin azaltılması gereken durumlarda, özel gemi operasyonlarının ya da gemi alt sistemlerinin emniyeti düşünüldüğünde ve genel dizayn sürecindeki/kullanım durumundaki gemilerin genel gemi sistemi emniyeti değerlendirilmesinde kullanılabilir (Hermanski & Daley, 2005).

FSA işlemi, Şekil 3.1’de gösterildiği gibi beş adımdan oluşmaktadır (Quan-Gen ve diğ., 2005). Bunlar;

- ✓ Tehlikenin belirlenmesi : Gemi veya yapılan işlerle ilgili tüm tehlikelerin tanımlanması.
- ✓ Risk değerlendirmesi : Risk modeli kurma ve risk modellerindeki tüm alanlar için sonuç/olasılık belirleme işlemi.
- ✓ Risk kontrol seçeneklerini tanımlama : En önemli riskli olayın risk seviyesini azaltacak risk kontrol seçeneklerini belirleme.
- ✓ Fayda-Maliyet analizi : Her risk azaltma seçeneğinin maliyet etkin olmasını değerlendirme ve seçeneklerin maliyet etkin oluşlarına göre sıralama.
- ✓ Karar verme için tavsiyeler : Geçerli tüm aktiviteleri bu bilgiler ışığında planlama ve karar verme için tavsiyeler oluşturma.

Farklı FSA adımları için ve risk değerlendirmesi yapılmasına yardımcı olmak için uyarlanmış bir çok analiz tekniği ve modeli bulunmaktadır. Tehlike tanımlama ve risk faktörlerini belirlemede literatür taraması, uzman görüşleri, beyin fırtınası, Tehlike ve İşletebilirlik Tekniği (HAZOP), Hata Türleri ve Etki Analizi (FMEA) (Balmat ve diğ., 2009; Zaman ve diğ., 2014) ve Tehlike Tanımlama Tekniği (HAZID) genellikle kullanılan metotlardır (ABS, 2000; Ellis ve diğ., 2008). Risk modellemesi metotları, nicel ve nitel olarak iki başlıkta incelenebilir. Bunların en çok kullanılanları; geçmiş bilgilere dayanan İstatistiksel Analiz (Endrina ve diğ., 2018; Fowler & Sörgård, 2000; Keçeci & Arslan, 2014; Soares & Teixeira, 2001), Hata Ağacı Analizi (FTA), Olay Ağacı Analizi (ETA) (Berle ve diğ., 2011; Senol ve diğ., 2015; Senol & Sahin, 2016), BNN (Berle ve diğ., 2011; Trucco ve diğ., 2008; D. Zhang ve diğ., 2013), Korelasyon Analizi, Bulanık Mantık (Balmat ve diğ., 2011; Bukhari ve diğ., 2013; J Wang ve diğ., 2004) ve birden fazla metodun beraber

kullanıldıkları metotlardır (Eleye-Datubo ve diğ., 2008; Elsayed, 2009). Risk değerlendirmesi için ise en çok risk matrisleri, risk profilleri, F-N eğrileri ve bağıl sıralama/risk indeksi kullanılmaktadır (ABS, 2000; Kontovas, 2005). Burada en önemli husus doğru ve uygun metot veya metot kombinasyonlarını kullanmaktır.



Şekil 3.1 : FSA akış şeması.

3.1 Risk Faktörleri

Geminin karşılaşılabileceği tehlikeler, geminin genel risk seviyesini etkileyen birçok risk değişkenine/faktörüne bağlıdır. Stróžyna ve Abramowicz (2015) tarafından yapılan çalışmada risk değişkenleri/faktörleri dört gruba ayrılmıştır. Bunlar;

- ✓ Statik risk faktörleri
- ✓ Seyir güzergahı ile ilgili risk faktörleri
- ✓ Dinamik risk faktörleri
- ✓ Gemi geçmişi ile ilgili risk faktörleridir.

Statik risk faktörleri, geminin statik özelliklerini içerir. Geminin boyutları, yaşı, bayrağı, klaslama durumu, mürettebat sayısı vb. bilgiler statik risk faktörleridir. Bu faktörlerin bazıları (gemi boyu, gemi tipi gibi) hiç değişmezken bazı faktörler (gemi sahibi, bayrağı gibi) de zaman zaman değişebilmektedir. Bazı çalışmalarda gemilerin

statik risk faktörleri ağırlıklı bir şekilde kullanılarak risk değerlendirmesi yapılmıştır (Balmat ve diğ., 2009, 2011; Degre ve diğ., 2003; Li ve diğ., 2014).

Seyir güzergahı ile ilgili risk faktörleri, geminin bir limandan diğerine seyrederken izlediği güzergâh veya yükü ile ilgili riskleri içeren faktörlerdir. Geminin yükünün tipinden, varış/ayrılış limanlarının durumu veya özelliklerinden ya da seyir yaptığı deniz bölgesinden (dar sular, iç sular gibi) kaynaklanırlar. Genellikle faktörler her seyrin durumuna göre değişmektedir. Seyir güzergahı riskine sebep olan faktörlerle yapılmış çalışma sayısı literatürde oldukça kısıtlıdır (Fu ve diğ., 2010; Silveira ve diğ., 2013; Zaman ve diğ., 2014).

Dinamik risk faktörleri, geminin seyir esnasında değişen faktörlerini içerir. Bunlar; gemi hızı, DCPA, TCPA, hava durumu, akıntı, rüzgâr, trafik yoğunluğu, görüş, tehlikenin mesafesi, deniz durumu gibi neredeyse anlık değişen faktörlerdir. Dinamik risk faktörleriyle risk değerlendirmesi literatürde önemli bir yer kaplamaktadır ve bu faktörler kullanılarak birçok çalışma yapılmıştır (Baldauf ve diğ., 2011; Goerlandt ve diğ., 2015; Mazaheri ve diğ., 2014; Mou ve diğ., 2010; Szlapczynski & Szlapczynska, 2017a; Wu ve diğ., 2015).

Gemi geçmişi ile ilgili risk faktörleri; geminin geçmişi ile bağlantılı yaşanmış kaza/olay, anormal gemi hareketleri, liman kontrollerinde alıkonulmalar, geçmişte yük alınıp/verilen limanlar, geçmişte taşınmış yük tipleri, eski gemi donatıları gibi bilgilerden oluşan risk faktörleridir. Gemi geçmişi ile ilgili risk faktörleriyle risk değerlendirmesi konusunda az sayıda çalışma yapılmıştır (Gaonkar ve diğ., 2013; Gaonkar ve diğ., 2011).

Yukarıda belirttiğimiz dört risk faktörünün birlikte hesaplanması, geminin genel risk durumunu ortaya koyabilmektedir. Genel risk durumu ise geminin maruz kalabileceği tehlikeleri göstermektedir (Stróžyna & Abramowicz, 2015). Çalışmamızda, karar destek mekanizmalarında ağırlıklı olarak kullanılan dinamik risk faktörlerine odaklanılmıştır.

3.2 Karar Destek Sistemleri

Karar destek sistemleri (KDS), iş veya organizasyon ile ilgili karar verme aktivitelerini destekleyen bilgisayar tabanlı bilgi sistemleridir. KDS'ler, tamamen bilgisayar tabanlı, insan odaklı veya ikisinin birleşimi olan insan kararını destekleyen

bilgisayar tabanlı sistemler olarak üç başlık altında işlenebilir (Power ve diğ., 2015). Denizcilik alanında insan odaklı karar destek sistemleri kullanılır. Bu da, çeşitli analiz yöntemleri uygulanarak ortaya konan bilgi/sonuca istinaden karar verici kişinin karar vermesi temeline dayanmaktadır (Riveiro, 2011). Denizcilik alanında ayrıca ana tema olarak gemi rota hesaplama/zamanlama veya seyir emniyeti üzerine karar destek sistemleri geliştirilmektedir (Fagerholt, 2004; Fagerholt ve diğ., 2010; Pietrzykowski, 2011; J. Zhang ve diğ., 2015). Pietrzykowski ve diğ. (2017)'ye göre karar destek mekanizmalarının iyileşmesiyle sadece bilgi vermek yerine gemi seyir esnasında iken oluşabilecek tehlikeleri tanımlayan ve tavsiyeler üreten akıllı seyir sistemleri ortaya çıkacak ve bu sistemler gemilerin tamamen risk analizini yapabileceklerdir.





4. METODOLOJİ

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi, 1977 yılında Thomas Lorie Saaty tarafından, ağırlıklandırma problemlerinde kullanılan çok kriterli bir karar verme yöntemi olarak geliştirilmiştir. Literatürde en sık kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan bu yöntem seçim, değerlendirme, ağırlıklandırma gibi amaçlarla birçok çalışmada kullanılmıştır. Yöntemin uygulandığı çalışma alanları sağlık sektörü, arkeoloji, finans, turizm, yönetim, eğitim ve mühendislik gibi geniş bir yelpazeye sahiptir. Yöntemin uygulanması sürecinde, karar verici alternatif seçimleri derecelendirmek için öncelik değerlerinin belirlenmesinde kullanılacak basit ikili karşılaştırmalar yapmaktadır (Saaty, 2008; Saaty & Vargas, 2012)(Saaty L. T., Vargas L.G., 2001). AHP yöntemi aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır (Cheng ve diğ., 1999).

Öncelikle faktörler belirlenmekte ve bu belirlenen faktörler arasında karşılaştırma matrisi oluşturulmaktadır. Yöntemde kullanılan karşılaştırma matrisi Formül 4.1’de verilmektedir. Bu matris nxn boyutlu bir kare matris olup, köşegen üzerindeki bileşenler 1 değerini almaktadır.

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} A_1 & A_2 & A_3 & \dots & A_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ \vdots \\ A_n \end{matrix} & \begin{pmatrix} w_1 / w_1 & w_1 / w_2 & w_1 / w_3 & \dots & w_1 / w_n \\ w_2 / w_1 & w_2 / w_2 & w_2 / w_3 & \dots & w_2 / w_n \\ w_3 / w_1 & w_3 / w_2 & w_3 / w_3 & \dots & w_3 / w_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n / w_1 & w_n / w_2 & w_n / w_3 & \dots & w_n / w_n \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (4.1)$$

Faktörlerin ikili karşılaştırmasında, bir faktörün diğer bir faktöre göre önem derecesini ifade eden bir ölçek belirlenmektedir. Çizelge 4.1’de bu çalışmada da kullanılan ölçek sunulmuştur. Kullanılan ölçekte 1 değeri kıyaslanan faktörlerin eşit öneme sahip olduklarını, 9 değeri ise bir faktörün diğer faktöre göre kesinlikle daha önemli olduğunu ifade etmektedir. Bir faktörün önem derecesinin diğer bir faktöre

göre daha az olduğunu ifade etmek için ise negatif ifadeler kullanılmaktadır. Bu ifadelerin sayısal karşılıklarını belirlemek için, ölçekte belirtilen sayısal değerlerin tersi alınarak işlem yapılmaktadır.

Çizelge 4.1 : AHP İkili karşılaştırma ölçeği (Saaty & Vargas, 2012).

Sözlü İfade	Öncelik Değeri
Eşit önem	1
Zayıf önem	3
Kuvvetli önem	5
Çok kuvvetli önem	7
Aşırı derecede önem	9
Ara değerler	2,4,6,8

Kriterlerin birbirleri arasında karşılaştırması yapıldıktan sonra, bu yapı içerisindeki ağırlıkların bulmak için sütun vektörlerden yararlanılmaktadır. Formül 4.2’de n adet n bileşenli sütun vektörü gösterilmektedir.

$$B_i = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ b_{n1} \end{bmatrix} \quad (4.2)$$

Bi sütun vektörünün hesaplanmasında Formül 4.3 ten faydalanılmaktadır.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (4.3)$$

Bir sütun vektörün bileşenleri toplandığında toplamının bir olduğu görülebilir. n adet B sütun vektörünün matris formatında bir araya getirilmesi ile Formül 4.4’te verilen C matrisi meydana gelmektedir.

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix} \quad (4.4)$$

C matrisinden faydalanılarak öncelik vektörü ismi ile adlandırılan W (weight-ağırlık) sütun vektörü hesaplanarak, kriterlerin birbirlerine göre önem değerini gösteren dağılım yüzdelik olarak elde edilmektedir.

Kriterlerin karşılaştırılmasından elde edilen sonuçların kabul edilebilir olması karar vericinin yapmış olduğu değerlendirmelerin tutarlılığına bağlıdır. Tutarlılık oranı CR (consistency ratio) ile gösterilmektedir. Bu oran kriter sayısı ile temel değer katsayısının (λ) karşılaştırılması esasına dayanmaktadır.

A kıyas matrisi ile W öncelik matrisinin çarpımından Formül 4.5'te verilen D sütun vektörü elde edilmektedir.

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} \quad (4.5)$$

Bir sonraki adımda Formül 4.6'da verilen E temel değeri elde edilmektedir.

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (4.6)$$

Tüm değerler Formül 4.7'de yerine konularak λ değeri hesaplanmaktadır.

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (4.7)$$

Bu işlemi takip eden adımda Formül 4.8’de verilen hesaplama yapılarak tutarlılık indeksi (CI) elde edilmektedir.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (4.8)$$

Akabinde Rassal Değişken (RI) Formül 4.9 ile hesaplanarak bulunmaktadır.

$$RI = 1.98(n-2)/(n-1) \quad (4.9)$$

CR değerinin hesaplanması için yapılacak son adımda, Formül 4.10 kullanılmaktadır.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4.10)$$

Tutarlılık oranının 0’a eşit olması, kesinlikle tutarlı bir matrisin elde edilmiş olduğu anlamına gelmekle birlikte, uygulamalarda tam olarak tutarlılığın sağlanması genellikle mümkün olmadığından, hesaplanan tutarlılık oranının %10 un altında olduğu durumda yapılan karşılaştırmaların tutarlı olduğu kabul edilmektedir. Bu değer %10 un üzerinde olduğu durumda tutarlı bir matris elde edilinceye kadar karşılaştırmalar tekrarlanmaktadır.

5. ÇALIŞMANIN UYGULANMASI

Bu bölümde sırasıyla; çalışmada kullanılan kriterlerin nasıl belirlendiği ve açıklamaları, çalışma modelinin oluşturulması ve AHP yönteminin çalışmaya uygulanması anlatılmıştır.

5.1 Kriterlerin Belirlenmesi ve Hiyerarşik Yapının Kurulması

Dinamik seyir risk hesaplamasına etki eden faktörler belirlenirken kaza analizleri/istatistikleri, denizcilikte risk değerlendirme modelleri ve seyir risk faktörleri üzerine literatürde yer alan ve kaynaklarda belirtilen çalışmalar incelenmiş, akademik alt yapısı olan uzmanlar, kılavuz kaptanlar ve gemi kaptanlarının görüş/önerileri alınmıştır. Söz konusu literatür taraması ve uzman görüşleriyle dinamik seyir risk hesaplamasına etki eden faktörlerin deniz bölgelerine göre farklılık gösterebileceği/bazı faktörlerin etkin olamayacağı değerlendirilmiş ve bunun üzerine deniz kaza analizleri/istatistiklerinde (AGCS, 2017; EMSA, 2017) olduğu gibi açık deniz, karasuları ve iç sular olarak üçe ayrılan deniz bölgelerinden yapısı gereği diğer deniz bölgelerinin de faktörlerini kapsayan, faktörlerin yarattığı etkilerin en hassas olduğu ve kazaların en fazla yaşandığı iç sular, uygulama alanı olarak seçilmiştir. Buna ek olarak dinamik yapısı ve seyir esnasında vuku bulan kazalardan olan ve iç sularda yoğun bir şekilde yaşanıldığı Kujala ve diğ. (2009) tarafından yapılan çalışmada da ortaya konulan çatışma ve karaya oturma kazaları, sonuçlarında yaşanan felaketler açısından en etkili seyir riski olarak değerlendirilmiş ve dinamik seyir risk hesaplamasına etki eden faktörler, bu kazaların vuku bulmasını etkileyecek faktörler olarak ele alınmıştır.

Bu bilgiler ışığında, literatür taraması ve kaynaklarda belirtilen çalışmaların incelenmesi sonucunda yapılan çalışmalar, algoritmalar veya programlarda kullanılan kriterler karaya oturma için Çizelge 5.1’de, çatışma olayı için ise Çizelge 5.2’de ortaya konmuştur.

Çizelge 5.1 : Literatürdeki karaya oturma risk modellerinde kullanılan kriterler.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Suyollarının genişliği/geometrisi	√	√	√	√	√	√	√	√	-	√	-	√
Görüş	-	√	-	√	-	-	-	√	√	√	-	-
Teknik güvenilirlik	√	√	√	√	√	√	-	√	-	-	-	-
Meteorolojik koşullar	√	√	√	-	-	-	-	√	√	√	-	-
Trafik yoğunluğu	-	-	√	√	-	√	√	√	√	√	√	√
Gemi draftı	-	-	√	-	-	√	√	-	-	√	√	√
Gemi boyu	-	-	-	√	√	√	-	-	-	√	√	√
Gemi tipi	-	-	-	√	√	-	-	-	-	√	√	√
Çevresel faktörler	√	-	-	√	√	-	-	-	-	√	-	-
Sürat	√	-	√	-	-	√	√	-	√	-	-	-
Tehlikeye olan mesafe	√	-	√	-	-	√	√	-	√	-	√	√
Manevra kabiliyeti	-	-	-	-	-	√	-	-	-	√	-	-
İnsan/organizasyon faktörleri	-	√	√	√	√	-	√	√	-	√	-	√
Gemi eni	-	-	-	-	-	√	-	-	-	√	-	-
Yüklülük durumu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	√	√

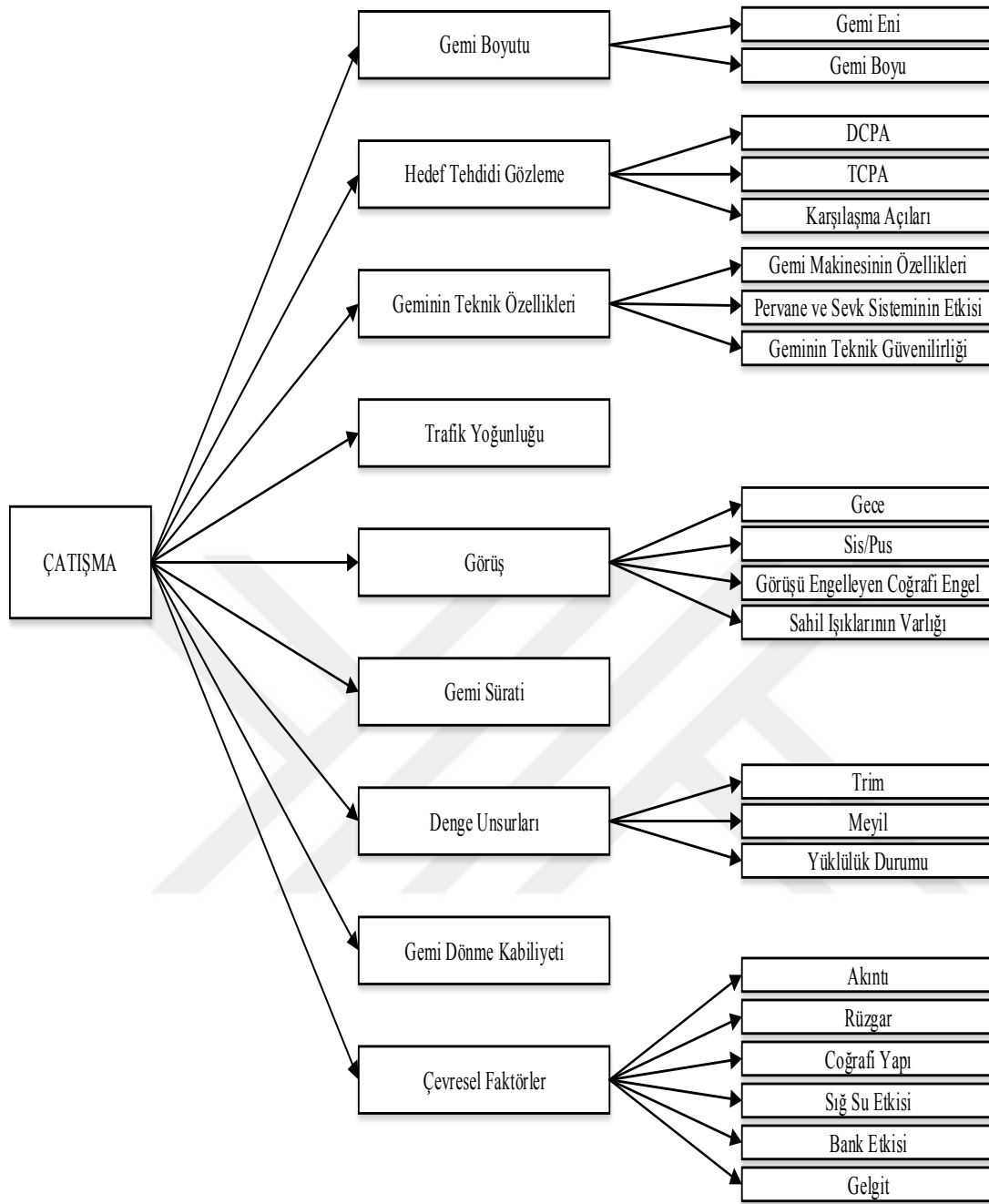
1: Fowler ve Sørgård (2000), 2: DNV (2003), 3: Ramboll (2006), 4: Ulusçu ve diğ. (2009), 5: Van Dorp ve Merrick (2011), 6: Montewka ve diğ. (2011), 7: COWI (2008), 8: Mazaheri ve diğ. (2016), 9: Friis-Hansen ve Simonsen (2002), 10: Jebsen ve Papakonstantinou (1997), 11: Simonsen (1997), 12: Pedersen (1995)

Çizelge 5.2 : Literatürdeki çatışma risk modellerinde kullanılan kriterler.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
DCPA	√	√	√	√	√	√	√	√	-	√	-	√
TCPA	√	√	√	√	√	√	√	√	-	√	-	√
Temasın mesafesi	√	-	-	√	√	√	√	√	-	-	√	-
Karşılaşma açıları	√	√	√	√	√	-	√	-	√	√	√	-
Gemi boyu	√	√	-	√	√	√	-	√	√	-	√	√
Görüş	√	-	√	√	√	√	√	√	-	-	-	-
Meteorolojik koşullar	-	√	√	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trafik yoğunluğu	-	-	√	-	-	√	-	-	√	-	-	-
Çevresel faktörler	-	-	-	-	√	√	-	√	-	-	-	-
Teknik güvenilirlik	-	-	√	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sürat	-	-	-	√	√	√	√	√	-	√	√	√
Manevra kabiliyeti	-	-	-	√	√	√	√	√	√	-	√	-
Coğrafi yapı	-	-	-	-	-	-	√	√	-	-	-	-
Gemi eni	-	-	-	-	-	-	-	-	√	-	-	-
Gemi draftı	-	-	-	-	-	-	-	-	√	-	-	-

