İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GEMİLERDE ECDIS KULLANIMININ SEYİR EMNİYETİ AÇISINDAN ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ YÖNTEMİ İLE ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Oğuzhan GÜREL

Anabilim Dalı: Deniz Ulaştırma Mühendisliği
Programı: Deniz Ulaştırma Mühendisliği

Tez Danışmanı: Doç.Dr. İsmail Deha ER

ŞUBAT 2007

ÖNSÖZ

Günümüzde, bilgi teknolojilerinin hızla gelişimi sonucu, denizcilik sektöründe ECDIS kavramı oldukça güncel bir şekilde yerini almıştır. Genel anlamda ECDIS, gemilerin seyir emniyetine yönelik gerçek zamanlı bir karar destek sistemi olup, gemilerde geleneksel olarak kullanılan kağıt haritanın alternatifi olarak üretilmiştir. ECDIS seyir emniyeti açısından kağıt haritaya göre oldukça avantajlı olması, armatör ve denizcilik firmalarını işlettikleri gemileri donatırken bu iki alternatif arasında seçim yapma zorunluluğuna itmiştir. Bu çalışmada, böyle bir çok ölçütlü karar verme probleminde, Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi ile model kurularak armatörlerin ve denizcilik firmalarının karar verme sürecini kolaylaştırmak amaçlanmıştır.

Çalışmanın yürütülmesi esnasında göstermiş olduğu ilgi ve desteğinden dolayı tez danışmanım sayın Doç. Dr. İsmail Deha ER'e teşekkürlerimi sunarım. Seyir planlaması yöntemi için seçilecek aracın tespiti konusunda yapılan anket çalışmasına gösterdikleri ilgiden dolayı ankete katılan kılavuz kaptanlara, uzak yol kaptanlarına, denizcilik şirketlerine ve ECDIS eğitimi veren eğitimcilere teşekkür ederim.

Şubat, 2007 **Oğuzhan GÜREL**

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR **vi**
TABLO LİSTESİ **vii**
ŞEKİL LİSTESİ **viii**
ÖZET **x**
SUMMARY **xi**

1. GİRİŞ **1**

2. GEMİLERDE SEYİR PLANLAMASI VE ÖNEMİ **2**
2.1. Literatür taraması ve kriter yapısının oluşturulması 5
2.1.1. Literatür Taraması 5
2.1.2. Kriter yapısının oluşturulması 6
2.2. Alternatifler 7
2.2.1. Kağıt harita 7
2.2.1.1 Kağıt haritanın içerdiği bilgiler 9
2.2.1.2 Kağıt harita düzeltmeleri 9
2.2.2. ECDIS 10
2.2.2.1 ECDIS sistemini oluşturan temel öğeler 12
2.2.2.2 Sayısallaştırılmış haritalar 13
2.2.2.3 ECDIS kavramı 15
2.2.2.4 ECS 15
2.2.2.5 ECDIS Standartları 16
2.2.2.6 ECDIS için güncelleştirme 17

3. SEYİR PLANLAMASI ARAÇLARININ SEÇİMİ ÜZERİNE ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR MODELİNİN KURULMASI **19**
3.1. Analitik hiyerarşi süreci yöntemi 20
3.1.1. AHS'nin temel unsurları 20
3.1.2. AHS yönteminin matematiksel ifadesi 22
3.1.3. Araştırmanın önemi ve orjinalliği 19
3.2. Seyir planlaması araçlarının seçimi üzerine AHS modeli 27
3.2.1. Araştırmanın kapsamı ve yöntemi 28
3.2.2. Hiyerarşik yapının oluşturulması 28
3.2.3. Anket çalışması ve uzman görüşlerinin alınması 32
3.2.4. Yazılım desteği ile modelin çözümlenmesi 33
3.2.5. Modelin bulguları 34

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA **42**

KAYNAKLAR **44**

EKLER **47**

ÖZGEÇMİŞ **56**

KISALTMALAR

IMO : Uluslararası Denizcilik Organizasyonu
MSC : Denizde Güvenlik Komitesi
IHO : Uluslar arası Hidrografi Örgütü
ECDIS : Elektronik Harita Gösterim ve Bilgi Sistemi
SOLAS : Uluslararası Denizde Can Güvenliği Sözleşmesi
MARPOL : Gemilerden Kirlenmenin Önlemesi Uluslararası Sözleşmesi
AHS : Analitik Hiyerarşi Süreci
SD : Super Decisions yazılımı
ISM : Uluslararası Güvenlik Yönetimi
GPS : Küresel Pozisyon Sistemi
AIS : Otomatik Tanımlama Sistemi
ALRS : Admiralty Radyo İstasyonları Listesi
ENC : Elektronik Harita
ECDB : Elektronik Harita Veri tabanı
SENC : Senkronize Elektronik Harita
RTCM **:** Radyo Teknik Komisyonu
GBP **:** İngiliz Para Birimi

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.1: Tercih ölçeği ……..... 21
Tablo 3.2: AHS modeli bulguları……..... 35

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1 : Akış şeması 3
Şekil 2.1 : Kriter yapısı 6
Şekil 2.2 : Deniz haritası 8
Şekil 2.3 : Ecdis cihazı arayüzü 11
Şekil 2.4 : ECDIS sistemi 12
Şekil 2.5 : Raster harita ile vektör haritanın farkı 14
Şekil 2.6 : ECDIS ile kağıt harita güncellemelerinin karşılaştırılması 18
Şekil 3.1 : Hiyerarşik yapı 29
Şekil 3.2 : Uzmanların sektöre göre dağılımı 32
Şekil 3.3 : Super Decisions yazılımı 34
Şekil 3.4 : Ana kriterlerin ağırlık dağılımı 36
Şekil 3.5 : Ekonomik faktörlerin alt kriterlerinin ağırlık dağılımı 36
Şekil 3.6 : Seyir emniyeti alt kriterlerinin ağırlık dağılımları 37
Şekil 3.7 : İnsan faktörü alt kriterlerinin ağırlık dağılımları 37
Şekil 3.8 : Teknik unsurlar alt kriterlerinin ağırlık dağılımları 38
Şekil 3.9 : Acil durumlar alt kriterlerinin ağırlık dağılımları 38
Şekil 3.10 : Seyir emniyeti ve ekonomik faktörler açısından alternatiflerin ağırlıkları 39
Şekil 3.11 : Tüm kriterlerin ağırlık dağılımı 40
Şekil 3.12 : Nihai karar 41

GEMİLERDE ECDIS KULLANIMININ SEYİR EMNİYETİ AÇISINDAN ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ YÖNTEMİ İLE ANALİZİ

ÖZET

Elektronik Harita Görüntü ve Bilgi Sistemi (ECDIS), elektronik haritalar ve seyirle ilgili bilgileri entegre şekilde kullanabilen, şamandıra, deniz feneri gibi cisimlere, kara parçalarına, seyir tehlikelerine göre geminin pozisyonunu sürekli olarak belirleyebilme kapasitesine sahip, kağıt haritaların yerini alan gerçek zamanlı karar destek sistemidir. Kağıt haritaların yasal olarak eşdeğeri olan elektronik haritalar, seyir sensörleri ve diğer seyir yardımcısı cihazlarla birlikte seyir güvenliğini önemli oranda artıracak entegre köprü üstü sisteminin oluşturulması temelinde, denizcilik sektöründe kabul görme aşamasındadır. Bu teknolojik gelişmeler uluslararası standartlarla desteklenmektedir.

Günümüzde, ECDIS kullanımı seyir işlemleri ve çatışmayı önleme konularında daha çok tanınmaya başlamıştır. Bu bağlamda, Türk armatörleri ve denizcilik firmaları kağıt harita yerine kullanılabilen ECDIS'i gemilerine donatıp donatmama konusunda karar verme aşamasına gelmiştir. Bu karar verme süreci, bütün alternatiflerin belirlenmesi yanında hangi alternatifin amaç ve isteklerimize uygun olduğunu içermektedir. Bu çok ölçütlü karar verme probleminde, iki alternatifin seçimini kolaylaştırmak için Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemi kullanılmıştır. Armatörlerin ve denizcilik firmalarının iki alternatiften birinin seçiminde, ilgili faktörlerin etkilerini belirlemek için bu çalışmada AHS yöntemi kullanılarak hiyerarşik analiz yapısı oluşturulmuştur.

Analiz sonunda elde edilen bulgulara göre hiyerarşinin en alt kademesinde yer alan alternatifler için performans değerleri ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak, ECDIS ve kağıt harita alternatifleri arasında, ECDIS'in ekonomik faktörler ve seyir emniyeti açısından daha uygun bir seçim olduğu ortaya çıkmıştır.

ANALYSIS ON ECDIS USAGE ONBOARD SHIPS WITH ANALYTIC HIERARCHY PROCESS METHOD FOR THE SAFE NAVIGATION

SUMMARY

Electronic Chart Display and Information System (ECDIS) as a real time navigation system integrating variety of charts and navigation related information that replaces the paper chart is capable of continuously determining the vessel's position in relation to land, sea objects as buoy, lighthouse and navigational hazards. Electronic charts, as the legal equivalent of paper nautical charts, are about to attain acceptance as the basis for an integration of sensors and displays that will substantially increase the safety of ship navigation. These, technical innovations now supported by international standards.

Nowadays, ECDIS usage is getting more recognized as being used for both navigation and collision avoidance tasks. In this consideration, Turkish ship owners and shipping companies are at the correct time, to make a decision for the substitution of paper chart with ECDIS. Making a decision implies that there are alternative choices to be considered, and in such a case it is aimed only to identify as many of these alternatives as possible but to choose the one that best fits with our goals, objectives, desires, etc. at the view point of ship management company. In this multi-criteria decision making process, to facilitate the selection of two alternatives Analytic Hierarchy Process (AHP) model is being used. In order to quantify the influence of related factors to the selection of two alternatives of Turkish ship owners and shipping companies, this study developed a hierarchical analysis framework being applied by AHP method.

The global priorities of the alternatives placed at the bottom level of the hierarchical structure, is identified with respect to the obtained findings at the end of the analysis. Consequently, it is clearly appeared that ECDIS is more suitable choice with respect to economic factors and navigation safety, between alternatives of ECDIS and paper chart as well.

1. GİRİŞ

Denizcilik sektörü, üst düzey teknolojiler kullanılmasına karşın, insan merkezli bir sektördür. İnsan hatalarını asgariye indirmek amacıyla birçok uluslararası kuralın devreye girmesine rağmen, denizlerde oluşan çatışma, karaya oturma, petrol kirliliği gibi kazaların önemli bir kısmı teçhizat hatalarından daha çok insan kaynaklıdır [1]. Son on yılda oluşmuş kazaların içinde insan faktörü %62'lik bir paya sahiptir. Oluşan bu kazaların dağılımı incelendiğinde, oluşmuş kazaların %15'inde tayfa sınıfı gemi adamlarının, %30'unda kaptan ve güverte zabitlerinin, % 2'sinde makine zabitlerinin, %8'inde pilotların ve %7'sinde ise kara personelinin payı olduğu görülmüştür [2]. Denizcilik sektöründe, insan hataları üç ana kategoriye ayrılır: operasyonel insan hataları, yönetimsel insan hataları ve hem yönetimsel, hem de operasyonel insan hataları. Bu hatalar, bir zinciri tamladığında büyük felaketlere yol açabilirler [3]. Gemilerdeki kazalara sebep olan insan hatalarının büyük çoğunluğunu oluşturan kaptan, vardiya zabiti ve pilot kaynaklı hatalar, eldeki mevcut kaynakları yeterli kullanamamaktan veya hatalı değerlendirmekten kaynaklanır [4]. Köprü üstü kaynakları üç ana kategoride tanımlanır:

- Donanım: notik yayınlar, seyir ekipmanları, haberleşme cihazları, seyir cihazları, dürbün ve köprü üstüdeki diğer kaynaklar.
- Bilgi: Seyir kuralları, kullanım kılavuzları, kontrol listeleri, meteorolojik uyarılar, seyir uyarıları, gemi trafik hizmetlerinden alınan bilgiler.
- Çevre: Alarmlar, sesler, titreşim, gürültü, nem, sıcaklık, köprü üstü dizaynı ve ergonomisi, gemi tipi, yapısı, donanımları ve tonajı gibi çevresel çalışma koşulları, rüzgar, dalga, akıntı, meteorolojik durumlar gibi dış faktörler.

Bu kategorideki kaynağın merkezinde insan bulunur [5]. Kaynakların kullanılmasında veya analizinde yapılan hatalar, kaynakların verimli kullanılamaması veya yanlış değerlendirilmesi sebebiyle hataların oluşmasına, hatalar da kazaların oluşmasına neden olurlar. Gemi adamlarının üzerlerine düşen iş yükü her geçen gün artmaktadır. Dünya üzerindeki gemi sayısının sürekli olarak artması, denizlerdeki gemi trafiğini aynı oranda artırmaktadır [6]. Gemi trafiğinin de artmasıyla birlikte gemi adamlarının dinlenme düzeylerini ve yorgunluklarını

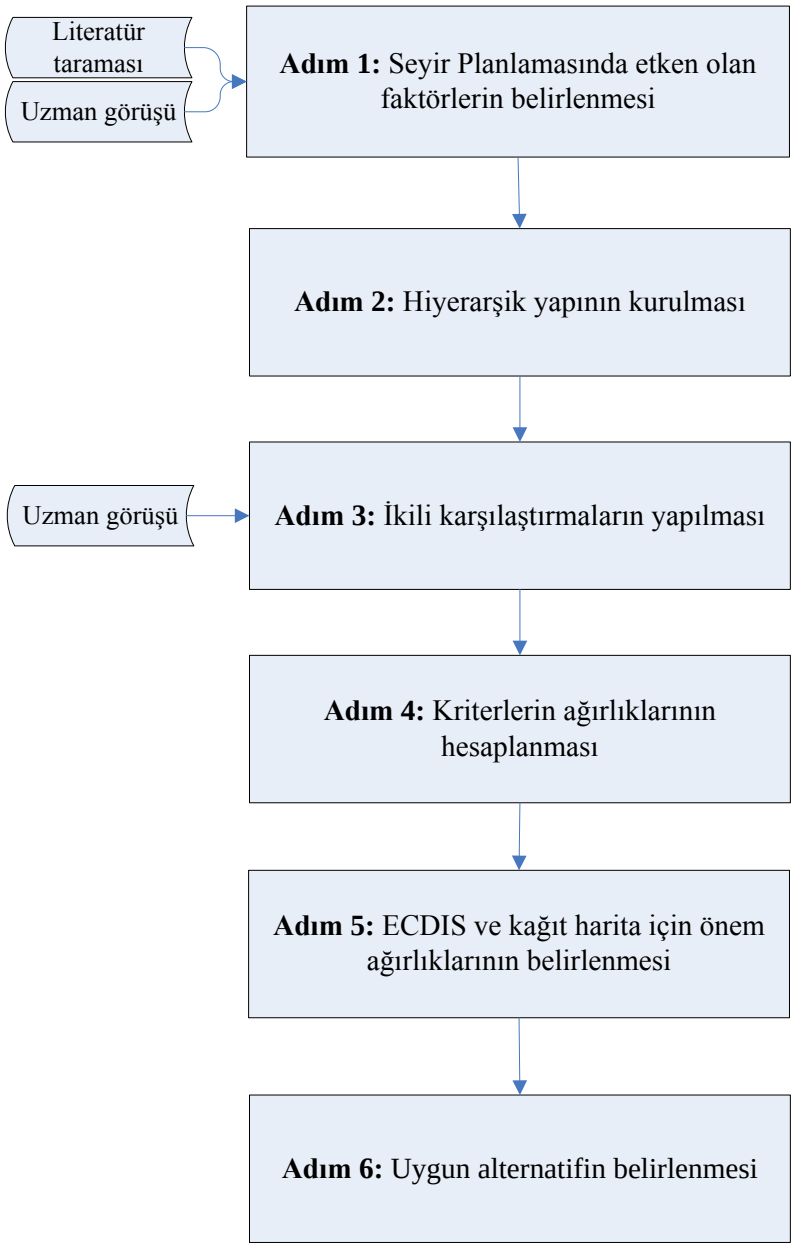
etkilemektedir. Eldeki mevcut kaynakların kullanılamaması veya değerlendirilememesi üzerinde yorgunluğun büyük etkisi vardır. Fiziksel ve psikolojik yorgunluk, geminin en önemli unsuru olan Kaptan ve zabitleri hata yapmaya zorlamaktadır [7].

Ticari gemilerde, seyir esnasında köprü üstünde bulunan vardiya zabitinin aynı anda birçok görevi vardır. Gözcülük yapmak, mevki koymak, haberleşme cihazlarını kullanmak, derinlikölçer ve radar kullanmak bunlardan bir kaçıdır. Birçok görevi aynı anda birlikte yürütmeye çalışmak, aynı anda farklı konumlarda bulunan ekipmanları kullanmak zorunda olmak, karar verme süreçlerini etkilemekte, gemi ile ilgili hayati önem taşıyan manevraların gecikmesine veya yanlış kararlar verilmesine sebep olabilmektedir. Gemilerde kâğıt harita kullanımı, beraberinde rutin ama yorucu birçok görevi getirmektedir. Harita güncellemesi, seyir planlamaları bunlardan önemli olanlarıdır.

Gemilerde elektronik harita ve elektronik harita gösterim ve bilgi sistemi (ECDIS) kullanımı, hem Radar, AIS, derinlikölçer, GPS gibi bütün cihazlardan gelen bilgileri tek bir ekranda toplayarak köprü üstünde bulunan zabitlere karar desteği sağlamakta, hem de kağıt harita kullanımında rutin olarak yapılmak zorunda olan harita güncelleme, mevki koyma, seyir planlaması gibi yorucu işlemleri asgari düzeye indirmektedir. Gerek karar verme mekanizmasına olan olumlu etkileri nedeniyle, köprü üstünde bulunan donanımın ve bilginin üst düzeyde kullanımını sağlamakta, gerekse de rutin işlemlerin azaltılması neticesinde yorgunluğu azaltmaktadır. Böylece ECDIS kullanımı, seyir güvenliğini artırmakta ve oluşabilecek insan hatalarını ve buna bağlı gemi kazalarını azaltmaktadır.

Bu bölümde denizcilik endüstrisinde gemi işletmeciliği firmaları için gemi operasyonları sürecinde yürütülen seyir işlemlerinde karşılaşılan zorluklar ve buna ilişkin teknolojik çözümler vurgulanarak konu üzerine motivasyon sağlanmaya çalışılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde ise seyir planlamasının önemi ve bu konuda tamamlanan bilimsel çalışmalar incelenmiş ve seyir planlaması yönteminin seçimine yönelik karar modelinin kriter yapısı oluşturulmuştur. Ayrıca, alternatifler hakkında detaylı bir araştırma yapılmıştır. Daha sonraki bölümde, problem modelleme aşamasında kullanılması planlanan çok ölçütlü karar verme araçlarından biri olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemi tanıtılmış ve seyir planlamaması için kullanılacak aracın seçimi için model kurulmuştur. Buna ek olarak AHS

yöntemiyle oluşturulan modellerin analizinde yaygın olarak kullanılan Super Decision (SD) yazılımı tanıtılmış ve bu yazılım kullanılarak model çözümlenmiştir. Sonuç olarak seyir planlaması için kullanılan alternatif araçların güçlü ve zayıf yönleri vurgulanarak çalışma tanımlanmıştır. Bu süreci özetleyen akış şeması şekil 1.1'de sunulmuştur.



Şekil 1.1 : Akış Şeması

2. GEMİLERDE SEYİR PLANLAMASI VE ÖNEMİ

Gemiye kumanda etmek rüzgar, akıntı, gibi kontrol edilemeyen etkenler ile pervane, dümen gibi kontrol edilebilir etkenlerin bir araya gelmesiyle oluşan kompleks bir kontrol faaliyetidir. Geminin bir limandan başka bir limana emniyetli, kurallara uygun, sorunsuz olarak gidebilmesi için yapılan hazırlıklar seyir planlamasının temelini oluşturur. Seyire başlamadan önce gemi zabitleri, yapılacak olan seyire göre geminin kalkış tarih ve saati, gidilecek liman, seyir süresi ve alternatif rotalar belirlenerek gerekli hazırlıkları yaparlar. Seyirden sorumlu olan geminin ikinci zabiti aşağıdaki hazırlıkları yapar:

- Seyirde kullanılacak haritaların eksiksiz olduğunu kontrol eder.
- Notik yayınların eksiksiz olduğunu kontrol eder.
- Seyir cihazlarının çalışır olduğunu tespit eder.
- Bulunduğu liman ile gidilecek liman arasındaki mesafeyi ve seyir süresini hesaplar.
- Kullanılacak haritalar ve notik yayınlar hazırlanmalıdır. Harita düzeltmelerinin eksiksiz olduğunu belirler.
- Seyir yapılacak bölgenin hava tahmin raporları ve seyir uyarılarını takip eder.
- Seyir sırasında acil bir durum oluştuğunda sığınılacak limanları ve demire inilecek yerleri belirler.
- Kılavuz kitapları, kılavuz haritaları, fener kitapları ve haritalar incelenerek tavsiye edilen rotaları gözden geçirir.
- Büyük ölçekli haritalar üzerinde derinlikler, seyir tehlikeleri, akıntı durumu, rüzgar durumu göz önünde bulundurularak, mevki koyma imkanının bulunduğu şamandıra, fener gibi seyir yardımcısı cisimlerin bulunduğu bölgelerden geçecek şekilde rota çizer.

Seyir planlaması sonrası vardiya zabitleri köprü üstü operasyonlarında köprü üstündeki seyir yardımcısı cihazlarla iç içedir. Bu cihazların tasarımı ve kullanım

kolaylığı, insan-makine veya ekipman ilişkisinde çok önemli rol oynamakta ve güvenli seyirin yapılabilmesi için en önemli unsur haline gelmektedir.