1: (Goerlandt ve diğ., 2015), 2: Montewka ve diğ. (2010), 3: Wu ve diğ. (2015), 4: Hilgert ve Baldauf (1997), 5: Baldauf ve diğ. (2011), 6: Chin ve Debnath (2009), 7: Szlapczynski ve Szlapczynska (2017a), 8: Ahn ve diğ. (2012), 9: Montewka ve diğ. (2012), 10: Bukhari ve diğ. (2013), 11: N. Wang (2010), 12: Lee ve Rhee (2001)

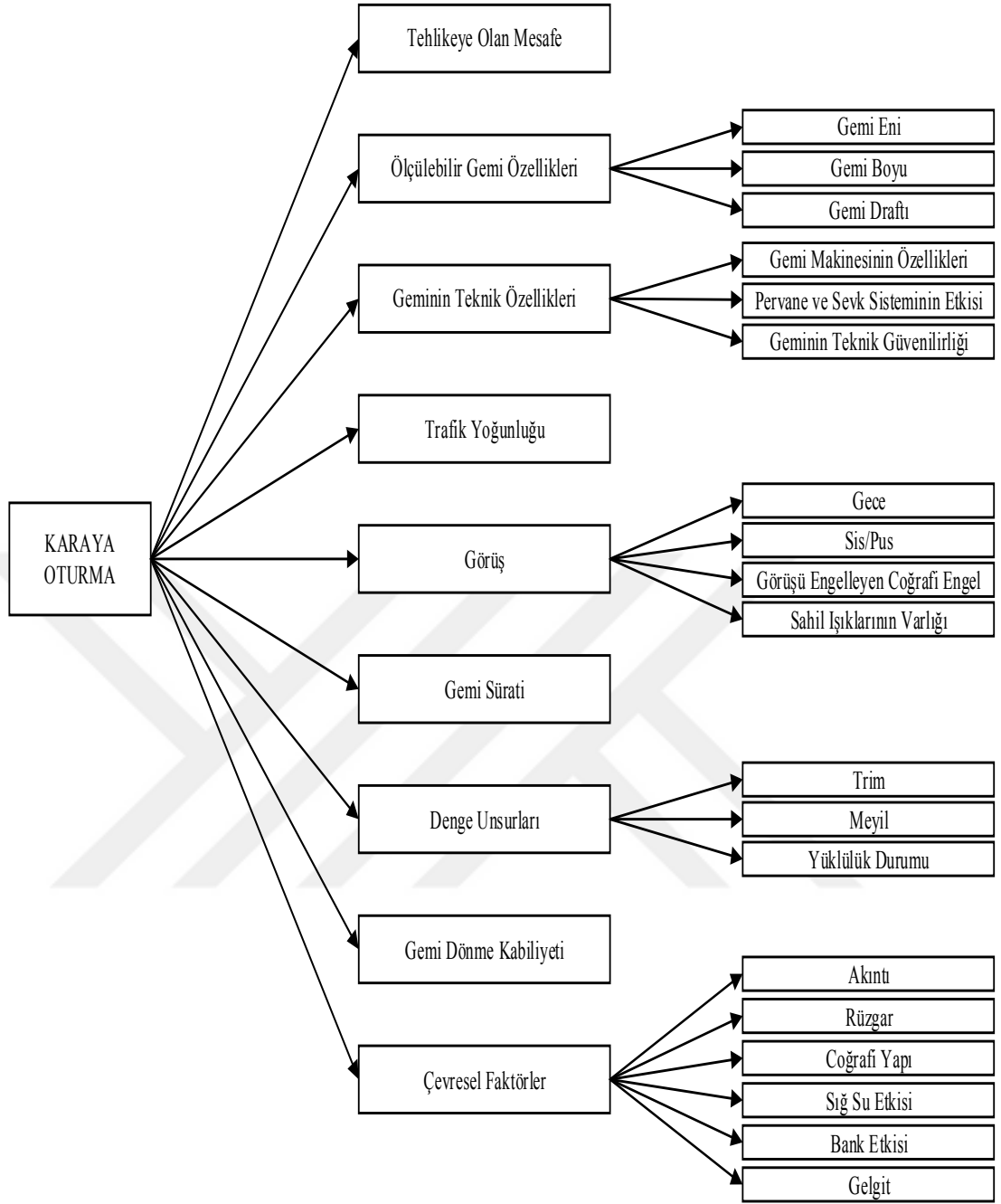
Uzman görüş/önerileriyle iç sularda dinamik seyir riskine etki eden faktörler derlenmiş ve uzmanlarla yapılan uzun mülakatlar sonucunda kriterlerin gruplanması/hiyerarşik yapısı oluşturulmuştur. Hiyerarşik yapı, karaya oturma için Şekil 5.1’de olduğu gibi dokuz ana kriter ve on dokuz alt kriter olarak, çatışma için Şekil 5.2’de olduğu gibi dokuz ana kriter ve yirmi bir alt kriter olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.1 : Çatışma için hiyerarşik yapı.

Karaya oturma ve çatışma dinamik seyir riskine etki ettiği düşünülen ve uzmanların katkılarıyla derlenen kriterlerin, bu çalışma kapsamında ne ifade ettiği aşağıda açıklanmıştır.

Trafik yoğunluğu; geminin manevra alanının kısıtlanması açısından çatışma ve karaya oturma riskine etki eden hedef gemilerin tümünün oluşturduğu ortam olarak düşünülmüştür.



Şekil 5.2 : Karaya oturma için hiyerarşik yapı.

Hedef tehdidi gözlemi; DCPA, TCPA ve karşılaşma açıları alt kriterlerini içermektedir. Çatışma riski oluşturan geminin bilgilerinin radar yardımıyla hesaplanarak elde edilmesiyle oluşturulmaktadır. Tehlike yaratan geminin konumu, gemimize yaklaşacağı en yakın nokta ve bu noktada olma zamanı ile geliş açısını içeren bilgilerdir. Hedef tehdidi gözlemi, çatışma seyir riskini etkileyen faktör olarak değerlendirilmiştir.

Geminin teknik özellikleri; gemi makinesinin özellikleri, pervane ve sevk sisteminin manevraya etkisi ve geminin teknik güvenilirliği alt faktörlerini içeren geminin tipi, yaşı ve kondisyonu gibi etkenlerin oluşturduğu risk faktörüdür. Geminin kendi iç dinamikleriyle çatışma ve karaya oturma risklerini etkileyen faktör olarak değerlendirilmiştir.

Ölçülebilir gemi özellikleri; geminin boyu, eni ve draftını içeren ölçülebilir özellikleridir. Geminin manevrasında geminin boyu, eni ve draftının etkili olduğu değerlendirilmiştir. Ölçülebilir gemi özellikleri karaya oturma seyir riskine etki eden faktör olarak düşünülmüştür.

Gemi boyutu; ölçülebilir gemi özelliklerinden farklı olarak, başka bir deyişle gemi draftının dahil edilmediği ve geminin eni/boyu olarak düşünülmüştür. Çatışma seyir riskinde etkili olduğu değerlendirilmiştir.

Tehlikeye olan mesafe; geminin sığlık veya kayalıklara olan mesafesidir. Karaya oturma seyir riskinde gemi draftından az olan sığlıklara veya kara parçalarına/kayalıklara olan mesafeyi ihtiva eden faktör olarak belirlenmiştir.

Geminin dönme kabiliyeti; geminin farklı sürat ve dümen açılarında izlediği dönme çemberi/manevra kabiliyetini tanımlamaktadır. Çatışma ve karaya oturma seyir riskleri için uygun bir faktör olduğu değerlendirilmiştir.

Gemi sürati; geminin yere göre olan sürati ve gemi üzerindeki atalet anlamına gelmektedir. Çatışma ve karaya oturma seyir riskine etkiyen faktörlerdendir.

Denge unsurları; trim, meyil ve yüklülük durumunu içeren geminin yüklü/balastlı durumda olup olmadığı ve geminin dengesi ile ilgili bilgi veren faktördür. Denge unsurlarının manevraya etkisi dikkate alınarak denge unsurları, çatışma ve karaya oturma seyir riskleri için faktör olarak kullanılmıştır.

Görüş; sis/pus, gece/gündüz durumu, görüşe engel coğrafi yapı ve sahil ışıklarının varlığı alt faktörlerinden oluşan, görüşü engelleyen hususları kapsayan faktördür. Görüş, karaya oturma ve çatışma seyir riskini etkileyen faktörlerdendir.

Çevresel faktörler; akıntı, rüzgar, gelgit, coğrafi yapı, bank etkisi ve sığ su etkisini kapsamaktadır. Gemi manevrasına etki eden bu faktörler karaya oturma ve çatışma seyir riskini etkileyen faktörler olarak değerlendirilmiştir.

5.2 Uzman Seçimi

Uzman seçiminde çalışma konusundaki bilgi ve tecrübeleri nedeniyle kılavuz kaptan ve tecrübeli uzak yol kaptanlarının değerlendirmelerinin alınması amaçlanmıştır. Tez çalışması kapsamında hazırlanan anketler hem web tabanlı olarak hem de anket formu olarak iki şekilde uzmanlara ulaştırılmıştır. Toplam otuz uzmana gönderilen anketlerden on üç uzmandan değerlendirme formu teslim alınmıştır. Anketlerin değerlendirilmesi sırasında tutarlılık analizi sonuçlarının uygunsuzluğundan kaynaklanan problemlerden dolayı iki uzmanın anket değerlendirme sonuçları çalışma kapsamına dahil edilmemiştir. Çalışma toplam on bir uzman görüşü alınarak gerçekleştirilmiştir. Ankete katılan uzmanlara ait bilgiler Çizelge 5.3'te sunulmaktadır.

Çizelge 5.3 : Uzman bilgileri.

	Yaş	Mesleki Pozisyon	En Çok Çalıştığı Gemi Tipi	Deniz Hizmet Süresi	Eğitim Durumu
1	31-35	Uzak yol Kaptan	Kimyasal Tanker	10 yıl	Lisans
2	25-30	1.Zabit	Açık Deniz Römorkör	3 yıl	Lisans
3	36-40	Kılavuz Kaptan	Kimyasal Tanker	10 yıl	Lisans
4	31-35	1.Zabit	Dökme Yük	9 yıl	Y.Lisans
5	31-35	1.Zabit	Konteynır	13 yıl	Lisans
6	31-35	1.Zabit	LPG Tanker	7 yıl	Lisans
7	31-35	Uzak yol Kaptan	Dökme Yük	10 yıl	Y.Lisans
8	41-45	Kılavuz Kaptan	Dökme Yük	20 yıl	Doktora
9	36-40	Kılavuz Kaptan	Dökme Yük	16 yıl	Y.Lisans
10	25-30	1.Zabit	Kimyasal Tanker	3 yıl	Y.Lisans
11	31-35	1.Zabit	Tanker	8 yıl	Lisans

5.3 Anketlerin Değerlendirilmesi

Çalışmada on üç uzmandan alınan anket sonuçları Analitik Hiyerarşi Süreci yönetimi kullanılarak analiz edilmiştir. Her uzmandan karaya oturma durumu ve çatışma durumu için toplam iki anket değerlendirmesi istenmiştir. Elde edilen anket sayısı yirmi altıdır. Anket örnekleri EK A ve EK B de verilmektedir.

Her bir ankette yer alan değerlendirme matrislerinin tutarlılık analizi yapılmıştır. Yapılan tutarlılık analizi sonucunda sekiz uzmana ait ankette tutarlılık seviyesinin 0.10'un üstünde olduğu tespit edilmiş ve uzmanlara tekrar gönderilerek revize değerlendirme sonuçları teslim alınmıştır. Alınan revize edilmiş uzman anketlerinde tutarlılık analiz sonuçları tekrar değerlendirilmiş ve iki uzmana ait anketler revize edilmesine rağmen 0.10 değerinin üstünde kaldığı için değerlendirmeden çıkarılmıştır. Şekil 5.3 ile Şekil 5.14 arasında bulunan şekillerde ise bir anketin kriter karşılaştırması ve tutarlılık analizleri örneği sunulmuştur.

Şekil 5.3'te dinamik seyir risk faktörlerinin karşılaştırılma matrisi verilmektedir. Dokuz adet ana kriterin birbirleriyle ikili kıyaslaması yapılarak Şekil 5.4'te bu faktörlerin tutarlılık ve ağırlıklandırma sonuçları gösterilmiştir. Tutarlılık oranı 0.096 ile sınır değer olan 0.10'un altında kalmış ve yapılan değerlendirmenin tutarlı olduğu sonucuna varılmıştır. Değerlendirmeye alınan tüm anketlerin ana kriterlerinin tutarlılık oranları örnekte olduğu gibi hesaplanarak 0.10'un altında kaldığı görülmüştür.

2. Node comparisons with respect to Dinamik Seyir Risk H~

Graphical Verbal Matrix **Questionnaire** Direct

Comparisons wrt "Dinamik Seyir Risk Hesaplamasına Etki Eden Faktörler" node in "Faktörler" cluster
Gemi Dönme Kabiliyeti is moderately to strongly more important than Denge Unsurları

1.	Denge Unsurları	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Ger
2.	Denge Unsurları	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Ger
3.	Denge Unsurları	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Ger
4.	Denge Unsurları	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Gör
5.	Denge Unsurları	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Teh
6.	Denge Unsurları	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Trai
7.	Denge Unsurları	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Çev

Şekil 5.3 : Dinamik seyir risk faktörlerinin karşılaştırılması örneği.

8. Denge Unsurları	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Ölç
9. Gemi Dönme Kabi~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Ger
10. Gemi Dönme Kabi~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Ger
11. Gemi Dönme Kabi~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Gör
12. Gemi Dönme Kabi~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Teh
13. Gemi Dönme Kabi~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Traf
14. Gemi Dönme Kabi~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Çev
15. Gemi Dönme Kabi~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Ölç
16. Gemi Sürati	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Ger
17. Gemi Sürati	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Gör
18. Gemi Sürati	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Teh
19. Gemi Sürati	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Traf
20. Gemi Sürati	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Çev
21. Gemi Sürati	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Ölç
22. Geminin Teknik ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Gör
23. Geminin Teknik ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Teh
24. Geminin Teknik ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Traf

Şekil 5.3 (devam) : Dinamik seyir risk faktörlerinin karşılaştırılması örneği.

Inconsistency: 0.09579	
Denge Uns~	0.02870
Gemi Dönme~	0.12715
Gemi Sürat~	0.07081
Geminin T~	0.10869
Görüş	0.35941
Tehlikeye~	0.10091
Trafik yo~	0.12295
Çevresel ~	0.03170
Ölçülebil~	0.04968

Şekil 5.4 : Dinamik seyir risk faktörlerinin tutarlılık ve ağırlıklandırma sonucu örneği.

Şekil 5.5'te ölçülebilir gemi özellikleri alt faktörlerinin karşılaştırılma matrisi sunulmaktadır. Üç alt kriterin birbirleriyle ikili kıyaslaması yapılarak bu faktörlerin tutarlılık ve ağırlıklandırma sonuçları Şekil 5.6'da gösterilmiştir. Tutarlılık oranı 0.004 ile sınır değer olan 0.10 un altında kalmış ve yapılan değerlendirmenin tutarlı olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmada kullanılan tüm anketlerin ölçülebilir gemi

özellikleri alt faktörlerinin tutarlılık oranları örnekte olduğu gibi hesaplanarak 0.10'un altında kaldığı tespit edilmiştir.

2. Node comparisons with respect to Ölçülebilir Gemi Öze~

Graphical Verbal Matrix **Questionnaire** Direct

Comparisons wrt "Ölçülebilir Gemi Özellikleri" node in "Ölçülebilir Gemi Özellikleri" cluster
 Gemi Boyu is moderately more important than Gemi Draftı

1. Gemi Boyu	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Gemi Draftı
2. Gemi Boyu	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Gemi Eni
3. Gemi Draftı	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Gemi Eni

Şekil 5.5 : Ölçülebilir gemi özellikleri alt faktörlerinin karşılaştırılması örneği.

Inconsistency: 0.00355

Gemi Boyu		0.64833
Gemi Draf-		0.22965
Gemi Eni		0.12202

Şekil 5.6 : Ölçülebilir gemi özellikleri alt faktörlerinin tutarlılık ve ağırlıklandırma sonucu örneği.

Şekil 5.7’de denge unsurları alt faktörlerinin karşılaştırılma matrisi verilmektedir. Üç alt kriterin birbirleriyle ikili kıyaslaması yapılarak bu faktörlerin tutarlılık ve ağırlıklandırma sonuçları Şekil 5.8’de gösterilmiştir. Tutarlılık oranı 0.052 ile sınır değer olan 0.10’un altında kalmış ve yapılan değerlendirmenin tutarlı olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmada kullanılan diğer anketlerin denge unsurları alt faktörlerinin tutarlılık oranları örnekte olduğu gibi hesaplanarak 0.10’un altında kaldığı görülmüştür.

2. Node comparisons with respect to Denge Unsurları

Graphical Verbal Matrix **Questionnaire** Direct

Comparisons wrt "Denge Unsurları" node in "Denge Unsurları" cluster
 Trim is equally to moderately more important than Yüklülük Durumu

1. Meyil	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Trim
2. Meyil	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Yüklülük Durumu
3. Trim	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Yüklülük Durumu

Şekil 5.7 : Denge unsurları alt faktörlerinin karşılaştırılması örneği.

Inconsistency: 0.05156		
Meyil		0.18400
Trim		0.58417
Yükünlük ~		0.23183

Şekil 5.8 : Denge unsurları alt faktörlerinin tutarlılık ve ağırlıklandırma sonucu örneği.

Şekil 5.9’da geminin teknik özellikleri alt faktörlerinin karşılaştırılma matrisi gösterilmektedir. Üç alt kriter birbirleriyle ikili kıyaslanarak bu faktörlerin tutarlılık ve ağırlıklandırma sonuçları Şekil 5.10’da verilmiştir. Tutarlılık oranı 0.018 ile sınır değer olan 0.10’un altında kalarak yapılan değerlendirmenin tutarlı olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmada kullanılan diğer anketlerin geminin teknik özellikleri alt faktörlerinin tutarlılık oranları örnekte olduğu gibi hesaplanarak 0.10’un altında kaldığı gözlenmiştir.

2. Node comparisons with respect to Geminin Teknik Özellik~

Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct

Comparisons wrt "Geminin Teknik Özellikleri" node in "Geminin Teknik Özellikleri" cluster
Gemi Makinesinin Özellikleri is equally to moderately more important than Geminin Teknik Güvenilirliği

1. Gemi Makinesini~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Geminin 1
2. Gemi Makinesini~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Pervane v
3. Geminin Teknik ~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Pervane v

Şekil 5.9 : Geminin teknik özellikleri alt faktörlerinin karşılaştırılması örneği.

Inconsistency: 0.01759		
Gemi Maki~		0.23849
Geminin T~		0.13650
Pervane v~		0.62501

Şekil 5.10 : Geminin teknik özellikleri alt faktörlerinin tutarlılık ve ağırlıklandırma sonucu örneği.

Şekil 5.11’de çevresel faktörler alt faktörlerinin karşılaştırılma matrisi verilmektedir. Altı alt kriter birbirleriyle ikili kıyaslanarak Şekil 5.12’de verilen tutarlılık ve ağırlıklandırma sonuçları elde edilmiştir. Tutarlılık oranı 0.087 ile sınır değer olan 0.10’un altında kalmış ve yapılan değerlendirmenin tutarlı olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmada kullanılan diğer anketlerin çevresel faktörler alt faktörlerinin

tutarlılık oranları örnekte olduğu gibi hesaplanarak 0.10'un altında kaldığı görülmüştür.

2. Node comparisons with respect to Çevresel Faktörler

Graphical Verbal Matrix **Questionnaire** Direct

Comparisons wrt "Çevresel Faktörler" node in "Çevresel Faktörler" cluster
Akıntı is moderately more important than Bank Etkisi

1.	Akıntı	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Bank Etkisi
2.	Akıntı	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Coğrafi Ya
3.	Akıntı	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Gelgit
4.	Akıntı	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Rüzgar
5.	Akıntı	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Sığ Su Etk
6.	Bank Etkisi	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Coğrafi Ya
7.	Bank Etkisi	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Gelgit
8.	Bank Etkisi	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Rüzgar
9.	Bank Etkisi	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Sığ Su Etk
10.	Coğrafi Yapı	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Gelgit
11.	Coğrafi Yapı	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Rüzgar
12.	Coğrafi Yapı	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Sığ Su Etk
13.	Gelgit	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Rüzgar
14.	Gelgit	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Sığ Su Etk
15.	Rüzgar	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Sığ Su Etk

Şekil 5.11 : Çevresel faktörler alt faktörlerinin karşılaştırılması örneği.

Inconsistency: 0.08741

Akıntı		0.37865
Bank Etkisi		0.16022
Coğrafi Yapı		0.04811
Gelgit		0.11022
Rüzgar		0.06992
Sığ Su Etkisi		0.23288

Şekil 5.12 : Çevresel faktörler alt faktörlerinin tutarlılık ve ağırlıklandırma sonucu örneği.

Şekil 5.13’de görüş alt faktörlerinin karşılaştırılma matrisi verilmektedir. Dört alt kriter birbirleriyle ikili kıyaslanarak Şekil 5.14’te verilen tutarlılık ve ağırlıklandırma sonuçları elde edilmiştir. Tutarlılık oranı 0.052 ile sınır değer olan 0.10 un altında kalmış ve yapılan değerlendirmenin tutarlı olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmada

kullanılan diğer anketlerin görüş alt faktörlerinin tutarlılık oranları örnekte olduğu gibi hesaplanarak 0.10'un altında kaldığı gözlenmiştir.

2. Node comparisons with respect to Görüş

Graphical Verbal Matrix **Questionnaire** Direct

Comparisons wrt "Görüş" node in "Görüş" cluster
Coğrafi Engel is moderately to strongly more important than Gece

1. Coğrafi Engel	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Gece
2. Coğrafi Engel	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Sahil Işıkları
3. Coğrafi Engel	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Sis/Pus
4. Gece	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Sahil Işıkları
5. Gece	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Sis/Pus
6. Sahil Işıkları	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Sis/Pus

Şekil 5.13 : Görüş alt faktörlerinin karşılaştırılması örneği.