2.1 Literatür Taraması ve Kriter Yapısının Oluşturulması

2.1.1 Literatür Taraması

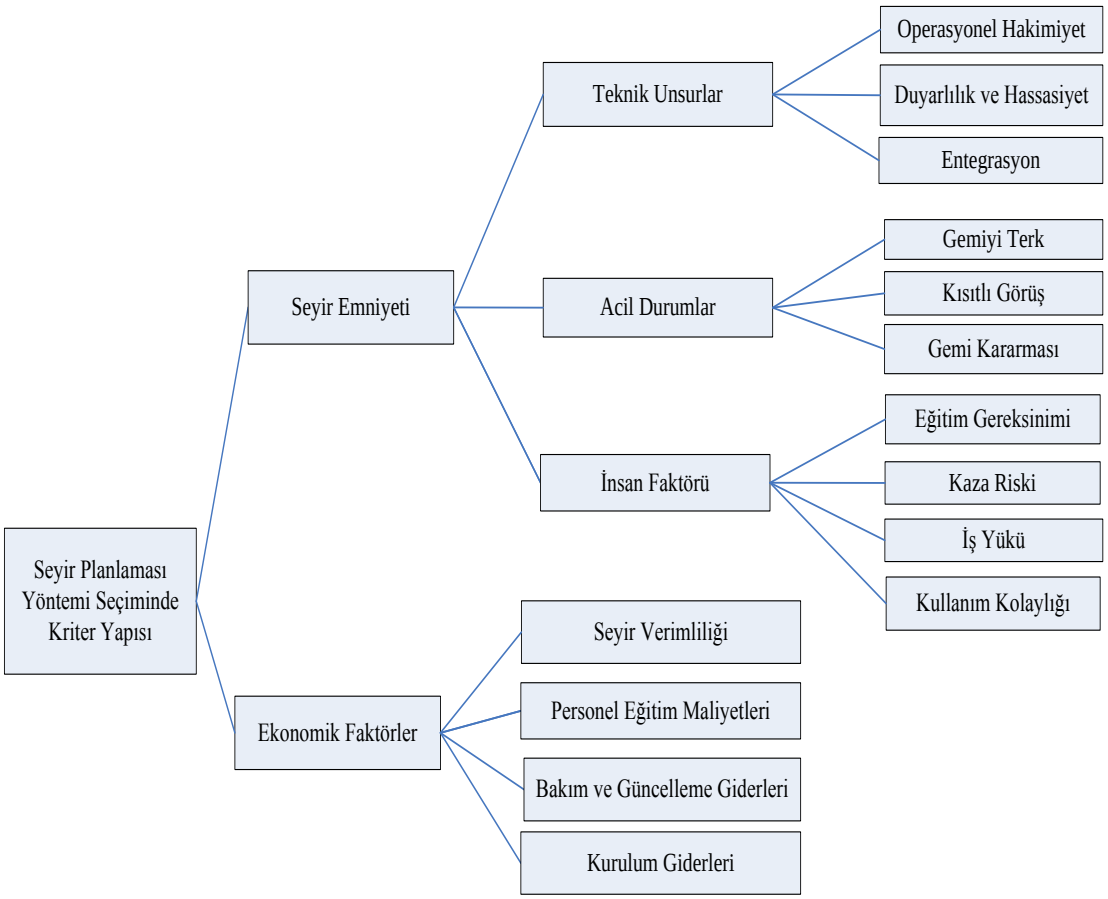
Bu bölümde, gemilerde seyir planlaması sürecinde faydalanılan donanımlar ve bu konudaki teknolojik gelişmeler ile ilgili çalışmalar irdelenecektir. Araştırmanın başlangıcında, gemilerde köprü üstü donanımları ve seyir planlaması konusunda yürütülen araştırmaların teknolojik gelişmelerin son yıllarda artarak devam etmekte olduğu ilk izlenim olarak sunulabilir. Özellikle, köprü üstü tasarımı, donanımlar düzeyinde teknolojik gelişmeler, verimli ve etkin seyir planlaması konuları üzerinde kapsamlı ve uygulamaya yönelik çalışmalar sürmektedir. Öncelikle ele alınan kritik konulardan biri köprü üstü tasarımında insan-sistem ara yüzlerinin ve otomasyon ünitesi kurulumunun servis altındaki gemilerde yürütülen faaliyetlere etkilerinin araştırılması olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle, ECDIS ve arpa radar cihazlarının köprü üstü yerleşiminde sistemlere uyumluluğu [8] ve yapısal unsurları [9] geniş çerçevede irdelenmektedir. Bu noktada köprü üstü cihazlarının seçiminde ve yerleşiminde insan faktörü kavramının önde gelen bir ölçütlerden biri olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu doğrultuda, seyir planlama donanımları göz önünde bulundurulduğunda, özellikle ECDIS cihazı gemi işletmeciliğinde inovasyon niteliğinde bir teknolojik gelişim olarak tanımlanmakta [10] ve bu donanımın seyir planlama faaliyetlerine katkıları vurgulanarak [11], karaya oturma, kısıtlı görüş [12,13] gibi acil durum koşulları altında sağladığı avantajlara değinilmektedir. Daha kapsamlı ve ileri düzeydeki çalışmalarda ise, köprü üstü donanımlarının entegre sistemler [14,15] şeklinde tasarlanması durumda sağlayacağı avantajlar tartışılmaktadır. Öte yandan bazı çalışmalarda, ECDIS cihazının askeri gemilerde kullanılması [16,17] ve sağladığı katkıları ortaya koymaktadır. İlave olarak, ECDIS cihazının ticari gemi platformunda ve askeri gemilerde kullanılmasına yönelik geniş kapsamlı karşılaştırılmalı analiz çalışmaları yürütülmektedir [18,19]. Bu analizler neticesinde donanım üzerinde gerçekleştirilebilecek teknolojik gelişim çalışmaları için geri bilgi beslemesi sağlanmaktadır.

Yukarıda temel hatları ile sunulan etkin seyir planlaması ve seyir planlama donanımları hakkındaki çalışmalar ayrıntılı olarak incelendiğinde elde edilen

bulgularından faydalanılarak, en uygun seyir planlama aracının seçimi için oluşturacak bir karar verme problemi tasarlamak için gerekli ölçütler ortaya çıkarılmıştır. Bu ölçütlerin belirli kategoriler altında toparlanarak sınıflandırılması işlemi bir sonraki bölümde tamamlanacaktır.

2.1.2 Kriter Yapısının Oluşturulması

Geniş çaplı literatür taraması tamamlandıktan sonra elde edilen bulgular ışığında aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi, seyir planlaması yapılırken seçilecek yöntemde ana ve alt kriterler belirlenmiştir. Şekil 2.1 kriter yapısını göstermektedir.



Şekil 2.1: Kriter Yapısı

Seyir planlamasında kullanılacak yöntemde etken olan iki alt ana kriter seyir emniyeti ve ekonomik faktörlerdir. Ekonomik faktörler değerlendirildiğinde kurulum giderleri, bakım ve güncelleme giderleri, personel eğitim maliyetleri ve seyir verimliliği alt kriterleri belirlenmiştir. Kurulum giderleri kriterlere eklenirken geminin ilk donatımında yapılan masraflar göz önüne alınmıştır. Seyir emniyeti ana kriteri insan faktörü; acil durumlar ve teknik unsurlar alt kriterlerinden oluşmaktadır.

İnsan faktörü seyir planlaması yapılırken köprü üstünde görev yapan vardiya zabitlerini etkileyen kullanım kolaylığı, iş yükü, kaza riski ve eğitim gereksinimi alt kriterlerinden oluşmaktadır. Seyir esnasında oluşabilecek acil durumlarda, seyir planlamasında kullanılacak yöntemin seçiminde gemi kararması, kısıtlı görüş ve gemiyi terk alt kriterleri belirlenmiştir. Teknik unsurlar alt kriterleri ise entegrasyon, duyarlılık ve hassasiyet ve operasyonel hakimiyetten oluşmaktadır.

2.2 Alternatifler

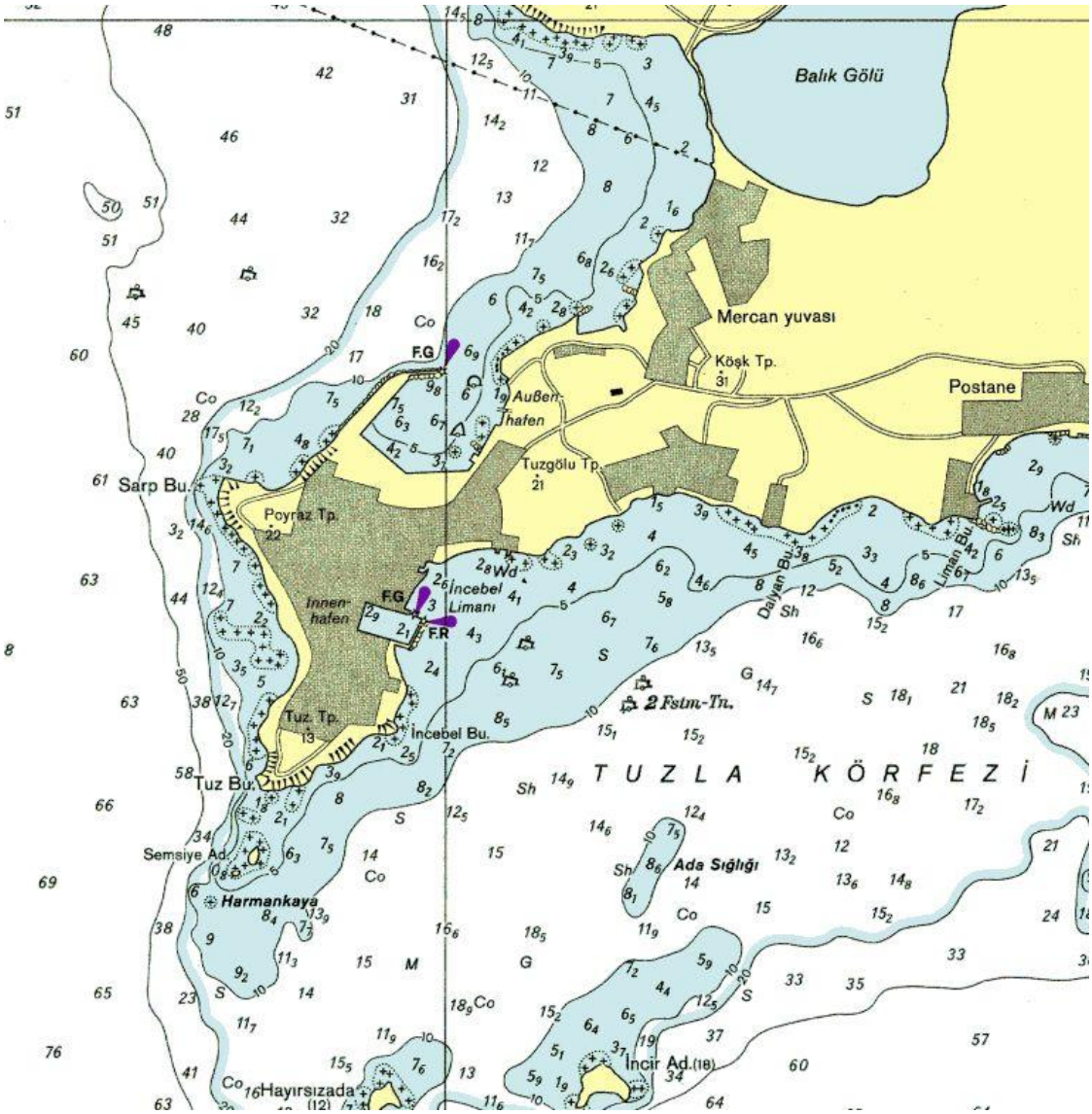
Seyir planlamasında kullanılacak yöntem olarak ECDIS ve kağıt harita olarak iki farklı alternatif görülmektedir. Geleneksel olarak seyir planlaması yapılırken kullanılan kağıt haritanın tarihi çok eskilere dayanmaktadır. Bu yöntemin yerine, teknolojinin ilerlemesiyle ve bilgisayarların hayatımıza gün geçtikçe daha çok girmesi sonucu, alternatif olarak bilgisayar tabanlı elektronik haritalar yani ECDIS cihazı gündeme gelmiştir.

2.2.1 Kağıt Harita

Yeryüzünün belli bir bölümünün veya tamamının, coğrafik, jeolojik, jeopolitik, topografik ve hidrografik özelliklerinin belli bir ölçek içinde düz bir yüzey üstüne çizilmesi yoluyla elde edilen grafik görüntüye harita denir. Yeryüzünün belli bir bölümünde veya tümünde bulunan suları, kıyıları ve kıyılara yakın kara parçalarını belli bir ölçek içinde düz bir yüzey üstüne çizmek yoluyla elde edilen hidrografik ve topografik bilgilerle desteklenmiş görüntüye ise deniz haritası denir. Kullanılan deniz haritalarının çoğu Markator projeksiyon sistemine göre yapılmışlardır. Denizcilik sektöründe kullanılan haritalar; deniz kısmında derinlik, akıntı, dip yapısı, şamandıralar, trafik hatları, uyarıları; kara kısmında ise limanlar, fenerler ve diğer kara yapılarını gösterir.

Deniz haritasının köşesinde harita kitabesi denilen haritayı tanıtıcı bilgiler bulunur. Bu bilgiler haritanın adını, hangi bölgeye ait olduğunu, derinlik ölçümlerinin hangi ülke tarafından yapıldığını, derinlik ve yükseklik ölçü birimini, projeksiyon sisteminin adını ve haritanın ölçeğini içerir. Harita köşelerinde baskı tarihi, baskı şekli, ilk basıldığı yer, boyutları, harita numarası, küçük düzeltmeler ve uyarılar gibi diğer bilgiler de bulunur. Bunun yanında harita üzerinde kadem, kulaç, mil ve metre

arasında dönüştürme çizelgeleri ile pusula gülü bulunur. Şekil 2.2'de deniz haritasına örnek olarak Tuzla bölgesi görülmektedir.



Şekil 2.2: Deniz haritası

Deniz haritalarında fenerler, şamandıralar, deniz dibinin yapısı gibi bilgiler için birçok semboller ve kısaltmalar kullanılmaktadır. Seyir bölgelerinin yapıları farklı olduğundan her değişik bölge için farklı kısaltmalar olabilir. Bu bilgiler "Semboller ve Kısaltmalar" [20] adlı kitaptan elde edilebilir.

Vardiya zabitleri kağıt harita kullanarak deniz üzerinde, bir noktadan başka bir noktaya gidebilmek için çizilecek rotaları belirleyerek rota planını oluştururlar. Rota planlaması yapıldıktan sonra geminin dünya üzerinde bulunduğu noktayı tespit

etmek ve sürekli izleme amacıyla denizciler kağıt haritayı kullanmak zorundadır. GPS, arpa radar veya karasal noktalar kullanılarak bulunan mevkiler sürekli olarak haritaya işlenerek geminin bir noktadan diğer bir noktaya gitmesi sağlanır.

2.2.1.1 Kağıt Haritanın İçerdiği Bilgiler

Deniz haritasında aşağıdaki bilgiler bulunur:

- Haritanın hangi ülke ve denize ait olduğu
- Haritanın hazırlanmasında yararlanılan kaynaklar
- Derinlik ve yüksekliğin ölçü birimi
- Projeksiyon sistemi
- Haritanın numarası
- Haritanın ölçeği
- Yapılan küçük düzeltmelerin yıl/no olarak yazıldığı yer
- İlk basıldığı yer ve kimin tarafından basıldığı
- Haritanın boyutları
- Kadem-metre-kulaç birim çevirme tablosu

2.2.1.2 Kağıt Harita Düzeltmeleri

Bir şamandıranın yerinin değişmesi veya kaldırılması, yeni şamandıranın veya fenerin konulması gibi sebeplerden dolayı, bir deniz ve kıyı bölgesinde meydana gelen değişiklikler, "Denizcilere İlanlar" adlı bir kitapçıkta haftalık olarak yayınlanır. Bu yayındaki düzeltmeler ilgili haritalara işlenir ve haritanın sol alt kısmına tarih ve numara olarak düzeltmenin yapıldığını belirtmek amacıyla yazılır. Düzeltmelerin yapılmaması seyir sırasında geminin bulunduğu mevkinin yanlış tespit edilmesine sebep olabileceğinden seyir emniyeti açısından oldukça sakıncalıdır. Böyle durumlardan kaçınmak için düzenli olarak "denizcilere ilanlar" yayını takip edilmeli ve güncelleme yapılmalıdır.

2.2.2 ECDIS

ECDIS, kelime anlamı olarak Elektronik Harita Gösterim ve Bilgi Sistemi'dir. Son yıllarda bilişim teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte, denizcilik sektöründe ECDIS (Elektronik Harita Gösterim ve Bilgi Sistemi) kavramı oldukça güncel bir şekilde yerini almıştır. Genel anlamda ECDIS, gemilerin seyir emniyetine yönelik gerçek zamanlı bir karar destek sistemidir. 1995 yılında IMO (Uluslararası Denizcilik

Örgütü) tarafından standartları tespit edilmiştir. Kabul edilen bu standartlara uyan sistemlerin kullanımı halinde, bir zorunluluk olan kâğıt harita yerine ECDIS konsolları kullanılabilmektedir.

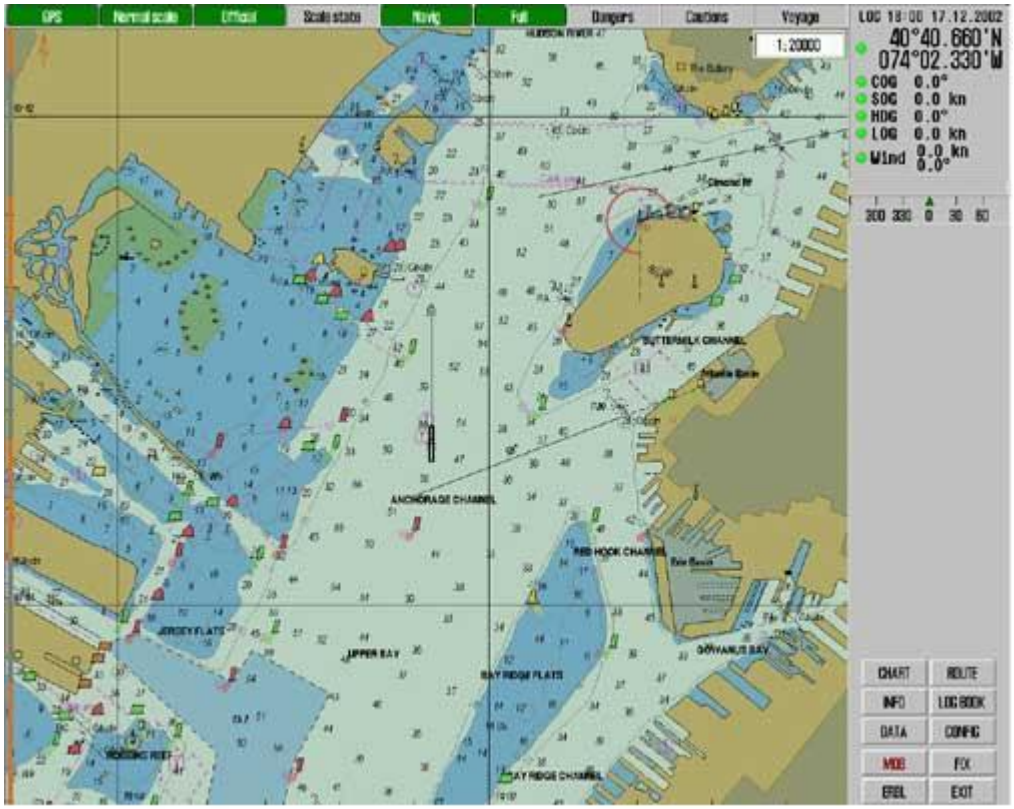
Bir ECDIS sisteminin özünü, standartları IMO ve IHO (Uluslararası Hidrografi Örgütü) tarafından belirlenen elektronik ortamdaki haritaların ve gemide mevcut seyir yardımcısı algılayıcılara ait değerlerin bir ekranda sergilenmesi, bunların işlenerek seyre ait karar desteği sağlayan yardımcı bilgilerin sağlanması ve gerekli kayıtların tutulması oluşturmaktadır.

ECDIS sistemlerinin deniz seyrine tek katkısı güvenliği artırıcı destek sağlaması değildir. Seyir planlaması ve rota izleme desteği ile önemli ekonomik katkılar da sağlayabilmektedir. Gerek önlenmesine destek olduğu kazalar gerek yakıt harcamasına etkileri ile çevre kirlenmesini azaltıcı yönde, önemli etkileri olan bir sistem olarak değerlendirilmektedir. Bunun yanında seyir için gerekli olan bütün bilgilerin tek bir cihazla görüntülenebilmesi, vardiya zabiti açısından önemli bir vakit kazancı sağlamaktadır.

Emniyetli bir seyir için, haritalarda bulunan bilgiler seyrin çeşidine göre bir önem sırası arz etmektedir. Örneğin açık deniz yada uzak yol seyrinde yörünge planlaması veya akıntıların hesaba katılması önemli iken boğaz geçişleri ve limanlar gibi dar ve sığ sularda deniz dibi yükseltileri, şamandıra yerleri, kıyı şeridi bilgileri ve gel-git gibi etkiler daha önemlidir. Ek olarak, harita bilgileri ile birlikte veya ayrı olarak değerlendirilmesi gereken geminin bulunduğu şartlara ait konum, mutlak ve suya göreceli hız ile rüzgâr gibi plâtform bilgileri de önemlidir. Tüm bu bilgilerin duruma göre değişen kullanıcı ihtiyaçlarına uygun olarak değerlendirilmesi ve sergilenmesi seyir yardımcı sistemini oluşturmaktadır.

1995 yılında IMO tarafından ECDIS standartları tespit edilmiştir. Kabul edilen bu standartlara uyan sistemlerin kullanımı hâlinde, bir zorunluluk olan kâğıt harita yerine ECDIS konsolları kullanılabilmektedir.