Inconsistency: 0.05186

Coğrafi E~		0.35726
Gece		0.07059
Sahil Işı~		0.43878
Sis/Pus		0.13338

Şekil 5.14 : Görüş alt faktörlerinin tutarlılık ve ağırlıklandırma sonucu örneği.

Analitik Hiyerarşi Süreci yönteminin çalışmaya uygulanması amacıyla oluşturulan matrislerin yapılandırılması işleminde, on bir uzmana ait anket değerlendirmesinden elde edilen değerlerin aritmetik ortalamasının alınması yoluna gidilmiştir.

5.3.1 Çatışma olayı için ağırlıklandırma

Çatışma olayı için dinamik seyir riskine etki eden faktörlerin belirlenmesi işlemi Bölüm 5.1'de açıklanmıştır. Ana faktörler; Trafik Yoğunluğu, Hedef Tehdidi Gözlemi, Geminin Dönme Kabiliyeti, Denge Unsurları, Geminin Teknik Özellikleri, Gemi Boyutu, Gemi Sürati, Görüş ve Çevresel Faktörler olmak üzere dokuz adettir. Dinamik seyir riskine etki eden ana faktörlerin ikili kıyaslama değerlendirmelerini elde etme üzere, on bir uzmana ait anket sonuçlarından elde edilen değerler kullanılarak, Şekil 5.15'deki matris elde edilmiştir. Tutarlılık oranı 0.10'un altında olmak üzere, 0.05 olarak bulunmuştur.

	Trafik Yoğunluğu	Hedef Tehdidi Gözlemi	Geminin Dönme Kabiliyeti	Geminin Teknik Özellikleri	Gemi Boyutu	Denge Unsurları	Gemi Sürati	Görüş	Çevresel faktörler
Trafik Yoğunluğu	1	1,125	1,772	2,874	3,261	5,386	3,440	0,532	2,521
Hedef Tehdidi Gözlemi	0,889	1	3,033	3,871	5,364	6,364	3,439	1,041	2,776
Geminin Dönme Kabiliyeti	0,564	0,330	1	2,864	4,045	5,273	3,399	0,650	1,541
Geminin Teknik Özellikleri	0,348	0,258	0,349	1	2,470	3,152	1,408	0,381	0,741
Gemi Boyutu	0,307	0,186	0,247	0,405	1	2,424	0,458	0,254	0,607
Denge Unsurları	0,186	0,157	0,190	0,317	0,413	1	0,315	0,153	0,399
Gemi Sürati	0,291	0,291	0,294	0,710	2,184	3,175	1	1,298	2,412
Görüş	1,881	0,961	1,538	2,622	3,944	6,522	0,770	1	4,182
Çevresel faktörler	0,397	0,360	0,649	1,349	1,647	2,509	0,415	0,239	1
Tutarlılık Oranı					0,05				

Şekil 5.15 : Çatışma olayı için dinamik seyir riskine etki eden ana faktörlerin ağırlıklandırma matrisi.

Hedef Tehdidi Gözleminin alt faktörleri; DCPA, TCPA ve Karşılaşma Açıları olmak üzere üç adettir. Bu faktörlerin ikili karşılaştırma değerlendirmelerinin elde edilmesi için uzman anketlerinin sonuçlarından elde edilen değerler kullanılarak, Şekil 5.16

daki matris elde edilmiştir. Tutarlılık oranı 0.10'un altında olmak üzere, 0.01 olarak bulunmuştur.

	DCPA	TCPA	Karşılaşma Açıları
DCPA	1	1,942	4,667
TCPA	0,515	1	3,500
Karşılaşma Açıları	0,214	0,286	1
Tutarlılık Oranı		0,01	

Şekil 5.16 : Çatışma olayı için hedef tehdidi gözlemi alt faktörlerinin ağırlıklandırma matrisi.

Gemi Teknik Özellikleri alt faktörleri Gemi Makinesinin Özellikleri, Pervane ve Sevk Sisteminin Manevraya Etkisi ve Teknik Güvenilirlik olmak üzere üç adettir. Bu faktörlerin ikili kıyaslama değerlendirmelerinin elde edilmesi için uzman anketlerinin sonuçlarından elde edilen değerler kullanılarak, Şekil 5.17'deki matris elde edilmiştir. Tutarlılık oranı 0.10'un altında olmak üzere, 0.07 olarak bulunmuştur.

	Gemi Makinesinin Özellikleri	Pervane ve Sevk Sisteminin Manevraya Etkisi	Teknik Güvenilirlik
Gemi Makinesinin Özellikleri	1	0,975	1,594
Pervane ve Sevk Sisteminin Manevraya Etkisi	1,025	1	3,922
Teknik Güvenilirlik	0,627	0,255	1
Tutarlılık Oranı		0,07	

Şekil 5.17 : Çatışma olayı için gemi teknik özellikleri alt faktörlerinin ağırlıklandırma matrisi.

Gemi Boyutu alt faktörleri Gemi Boyu ve Gemi Eni olmak üzere iki adettir. Bu faktörlerin ikili kıyaslama değerlendirmelerinin elde edilmesi için uzman anketlerinin sonuçlarından elde edilen değerler kullanılarak, Şekil 5.18'deki matris elde edilmiştir. Kıyaslanan faktör sayısı iki olduğu için tutarlılık analizi yapılmamıştır.

	Gemi Boyu	Gemi Eni
Gemi Boyu	1	5,364
Gemi Eni	0,186	1

Şekil 5.18 : Çatışma olayı için gemi boyutu alt faktörlerinin ağırlıklandırma matrisi.

Denge Unsurları alt faktörleri Trim, Meyil ve Yüklülük Durumu olmak üzere üç adettir. Bu faktörlerin ikili kıyaslama değerlendirmelerinin elde edilmesi için uzman anketlerinin sonuçlarından elde edilen değerler kullanılarak, Şekil 5.19'daki matris elde edilmiştir. Tutarlılık oranı 0.10'un altında olmak üzere, 0.09 olarak bulunmuştur.

	Trim	Meyil	Yüklülük Durumu
Trim	1	2,803	0,648
Meyil	0,357	1	0,630
Yüklülük Durumu	1,544	1,588	1
Tutarlılık Oranı		0,09	

Şekil 5.19 : Çatışma olayı için denge unsurları alt faktörlerinin ağırlıklandırma matrisi.

Çevresel Faktörler alt faktörleri; Akıntı, Rüzgar, Coğrafi Yapı, Sığ Su Etkisi, Bank Etkisi ve Gelgit olmak üzere altı adettir. Bu faktörlerin ikili kıyaslama değerlendirmelerinin elde edilmesi için uzman anketlerinin sonuçlarından elde edilen değerler kullanılarak, Şekil 5.20'deki matris elde edilmiştir. Tutarlılık oranı 0.10'un altında olmak üzere, 0.04 olarak bulunmuştur.

	Akıntı	Rüzgar	Coğrafi Yapı	Sığ Su Etkisi	Bank Etkisi	Gelgit
Akıntı	1	4,545	4,182	3,291	3,558	3,258
Rüzgar	0,220	1	1,867	1,566	1,914	1,615
Coğrafi Yapı	0,239	0,536	1	1,372	1,234	1,370
Sığ Su Etkisi	0,304	0,639	0,729	1	1,439	2,132
Bank Etkisi	0,281	0,522	0,811	0,695	1	2,682
Gelgit	0,307	0,619	0,730	0,469	0,373	1
Tutarlılık Oranı				0,04		

Şekil 5.20 : Çatışma olayı için çevresel faktörler alt faktörlerinin ağırlıklandırma matrisi.

Görüş alt faktörleri Gece, Sis/Pus, Sahil Işıklarının Varlığı, Coğrafi Engel olmak üzere dört adettir. Bu faktörlerin ikili kıyaslama değerlendirmelerinin elde edilmesi için uzman anketlerinin sonuçlarından elde edilen değerler kullanılarak, Şekil

5.21'deki matris elde edilmiştir. Tutarlılık oranı 0.10'un altında olmak üzere, 0.01 olarak bulunmuştur.

	Gece	Sis/Pus	Sahil Işıklarının Varlığı	Coğrafi Engel
Gece	1	0,410	2,130	1,450
Sis/Pus	2,437	1	3,700	3,576
Sahil Işıklarının Varlığı	0,469	0,270	1	1,301
Coğrafi Engel	0,690	0,280	0,769	1
Tutarlılık Oranı		0,01		

Şekil 5.21 : Çatışma olayı için görüş alt faktörlerinin ağırlıklandırma matrisi.

5.3.2 Karaya oturma olayı için ağırlıklandırma

Karaya oturma olayı için dinamik seyir riskine etki eden faktörlerin belirlenmesi işlemi Bölüm 5.1'de açıklanmıştır. Ana faktörler; Trafik Yoğunluğu, Tehlikeye Olan Mesafe, Geminin Dönme Kabiliyeti, Denge Unsuru, Geminin Teknik Özellikleri, Ölçülebilir Gemi Özellikleri, Gemi Sürati, Görüş ve Çevresel Faktörler olmak üzere dokuz adettir. Dinamik seyir riskine etki eden ana faktörlerin ikili kıyaslama değerlendirmelerini elde etmek üzere, on bir uzmana ait anket sonuçlarından elde edilen değerler kullanılarak, Şekil 5.22'deki matris elde edilmiştir. Tutarlılık oranı 0.10'un altında olmak üzere, 0.06 olarak bulunmuştur.

	Trafik Yoğunluğu	Hedef Tehdidi Gözlemi	Geminin Dönme Kabiliyeti	Geminin Teknik Özellikleri	Gemi Boyutu	Denge Unsurları	Gemi Sürati	Görüş	Çevresel faktörler
Trafik Yoğunluğu	1	0,679	0,623	1,303	2,251	1,756	1,340	1,056	1,168
Hedef Tehdidi Gözlemi	1,473	1	2,758	3,240	2,773	4,121	2,316	2,811	2,399
Geminin Dönme Kabiliyeti	1,605	0,363	1	1,621	2,379	3,470	2,065	1,498	1,579
Geminin Teknik Özellikleri	0,767	0,309	0,617	1	2,371	2,636	1,740	1,555	1,775
Gemi Boyutu	0,444	0,361	0,420	0,422	1	2,379	1,056	1,605	1,368
Denge Unsurları	0,569	0,243	0,288	0,379	0,420	1	1,469	1,086	0,432
Gemi Sürati	0,746	0,432	0,484	0,575	0,947	0,681	1	2,812	2,445
Görüş	0,947	0,356	0,667	0,643	0,623	0,921	0,356	1	2,631
Çevresel faktörler	0,856	0,417	0,633	0,563	0,731	2,316	0,409	0,380	1
Tutarlılık Oranı					0,06				

Şekil 5.22 : Karaya oturma olayı için dinamik seyir riskine etki eden ana faktörlerin ağırlıklandırma matrisi.

Gemi Teknik Özellikleri alt faktörleri Gemi Makinesinin Özellikleri, Pervane ve Sevk Sisteminin Manevraya Etkisi ve Teknik Güvenilirlik olmak üzere üç adettir. Bu faktörlerin ikili kıyaslama değerlendirmelerinin elde edilmesi için uzman

anketlerinin sonuçlarından elde edilen değerler kullanılarak, Şekil 5.23'deki matris elde edilmiştir. Tutarlılık oranı 0.10'un altında olmak üzere, 0.02 olarak bulunmuştur.

	Gemi Makinesinin Özellikleri	Pervane ve Sevk Sisteminin Manevraya Etkisi	Teknik Güvenilirlik
Gemi Makinesinin Özellikleri	1	0,883	1,701
Pervane ve Sevk Sisteminin Manevraya Etkisi	1,132	1	3,286
Teknik Güvenilirlik	0,588	0,304	1
Tutarlılık Oranı		0,02	

Şekil 5.23 : Karaya oturma olayı için gemi teknik özellikleri alt faktörlerinin ağırlıklandırma matrisi.

Ölçülebilir Gemi Boyutu alt faktörleri Gemi Boyu, Gemi Eni ve Gemi Draftı olmak üzere üç adettir. Bu faktörlerin ikili kıyaslama değerlendirmelerinin elde edilmesi için uzman anketlerinin sonuçlarından elde edilen değerler kullanılarak, Şekil 5.24'deki matris elde edilmiştir. Tutarlılık oranı 0.10'un altında olmak üzere, 0.00 olarak bulunmuştur.

	Gemi Boyu	Gemi Eni	Gemi Draftı
Gemi Boyu	1	3,932	0,706
Gemi Eni	0,254	1	0,200
Gemi Draftı	1,417	5,005	1
Tutarlılık Oranı		0,00	

Şekil 5.24 : Karaya oturma olayı için ölçülebilir gemi özellikleri alt faktörlerinin ağırlıklandırma matrisi.

Denge Unsurları alt faktörleri Trim, Meyil ve Yüklülük Durumu olmak üzere üç adettir. Bu faktörlerin ikili kıyaslama değerlendirmelerinin elde edilmesi için uzman anketlerinin sonuçlarından elde edilen değerler kullanılarak, Şekil 5.25'deki matris elde edilmiştir. Tutarlılık oranı 0.10'un altında olmak üzere, 0.02 olarak bulunmuştur.

	Trim	Meyil	Yüklülük Durumu
Trim	1	3,712	1,206
Meyil	0,269	1	0,514
Yüklülük Durumu	0,829	1,946	1
Tutarlılık Oranı		0,02	

Şekil 5.25 : Çatışma olayı için denge unsurları alt faktörlerinin ağırlıklandırma matrisi.

Çevresel Faktörler alt faktörleri; Akıntı, Rüzgar, Coğrafi Yapı, Sığ Su Etkisi, Bank Etkisi ve Gelgit olmak üzere altı adettir. Bu faktörlerin ikili kıyaslama değerlendirmelerinin elde edilmesi için uzman anketlerinin sonuçlarından elde edilen değerler kullanılarak, Şekil 5.26'daki matris elde edilmiştir. Tutarlılık oranı 0.10'un altında olmak üzere, 0.05 olarak bulunmuştur.

	Akıntı	Rüzgar	Coğrafi Yapı	Sığ Su Etkisi	Bank Etkisi	Gelgit
Akıntı	1	5,091	4,564	2,836	2,634	2,561
Rüzgar	0,196	1	2,476	1,456	1,556	1,142
Coğrafi Yapı	0,219	0,404	1	0,726	0,740	0,407

Sığ Su Etkisi	0,353	0,687	1,377	1	1,705	2,225
Bank Etkisi	0,380	0,643	1,351	0,587	1	1,922
Gelgit	0,391	0,876	2,458	0,449	0,520	1
Tutarlılık Oranı				0,05		

Şekil 5.26 : Çatışma olayı için çevresel faktörler alt faktörlerinin ağırlıklandırma matrisi.

Görüş alt faktörleri Gece, Sis/Pus, Sahil Işıklarının Varlığı, Coğrafi Engel olmak üzere dört adettir. Bu faktörlerin ikili kıyaslama değerlendirmelerinin elde edilmesi için uzman anketlerinin sonuçlarından elde edilen değerler kullanılarak, Şekil 5.27'deki matris elde edilmiştir. Tutarlılık oranı 0.10'un altında olmak üzere, 0.02 olarak bulunmuştur.

	Gece	Sis/Pus	Sahil Işıklarının Varlığı	Coğrafi Engel
Gece	1	0,283	1,523	1,339
Sis/Pus	3,536	1	3,877	3,197
Sahil Işıklarının Varlığı	0,656	0,258	1	1,581
Coğrafi Engel	0,747	0,313	0,632	1
Tutarlılık Oranı				0,02

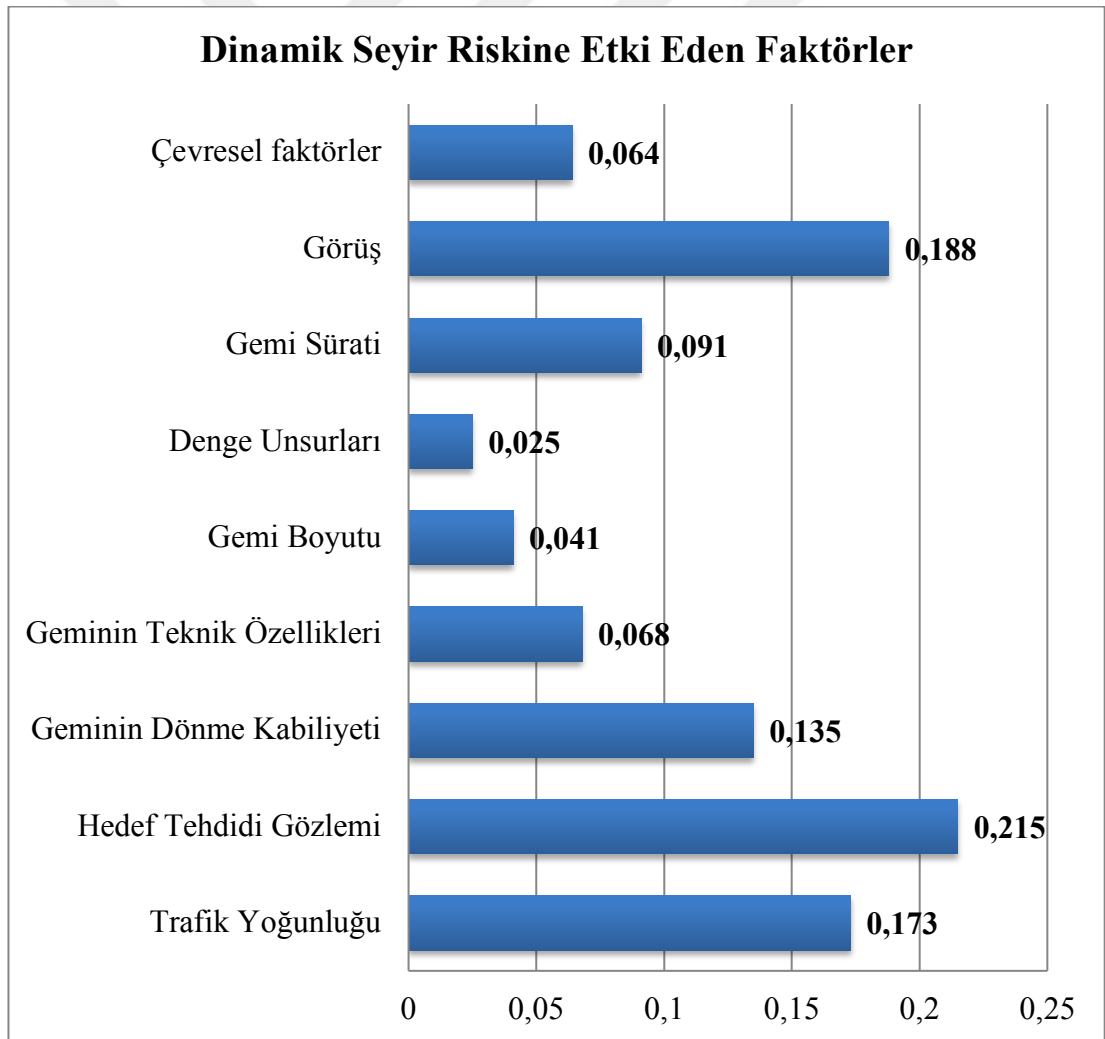
Şekil 5.27 : Çatışma olayı için görüş alt faktörlerinin ağırlıklandırma matrisi.

5.4 Uygulama Sonuçları

Dinamik seyir riskine etki eden faktörlerin, çatışma olayı ve karaya oturma olayı için, Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi ile Bölüm 5.3'te yapılan ağırlıklandırma sonuçları bu bölümde sunulmuştur.

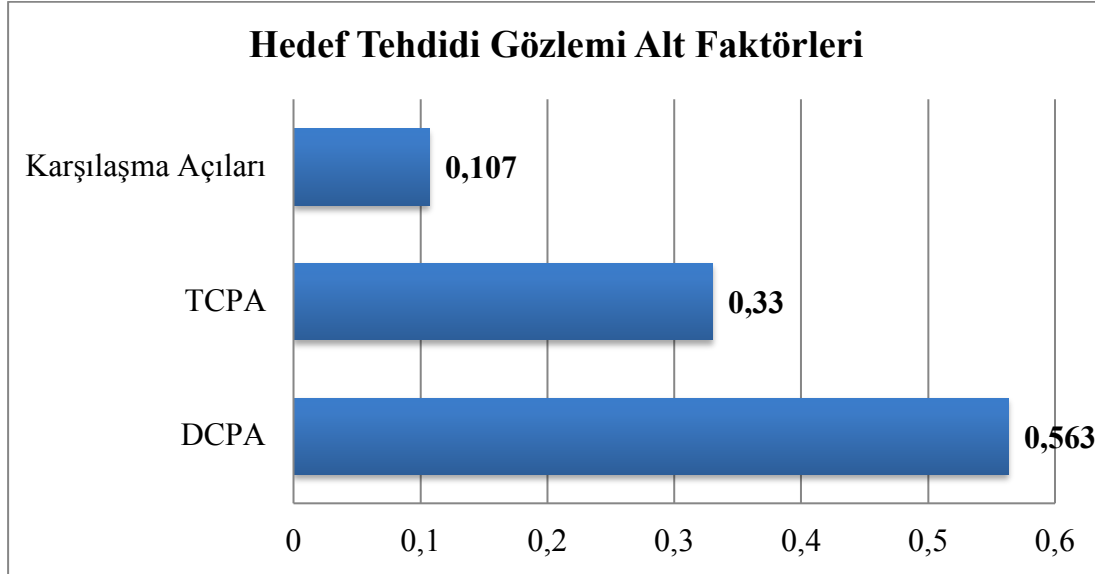
5.4.1 Çatışma olayı için sonuçlar

Çatışma olayı için dinamik seyir riskine etki eden dokuz adet ana faktörün ağırlıkları; Trafik Yoğunluğu 0.173, Hedef Tehdidi Gözlemi 0.215, Geminin Dönme Kabiliyeti 0.135, Geminin Teknik Özellikleri 0.068, Gemi Boyutu 0.041, Denge Unsurları 0.025, Gemi Sürati 0.091, Görüş 0.188, Çevresel Faktörler 0.064 olarak bulunmuştur. Ağırlıklandırma sonuçlarının grafik gösterimi Şekil 5.28'de verilmektedir.