ECDIS sistemi bilgisayar, yazılım ve elektronik harita olmak üzere üç ana unsurdan oluşmaktadır. Günümüzde IMO Performans standartlarına uygun ECDIS üretimi yapan pek çok firma vardır. Örnek olarak Transas firmasının ürettiği ECDIS cihazı ekran görüntüsü şekil 2.3'de görülmektedir.



Şekil 2.3: ECDIS Cihazı Ara yüzü

ECDIS sistemine GPS, Radar/ARPA, iskandil, AIS, cayro pusula gibi cihazlar bağlanabilmekte, fener kitapları, gel-git kitapları, ALRS (Admiralty Radyo İstasyonları Listesi) kitapları diskler yardımıyla cihaza aktarılabilmektedir. ECDIS sistemi, tüm bu cihazların işlevlerini ekran üzerine taşıyarak görüntüleyebilmekte ve gemi bilgileriyle entegre ederek birçok bilgiyi kullanıcısına sunmaktadır. Sırf bu özelliğiyle bile ECDIS, köprü üstünde vardiya tutan gemi adamlarına büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Vardiya zabiti, bu cihazdan başka cihaza gerek duymadan, seyir için tehlikeli olan bölgelerde sürekli olarak mevkisini görebilmekte, etraftaki fener, seyir yardımcılarının bilgilerine bir tuşa basarak erişebilmektedir. Bulunduğu noktanın en küçük ölçeğinden en büyüğüne birkaç tuş darbesiyle erişebilip geçiş yapabilmektedir. Aynı zamanda, hava haritaları ECDIS cihazına yüklenerek tavsiye edilen rotalar alınıp seyir planlaması kolaylıkla yapılabilmektedir. Hazırlanan rota planlamaları hafızaya kaydedilip tekrar kullanılabilmektedir.

2.2.2.1 ECDIS Sistemini Oluşturan Temel Öğeler

Elektronik harita sistemleri aşağıdaki dört temel parçadan oluşur:

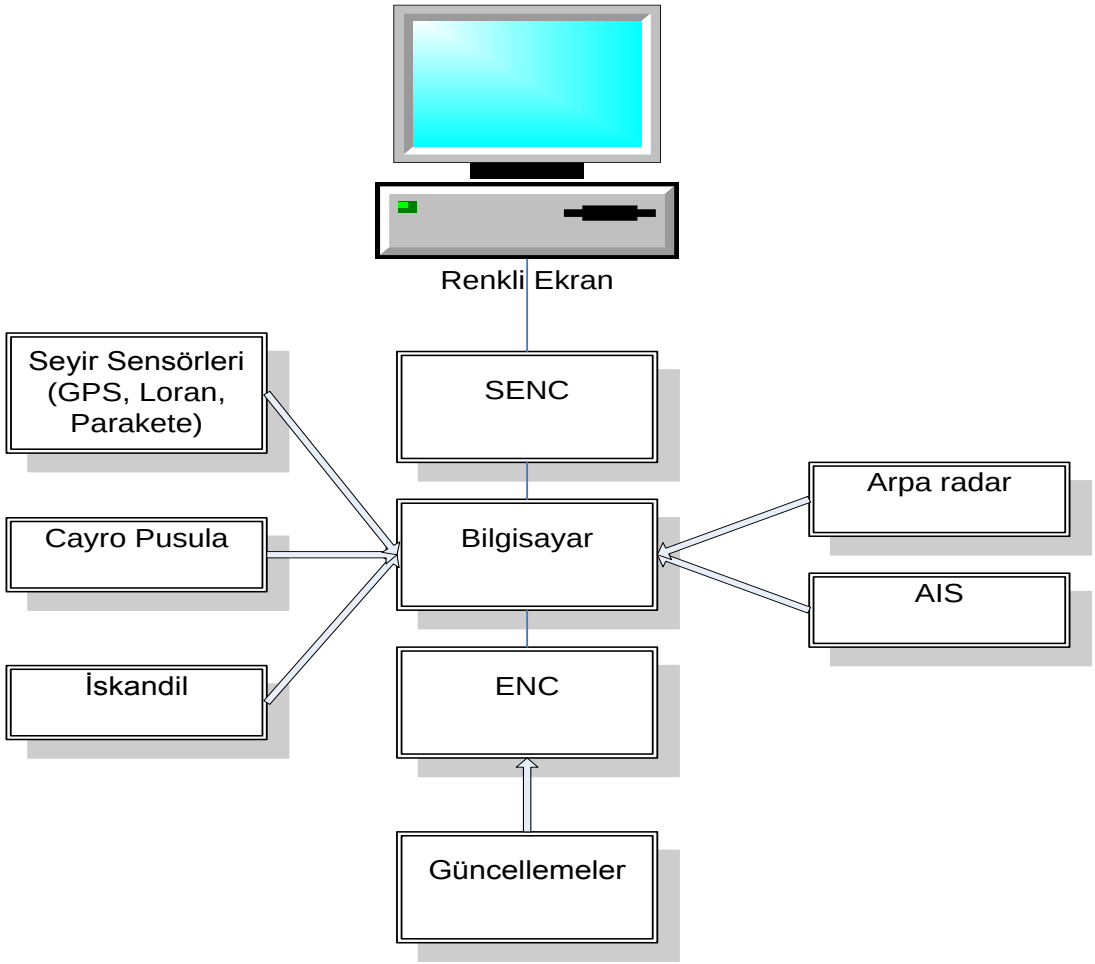
1.Bilgisayar İşlemcisi

2 Sayısallaştırılmış Veri Tabanı

3.Seyir Sensörleri

4.Renkli Ekran

Geminin cayro pusulası, iskandil, arpa gibi diğer yardımcı seyir cihazları sistemle entegre olarak çalışmaktadır. ECDIS sistemi şekil 2.4'de sunulmuştur.



Şekil 2.4: ECDIS Sistemi

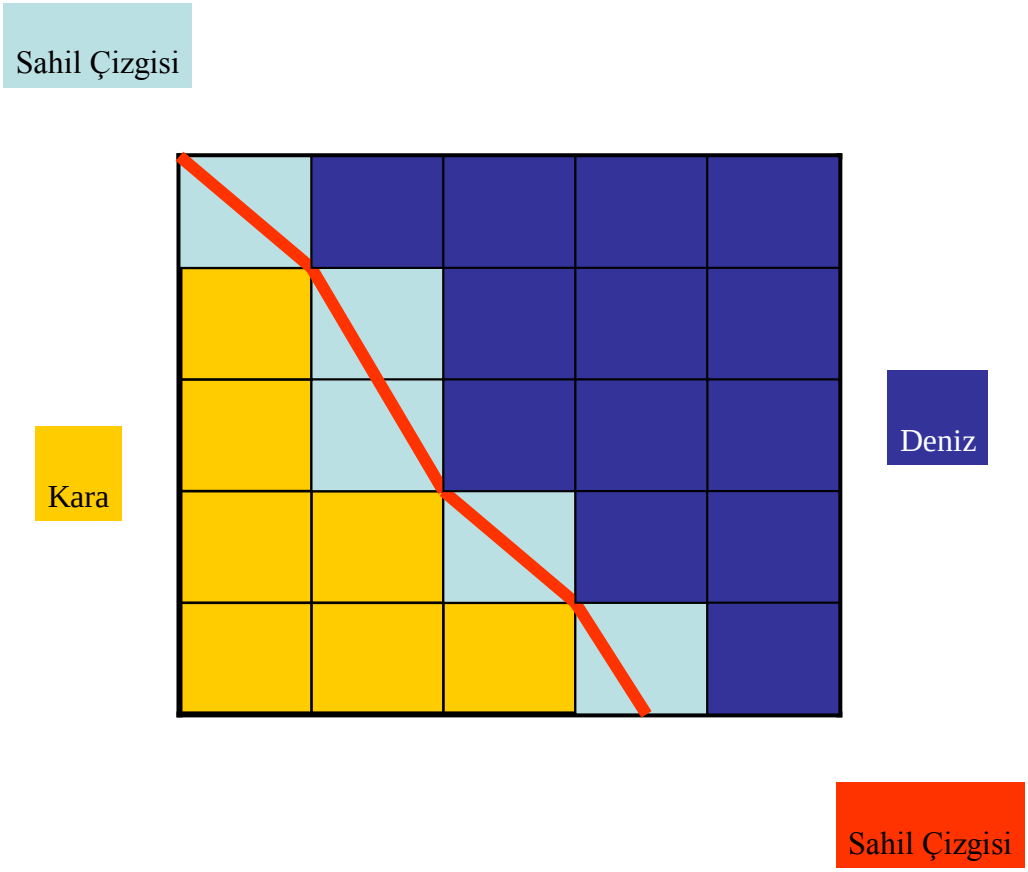
2.2.2.2 Sayısallaştırılmış Haritalar

Elektronik ortamda seyir haritalarının kullanımı ilk olarak, kâğıt haritaların tarama (raster) yoluyla sayısallaştırılıp bilgisayar ortamına aktarılarak görüntülenmesi ile mümkün olmuştur. Bu durumda harita üzerinde sergilenen bilgiler sabit olarak kalmaktadır. Harita görüntüsü büyütüldüğünde çözünürlük sebebi ile görüntü kötüleşmekte, küçültüldüğünde ise birçok ayrıntı kaybolmaktadır. Dünyanın yuvarlaklığı ve basıklığının etkisi ile bilgilerin düz bir yüzey oluşturan haritaya hatasız olarak aktarılması mümkün değildir. Haritalar belirli bir noktayı esas alan geometrik dönüşümler (projeksiyon) ile oluşturulur. Bu dönüşüm sonucunda çizilen

harita ancak belirli bir bölge için yeterince hatasız kabul edilebilir. Dönüşüme esas teşkil eden bölge dışına çıkıldığında kullanılan haritanın değiştirilmesi gerekir. Bu durumda paftalar halinde hazırlanan haritalardan bir başkasının sisteme yüklenmesi gerekir.

Kâğıt haritalar üzerinde elle yapılan işlemleri bilgisayar ortamında yapmak aynı performansta olmamaktadır. Ayrıca, değişen şamandıra, deniz feneri, yasak sahalar gibi bilgi güncellemeleri zor olmaktadır. Bu zorluk haritanın tarama, görüntüleme çözünürlüğü ile birlikte artmaktadır. Son olarak 1995'te IMO tarafından ECDIS standardı kabul edilmiştir. Bu standart vektör harita kullanımı esasına dayanmaktadır. Vektör harita standardı olarak da S57 kodu ile anılan sistem kabul edilmiştir. Vektör haritalarda bilgiler veritabanı katmanları hâlinde tutulabilmektedir. Güncelleme için sadece değişen nesnelerin bilgilerinin yüklenmesi yeterli olmaktadır. Bu sayede, güncellemeler sistematik ve kolay olmaktadır. Kullanım sırasında sadece seçilen bilgi gruplarının görüntülenebilmesi çok daha fazla ayrıntı ve gerekli bilginin kullanılabilmesini sağlamaktadır. Kullanıcı da kendi amaçlarına yönelik olarak nesneler oluşturabilmekte ve kullanabilmektedir. Benzer şekilde askeri amaçlı bilgiler de gizlilik koşulları zedelenmeden eklenebilmekte ve görüntülenebilmektedir.