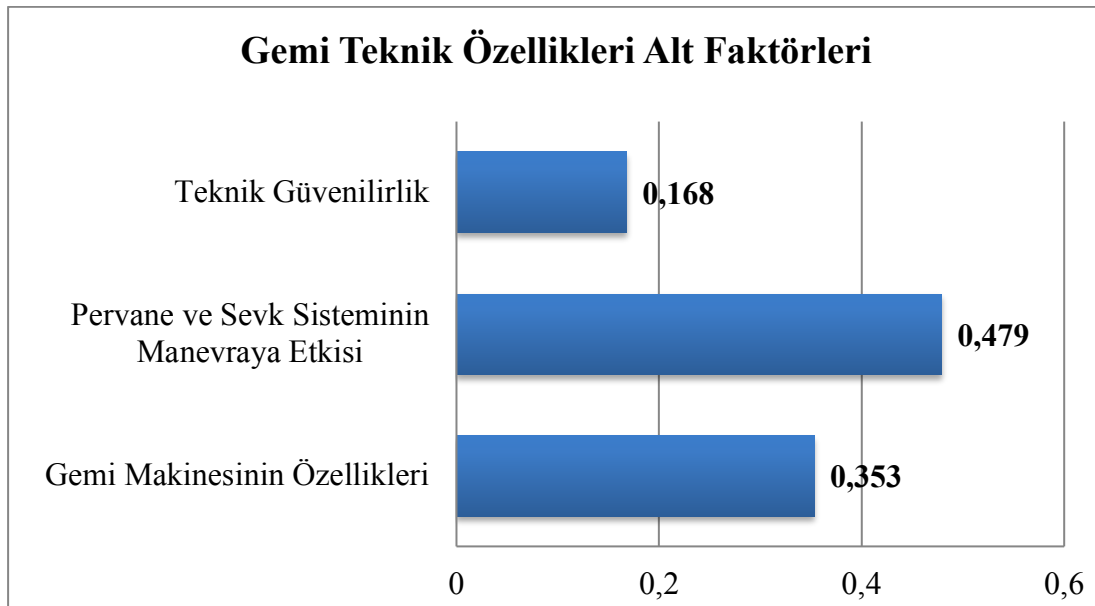
Şekil 5.28 : Çatışma olayı için dinamik seyir riskine etki eden faktörlerin ağırlıklarının grafik gösterimi.

Hedef Tehdidi Gözlemi alt faktörlerinin ağırlıkları; DCPA 0.563, TCPA 0.330, Karşılaşma Açıları 0.107 olarak hesaplanmıştır. Ağırlıklandırma sonuçlarının grafik gösterimi Şekil 5.29’da verilmektedir.



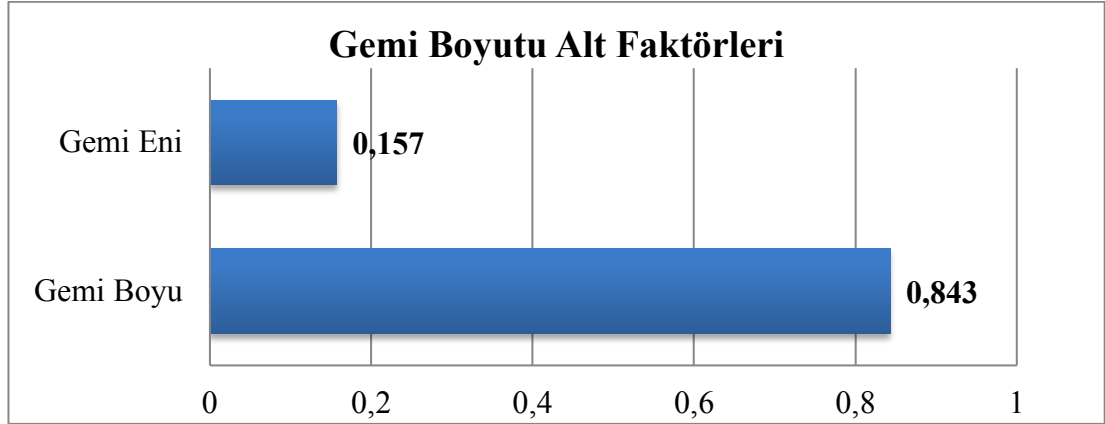
Şekil 5.29 : Çatışma olayı için hedef tehdidi gözlemi alt faktörleri ağırlıklarının grafik gösterimi.

Gemi Teknik Özellikleri alt faktörlerinin ağırlıkları; Gemi Makinesinin Özellikleri 0.353, Pervane ve Sevk Sisteminin Manevraya Etkisi 0.479, Teknik Güvenilirlik 0.168 olarak bulunmuştur. Ağırlıklandırma sonuçlarının grafik gösterimi Şekil 5.30’da verilmektedir.



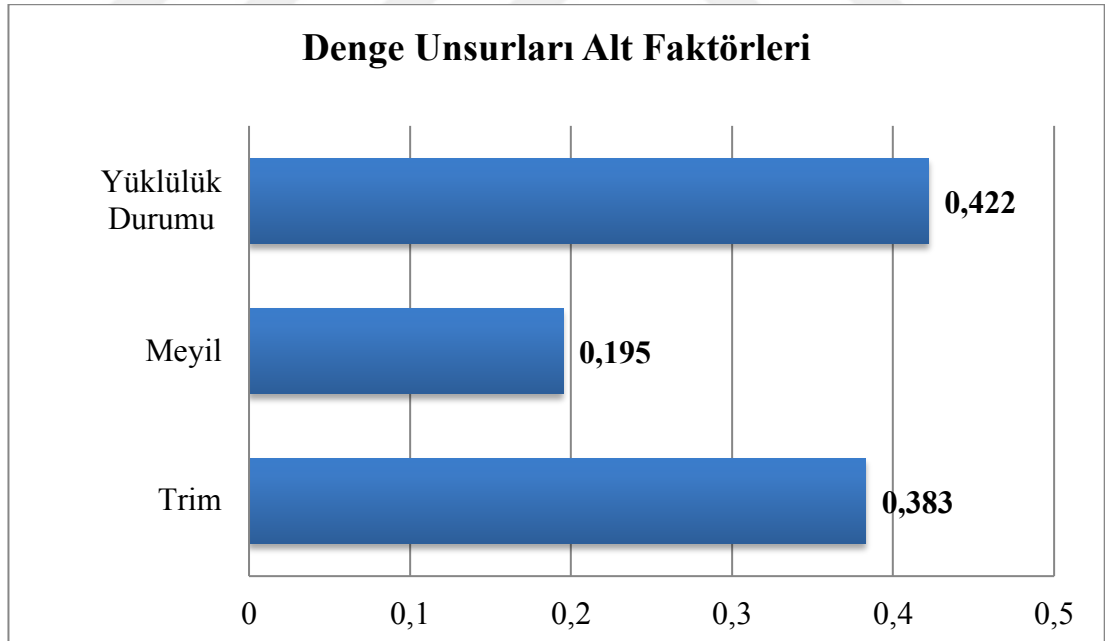
Şekil 5.30 : Çatışma olayı için gemi teknik özellikleri alt faktörleri ağırlıklarının grafik gösterimi.

Gemi Boyutu alt faktörlerinin ağırlıkları; Gemi Boyu 0.843, Gemi Eni 0.157 olarak bulunmuştur. Ağırlıklandırma sonuçlarının grafik gösterimi Şekil 5.31’de verilmektedir.



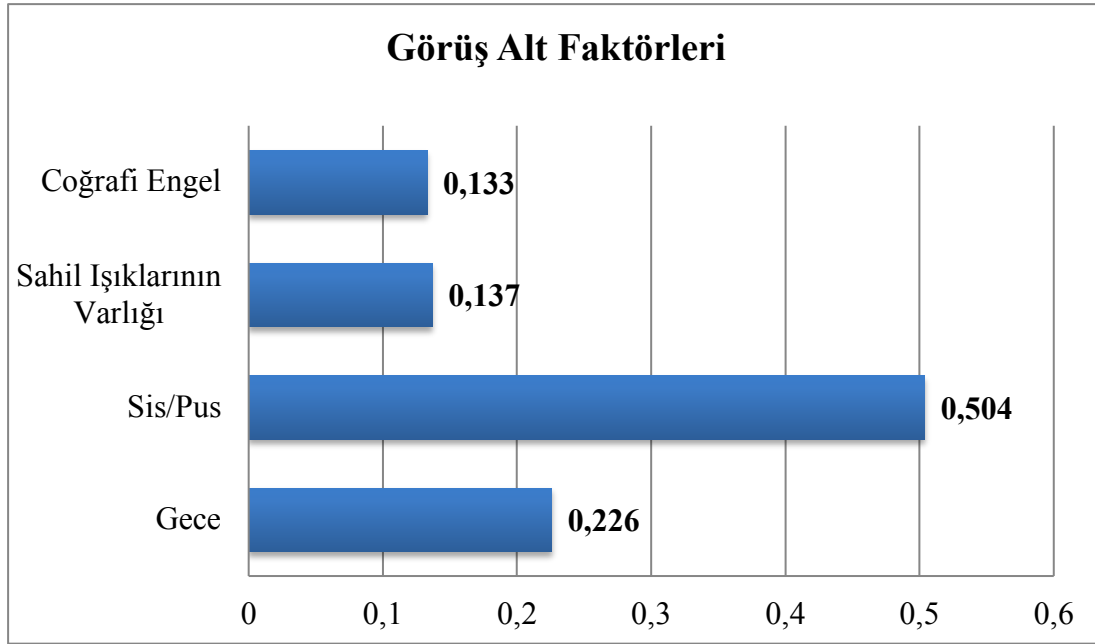
Şekil 5.31 : Çatışma olayı için gemi boyutu alt faktörleri ağırlıklarının grafik gösterimi.

Denge Unsurları alt faktörlerinin ağırlıkları; Trim 0.383, Meyil 0.195, Yüklülük Durumu 0.422 olarak bulunmuştur. Ağırlıklandırma sonuçlarının grafik gösterimi Şekil 5.32’de verilmektedir.



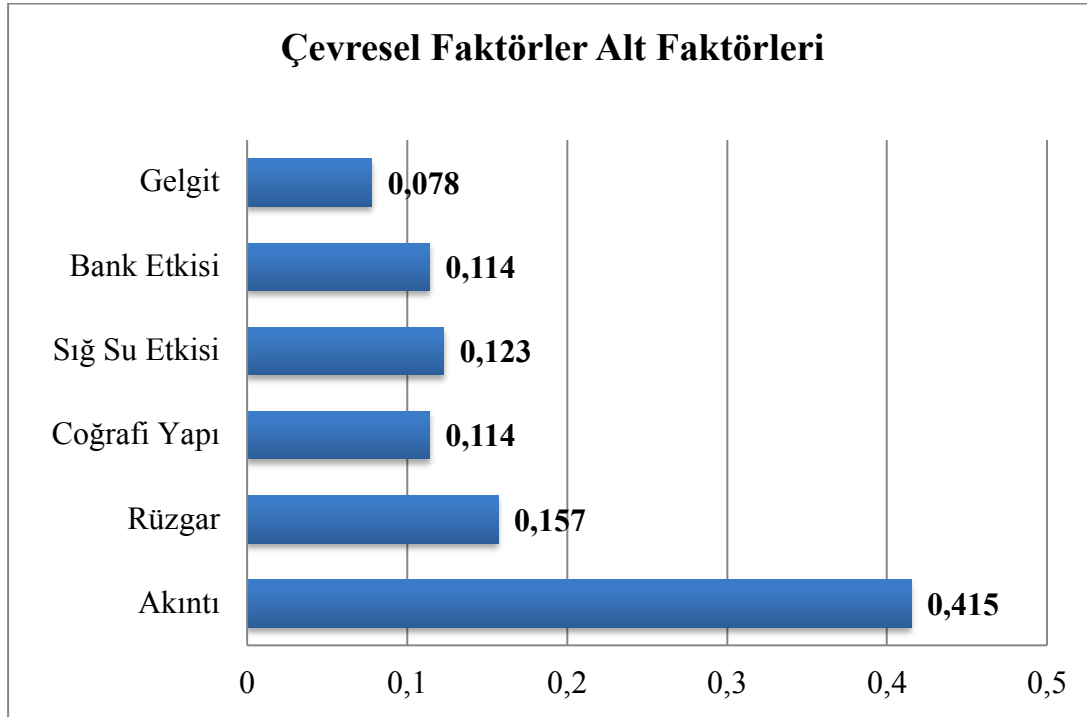
Şekil 5.32 : Çatışma olayı için denge unsurları alt faktörleri ağırlıklarının grafik gösterimi.

Görüş alt faktörlerinin ağırlıkları; Gece 0.226, Sis/Pus 0.504, Sahil Işıklarının Varlığı 0.137 ve Coğrafi Engel 0.133 olarak bulunmuştur. Ağırlıklandırma sonuçlarının grafik gösterimi Şekil 5.33’te verilmektedir.



Şekil 5.33 : Çatışma olayı için görüş alt faktörleri ağırlıklarının grafik gösterimi.

Çevresel Faktörlerin alt faktörlerinin ağırlıkları; Akıntı 0.415, Rüzgâr 0.157, Coğrafi Yapı 0.114, Sığ Su Etkisi 0.123, Bank Etkisi 0.114, Gelgit 0.078 olarak hesaplanmıştır. Ağırlıklandırma sonuçlarının grafik gösterimi Şekil 5.34'te verilmektedir.



Şekil 5.34 : Çatışma olayı için çevresel faktörler alt faktörleri ağırlıklarının grafik gösterimi.

Hedef tehdidi gözlemi en yüksek değere sahip ana faktördür. Hedef tehdidi gözlemi alt faktörlerinden DCPA en önemli alt kriter olarak saptanmıştır. DCPA'nın önem değerinin TCPA önem değerine göre yaklaşık iki kat olduğu, karşılaşma açılarına göre ise beş kat olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

İkinci en önemli ana faktör Görüş olarak belirlenmiştir. Görüş alt faktörlerinden en önemli alt kriterin Sis/Pus olduğu görülmüştür. Gece ise Görüş kriterinin ikinci en önemli alt kriteridir ve Sis/Pus görüş koşullarının, Gece görüş koşullarına göre yaklaşık iki kat daha önemli olduğu belirlenmiştir. Sahil Işıklarının Varlığı ve Coğrafi Engel alt kriterleri önem değerlerinin neredeyse aynı olduğu ve gece görüş koşullarına göre yaklaşık iki kat daha az önemli olduğu saptanmıştır.

Üçüncü en önemli ana faktörün Trafik Yoğunluğu olduğu görülmüş ve Görüş ölçütüyle değerlerinin yakın olduğu tespit edilmiştir. Geminin Dönme Kabiliyetinin en önemli dördüncü, Gemi Süratinin ise en önemli beşinci ana faktör olduğu ve diğer ana faktör değerlerinin ilk beş ana faktöre göre daha düşük olduğu görülmüştür. Geminin Teknik Özellikleri ve Çevresel Faktörler ana kriterleri değerlerinin yaklaşık olarak aynı olduğu tespit edilmiş, bunları sırasıyla Gemi Boyutu ve Denge Unsurları ana kriterlerinin izlediği gözlenmiştir.

Gemi Teknik Özellikleri ana faktörünün alt kriterleri arasından Pervane ve Sevk Sistemlerinin Manevraya Etkisi alt kriterinin en yüksek değere sahip olduğu, Gemi Makinesinin Özellikleri ve Teknik Güvenilirlik alt kriterlerinin sırasıyla takip eden alt kriterler olduğu gözlenmiştir. Teknik Güvenilirlik alt kriterinin Gemi Makinesi Özellikleri alt kriterinden yaklaşık iki kat daha az önemli olduğu görülmektedir.

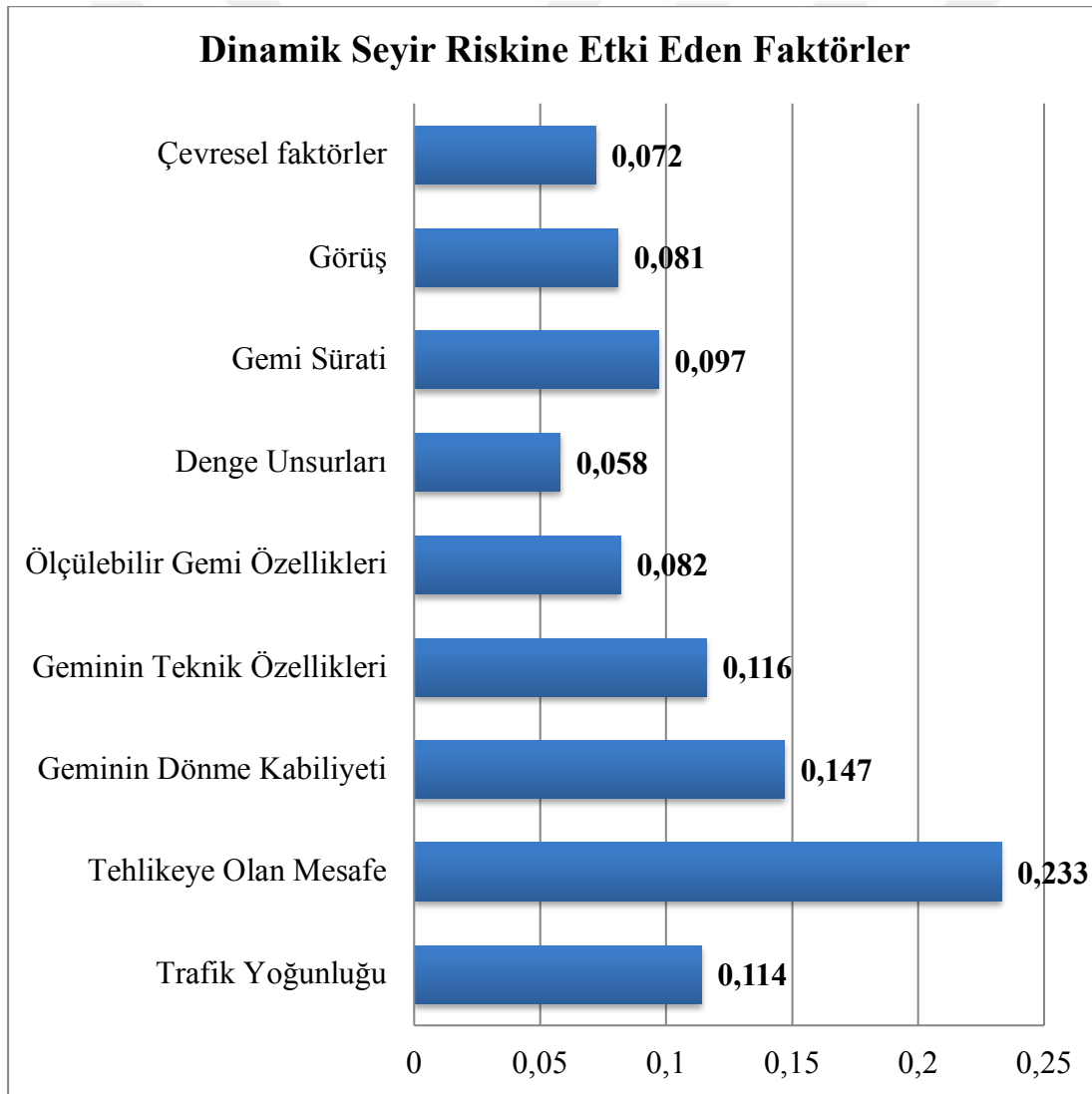
Çevresel Faktörler ana kriterinin alt faktörlerinden olan Akıntı, bu başlık altındaki diğer alt faktörler arasında en fazla öneme sahip alt faktör olarak ortaya çıkmaktadır. Diğer alt faktörlerin önem değerlerinin birbirine çok yakın olduğu ve Akıntı alt faktörünün bu alt faktörlere nazaran yaklaşık dört kat daha fazla öneme sahip olduğu dikkat çekmektedir.

Gemi Boyutu ana faktörünün alt faktörlerinden olan Gemi Boyunun Gemi Enine göre çok yüksek değerde olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç, Çizelge 5.2'de görüldüğü üzere Gemi Eni alt faktörünün literatürde karşılaşılan çalışmalarda çok fazla kullanılmamış olması durumunu da desteklemektedir.

Denge Unsurları ana faktörünün alt kriterlerinden biri olan Yüklülük Durumu alt faktörünün en önemli alt faktör olduğu, bu alt faktörü sırasıyla Trim ve Meyil alt faktörlerinin takip ettiği tespit edilmiştir.

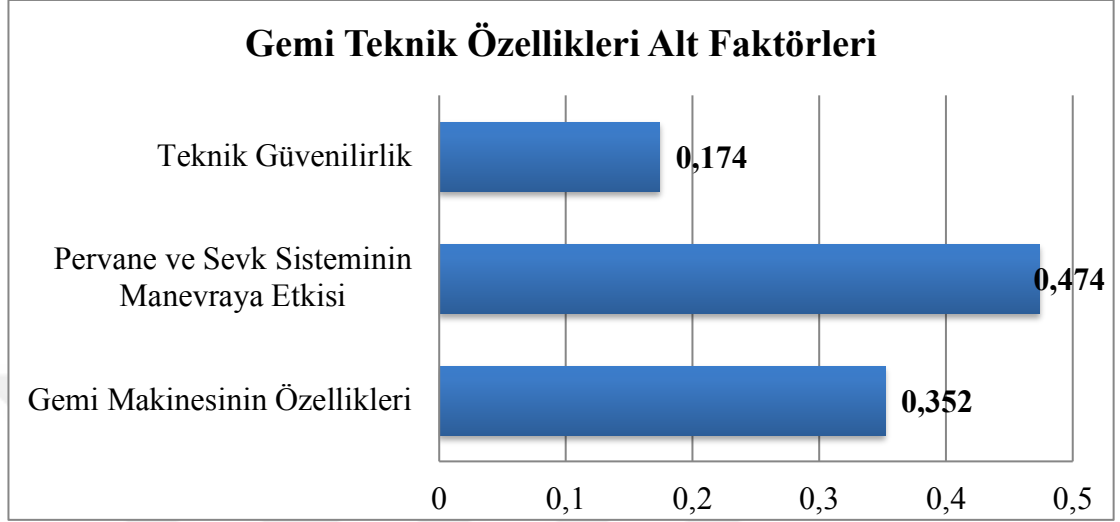
5.4.2 Karaya oturma olayı için sonuçlar

Karaya oturma olayı için dinamik seyir riskine etki eden dokuz adet ana faktörün ağırlıkları; Trafik Yoğunluğu 0.114, Tehlikeye Olan Mesafe 0.233, Geminin Dönme Kabiliyeti 0.147, Geminin Teknik Özellikleri 0.116, Ölçülebilir Gemi Özellikleri 0.082, Denge Unsuru 0.058, Gemi Sürati 0.097, Görüş 0.081, Çevresel Faktörler 0.072 olarak bulunmuştur. Ağırlıklandırma sonuçlarının grafik gösterimi Şekil 5.35'te verilmektedir.



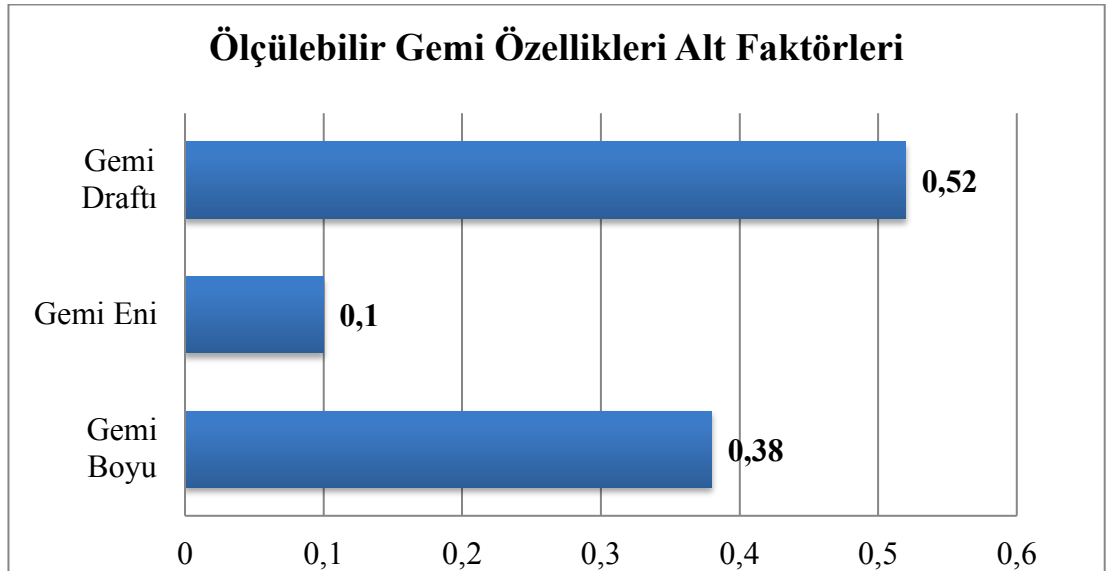
Şekil 5.35 : Karaya oturma olayı için dinamik seyir riskine etki eden faktörlerin ağırlıklarının grafik gösterimi.

Gemi Teknik Özellikleri alt faktörlerinin ağırlıkları; Gemi Makinesinin Özellikleri 0.352, Pervane ve Sevk Sisteminin Manevraya Etkisi 0.474, Teknik Güvenilirlik 0.174 olarak bulunmuştur. Ağırlıklandırma sonuçlarının grafik gösterimi Şekil 5.36’da verilmektedir.



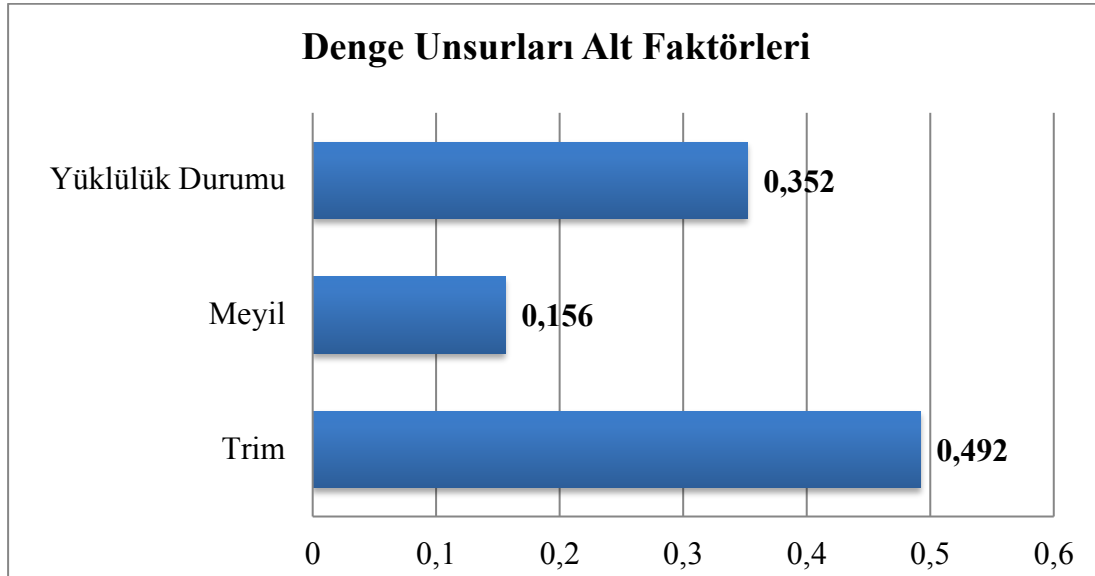
Şekil 5.36 : Karaya oturma olayı için gemi teknik özellikleri alt faktörlerin ağırlıklarının grafik gösterimi.

Ölçülebilir Gemi Özellikleri alt faktörlerinin ağırlıkları; Gemi Boyu 0.380, Gemi Eni 0.100 ve Gemi Draftı 0.520 olarak bulunmuştur. Ağırlıklandırma sonuçlarının grafik gösterimi Şekil 5.37’de verilmektedir.



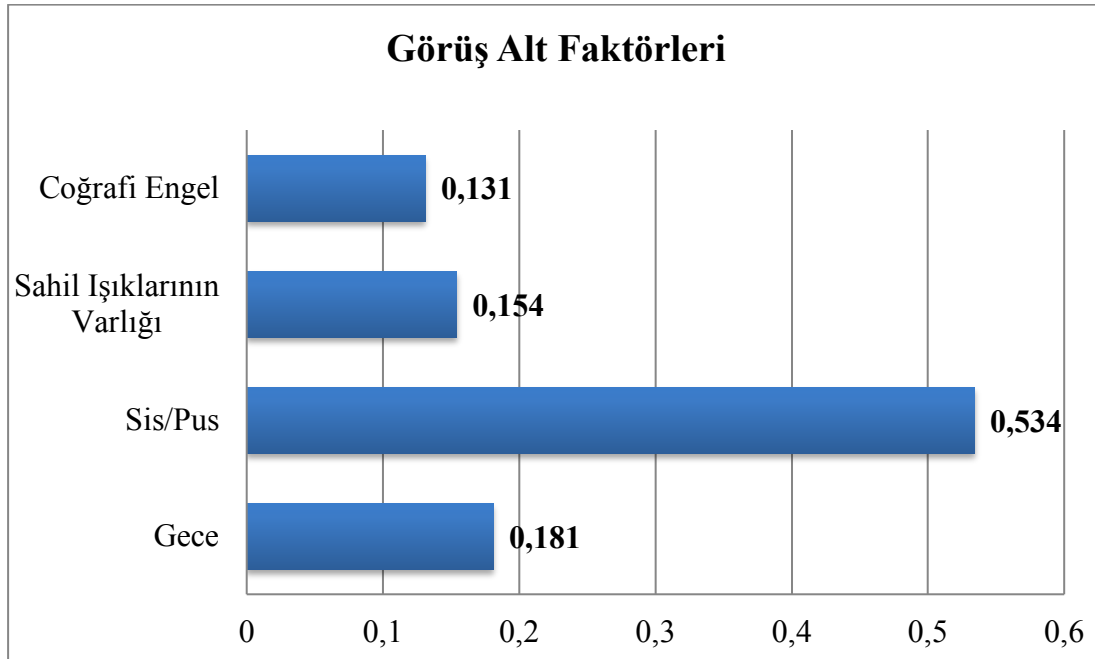
Şekil 5.37 : Karaya oturma olayı için ölçülebilir gemi özellikleri alt faktörlerin ağırlıklarının grafik gösterimi.

Denge Unsurları alt faktörlerinin ağırlıkları; Trim 0.492, Meyil 0.156, Yüklülük Durumu 0.352 olarak bulunmuştur. Ağırlıklandırma sonuçlarının grafik gösterimi Şekil 5.38’de verilmektedir.



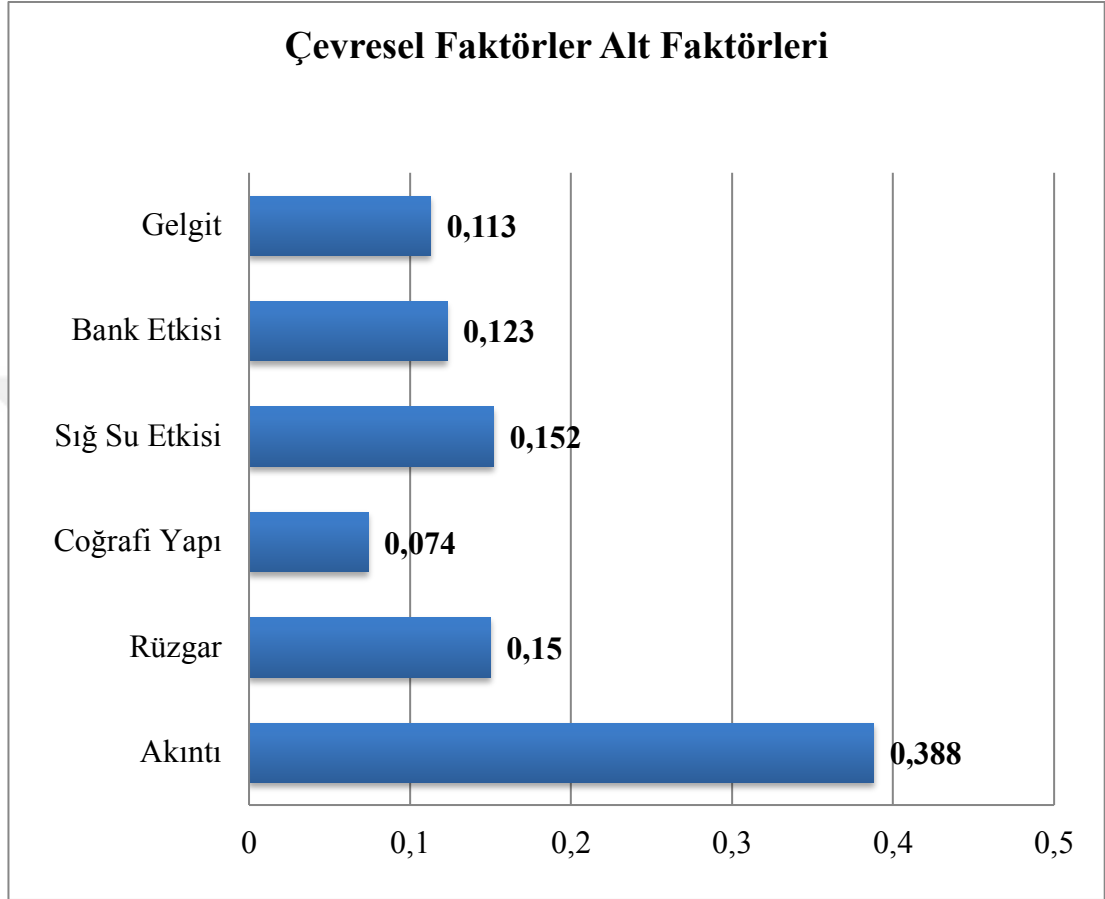
Şekil 5.38 : Karaya oturma olayı için denge unsurları alt faktörlerin ağırlıklarının grafik gösterimi.

Görüş alt faktörlerinin ağırlıkları; Gece 0.181, Sis/Pus 0.534, Sahil Işıklarının Varlığı 0.154 ve Coğrafi Engel 0.131 olarak bulunmuştur. Ağırlıklandırma sonuçlarının grafik gösterimi Şekil 5.39’da verilmektedir.



Şekil 5.39 : Karaya oturma olayı için görüş alt faktörlerin ağırlıklarının grafik gösterimi.

Çevresel Faktörlerin alt faktörlerinin ağırlıkları; Akıntı 0.388, Rüzgâr 0.150, Coğrafi Yapı 0.074, Sığ Su Etkisi 0.152, Bank Etkisi 0.123, Gelgit 0.113 olarak hesaplanmıştır. Ağırlıklandırma sonuçlarının grafik gösterimi Şekil 5.40'da verilmektedir.



Şekil 5.40 : Karaya oturma olayı için çevresel faktörler alt faktörlerin ağırlıklarının grafik gösterimi.

Karaya oturma olayı için dinamik seyir riskine etki eden dokuz adet ana faktör arasından, Tehlikeye olan mesafe en yüksek değere sahip ana faktördür. İkinci en önemli ana faktör Gemi Dönme Kabiliyeti olarak belirlenmiştir. Üçüncü en önemli ana faktörün Gemi Teknik özellikleri olduğu görülmüş ve Trafik Yoğunluğu ölçütüyle değerlerinin neredeyse aynı olduğu tespit edilmiştir. Gemi teknik özellikleri ana faktörünün alt kriterleri arasından Pervane ve Sevk Sistemlerinin Manevraya Etkisi alt kriterinin en yüksek değere sahip olduğu, Gemi Makinesinin Özellikleri ve Teknik Güvenilirlik alt kriterlerinin sırasıyla takip eden alt kriterler olduğu gözlenmiştir. Teknik güvenilirlik alt kriterinin Gemi Makinesi Özellikleri alt kriterinden yaklaşık iki kat daha az önemli olduğu görülmektedir.

Gemi Süratinin en önemli beşinci ana faktör olduğu, bu ana faktörü sırasıyla Ölçülebilir Gemi Özellikleri, Görüş, Çevresel Faktörler ve Denge Unsurları ana faktörlerinin izlediği ve değerlerinin ilk beş ana faktöre göre düşük olduğu görülmüştür. Görüş ve Denge Unsurları ana faktörlerinin önem değerlerinin neredeyse aynı olduğu gözlenmiştir.

Ölçülebilir Gemi Özellikleri ana faktörünün alt faktörlerinden olan Gemi Draftının en yüksek değere sahip olduğu görülmüştür. Bu alt faktörü Gemi Boyu ve Gemi Eni takip etmektedir.

Görüş alt faktörlerinden en önemli alt kriterin Sis/Pus olduğu görülmüştür. Gece ise Görüş kriterinin ikinci en önemli alt kriteridir ve Sis/Pus görüş koşullarının, Gece görüş koşullarına göre yaklaşık üç kat daha önemli olduğu belirlenmiştir. Bu alt faktörleri, Sahil Işıklarının Varlığı ve Coğrafi Engel alt faktörleri takip etmektedir.

Çevresel Faktörler ana kriterinin alt faktörlerinden olan Akıntı, bu başlık altındaki diğer alt faktörler arasında en fazla öneme sahip alt faktör, Coğrafi Yapı ise en az öneme sahip alt faktör olarak ortaya çıkmaktadır. Diğer alt faktörlerin önem değerlerinin birbirine yakın olduğu ve Akıntı alt faktörünün bu alt faktörlere nazaran yaklaşık iki buçuk kat daha fazla öneme sahip olduğu dikkat çekmektedir.

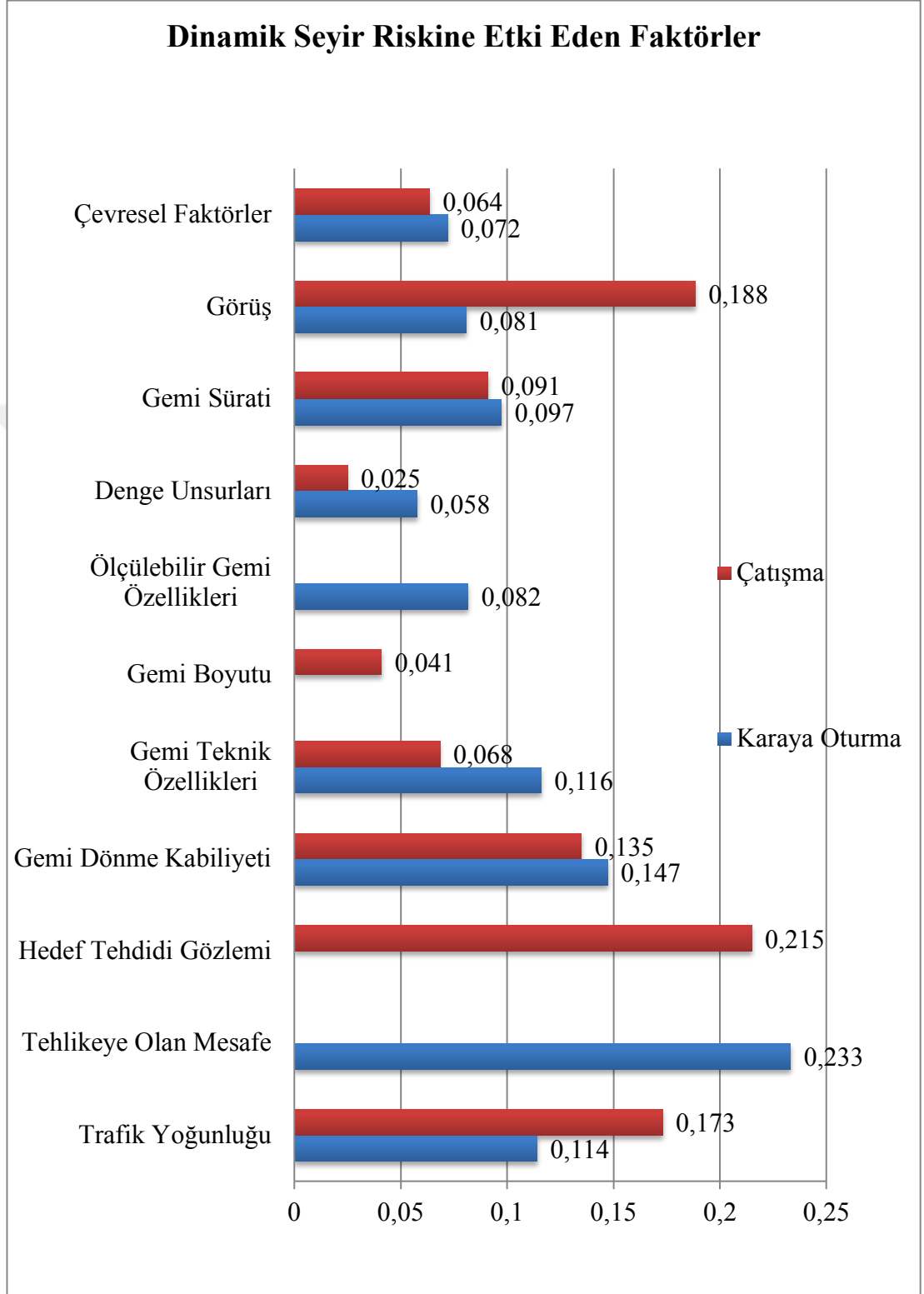
Denge Unsurları ana faktörünün alt kriterlerinden biri olan Trim alt faktörünün en önemli alt faktör olduğu, bu alt faktörü sırasıyla Yüklülük Durumu ve Meyil alt faktörlerinin takip ettiği tespit edilmiştir.

5.4.3 Karaya oturma olayı ve çatışma olayı sonuçlarının kıyaslanması

Çalışmada kullanılan anketler çatışma olayı ve karaya oturma olayı için aynı uzmanlar tarafından değerlendirilmiştir. Dinamik seyir riskine etki eden faktörler, her iki durum kapsamında kıyaslandığında Şekil 5.41'deki grafik elde edilmiştir. Alt faktörler kıyaslandığında Şekil 5.44 ile Şekil 5.48 arasındaki grafikler elde edilmiştir.

Dinamik Seyir Riskine etki eden faktörler çatışma ve karaya oturma durumu için kıyaslandığında genel olarak ana faktörlerin önem değerlerinin benzerlik gösterdiği gözlenmiş ancak bazı ana faktörlerin farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Çatışma olayında Görüş ve Trafik Yoğunluğu ana faktörleri artış gösterirken, Karaya oturma olayında Denge Unsurları ve Gemi Teknik Özelliklerinin artış göstermesi dikkat çekicidir. Gemi Boyutu ana kriterinin alt kriterlerinden Gemi Draftı alt faktörüyle

farklılık gösteren Ölçülebilir Gemi Özellikleri ana faktörünün de değerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5.41 : Karaya oturma ve çatışma olayı için dinamik seyir riskine etki eden faktörleri ağırlıklarının kıyaslama grafik gösterimi.