Teknolojik gelişimlerle birlikte raster harita formatından vektör harita formatına geçilmesi sayesinde harita bilgileri için ölçek büyütüldüğünde, görüntü bozulmasına sebep olmamakta, gerekli ayrıntılar korunabilmektedir. Şekil 2.5'de raster ve vektör harita arasındaki görüntü farkı gösterilmiştir. Vektör formatındaki bilginin bilgisayar tarafından karar ve alarm amaçlı kullanımı mümkün olmakta böylece kanal geçişleri, yasak saha değerlendirmeleri gibi gereksinimlere yüksek güvenilirlikle destek sağlanabilmektedir. Haritanın görüntüleme ölçeği ne olursa olsun belirlenen alarm durumları sistem tarafından kullanıcıya bildirilmektedir. Alarmı oluşturan bilgiler ekran görüntüsünden kaldırılmış olsa dahi bu fonksiyon kullanılabilmektedir. Ayrıca vektör formdaki bilgilerin geminin bulunduğu konum esas alınarak değerlendirilmesi ile gerçek zamanda harita dönüşümleri yapılabilmekte ve sürekli olarak en doğru harita görüntülemesi mümkün olmaktadır.



Şekil 2.5: Raster Harita ile Vektör haritanın farkı

Seyir sırasında genelde gemi merkezli olarak görüntülenen haritalar, istendiğinde seyir planlaması amacı ile başka bir nokta merkez alınarak da (off center) sergilenebilmektedir. Gemi sabit, harita hareketli ya da harita sabit, gemi hareketli görüntüleme imkanı sağlanmaktadır. Ayrıca kullanım amacına göre kuzey yönü esas alan yada gemi pruvasını esas alan nispi görüntüleme kullanılabilmektedir. Tüm bu görüntüleme modların da en doğru projeksiyon ile görüntüleme imkanı vektör haritaların kullanımı ile mümkün olmakta, gerekli dönüşümler seçilen projeksiyon yöntemine göre gerçek zamanda yapılabilmekte, bu sırada görüntü kalitesi kaybı oluşmamaktadır. ECDIS sistemlerinin sağlayabildiği güvenlik ve kolaylıklar sebebi ile, kabul edilen standartlara uygunluğu belgelenmiş sistemlerin kullanılması halinde, kağıt harita kullanımı zorunluluğu kaldırılmaktadır. Böylece ECDIS sistemleri, diğer yararlarının yanı sıra kağıt harita kullanımının alternatif maliyetini de ortadan kaldırmaları ile tercih edilir sistemler olmaktadırlar.

2.2.2.3 ECDIS Kavramı

Birleştirilmiş köprü üstü sisteminde ehliyetsiz elektronik harita kullanımı elektronik harita sistemlerinin şu an yürürlükte olan yasal durumundan kaynaklanmaktadır. IMO, ECDIS'i uluslararası kanunun gereklerini taşıyan güncel haritaya uygun birleştirilmiş köprü üstü sistemi olarak tanımlamıştır. ENC (Elektronik Harita), ECDIS sisteminde kullanılan, geminin elektronik harita bilgi tabanıdır. ENC; ECDB'nin (Elektronik Harita Veri Tabanı) bir alt koludur. ECDB, ulusal hidrografik otorite tarafından oluşturulan bir dijital harita bilgi tabanıdır.

ECDIS'in sahip olması gereken bazı standartlar vardır. ECDIS standartları halen gelişme sürecindedir.

2.2.2.4 ECS Kavramı

ECS, ECDIS standartlarına sahip olmayan dijital harita gösterim sistemidir. ECS sitemini kullanan gemiler normal seyir haritalarını da bulundurmak zorundadırlar. ECDIS standartlarını karşılamamasına rağmen pek çok şirket ECS tabanlı birleştirilmiş köprü üstü sistemleri üretmektedir. Bu birleştirilmiş köprü üstü sistemlerinde, elektronik harita gösterimi ile elektronik mevki hesaplama sensörleri birleştirilmiştir. Bu sayede, gemi pozisyonunun sık aralıklarla görüntülenen ve yenilenen bir video gösterimi sağlanabilir.

ECDIS standartlarına rağmen bu sisteme olan rağbet azalmamıştır. Bu talep karşısında bazı ulusal hidrografı ofisleri tarafından ECS sistemlerinde kullanılmak üzere resmi dijital raster haritalar üretilmektedir. Ayrıca, bazı ticari şirketler çeşitli ulusal hidrografi ofislerinin seyir haritalarını sayısal hale getirmek için lisans almış durumdadırlar. Ancak, bunlar IMO standartlarına uymayan bir bilgi tabanına sahiptirler. Unutulmamalıdır ki; ECDIS bir sistemdir ve elektronik bilgi tabanı bu sistemin temel parçasıdır.

2.2.2.5 ECDIS Standartları

IMO Performans Standartları

Bir elektronik harita sisteminin ECDIS olarak sınıflandırılabilmesi için IMO Performans Standartlarına uygun olmalıdır. IMO Performans Standartları sistemin parçalarını, özelliklerini ve fonksiyonlarını belirler. ECDIS sistemi 1974 SOLAS Konvansiyonu 20. Bölüm 5. Yönetmeliği'nde istenen günü gününe harita düzeltmeye imkan verecek destekleme düzeneğine sahip olmalıdır. Bir ECDIS sistemi seyir

sensörlerinden alınan pozisyon bilgisi ve Elektronik Seyir Haritasından (ENC) seçilmiş bilgileri kullanarak rota planlama, görüntüleme ve istendiğinde seyir ile ilgili diğer birçok bilgiyi gösterme yeterliliğinde olmalıdır.

Mayıs 1999'da Denizde Güvenlik Komitesi (MSC) tarafından ECDIS için Performans Standartları Taslağı hazırlanmıştır. Bu taslakta hazırlanan standartlar 23 Kasım 1995 tarihinde kabul edilmiştir ve IMO Karar A19/Res.817 numarası ile yayınlanmıştır. Bu MSC tarafından hazırlanan standartların aynısıdır. Kasım 1996 tarihinde ise IMO tarafından destekleme/yedekleme düzenlemeleri kabul edilerek IMO Performans Standartlarına Ek 6 olarak eklenmiştir.

IMO, üye ülkelerden Ulusal Hidrografı Ofislerinin mümkün olan en kısa sürede Elektronik Seyir Haritaları (ENC) üretmeleri ve güncelleştirme servislerine sahip olmalarını istemiştir. Ayrıca üye ülkeler bu üretici firmaları Performans Standartlarına uygun olarak ECDIS dizayn ve üretimi konusunda denetleyeceklerdir.

IHO Veri Standartları

IMO'nun hazırladığı ECDIS Performans Standartları ile beraber, Uluslararası Hidrografı Dairesi (IHO) tarafından da ECDIS görüntü ve içerik için dijital data formatı ve karakteristikleri ve bunlarla alakalı teknik standartlar ve karakteristikler geliştirilmiştir. IHO S-52 olarak bilinen ECDIS için IHO'nun Harita İçerik ve Görüntü Karakteristiklerini içeren bir özel yayın IHO tarafından hazırlanmıştır. Güncelleştirme için kullanılan araçlar; işlemler, renk ve sembol karakteristikleri olmak üzere üç kısımdan oluşur. Ayrıca ECDIS ile ilgili terimleri içeren bir sözlükte ilave edilmiştir. IHO S-52'nin dördüncü baskısı Aralık 1996'da yayınlanmıştır.

IHO S-57 olarak bilinen IHO Özel Yayınında ise Dijital Data için IHO Transfer Standartları belirtilmiştir. 4-15 Mayıs 1992 tarihinde Monaco'da yapılan 14. Uluslararası Hidrografi Konferansında resmi IHO Standardı olarak kabul edilmiştir. DX-90 formatı, ENC üretim karakteristikleri ve ENC güncelleştirme profilinden oluşur.

ECS Standartları

Amerika Birleşik Devleri'nde, Deniz Servisleri için Radyo Teknik Komisyonu (RTCM) tarafından ECS standartları oluşturulmuştur. Bu standartlar tavsiye niteliğindedir. Aralık 1994'te basılan RTCM standartlarına göre genel olarak bir ECS sistemi;

- Temel navigasyon fonksiyonlarım yapabilmeli,
- Devamlı olarak gemi pozisyonlarını pilotlayabilmeli,
- Gösterilen bilgiye göre uygun indikatörler sağlanmış olmalıdır.

Standartlar raster veya vektör datanın herhangi birinin kullanılmasına imkan verir. Ayrıca bu standartlara göre harita bilgisi basit ve güvenli bir biçimde güncelleştirilebilmelidir. TCM standartlarının asgari şartlarını karşılayan ECS sistemleri gemilerin seyir kimliğini arttırmak ve kaza riskini azaltmak için yeterli olacaktır.

Bununla birlikte; bir seyir yardımcısı olan ECS, daima devlet destekli ulusal hidrografi işlerinden alınan güncelleştirilmiş haritalar ile kullanılmalıdır. ECS sistemlerini kullanan gemiler aynı zamanda klasik seyir haritalarını da bulundurmak zorundadır. Çünkü sistem ECDIS standartlarını karşılamamaktadır.

2.2.2.6 ECDIS İçin Güncelleştirme

Gemilerdeki haritaların güvenli seyir için sürekli olarak güncelleştirilmesi gerekir. Güncelleştirme üç şekilde yapılabilir.

Elle Yapılan Güncelleştirme

Bu yöntem, operatör tarafından el ile "Denizcilere İlanlar" adlı yayın kullanılarak yapılan düzeltme yöntemidir. Alınan verilere göre öncelikle gerekli olan düzeltmeye ait sembol seçilir, sembolün yeri belirlenir ve düzeltmenin şekli tanımlanır.