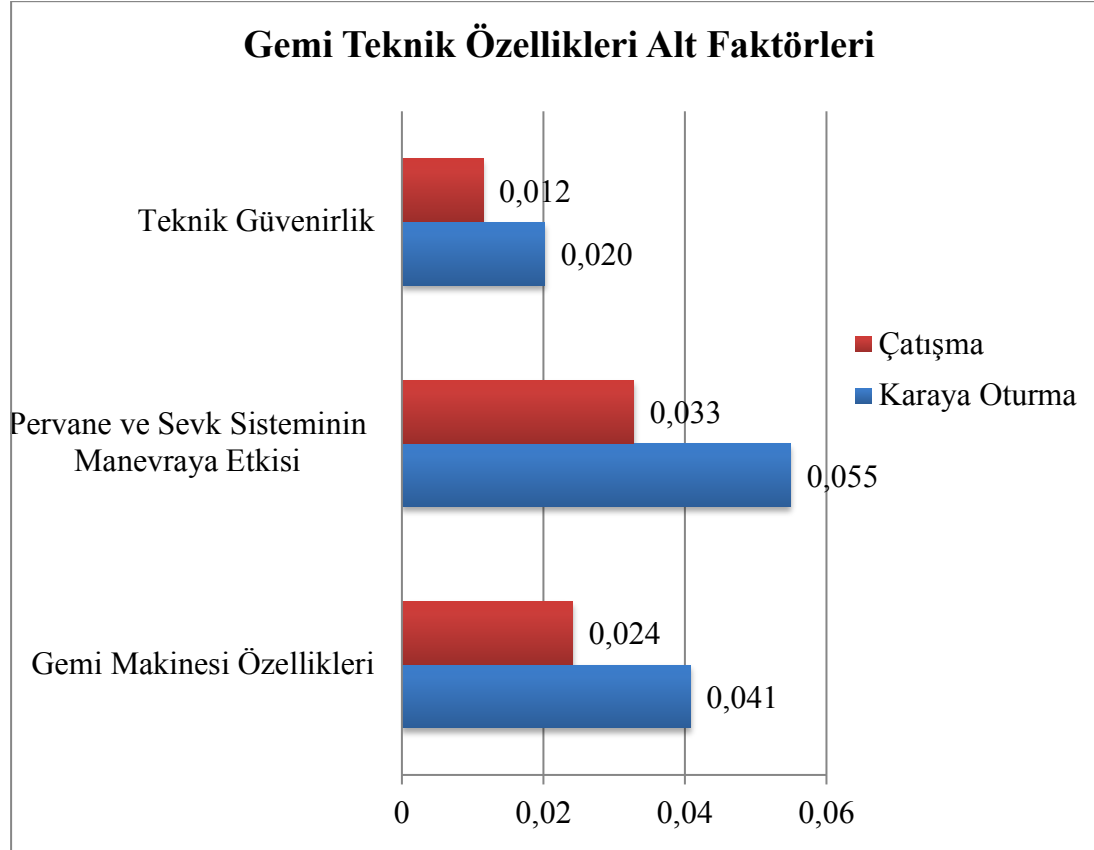
Ana Faktörler	Alt Faktörler	Ağırlıkları
Trafik Yoğunluğu	-	0,173
Hedef Tehdidi Gözlemi	DCPA	0,121
	TCPA	0,071
	Karşılaşma Açıları	0,023
Geminin Dönme Kabiliyeti	-	0,135
Geminin Teknik Özellikleri	Gemi Makinesinin Özellikleri	0,024
	Pervane ve Sevk Sis. Man. Etkisi	0,033
	Teknik Güvenilirlik	0,012
Gemi Boyutu	Gemi Boyu	0,034
	Gemi Eni	0,006
Denge Unsurları	Trim	0,010
	Meyil	0,005
	Yüklülük Durumu	0,011
Gemi Sürati	-	0,091
Görüş	Sis/Pus	0,043
	Gece	0,095
	Sahil Işıklarının Varlığı	0,026
	Coğrafi Engel	0,025
Çevresel faktörler	Akıntı	0,026
	Rüzgâr	0,010
	Coğrafi Yapı	0,007
	Sığ Su Etkisi	0,008
	Bank Etkisi	0,007
	Gelgit	0,005
TOPLAM		1,00

Şekil 5.42 : Çatışma olayı için dinamik seyir riskine etki eden faktörlerin ağırlıkları.

Ana Faktörler	Alt Faktörler	Ağırlıkları
Trafik Yoğunluğu	-	0,114
Tehlikeye Olan Mesafe	-	0,233
Geminin Dönme Kabiliyeti	-	0,147
Geminin Teknik Özellikleri	Gemi Makinesinin Özellikleri	0,041
	Pervane ve Sevk Sis. Man. Etkisi	0,055
	Teknik Güvenilirlik	0,020
Gemi Boyutu	Gemi Boyu	0,031
	Gemi Eni	0,008
	Gemi Draftı	0,042
Denge Unsurları	Trim	0,028
	Meyil	0,009
	Yüklülük Durumu	0,020
Gemi Sürati	-	0,097
Görüş	Sis/Pus	0,015
	Gece	0,043
	Sahil Işıklarının Varlığı	0,012
	Coğrafi Engel	0,011
Çevresel faktörler	Akıntı	0,028
	Rüzgâr	0,011
	Coğrafi Yapı	0,005
	Sığ Su Etkisi	0,011
	Bank Etkisi	0,009
	Gelgit	0,008
TOPLAM		1,00

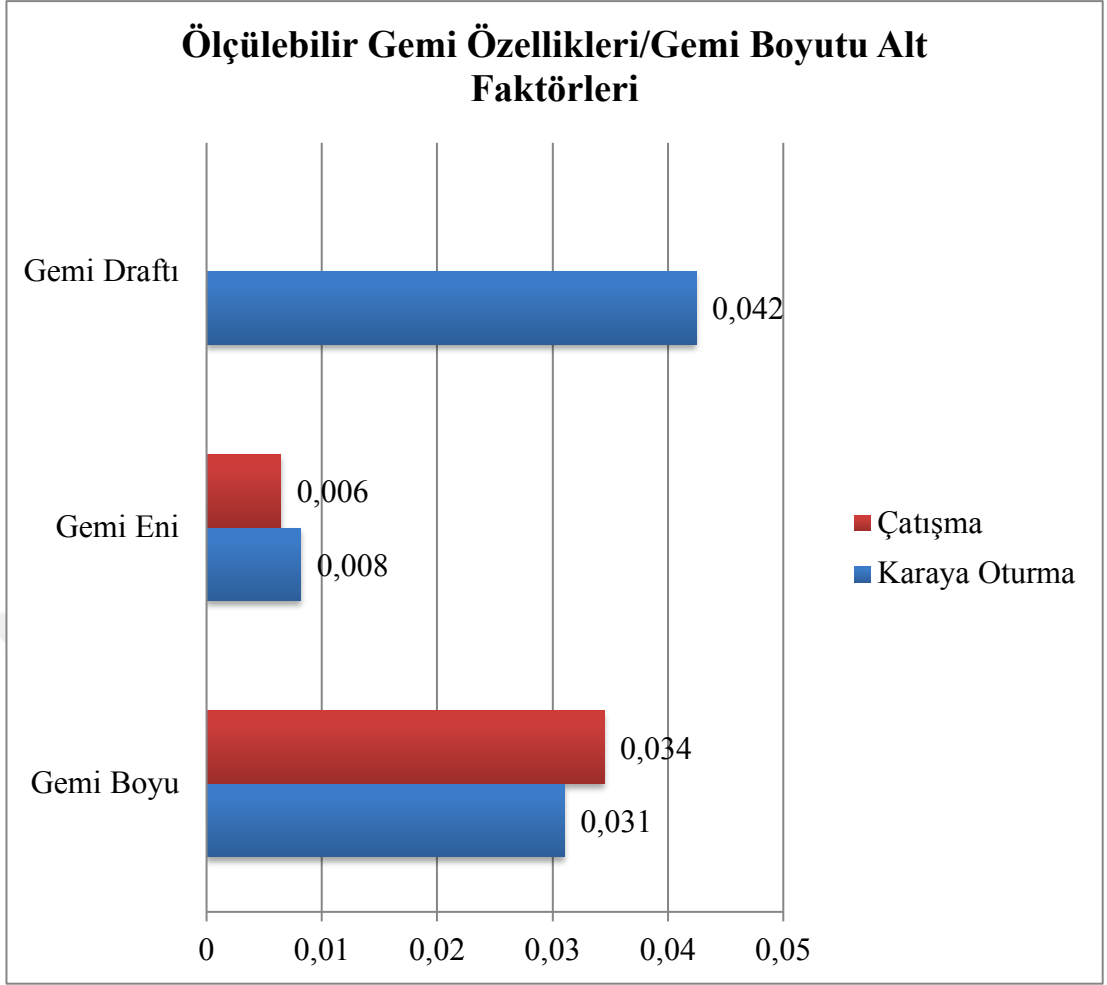
Şekil 5.43 : Karaya oturma olayı için dinamik seyir riskine etki eden faktörlerin ağırlıkları.

Trafik Yoğunluğu ana faktörünün çatışma olayı için karaya oturma olayına göre önem değerinin yüksek olduğu gözlenmiştir. Trafik Yoğunluğu, karaya oturma ve çatışma olayı için manevra alanını kısıtlamak ile birlikte çatışma olayının doğası gereği tehdit sayısının artışına sebep olmaktadır ve çatışma olayı için daha önemli olması bu durumla açıklanabilir.



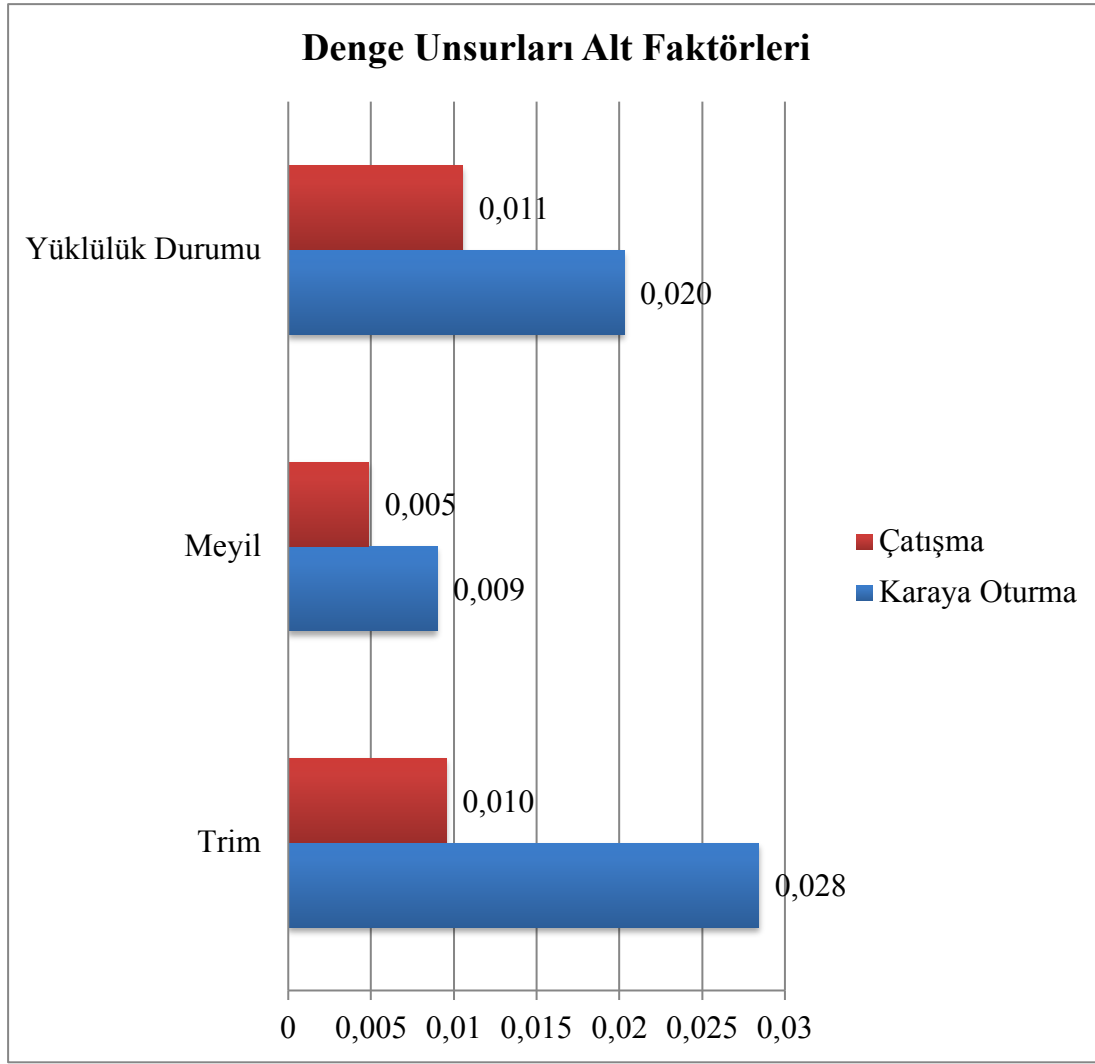
Şekil 5.44 : Karaya oturma ve çatışma olayı için ana faktörler ile ağırlıklandırılmış gemi teknik özellikleri alt faktörlerinin ağırlıklarının kıyaslama grafik gösterimi.

Gemi Teknik Özellikleri ana faktörünün karaya oturma durumu için çatışma durumuna göre önem değerinin yüksek olduğu gözlenmiştir. Gemi Teknik Özelliklerinin karaya oturma olayında daha önemli olması, çatışma olayında tehdit olan gemilerin de manevra kabiliyetlerinin olup sakınma manevrası yapabilmeleriyle açıklanabilir. Gemi Teknik Özellikleri ana faktöründeki artışın, alt faktörleri de benzer şekilde etkilediği ve uzmanların alt faktörlere anketlerde neredeyse yakın değerler verdiği saptanmıştır.



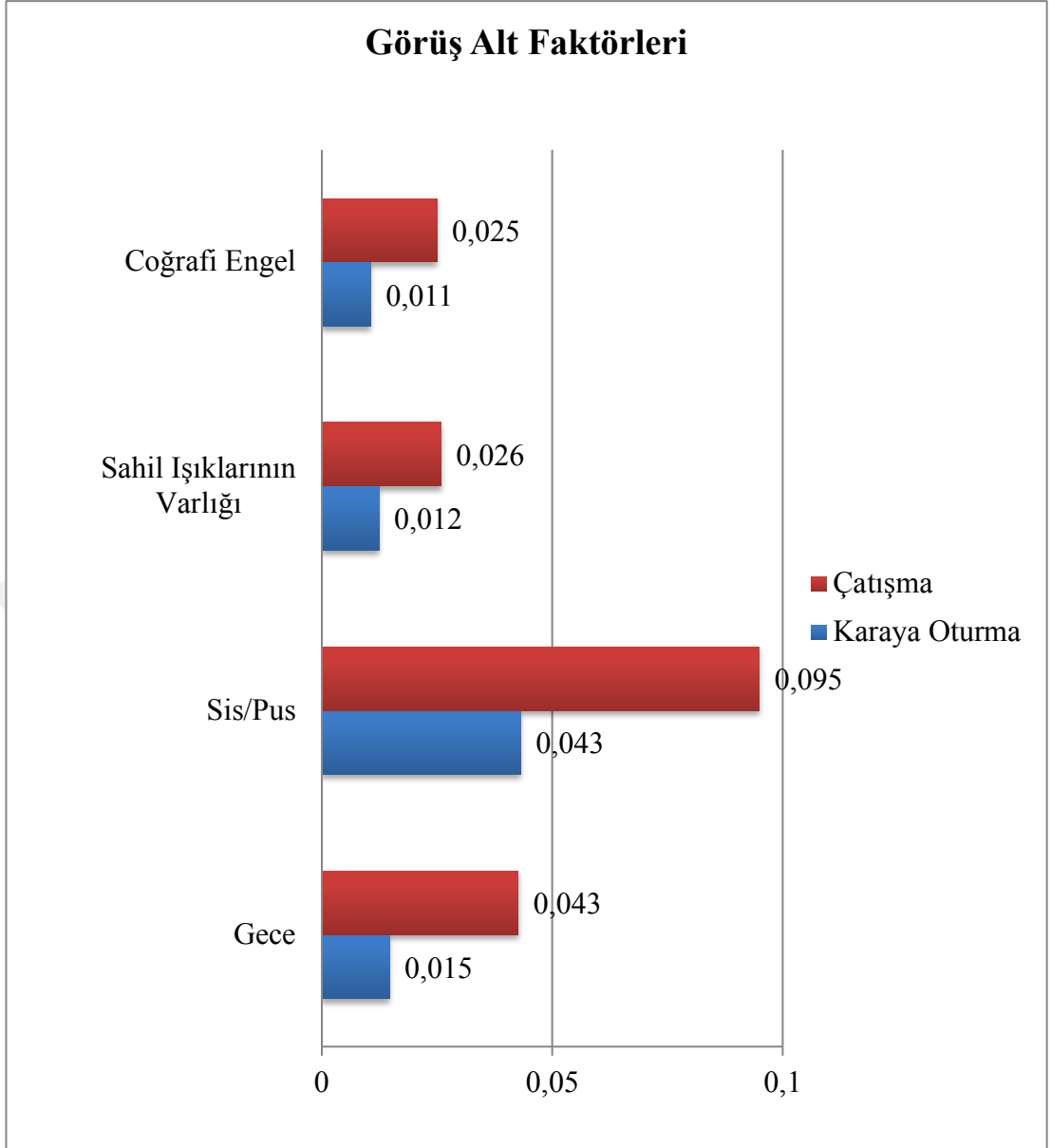
Şekil 5.45 : Karaya oturma ve çatışma olayı için ana faktörler ile ağırlıklandırılmış ölçülebilir gemi özellikleri/gemi boyutu alt faktörleri ağırlıklarının kıyaslama grafik gösterimi.

Ölçülebilir Gemi Özellikleri ana faktörünün Gemi Boyutu ana faktörüne göre iki kat daha önemli olduğu gözlenmiştir. Ölçülebilir Gemi Özellikleri alt faktörlerinden Gemi Draftı faktörü, gemi boyutu alt faktörlerinden farklı olan kriterdir. Ölçülebilir Gemi Özelliklerinin daha yüksek öneme sahip olmasının nedeni de, karaya oturma olayında tehdidin kayalık veya gemi draftından az derinlikler olması dolayısıyla Gemi Draftının geminin su kesimi altındaki bölümünü etkilemesi nedeniyle karaya oturma olayında daha etkili bir faktör olması ile açıklanabilir. Alt faktörlerin değerleri kıyaslandığında Gemi Boyu ve Gemi Eninin, karaya oturma ve çatışma olayı için neredeyse aynı değere sahip olduğu gözlenmiş ve Ölçülebilir Gemi Özellikleri ile Gemi Boyutu ana faktörleri arasındaki farka gemi draftının neden olduğu tespit edilmiştir.



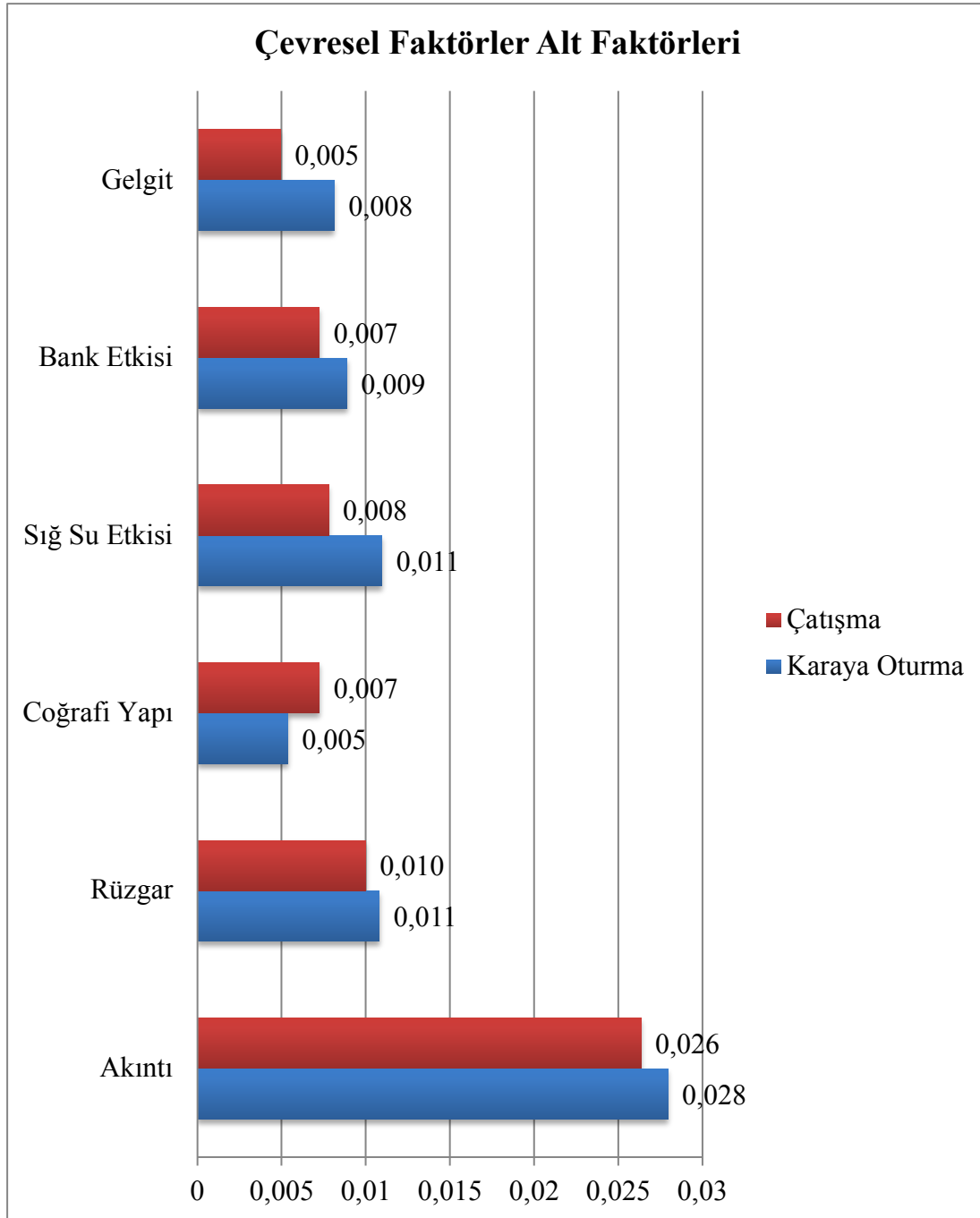
Şekil 5.46 : Karaya oturma ve çatışma olayı için ana faktörler ile ağırlıklandırılmış denge unsurları alt faktörleri ağırlıklarının kıyaslama grafik gösterimi.

Denge Unsurlarının karaya oturma durumu için çatışma durumuna göre önem değerinin yüksek olduğu gözlenmiştir. Denge Unsurları ana faktörünün önem değerinin karaya oturma olayı için daha yüksek değerde olmasının nedeni, Yüklülük Durumu ve Trimin geminin su kesimi altında kalan bölümünü etkilemesi ve karaya oturma olayında tehdidin kayalık veya gemi draftından az derinlikler olması olarak değerlendirilebilir. Denge Unsurları ana faktöründeki artış, alt faktörleri de etkilemiş ve alt faktörlerde iki kat artış gözlenmiştir. Ancak Trim alt faktörü karaya oturma durumu için üç kat artış göstererek Yüklülük Durumu alt faktöründen daha önemli bir konuma geçmiştir.



Şekil 5.47 : Karaya oturma ve çatışma olayı için ana faktörler ile ağırlıklandırılmış görüş alt faktörleri ağırlıklarının kıyaslama grafik gösterimi.

Görüş koşullarının çatışma durumu için karaya oturma durumuna göre önem değerlerinin çok yüksek olduğu gözlenmiştir. Görüş ana faktörünün önem değerinin çatışma olayı için daha yüksek değerde olmasının nedeni, Karaya oturma olayında tehdidin kayalık veya gemi draftından az derinlikler olması ve bu tehdit mevkilerinin görüş haricinde harita/köprüüstü kaynaklarından elde edilebilmesi ile açıklanabilir. Görüş ana faktöründeki artışın, alt faktörleri de aynı şekilde etkilediği ve uzmanların alt faktörlere anketlerde neredeyse yakın değerler verdiği tespit edilmiştir.