Yarı Otomatik Güncelleştirme

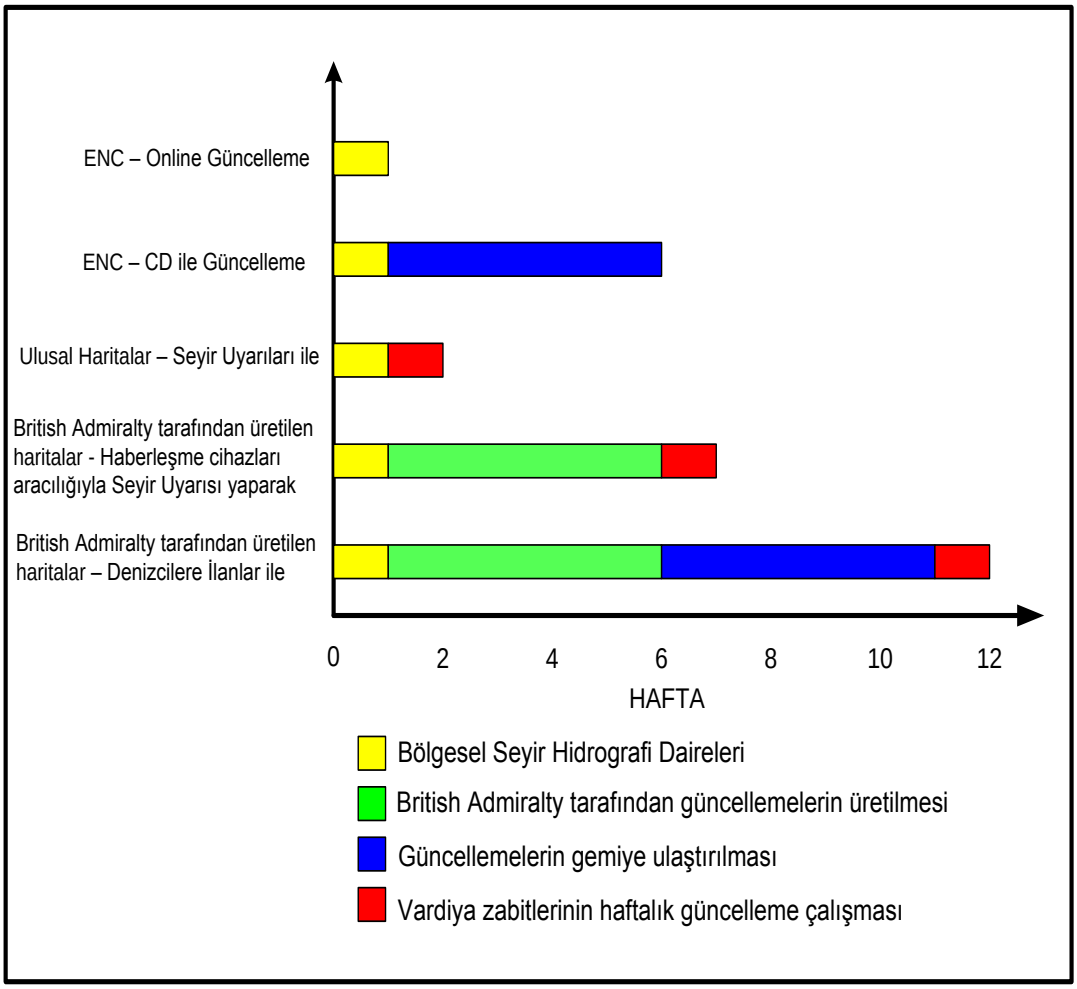
Bu yöntem, ulusal hidrografı ofisleri tarafından doğru dijital formata sokulan düzeltme bilgilerinin operatör tarafından (modem veya disket sürücü) girilmesi yoluyla yapılan bir düzeltme yöntemidir.

ECDIS bu düzeltmeleri otomatik olarak işler ve orijinal bilgi tabanından ayırt edilemeyecek şekildeki değişmiş bilgilerle güncelleştirilmiş haritayı ekranda görüntüler.

Tam Otomatik Güncelleştirme

Bu yöntem, resmi dijital güncelleştirilmiş haritayı almak için direkt iletişim ağı kurar ve bu harita bilgilerini ECDIS 'e girdi olarak verir. Bu işlem tamamen operatörden bağımsız olarak gerçekleşir. ECDIS 'deki düzeltme işlemleri yarı otomatik girişteki bilgi tabanı güncelleştirme uygulamasının aynısıdır.

ECDIS cihazı güncellemeleri, kağıt harita güncellemeleri ile karşılaştırıldığında çok daha kısa zaman almaktadır. Şekil 2.6'da bu karşılaştırma yer almaktadır.



Şekil 2.6: ECDIS ile Kağıt Harita Güncellemelerinin Karşılaştırılması

3. SEYİR PLANLAMASI ARAÇLARININ SEÇİMİ ÜZERİNE ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR MODELİNİN KURULMASI

Karar verme, hedef ve amaçların gerçekleştirilmesi yönünde alternatif eylem planlarından birini seçme sürecidir. Karar verme tüm yönetim fonksiyonlarının özünü oluşturur. Örneğin, planlama fonksiyonu; ne yapılması gerektiğine, ne zaman, nasıl, nerede ve kim tarafından yapılacağına karar verilmesini içerir. Organize etme, uygulama ve kontrol etme gibi diğer yönetim fonksiyonları da yoğun olarak karar vermeye dayanır.

Günümüzün hızla değişen ve globalleşen çevresi, başarılı bir işletmenin zengin bir karar verme sürecine sahip olduğuna işaret etmektedir. Bu, bilgiyi sadece toplayıp işlemek değil, aynı zamanda gelişmiş karar verme tekniklerinin yardımıyla karar vermek anlamına gelmektedir. Karar verme bir işletmenin temel taşlarından biridir. Dolayısıyla, doğru kararların alınması rekabetçi avantaj kazanmak ve sürdürülebilir gelişimin sağlanması için gereklidir.

Pek çok işletmede karar süreci bilginin toplanması ve analizi için yoğun bir çaba ve zamanı gerektirir. Alternatif eylem planlarının değerlendirilmesine ise çok daha kısa bir zaman ve çaba harcanmaktadır. Analizlerin sonuçları, bir karara varmak için sezgisel olarak değerlendirilmektedir. Araştırmalar, pek çok günlük kararın sezgisel olarak alınmasının yeterli olmasına rağmen, karmaşık ve hayati kararlar için bu yolun tek başına yeterli olmadığını göstermektedir [21]. Modern karar destek yöntemlerini kullanan işletmeler, globalleşen iş ilişkilerine öncülük etmekte ve bu ilişkiler ağını yönetmekte rekabetçi avantaj sahibi olabilmektedirler. Son yıllarda önemi gittikçe artan modern karar destek yöntemlerinden biri Analitik Hiyerarşi Yöntemidir.

3.1 Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi

3.1.1 AHS'nin Temel Unsurları

1970'lerde Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemi, birden çok kriter içeren karmaşık problemlerin çözümünde kullanılan bir karar verme yöntemidir. AHS, karar vericilerin karmaşık problemleri, problemin ana hedefi, kriterleri (criteria, attributes, objectives), alt kriterler ve alternatifleri arasındaki ilişkiyi gösteren bir hiyerarşik yapıda modellemelerine olanak verir. AHS'nin en önemli özelliği karar vericinin hem objektif hem de sübjektif düşüncelerini karar sürecine dahil edebilmesidir. Bir diğer ifade ile AHS, bilginin, deneyimin, bireyin düşüncelerinin ve önsezilerinin mantıksal bir şekilde birleştirildiği bir yöntemdir. AHS çok geniş bir uygulama alanına sahiptir ve pek çok karar probleminde etkin olarak kullanılmaktadır. Pazarlama, finans, eğitim, kamu politikaları, ekonomi, tıp ve spor alanlarında çok sayıda başarılı AHS uygulamasını araştırmalara konu edilmiştir [22-25]. Ayrıca, AHS pek çok çalışmada tamsayı programlama, hedef programlama, dinamik programlama gibi yöneylem araştırması teknikleriyle birlikte kullanılmaktadır [26].

AHS'nin teorik alt yapısı üç aksiyoma dayanır. Bu aksiyomlardan ilki, iki taraflı olma/tersi olma (reciprocity) aksiyomudur. Sözel olarak ise, örneğin, "A elemanı B elemanının 5 katı büyüklüğünde ise B, A'nın 5'te 1'idir" denir [27]. İkincisi, homojenlik aksiyomudur ve karşılaştırılan elemanların birbirinden çok fazla farklı olmaması gerektiğini, olursa yargılarda hataların ortaya çıkabileceğini ifade etmektedir.

Üçüncü aksiyom bağımsız olma aksiyomudur ve bir hiyerarşideki belirli bir kademeye ait elemanlara ilişkin yargıların veya önceliklerin başka bir kademedeki elemanlardan bağımsız olmasını gerektirir. Bu ifade, üst kademe kriterlerin önceliklerinin yeni bir alternatif eklendiğinde veya çıkarıldığında değişmeyeceği anlamına gelmektedir.

AHS'nin uygulaması dört temel prensiple şekillenmektedir:

1. ayrıştırma (decomposition)
2. karşılaştırmalı yargılar (pairwise comparison)
3. hiyerarşik kompozisyon veya önceliklerin sentezi (synthesis of priorities)
4. nihai kararın alınması

AHS'nin ilk adımı ayrıştırma, bir karar problemini daha kolay kavranmasını ve değerlendirilmesini sağlayacak hiyerarşik bir düzende alt problemlere ayrıştırma sürecidir. Kısaca, karar hiyerarşisinin kurulması anlamına gelir. Karar hiyerarşisinin en tepesinde ana hedef yer almaktadır. Bir alt kademe kararın kalitesini etkileyecek kriterlerden oluşmaktadır. Bu kriterlerin ana hedefi etkileyebilecek özellikleri varsa, hiyerarşiye başka kademeler eklenebilir. Hiyerarşinin en altında karar alternatifleri yer almaktadır.

Karşılaştırmalı yargılar veya ikili karşılaştırmalar AHS'nin ikinci temel adımını oluşturmaktadır. İkili karşılaştırma terimi iki faktörün veya kriterin birbirleriyle karşılaştırılması anlamına gelir ve karar vericinin yargısına dayanır. İkili karşılaştırmalar karar kriterlerinin ve alternatiflerin öncelik dağılımlarının kurulması için tasarlanmıştır. Daha açık bir ifade ile, hiyerarşideki elemanlar bir üst kademedeki elemana göre göreli önemlerinin belirlenmesi için ikili olarak karşılaştırılır [28]. Eğer hiyerarşinin belirlenen düzeyi karşılaştırılacak n eleman içeriyorsa toplam n(n-1)/2 adet ikili karşılaştırma yapmak gerekir. Bu karşılaştırmalar matrisler şeklinde düzenlenir.

İkili karşılaştırma yargılarının oluşturulmasında, başka bir ifade ile A kriterinin B kriterine göre ne kadar önemli olduğu karar vericiye sorulduğunda, karar verici Tablo 3.1'de gösterilen 1-9 puanlı tercih ölçeğinden faydalanmaktadır.

Tablo 3.1: Tercih Ölçeği

Önceliklerin Kelime Anlamları	**Sayısal Oran**
Eşit önem	1
Birinin diğerine göre zayıf önemi	3
Mecburi veya güçlü önem	5
Kanıtlanmış önem	7
Tam önem	9
Birbirine çok yakın iki hükmün ortalama değeri	2, 4, 6, 8
Eğer i aktivitesi j aktivitesiyle karşılaştırıldığında yukarıda belirtilen sayılardan birine karşılık geliyorsa, **j**'de **i** ile karşılaştırıldığında ona karşılık gelen değerin tersini alır.	Yukarıdaki derecelendirme puanlarının tersi

Bu ölçeğin etkinliği farklı alanlardaki uygulamalar ve başka ölçeklerle yapılan teorik karşılaştırmalar sonucunda saptanmıştır [29]. Saaty, AHS'nin kullanılmasında doğrudan doğruya ilgili kişilerle yüz yüze anket yapıp, onların ikili karşılaştırmalara ilişkin görüşlerinin alınmasını önermektedir. Söz konusu ilgili kişi ve/veya kişiler mutlaka konunun uzmanı olmasalar bile en azından konuyu bilen, konuya aşina olan kişiler olmalıdır [29].