Şekil 5.48 : Karaya oturma ve çatışma olayı için ana faktörler ile ağırlıklandırılmış çevresel faktörler alt faktörleri ağırlıklarının kıyaslama grafik gösterimi.

Çevresel Koşullar alt faktörlerinin karaya oturma olayı için çok az bir artış göstermiş ve bu artışların Sığ Su Etkisi, Bank Etkisi ve Gelgit alt faktörlerin değerlerini diğer faktörlere göre daha fazla artış yönünde, Coğrafi Yapı alt faktörü değerini ise düşüş yönünde etkilemiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Son yıllarda dinamik seyir risk modellerinde artış gözlenmiş ve dinamik seyir risklerini hesaplama hususunun önemli bir hale geldiği görülmüştür. Literatürde bulunan dinamik seyir risk modellerine etkiyen faktörlerin, modelden modele ya da hesaplama hesaplama farklılık gösterdiği ve ne kadar etkili olduklarının belirlenmediği tespit edilmiştir. Faktörlerin değişken olması öncelikle bu faktörlerin seyir yapılan deniz bölgesindeki etkinlik durumlarından kaynaklanmaktadır. Dinamik seyir risk hesaplaması, doğası gereği manevra sonucu vuku bulan çatışma ve karaya oturma kazalarını kapsamaktadır. Dolayısıyla bu kazalarda etkin olan kriterler dinamik seyir riski hesaplamasında da etkili olmalıdır. İlgili araştırma kapsamında, akademik yazında açık deniz, iç sular ve kara suları olarak üç ayrı kategoriye ayrılan deniz bölgeleri de göz önüne alınarak en çok faktörün bulunduğu ve diğer deniz bölgelerinin faktörlerini de kapsayan iç sular uygulama alanı olarak seçilmiştir. Ayrıca bir deniz bölgesinde etkili olabilecek faktörlerin diğer bir deniz bölgesinde aynı etkinliği göstermeyebileceği düşünülerek, dinamik seyir riskine etki eden faktörlerin seçilen deniz bölgesine göre önem değerlerinin değişebileceği de göz önünde bulundurulmuştur. Bununla birlikte belirlenen faktörlerin kendi aralarında da önem derecelerinin değişkenlik göstermesi nedeniyle ağırlıklarının hesaplanması yoluna gidilmiştir. Bu sayede, karar verme mekanizmalarındaki dinamik seyir risk değerlendirmesi algoritmalarının ve dinamik seyir risk hesaplamalarının daha verimli ve doğru sonuçlar elde edebilmesi açısından yapılacak çalışmalara katkı sağlanması amaçlanmıştır.

Çalışmada, dinamik seyir risk hesaplamasına etki eden faktörler belirlenirken kaza analizleri/istatistikleri, denizcilikte risk değerlendirme modelleri ve seyir risk faktörleri üzerine literatürde yer alan ve kaynaklarda belirtilen çalışmalar incelenmiş, akademik alt yapısı olan uzmanlar, kılavuz kaptanlar ve gemi kaptanlarının görüş ve önerileri alınarak çatışma olayı ve karaya oturma olayında etkin olan kriterler belirlenmiştir. Uzman görüşü ve önerileri ile iç sularda çatışma olayı için dokuz ana faktör, yirmi bir alt faktör; karaya oturma olayı için dokuz ana faktör ve on dokuz alt faktör gruplandırılarak hiyerarşik bir yapı oluşturulmuştur. Oluşturulan bu hiyerarşik

yapı çerçevesinde yer alan faktörlerin önem değerlerinin hesaplanmasında Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi kullanılmıştır.

Çatışma olayı ana faktörleri kendi içerisinde kıyaslandığında, Hedef Tehdidi Gözleminin en yüksek önem değerine, Denge Unsurlarının ise en düşük önem değerine sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yazında çatışma olayı risk modellerinde Trafik Yoğunluğu faktörünün az kullanılmasına rağmen, yaptığımız çalışma sonuçlarında bu faktörün önem değeri yüksek çıkmıştır. Karaya oturma olayı faktörleri kendi içerisinde kıyaslandığında ise, Tehlikeye Olan Mesafenin en yüksek önem değerine, Denge Unsurlarının ise en düşük önem değerine sahip olduğu gözlenmiştir. Literatürde karaya oturma olayı risk modellerinde Manevra Kabiliyeti faktörünün az kullanılmasına rağmen, ilgili çalışma sonuçlarında bu faktörün önem değeri yüksek çıkmıştır.

Araştırma kapsamında ayrıca çatışma olayı ve karaya oturma olayı için kriterlerin ağırlıklandırma sonuçlarının kıyaslanması çalışması da yürütülmüştür. Dinamik seyir riskine etki eden faktörler çatışma ve karaya oturma durumu için kıyaslandığında genel olarak ana faktörlerin önem değerlerinin benzerlik gösterdiği gözlenmiş ancak bazı ana faktörlerin farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Çatışma olayında Görüş ve Trafik Yoğunluğu ana faktörleri artış gösterirken, Karaya oturma olayında Denge Unsurları ve Gemi Teknik Özelliklerinin artış gösterdiği gözlenmiştir. Gemi Boyutu ana kriterinin alt kriterlerinden Gemi Draftı alt faktörüyle farklılık gösteren Ölçülebilir Gemi Özellikleri ana faktörünün de değerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Gemi Boyu ve Gemi Eninin, karaya oturma ve çatışma olayı için neredeyse aynı değere sahip olduğu gözlenmiş ve Ölçülebilir Gemi Özellikleri ile Gemi Boyutu ana faktörleri arasındaki farka Gemi Draftının neden olduğu görülmüştür.

Çalışmanın sağlayacağı değerlendirilen katkılar müteakip maddelerde sıralanmıştır.

- ✓ İlgili araştırma kapsamında yapılan literatür araştırmaları, yeni araştırmacılar için kaynak niteliği taşımaktadır.
- ✓ Dinamik seyir risk hesaplamasına etki eden kriterlerin seçilmesi/belirlenmesi hususunda yol gösterici bir kaynak olacaktır.

- ✓ Çatışma olayı ve karaya oturma olayı için dinamik seyir riskine etki eden faktörlerin ağırlıklandırılması yoluyla elde edilen sayısal sonuçlar karar vericiler için kriterlerin nicel değerlendirmesinde destek sağlayacaktır.
- ✓ Çatışma olayı ve karaya oturma olayı açısından, kullanılan faktörlerin önem değerlerindeki farklılık, yapılacak risk modellemelerinde göz önünde bulundurularak daha verimli sonuçlar elde edilmesine yardımcı olacaktır.
- ✓ Çalışma sonuçlarının yeni risk modellemelerinde kullanılması ile denizcilik sektöründe emniyetin sağlanmasına katkı sağlayacaktır.

Yaptığımız çalışmanın sağlamış olduğu faydalar dikkate alınarak ileride yapılacak çalışmalar için, akademik yazında bulunan çatışma olayı risk modelleme çalışmalarında az kullanılan Trafik Yoğunluğu faktörünün, akademik yazında karaya oturma olayı risk modelleme çalışmalarında sık kullanılmayan Manevra Kabiliyeti faktörünün dikkate alınması önerilebilir. Risk modelleme çalışmalarının yanı sıra zabıtların ve gemi kaptanlarının seyir esnasında da bu faktörlere azami özen göstermesinin faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

Bunların dışında, yeni yapılacak çalışmalarda çatışma olayı ve karaya oturma olayı dinamik seyir risk faktörlerinin, bu çalışmada kullanılmayan açık deniz ve karasuları veya özel deniz bölgeleri (İstanbul Boğazı, Rotterdam liman bölgesi, Finlandiya Körfezi vb.) kapsamında değerlendirilmesinin yapılması tavsiye edilebilir.



KAYNAKLAR

- Abramowicz-Gerigk, T., Burciu, Z., & Kaminski, P.** (2013). Practical Aspects Of Risk Acceptance Criteria Development In Maritime Shipping. *Journal of KONBiN*, 26(1), 89-98.
- ABS.** (2000). *Risk Assessment Applications For The Marine And Offshore Oil And Gas Industries*. American Bureau of Shipping. Retrieved from https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/rules-and-guides/current/other/97_riskassessapplmarineandoffshoreoandg/pub97_riskassesment.pdf
- AGCS.** (2017). *Safety and Shipping Review 2017*. Allianz Global Corporate & Specialty. Retrieved from http://www.agcs.allianz.com/assets/PDFs/Reports/AGCS_Safety_Shipping_Review_2017.pdf
- Ahn, J.-H., Rhee, K.-P., & You, Y.-J.** (2012). A study on the collision avoidance of a ship using neural networks and fuzzy logic. *Applied Ocean Research*, 37, 162-173.
- Baldauf, M., Benedict, K., Fischer, S., Motz, F., & Schröder-Hinrichs, J. U.** (2011). Collision avoidance systems in air and maritime traffic. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability*, 225(3), 333-343.
- Balmat, J.-F., Lafont, F., Maifret, R., & Pessel, N.** (2009). MARitime RiSk Assessment (MARISA), a fuzzy approach to define an individual ship risk factor. *Ocean Engineering*, 36(15-16), 1278-1286.
- Balmat, J.-F., Lafont, F., Maifret, R., & Pessel, N.** (2011). A decision-making system to maritime risk assessment. *Ocean Engineering*, 38(1), 171-176.
- Baykal, F. H.** (1998). *Deniz Hukuku Çalışmaları*: Alfa Basım Yayım Dağıtım.
- Berle, Ø., Asbjørnslett, B. E., & Rice, J. B.** (2011). Formal vulnerability assessment of a maritime transportation system. *Reliability Engineering & System Safety*, 96(6), 696-705.
- Bertho, F., Borchert, I., & Mattoo, A.** (2016). The trade reducing effects of restrictions on liner shipping. *Journal of Comparative Economics*, 44(2), 231-242.
- Bukhari, A. C., Tusseyeva, I., & Kim, Y.-G.** (2013). An intelligent real-time multi-vessel collision risk assessment system from VTS view point based on

fuzzy inference system. *Expert systems with applications*, 40(4), 1220-1230.

- Cheng, C.-H., Yang, K.-L., & Hwang, C.-L.** (1999). Evaluating attack helicopters by AHP based on linguistic variable weight. *European journal of operational research*, 116(2), 423-435.
- Chin, H. C., & Debnath, A. K.** (2009). Modeling perceived collision risk in port water navigation. *Safety Science*, 47(10), 1410-1416.
- COWI.** (2008). *Risk Analysis of Sea Traffic in the Area around Bornholm* (P-65775-002). Retrieved from <http://www.vtt.fi/files/projects/bassy/Risk-Analysis-Sea-traffic-Area-around-Bornholm-2008.pdf>
- Degre, T., Glansdorp, C., & van der Tak, C.** (2003). The importance of a risk based index for vessels to enhance maritime safety. *IFAC Proceedings Volumes*, 36(14), 185-189.
- DNV.** (2003). *FSA Navigation Large Passenger Ships*. Det Norske Veritas. Retrieved from <http://research.dnv.com/skj/FSALPS/ANNEXII.pdf>
- Eleye-Datubo, A., Wall, A., & Wang, J.** (2008). Marine and Offshore Safety Assessment by Incorporative Risk Modeling in a Fuzzy-Bayesian Network of an Induced Mass Assignment Paradigm. *Risk Analysis*, 28(1), 95-112.
- Ellis, J., Forsman, B., Gehl, S., Langbecker, U., Riedel, K., & Sames, P. C.** (2008). A risk model for the operation of container vessels. *WMU Journal of Maritime Affairs*, 7(1), 133-149.
- Elsayed, T.** (2009). Fuzzy inference system for the risk assessment of liquefied natural gas carriers during loading/offloading at terminals. *Applied Ocean Research*, 31(3), 179-185.
- EMSA.** (2017). *Annual Overview of Marine Casualties and Incidents 2017*. European Maritime Safety Agency. Retrieved from <http://emsa.europa.eu/emsa-documents/latest/item/3156-annual-overview-of-marine-casualties-and-incidents-2017.html>
- Endrina, N., Rasero, J. C., & Konovessis, D.** (2018). Risk analysis for RoPax vessels: A case of study for the Strait of Gibraltar. *Ocean Engineering*, 151, 141-151.
- Fagerholt, K.** (2004). A computer-based decision support system for vessel fleet scheduling—experience and future research. *Decision Support Systems*, 37(1), 35-47.
- Fagerholt, K., Christiansen, M., Hvattum, L. M., Johnsen, T. A., & Vabø, T. J.** (2010). A decision support methodology for strategic planning in maritime transportation. *Omega*, 38(6), 465-474.

- Fowler, T. G., & Sjørgård, E.** (2000). Modeling ship transportation risk. *Risk Analysis*, 20(2), 225-244.
- Friis-Hansen, P., & Simonsen, B. C.** (2002). GRACAT: software for grounding and collision risk analysis. *Marine Structures*, 15(4-5), 383-401.
- Fu, X., Ng, A. K., & Lau, Y.-Y.** (2010). The impacts of maritime piracy on global economic development: the case of Somalia. *Maritime Policy & Management*, 37(7), 677-697.
- Gaonkar, R. S. P., Xie, M., & Fu, X.** (2013). Reliability estimation of maritime transportation: A study of two fuzzy reliability models. *Ocean Engineering*, 72, 1-10.
- Gaonkar, R. S. P., Xie, M., Ng, K. M., & Habibullah, M. S.** (2011). Subjective operational reliability assessment of maritime transportation system. *Expert systems with applications*, 38(11), 13835-13846.
- Goerlandt, F., & Montewka, J.** (2015). Maritime transportation risk analysis: review and analysis in light of some foundational issues. *Reliability Engineering & System Safety*, 138, 115-134.
- Goerlandt, F., Montewka, J., Kuzmin, V., & Kujala, P.** (2015). A risk-informed ship collision alert system: Framework and application. *Safety Science*, 77, 182-204.
- Goodwin, E. M.** (1975). A statistical study of ship domains. *The Journal of Navigation*, 28(3), 328-344.
- Hänninen, M., Mazaheri, A., Kujala, P., Montewka, J., Laaksonen, P., Salmiovirta, M., & Klang, M.** (2014). Expert elicitation of a navigation service implementation effects on ship groundings and collisions in the Gulf of Finland. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability*, 228(1), 19-28.
- Hermanski, G., & Daley, C.** (2005). On Formal Safety Assessment (FSA) Procedure. *Institute for Ocean Technology National Research Canada (NRC). Canada Faculty of Engineering and Applied Science, Memorial University of Newfoundland. Retrieved [http://www. google. se/url](http://www.google.se/url).*
- Hilgert, H., & Baldauf, M.** (1997). A common risk model for the assessment of encounter situations on board ships. *Deutsche Hydrografische Zeitschrift*, 49(4), 531-542.
- HOUSE, O. L.** (1992). *Safety aspects of ship design and technology (Carver Report) - Select Committee on Science and Technology, 2nd report, HL Paper.*
- Hu, S., Fang, Q., Xia, H., & Xi, Y.** (2007). Formal safety assessment based on relative risks model in ship navigation. *Reliability Engineering & System Safety*, 92(3), 369-377.

- IMO/MSC.** (1997). *MSC/Circ. 829. Interim Guidelines for the application of Formal Safety Assessment (FSA) to the IMO Rule-Making process.* International Maritime Organization.
- IMO/MSC.** (2002). *IMO MSC/Circ. 1023 MEPC/Circ. 392—Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process.* International Maritime Organisation.
- IMO/MSC.** (2015). *IMO MSC- MEPC.2/Circ. 12/Rev.1—Revised Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process.* International Maritime Organisation.
- Jebsen, J. J., & Papakonstantinou, V. C.** (1997). *Evaluation of the physical risk of ship grounding.* (Master's Thesis), Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts.
- Keçeci, T.** (2010). *İstanbul Boğazı'nda Gemi Boyu Faktörünün Güvenli Seyre Etkisinin AHP Metodu Kullanılarak Analiz Edilmesi.* (Master Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Keçeci, T., & Arslan, Ö.** (2014). Gemi kazalarına neden olan köprü üstü kaynaklı eksikliklerin istatistiksel açıdan incelemesi. *Journal of ETA Maritime Science*, 2(1), 41-46.
- Kontovas, C. A.** (2005). *Critical Review and Future Role of Formal Safety Assessment.* (Diploma Thesis), National Technical University of Athens, Athens.
- Kopacz, Z., Morgaś, W., & Urbański, J.** (2001). The maritime safety system, its main components and elements. *The Journal of Navigation*, 54(2), 199-211.
- Köse, E., Başar, E., Demirci, E., Güneroğlu, A., & Erkebay, Ş.** (2003). Simulation of marine traffic in Istanbul Strait. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 11(7-8), 597-608.
- Kristiansen, S.** (2013). *Maritime transportation: safety management and risk analysis.* Routledge.
- Kujala, P., Hänninen, M., Arola, T., & Ylitalo, J.** (2009). Analysis of the marine traffic safety in the Gulf of Finland. *Reliability Engineering & System Safety*, 94(8), 1349-1357.
- Lee, H.-J., & Rhee, K. P.** (2001). Development of collision avoidance system by using expert system and search algorithm. *International shipbuilding progress*, 48(3), 197-212.
- Lenart, A. S.** (1983). Collision threat parameters for a new radar display and plot technique. *The Journal of Navigation*, 36(3), 404-410.
- Li, K. X., Yin, J., & Fan, L.** (2014). Ship safety index. *Transportation research part A: policy and practice*, 66, 75-87.

- Lim, G. J., Cho, J., Bora, S., Biobaku, T., & Parsaei, H.** (2018). Models and computational algorithms for maritime risk analysis: a review. *Annals of Operations Research*, 1-22.
- Mazaheri, A., Montewka, J., & Kujala, P.** (2014). Modeling the risk of ship grounding—a literature review from a risk management perspective. *WMU Journal of Maritime Affairs*, 13(2), 269-297.
- Mazaheri, A., Montewka, J., & Kujala, P.** (2016). Towards an evidence-based probabilistic risk model for ship-grounding accidents. *Safety Science*, 86, 195-210.
- Mazaheri, A., Sormunen, O.-V. E., Hyttinen, N., Montewka, J., & Kujala, P.** (2013). *Comparison of the learning algorithms for evidence-based BBN modeling—A case study on ship grounding accidents*. Paper presented at the Proceedings of the ESREL 2013 Conference.
- Montewka, J., Ehlers, S., Goerlandt, F., Hinz, T., Tabri, K., & Kujala, P.** (2014). A framework for risk assessment for maritime transportation systems—A case study for open sea collisions involving RoPax vessels. *Reliability Engineering & System Safety*, 124, 142-157.
- Montewka, J., Goerlandt, F., & Kujala, P.** (2012). Determination of collision criteria and causation factors appropriate to a model for estimating the probability of maritime accidents. *Ocean Engineering*, 40, 50-61.
- Montewka, J., Hinz, T., Kujala, P., & Matusiak, J.** (2010). Probability modelling of vessel collisions. *Reliability Engineering & System Safety*, 95(5), 573-589.
- Montewka, J., Krata, P., Goerlandt, F., Mazaheri, A., & Kujala, P.** (2011). Marine traffic risk modelling—an innovative approach and a case study. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability*, 225(3), 307-322.
- Mou, J. M., Van Der Tak, C., & Ligteringen, H.** (2010). Study on collision avoidance in busy waterways by using AIS data. *Ocean Engineering*, 37(5-6), 483-490.
- MSA, U.** (1993). *Formal safety assessment. Submitted by UK to IMO Marine Safety Committee, IMO/MSC*.
- Pedersen, P. T.** (1995). Collision and grounding mechanics. *Proceedings of WEMT*, 95(1995), 125-157.
- Pietrzykowski, Z.** (2011). Navigational decision support system as an element of intelligent transport systems. *Zeszyty Naukowe/Akademia Morska w Szczecinie*, 41-47.
- Pietrzykowski, Z., Wolejsza, P., & Borkowski, P.** (2017). Decision support in collision situations at sea. *The Journal of Navigation*, 70(3), 447-464.

- Power, D. J., Sharda, R., & Burstein, F.** (2015). *Decision support systems*: Wiley Online Library.
- Quan-Gen, F., Zai-Li, Y., Shen-Ping, H., & Jin, W.** (2005). Formal safety assessment and application of the navigation simulators for preventing human error in ship operations. *Journal of Marine Science and Application*, 4(3), 5-12.
- Ramboll.** (2006). *Navigational Safety in the Sound between Denmark and Sweden (Øresund)*. The Royal Danish Administration of Navigation and Hydrography, The Danish Maritime Authority and The Swedish Maritime Administration. Retrieved from [http://www.sjofartsverket.se/pages/13140/Risk%20analysis%20Main Report.pdf](http://www.sjofartsverket.se/pages/13140/Risk%20analysis%20Main%20Report.pdf)
- Riveiro, M. J.** (2011). *Visual analytics for maritime anomaly detection*. Skövde: Örebro University.
- Saaty, T. L.** (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences*, 1(1), 83-98.
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G.** (2012). *Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process* (Vol. 175): Springer Science & Business Media.
- Senol, Y. E., Aydogdu, Y. V., Sahin, B., & Kilic, I.** (2015). Fault tree analysis of chemical cargo contamination by using fuzzy approach. *Expert systems with applications*, 42(12), 5232-5244.
- Senol, Y. E., & Sahin, B.** (2016). A novel real-time continuous fuzzy fault tree analysis (RC-FFTA) model for dynamic environment. *Ocean Engineering*, 127, 70-81.
- Silveira, P., Teixeira, A., & Soares, C. G.** (2013). Use of AIS data to characterise marine traffic patterns and ship collision risk off the coast of Portugal. *The Journal of Navigation*, 66(6), 879-898.
- Simonsen, B. C.** (1997). *Mechanics of ship grounding*. ((Doctoral Dissertation)), Technical University of Denmark (DTU), Copenhagen.
- Soares, C. G., & Teixeira, A.** (2001). Risk assessment in maritime transportation. *Reliability Engineering & System Safety*, 74(3), 299-309.
- Stróżyna, M., & Abramowicz, W.** (2015). A Dynamic Risk Assessment for Decision Support Systems in the Maritime Domain. *Studia Ekonomiczne*, 243, 295-307.
- Sur, M.** (2006). *Uluslararası Hukukun Esasları* (Geliştirilmiş 2. ed.). İstanbul: Beta Yayınları.

- Szlapczynski, R., & Szlapczynska, J.** (2017a). A method of determining and visualizing safe motion parameters of a ship navigating in restricted waters. *Ocean Engineering*, 129, 363-373.
- Szlapczynski, R., & Szlapczynska, J.** (2017b). Review of ship safety domains: Models and applications. *Ocean Engineering*, 145, 277-289.
- Trucco, P., Cagno, E., Ruggeri, F., & Grande, O.** (2008). A Bayesian Belief Network modelling of organisational factors in risk analysis: A case study in maritime transportation. *Reliability Engineering & System Safety*, 93(6), 845-856.
- Ulusçu, Ö. S., Özbaş, B., Altıok, T., & Or, İ.** (2009). Risk analysis of the vessel traffic in the strait of Istanbul. *Risk Analysis*, 29(10), 1454-1472.
- UNCTAD.** (2017). *Review of Maritime Transport 2017* (UNCTAD/RMT/2017). UN Conference on Trade and Development. Retrieved from New York and Geneva: http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2017_en.pdf
- Urbański, J., Morgaś, W., & Specht, C.** (2008). Maritime safety-risk assessment and control/Bezpieczeństwo morskie-ocena i kontrola ryzyka. *Zeszyty Naukowe Akademii Marynarki Wojennej*, 49, 53-68.
- Van Dorp, J. R., & Merrick, J. R.** (2011). On a risk management analysis of oil spill risk using maritime transportation system simulation. *Annals of Operations Research*, 187(1), 249-277.
- Wang, J.** (2001). The current status and future aspects in formal ship safety assessment. *Safety Science*, 38(1), 19-30.
- Wang, J., & Foinikis, P.** (2001). Formal safety assessment of containerships. *Marine Policy*, 25(2), 143-157.
- Wang, J., Sii, H., Yang, J., Pillay, A., Yu, D., Liu, J., & Maistralis, E.** (2004). Use of advances in technology for maritime risk assessment. *Risk Analysis*, 24(4), 1041-1063.
- Wang, N.** (2010). An intelligent spatial collision risk based on the quaternion ship domain. *The Journal of Navigation*, 63(4), 733-749.
- Wu, B., Wang, Y., Zhang, J., Savan, E. E., & Yan, X.** (2015). Effectiveness of maritime safety control in different navigation zones using a spatial sequential DEA model: Yangtze River case. *Accident analysis & prevention*, 81, 232-242.
- Yazıcı, M. A., & Otay, E. N.** (2009). A navigation safety support model for the Strait of Istanbul. *The Journal of Navigation*, 62(4), 609-630.
- Zaman, M., Kobayashi, E., Wakabayashi, N., Khanfir, S., Pitana, T., & Maimun, A.** (2014). Fuzzy FMEA model for risk evaluation of ship collisions in the Malacca Strait: based on AIS data. *Journal of Simulation*, 8(1), 91-104.

- Zhang, D., Yan, X., Yang, Z. L., Wall, A., & Wang, J.** (2013). Incorporation of formal safety assessment and Bayesian network in navigational risk estimation of the Yangtze River. *Reliability Engineering & System Safety*, 118, 93-105.
- Zhang, J., Yan, X., Zhang, D., Haugen, S., & Yang, X.** (2014). Safety management performance assessment for Maritime Safety Administration (MSA) by using generalized belief rule base methodology. *Safety Science*, 63, 157-167.
- Zhang, J., Zhang, D., Yan, X., Haugen, S., & Soares, C. G.** (2015). A distributed anti-collision decision support formulation in multi-ship encounter situations under COLREGs. *Ocean Engineering*, 105, 336-348.



EKLER

- EK A:** İç sularda dinamik seyir riski hesaplamasına etki eden faktörlerin ağırlıklandırılması (çatışma olayı için) anketi
- EK B:** İç sularda dinamik seyir riski hesaplamasına etki eden faktörlerin ağırlıklandırılması (karaya oturma olayı için) anketi





EK A

İÇ SULARDA DİNAMİK SEYİR RİSKİ HESAPLAMASINA ETKİ EDEN FAKTÖRLERİN AĞIRLIKLANDIRILMASI (ÇATIŞMA OLAYI İÇİN) ANKETİ

Bu çalışmada, iç sularda gemi seyri ile ilgili riskleri hesaplamada kullanılacak kriterlerin ağırlıklandırılması amaçlanmaktadır. ÇATIŞMA OLAYINA ETKİSİ AÇISINDAN aşağıda verilen faktörleri birbirleri ile kıyaslamanız beklenmektedir.

Örnek Değerlendirme :

Eğer, **çatışma olayına etkisi açısından A** kriterinin **B** kriterine göre **kuvvetli derecede önemli** olduğunu düşünüyorsanız, aşağıda verilen ölçekte ‘5’ rakamının olduğu kutucuğu işaretleyiniz.

Çizelge A.1 : İkili karşılaştırmada A seçeneğinin B seçeneğine göre önem derecesinin yüksek olduğunu gösteren işaretleme örneği.

	Mutlak Derecede Önemli		Çok Kuvvetli Derecede Önemli		Kuvvetli Derecede Önemli		Biraz Daha Fazla Önemli		Eşit Derecede	Biraz Daha Az Önemli		Kuvvetli Derecede Önemsiz		Çok Kuvvetli Derecede Önemsiz		Son Derecede Önemsiz		
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	B

Eğer, **çatışma olayına etkisi açısından A** kriterinin **B** kriterine göre **biraz daha az önemli** olduğunu düşünüyorsanız, aşağıda verilen ölçekte B’ye yakın ‘3’ rakamının olduğu kutucuğu işaretleyiniz.

Çizelge A.2 : İkili karşılaştırmada A seçeneğinin B seçeneğine göre önem derecesinin düşük olduğunu gösteren işaretleme örneği.

	Mutlak Derecede Önemli		Çok Kuvvetli Derecede Önemli		Kuvvetli Derecede Önemli		Biraz Daha Fazla Önemli		Eşit Derecede	Biraz Daha Az Önemli		Kuvvetli Derecede Önemsiz		Çok Kuvvetli Derecede Önemsiz		Son Derecede Önemsiz		
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	B

İşaretleme için istediğiniz sembolü veya renklendirmeyi kullanabilirsiniz.

1. ANA KRİTERLERİN İKİLİ KARŞILAŞTIRMASI

ANA KRİTERLER: Trafik Yoğunluğu, Hedef Tehtidi Gözlemi, Geminin Dönme Kabiliyeti, Geminin Teknik Özellikleri, Gemi Boyutu, Denge Unsurları, Gemi Sürati, Görüş, Çevresel Faktörler

İç sularda dinamik seyir riski hesaplamasına etki eden faktörlerin çatışma olayına etkisi açısından kendi içinde kıyaslanması;

Çizelge A.3 : Ana kriterlerin gösterimi.

1. Trafik Yoğunluğu	A
2. Hedef Tehtidi Gözlemi (CPA, TCPA)	B
3. Geminin Dönme Kabiliyeti,	C
4. Geminin Teknik Özellikleri (Gemi Makinasının Özellikleri, Pervane ve Sevk Sistemlerinin Manevraya Etkisi, Geminin Teknik Güvenilirliği)	D
5. Gemi Boyutu (Boy, En)	E
6. Denge Unsurları (Trim, Meyil, Yüklülük Durumu)	F
7. Gemi Sürati	G
8. Görüş	H
9. Çevresel Faktörler (Akıntı, Rüzgar, Coğrafi Yapı, Sığ Su Etkisi vb.)	I

Çizelge A.4 : Ana kriterlerin ikili karşılaştırmaları.

	Mutlak Derecede Önemli		Çok Kuvvetli Derecede Önemli		Kuvvetli Derecede Önemli		Biraz Daha Fazla Önemli		Eşit Derecede	Biraz Daha Az Önemli		Kuvvetli Derecede Önemsiz		Çok Kuvvetli Derecede Önemsiz		Son Derecede Önemsiz			
	A	9	8	7	6	5	4	3		2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	C
A	A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	D
A	A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E
A	A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	F
A	A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	G
A	A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	H
A	A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	I
B	B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	C
B	B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	D
B	B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E
B	B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	F
B	B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	G
B	B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	H
B	B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	I
C	C	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	D
C	C	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E
C	C	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	F
C	C	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	G
C	C	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	H

C	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	I
D	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E
D	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	F
D	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	G
D	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	H
D	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	I
E	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	F
E	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	G
E	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	H
E	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	I
F	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	G
F	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	H
F	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	I
G	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	H
G	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	I
H	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	I

2. ALT KRİTERLERİN İKİLİ KARŞILAŞTIRMASI

ALT KRİTER 1: Gemi Teknik Özelliklerinin Alt Faktörlerinin kıyaslanması

Çizelge A.5 : Gemi teknik özellikleri alt kriterleri.

1. Gemi Makinasının Özellikleri	A
2. Pervane ve Sevk Sistemlerinin Manevraya Etkisi	B
3. Geminin Teknik Güvenilirliği	C

Çizelge A.6 : Gemi teknik özellikleri alt kriterlerinin ikili karşılaştırmaları.

	Mutlak Derecede Önemli			Çok Kuvvetli Derecede Önemli		Kuvvetli Derecede Önemli		Biraz Daha Fazla Önemli		Eşit Derecede	Biraz Daha Az Önemli		Kuvvetli Derecede Önemsiz		Çok Kuvvetli Derecede Önemsiz		Son Derecede Önemsiz		
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	B	
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	C	
B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	C	

ALT KRİTER 2: Gemi Boyutu Alt Faktörlerinin kıyaslanması**Çizelge A.7 : Gemi boyutu alt kriterleri.**

1. Gemi Boyu	A
2. Gemi Eni	B

Çizelge A.8 : Gemi boyutu alt kriterlerinin ikili karşılaştırmaları.

		Mutlak Derecede Önemli		Çok Kuvvetli Derecede Önemli		Kuvvetli Derecede Önemli		Biraz Daha Fazla Önemli		Eşit Derecede		Biraz Daha Az Önemli		Kuvvetli Derecede Önemsiz		Çok Kuvvetli Derecede Önemsiz		Son Derecede Önemsiz			
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	B			

ALT KRİTER 3: Denge Unsurları Alt Faktörlerinin kıyaslanması**Çizelge A.9 : Denge unsurları alt kriterleri.**

1. Trim	A
2. Meyil	B
3. Yüklülük Durumu	C

Çizelge A.10 : Denge unsurları alt kriterlerinin ikili karşılaştırmaları.

	Mutlak Derecede Önemli		Çok Kuvvetli Derecede Önemli		Kuvvetli Derecede Önemli		Biraz Daha Fazla Önemli		Eşit Derecede	Biraz Daha Az Önemli		Kuvvetli Derecede Önemsiz		Çok Kuvvetli Derecede Önemsiz		Son Derecede Önemsiz		
A	9	8	7	6	5	4	3	2		1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	C
B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	C

ALT KRİTER 4: Hedef Tehdidi Gözlemi Alt Faktörlerinin kıyaslanması**Çizelge A.11 : Hedef gözlemi alt kriterleri.**

1. DCPA	A
2. TCPA	B
3. Karşılaşma Açıları	C

Çizelge A.12 : Hedef gözlemi alt kriterlerinin ikili karşılaştırmaları.

		Mutlak Derecede Önemli		Çok Kuvvetli Derecede Önemli		Kuvvetli Derecede Önemli		Biraz Daha Fazla Önemli		Eşit Derecede	Biraz Daha Az Önemli		Kuvvetli Derecede Önemsiz		Çok Kuvvetli Derecede Önemsiz		Son Derecede Önemsiz	
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	B
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	C
B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	C

ALT KRİTER 5: Görüş Alt Faktörlerinin kıyaslanması**Çizelge A.13 : Görüş alt kriterleri.**

1. Gece	A
2. Sis/Pus	B
3. Sahil Işıklarının Varlığı	C
4. Görüşü Engelleyen Coğrafi Engel	D

Çizelge A.14 : Görüş alt kriterlerinin ikili karşılaştırmaları.

	Mutlak Derecede Önemli			Çok Kuvvetli Derecede Önemli		Kuvvetli Derecede Önemli		Biraz Daha Fazla Önemli		Derecede Eşit	Biraz Daha Az Önemli		Kuvvetli Derecede Önemsiz		Çok Kuvvetli Derecede Önemsiz		Son Derecede Önemsiz		
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	B	
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	C	
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	D	
B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	C	
B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	D	
C	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	D	

ALT KRİTER 6: Çevresel Faktörler Alt Faktörlerinin kıyaslanması**Çizelge A.15 : Çevresel faktörler alt kriterleri.**

1. Akıntı	A
2. Rüzgar	B
3. Coğrafi Yapı	C
4. Sığ Su Etkisi	D
5. Bank Etkisi	E
6. Gel-Git	F

Çizelge A.16 : Çevresel faktörler alt kriterlerinin ikili karşılaştırmaları.

	Mutlak Derecede Önemli		Çok Kuvvetli Derecede Önemli		Kuvvetli Derecede Önemli		Biraz Daha Fazla Önemli		Eşit Derecede	Biraz Daha Az Önemli		Kuvvetli Derecede Önemsiz		Çok Kuvvetli Derecede Önemsiz		Son Derecede Önemsiz		
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	B
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	C
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	D
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	F
B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	C
B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	D
B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E
B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	F
C	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	D
C	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E
C	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	F
D	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E
D	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	F
E	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	F

EK B

İÇ SULARDA DİNAMİK SEYİR RİSKİ HESAPLAMASINA ETKİ EDEN FAKTÖRLERİN AĞIRLIKLANDIRILMASI (KARAYA OTURMA OLAYI İÇİN) ANKETİ

Bu çalışmada, iç sularda gemi seyri ile ilgili riskleri hesaplamada kullanılacak kriterlerin ağırlıklandırılması amaçlanmaktadır. KARAYA OTURMA OLAYINA ETKİSİ AÇISINDAN aşağıda verilen faktörleri birbirleri ile kıyaslamamız beklenmektedir.

Örnek Değerlendirme :

Eğer, **karaya oturma olayına etkisi açısından A** kriterinin **B** kriterine göre **kuvvetli derecede önemli** olduğunu düşünüyorsanız, aşağıda verilen ölçekte ‘5’ rakamının olduğu kutucuğu işaretleyiniz.

Çizelge B.1 : İkili karşılaştırmada A seçeneğinin B seçeneğine göre önem derecesinin yüksek olduğunu gösteren işaretleme örneği.

	Mutlak Derecede Önemli		Çok Kuvvetli Derecede Önemli		Kuvvetli Derecede Önemli		Biraz Daha Fazla Önemli		Eşit Derecede	Biraz Daha Az Önemli		Kuvvetli Derecede Önemsiz		Çok Kuvvetli Derecede Önemsiz		Son Derecede Önemsiz		
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	B

Eğer, **karaya oturma olayına etkisi açısından A** kriterinin **B** kriterine göre **biraz daha az önemli** olduğunu düşünüyorsanız, aşağıda verilen ölçekte B’ye yakın ‘3’ rakamının olduğu kutucuğu işaretleyiniz.

Çizelge B.2 : İkili karşılaştırmada A seçeneğinin B seçeneğine göre önem derecesinin düşük olduğunu gösteren işaretleme örneği.

	Mutlak Derecede Önemli		Çok Kuvvetli Derecede Önemli		Kuvvetli Derecede Önemli		Biraz Daha Fazla Önemli		Eşit Derecede	Biraz Daha Az Önemli		Kuvvetli Derecede Önemsiz		Çok Kuvvetli Derecede Önemsiz		Son Derecede Önemsiz		
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	B

İşaretleme için istediğiniz sembolü veya renklendirmeyi kullanabilirsiniz.

1. ANA KRİTERLERİN İKİLİ KARŞILAŞTIRMASI

ANA KRİTERLER: Trafik Yoğunluğu, Hedef Tehtidi Gözlemi, Geminin Dönme Kabiliyeti, Geminin Teknik Özellikleri, Gemi Boyutu, Denge Unsurları, Gemi Sürati, Görüş, Çevresel Faktörler

İç sularda dinamik seyir riski hesaplamasına etki eden faktörlerin çatışma olayına etkisi açısından kendi içinde kıyaslanması;

Çizelge B.3 : Ana kriterlerin gösterimi.

1. Trafik Yoğunluğu	A
2. Tehlikeye Olan Mesafe	B
3. Geminin Dönme Kabiliyeti,	C
4. Geminin Teknik Özellikleri (Gemi Makinasının Özellikleri, Pervane ve Sevk Sistemlerinin Manevraya Etkisi, Geminin Teknik Güvenilirliği)	D
5. Gemi Ölçülebilir Özellikleri (Boy, En, Draft)	E
6. Denge Unsurları (Trim, Meyil, Yüklülük Durumu)	F
7. Gemi Sürati	G
8. Görüş	H
9. Çevresel Faktörler (Akıntı, Rüzgar, Coğrafi Yapı, Sığ Su Etkisi vb.)	I

Çizelge B.4 : Ana kriterlerin ikili karşılaştırmaları.

	Mutlak Derecede Önemli			Çok Kuvvetli Derecede Önemli		Kuvvetli Derecede Önemli		Biraz Daha Fazla Önemli		Eşit Derecede	Biraz Daha Az Önemli		Kuvvetli Derecede Önemsiz		Çok Kuvvetli Derecede Önemsiz		Son Derecede Önemsiz		
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9	B
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9	C
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9	D
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9	E
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9	F
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9	G
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9	H
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9	I
B	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9	C
B	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9	D
B	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9	E
B	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9	F
B	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9	G
B	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9	H
B	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9	I
C	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9	D
C	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9	E
C	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9	F
C	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9	G

C	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	H
C	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	I
D	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E
D	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	F
D	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	G
D	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	H
D	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	I
E	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	F
E	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	G
E	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	H
E	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	I
F	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	G
F	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	H
F	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	I
G	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	H
G	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	I
H	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	I

2. ALT KRİTERLERİN İKİLİ KARŞILAŞTIRMASI

ALT KRİTER 1: Gemi Teknik Özelliklerinin Alt Faktörlerinin kıyaslanması

Çizelge B.5 : Gemi teknik özellikleri alt kriterleri.

4. Gemi Makinasının Özellikleri	A
5. Pervane ve Sevk Sistemlerinin Manevraya Etkisi	B
6. Geminin Teknik Güvenilirliği	C

Çizelge B.6 : Gemi teknik özellikleri alt kriterlerinin ikili karşılaştırmaları.

	Mutlak Derecede Önemli			Çok Kuvvetli Derecede Önemli		Kuvvetli Derecede Önemli		Biraz Daha Fazla Önemli		Eşit Derecede	Biraz Daha Az Önemli		Kuvvetli Derecede Önemsiz		Çok Kuvvetli Derecede Önemsiz		Son Derecede Önemsiz		
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9	B
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9	C

B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	C
----------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----------

ALT KRİTER 2: Gemi Ölçülebilir Özellikleri Alt Faktörlerinin kıyaslanması

Çizelge B.7 : Gemi ölçülebilir özellikleri alt kriterleri.

1. Gemi Boyu	A
2. Gemi Eni	B
3. Gemi Draftı	C

Çizelge B.8 : Gemi teknik özellikleri alt kriterlerinin ikili karşılaştırmaları.

	Mutlak Derecede Önemli			Çok Kuvvetli Derecede Önemli		Kuvvetli Derecede Önemli		Biraz Daha Fazla Önemli		Eşit Derecede		Biraz Daha Az Önemli		Kuvvetli Derecede Önemsiz		Çok Kuvvetli Derecede Önemsiz		Son Derecede Önemsiz		
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9			B
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9			C
B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9			C

ALT KRİTER 3: Denge Unsurları Alt Faktörlerinin kıyaslanması

Çizelge B.9 : Denge unsurları alt kriterleri.

1. Trim	A
2. Meyil	B
3. Yüklülük Durumu	C

Çizelge B.10 : Denge unsurları alt kriterlerinin ikili karşılaştırmaları.

	Mutlak Derecede Önemli		Çok Kuvvetli Derecede Önemli		Kuvvetli Derecede Önemli		Biraz Daha Fazla Önemli		Eşit Derecede	Biraz Daha Az Önemli		Kuvvetli Derecede Önemsiz		Çok Kuvvetli Derecede Önemsiz		Son Derecede Önemsiz		
A	9	8	7	6	5	4	3	2		1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	C
B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	C

ALT KRİTER 4: Görüş Alt Faktörlerinin kıyaslanması**Çizelge B.11 : Görüş alt kriterleri.**

1. Gece	A
2. Sis/Pus	B
3. Sahil Işıklarının Varlığı	C
4. Görüşü Engelleyen Coğrafi Engel	D

Çizelge B.12 : Görüş alt kriterlerinin ikili karşılaştırmaları.

	Mutlak Derecede Önemli		Çok Kuvvetli Derecede Önemli		Kuvvetli Derecede Önemli		Biraz Daha Fazla Önemli		Eşit Derecede		Biraz Daha Az Önemli		Kuvvetli Derecede Önemsiz		Çok Kuvvetli Derecede Önemsiz		Son Derecede Önemsiz		
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		B
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		C
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		D
B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		C
B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		D
C	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		D

ALT KRİTER 5: Çevresel Faktörler Alt Faktörlerinin kıyaslanması**Çizelge B.13 : Çevresel faktörler alt kriterleri.**

1. Akıntı	A
2. Rüzgar	B
3. Coğrafi Yapı	C
4. Sığ Su Etkisi	D
5. Bank Etkisi	E
6. Gel-Git	F

Çizelge B.14 : Çevresel faktörler alt kriterlerinin ikili karşılaştırmaları.

	Mutlak Derecede Önemli		Çok Kuvvetli Derecede Önemli		Kuvvetli Derecede Önemli		Biraz Daha Fazla Önemli		Eşit Derecede		Biraz Daha Az Önemli		Kuvvetli Derecede Önemsiz		Çok Kuvvetli Derecede Önemsiz		Son Derecede Önemsiz		
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		B
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		C
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		D
A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		E

A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	F
B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	C
B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	D
B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E
B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	F
C	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	D
C	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E
C	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	F
D	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E
D	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	F
E	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	F

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Cengiz Vefa Ekici
Doğum Tarihi ve Yeri : 08.01.1986 Şereflikoçhisar
E-posta : ekicice@itu.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2009, Deniz Harp Okulu, Deniz Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- Ağustos 2009-.... : Deniz Kuvvetleri K.lığında Deniz Subayı