İkili karşılaştırma matrisleri geliştirildikten sonra karşılaştırılan her elemanın önceliğinin (göreli öneminin) hesaplanmasına geçilmektedir. AHS'nin bu bölümü "sentezleme" adıyla anılır. Öncelik vektörlerinin kurulmasında lineer cebir tekniklerinden faydalanılmaktadır. Sentez aşaması, en büyük özdeğer ve bu özdeğere karşılık gelen özvektörün hesaplanmasını ve normalize edilmesini içermektedir. Bu amaçla kullanılan çeşitli yöntemler mevcuttur. Ancak literatürde en yaygın olarak kullanılan normalizasyon yönteminde her sütunun elemanları o sütunun toplamına bölünür. Elde edilen değerlerin satır toplamı alınıp, bu toplam satırdaki eleman sayısına bölünür. Bu şekilde her kriter için öncelik vektörleri bulunur.

AHS'nin son aşaması karar probleminin çözümlenmesi aşamasıdır. Bu aşamada problemin ana hedefinin gerçekleştirilmesinde karar alternatiflerinin sıralaması olarak hizmet edecek bir karma (composite) öncelikler vektörü oluşturulur. Bu vektörü oluşturmak için her değişken için belirlenen öncelik vektörlerinin ağırlıklı ortalaması alınır. Elde edilen nihai öncelikler karar alternatif puanları olarak da adlandırılabilir ve karar vericinin alternatif tercihlerine ilişkin yargısal algılamalarının yoğunluğunu temsil eder.

3.1.2 AHS Yönteminin Matematiksel İfadesi

AHS ile problem çözmede üç temel prensip kullanılır: Bunlar, araştırma (ayrıştırma), mukayese (karşılaştırma) ve önceliklerin sentezlenmesidir. Ayrıştırma prensibi birbirini izleyen seviyelerden bağımsız olarak bir seviyedeki elemanlarla bir hiyerarşi oluştururken uygulanır. Bu ise tepedeki hedeften başlanan ikinci seviye, üçüncü seviye, vs; şeklinde taban seviyesine kadar devam eden, bir önceki hedeften bir sonraki seviyedeki hedefi belirleyen kritere, diğer bir ifadeyle genelden başlayıp taban seviyesindeki özel alternatiflere kadar aşağı doğru yapılan bir çalışma ile olur.

Karşılaştırma hükmünün prensibi, bir üst seviyedeki kritere göre bir alt seviyedeki elemanların göreceli önceliğini veren ikili karşılaştırma matrisini inşa etmede uygulanır. Bu matrisin esas özvektörü kriterlerin önceliklerini verir. Üçüncü prensip

ise; üst seviyede karşılık gelen kriterin önceliği ile onların lokal önceliklerini aşağı doğru tartarak ve kendisini etkileyen kritere göre bir seviyedeki her bir elemanı ilave ederek elde edilen öncelikleri sentezlemede kullanılır (İkinci seviyedeki elemanlar en tepedeki hedefin ağırlığı olan birimle çarpılırlar). Bu , o elemanın bileşik veya global önceliğini verir ki bu öncelikle bir alt seviyedeki elemanlar mukayese edilir ve o elemanının yerel önceliğinin tartısını (ağırlığı) verir. Böyle devam edilerek en alt seviyedeki elemanların yerel önceliğinin ağırlığı belirleninceye kadar büyük işleme devam edilir.

Dört aksiyom Analitik Hiyerarşi Sürecini yönlendirir ve "asli" olarak ikili karşılaştırma notasyonunu faydalı kılar. **A** elemanları "alternatif" olarak isimlendirilen *n* tane elemana sahip sonlu bir küme, C de **A**'daki elemanların karşılaştırılması ile elde edilen vasıfların veya özelliklerin bir kümesi olsun. C'nin elemanlarına ölçütler adı verilir ve bir ölçüt ilkeldir.

C deki bir ölçüt yardımıyla **A**'daki elemanlar üzerinde bir "karşılaştırma" bağıntısı oluşturulur. >c, **C**'deki bir c ölçeği yardımıyla tanımlı **A** üzerinde "daha fazla tercih edilir" bağıntısı olduğu kabul edilirse ~ ε da yine **C** de C ölçütü yardımıyla tanımlanan "farksız" bağıntısı olduğunda, buna göre $\forall C \in \mathbf{C}$ için A'da verilen A_i ve A_j elemanları için ya $A_i > cA_j$ veya $A_j > cA_i$ ya da $A_i \sim cA_j$ dir. Daha fazla tercih edilir veya farksızdır ifadesini belirlemek için $A_i \geq cA_j$ sembolü kullanılır. **C**'deki bir C ölçütüne göre tanımlanan >c bağıntılarının ailesine bir ilkellik adı verilir.

B, **AxA'**dan pozitif reel sayıların R^+ kümesine tanımlı dönüşümlerin kümesi ve $f : C \rightarrow B$ bir fonksiyon olduğunda, $\mathbf{C} \in C$ için $Pc \in f(C)$ olsun. Pc, her bir $(A_i, A_j) \in \mathbf{AxA}$ ikilisine bir pozitif reel sayı karşılık getirir. Pc(A_i , A_j) sayısını a_{ij} ile gösterildiği bu durumda $a_{ij} \in R$ dir. Her bir $C \in \mathbf{C}$ için (AxA, R^+ , Pc) üçlüsüne temel veya asli ölçek adı verilir. Buna göre bir temel ölçek, objeleri bir sayı sistemine dönüştüren bir dönüşümdür.

Tanım: Her $A_i, A_j \in A$ ve $C \in \mathbf{C}$ için **(2.1)**

$A_i > cA_j \, dir \Leftrightarrow Pc(A_i, A_j) = a_{ij} > 1$ ise

$A_i \sim cA_j \, dir \Leftrightarrow Pc(A_i, A_j) = 1$ ise

Eğer $A_i > cA_j$ ise $C \in \mathbf{C}$'ye göre A_i , A_j 'ye üstündür (baskındır) denir. Böylece Pc, bir alternatifin diğer alternatif için tercihdeki güçlülüğü veya yoğunluğu temsil eder.

Aksiyom 1 (Çift taraflılık veya Geçiş Aksiyomu)

Bütün $A_i, A_j \in A$ ve C $\in$ C için Pc (A_i, A_j)= Pc (A_i , A_j) $^{-1}$ 'dir.

Bu aksiyom karşılaştırma matrislerinin oluşturulmasına yardımcı olur.Bir karşılaştırma matrisi biliniyorsa buna karşılık gelen diğer karşılaştırma matrisi de biliniyor demektir. Çünkü birisi (a_{ij}) ise diğeri (a_{ji}) dir ve a_{ji} = (a_{ji}) $^{-1}$ olarak alınır.

$A = (a_{ij}) = (Pc(A_i , A_j))$, $C \in C$ kriterine göre karşılaştırılan alternatif çiftlerin bir kümesi olsun. Pc'nin tanımından ve Aksiyom 1'den A, tersi var olan bir pozitif matristir. Nesne A da verilen karşılaştırılabilen çiftlerden alternatiflerin rölatif (göreceli) üstünlüğünün bir ölçütünü elde etme işidir.

Karşılaştırma matrisi A ile alternatiflerin bir kümesinin rölatif (göreceli) baskınlığının nasıl elde edileceği aşağıdaki gibi tanımlanır.

$R_{M(n)}$ $\forall C \in C$ *için* $A = (a_{ij}) \equiv (Pc(A_i, A_j))$ tersinir pozitif (nxn) tipindeki matrislerin kümesini gösterirse, $[0,1]^n$ $[0,1]$ aralığının kendisi ile n defa kartezyen çarpımı ve *n* $A \in R_{M(n)}$ için $W : R_{M(n)} > [0,1]^n$ olur. O zaman W(A) bileşenleri [0,1] aralığında bulunan bir n boyutlu vektördür. ($R_{M(n)}$,$[0,1]^n$, *W*) üçlüsü elde edilen ölçektir. Elde edilen her ölçek ilişkili iki sayı sistemi arasında bir dönüşümdür.

AHS'nin önemli bir yönü tutarlılık düşüncesidir. Birisinin, bazı nesneler tarafından sahip olunan özellikler için bir ölçeği var ve bu özellikleri ölçerse o zaman bu özelliğe göre nesnelerin rölatif (göreceli) ağırlıklarının sabit olduğunu görür. Bu durumda hükümsel bir tutarsızlık yoktur. (Birisi de fiziksel bir ölçeğe sahip ve onu ikili nesnelere uygularsa o zaman karşılaştırma matrisi ile ölçüt üzerinde nesnelerin rölatif önemi elde edilmesine rağmen fiziksel ölçeğin uygulanmasında bazı sapmalar meydana gelebilecek ve tekrar bir tutarsızlık mevcut olacaktır). Fakat ölçeği oluşturulmayan ve ölçülmeyen bazı özelliklere göre nesneleri karşılaştırırken yani nesneleri ikişer ikişer mukayese etmek için bir ölçek geliştirilmeye çalışılır. Nesneler birden fazla karşılaştırma kriterine sahip olabileceklerinden ve standart bir ölçeğimiz bulunmadığından, diğer taraftan hüküm gereği rölatif değerlere karşılık getirildiğinden tutarsızlıklar oluşabilir.

AHS deki tutarsızlıklar aşağıdaki gibi tanımlanır ve bu tutarsızlıkları ölçebilme imkanı mevcuttur.

Tanım: Pc dönüşümünün tutarlı olması için gerek ve yeter şart bütün i, j, k'lar için $Pc(A_i, A_j)Pc(A_j, A_k) = Pc(A_i, A_k)$ eşitliğinin sağlanmasıdır. Benzer olarak karşılaştırma matrisi A'nın tutarlı olması için gerek ve yeter şart her i, j, k için $a_{ij}\, a_{jk} = a_{ik}$ olmasıdır. **(2.2)**

Hiyerarşik aksiyomlar ile ilgili tanımlar incelendiğinde, kısmi sıralı bir kümede "x<y", x<y ve x ≠ y olarak tanımlanır ve bu durumda y'nin x'i kapsadığı (veya x den baskın olduğu) söylenir. Eğer x<y ise x<t<y şartını sağlayan t'nin mevcut olmadığı kabul edilir. x^- ve x^+ notasyonları ile $x^- = \{y : x \text{ y yi kapsar}\}$ ve $x = \{y : y \text{ x i kapsar}\}$ tanımlamalar yapılır.

H kısmi sıralı sonlu bir küme olursa ve aşağıdaki şartları sağlarsa H'ye bir hiyerarşi adı verilir.

a) Tek bir eleman b ve $L_k = \{b\}$ olmak üzere bazı h ve k=1,2,...,h için H'nin, L_k kümelerinden oluşan bir parçalanması vardır.

b) k = 1,2,...,h-1 olmak üzere $x \in L_k$ ise $x^- \in L_{k+1}$ 'dir.

c) k = 2,...,h olmak üzere $x \in L_k$ ise $x^+ \in L_k$ 'dir.

Temel notasyonlar ve oluşturulan ölçekler sırası ile C ve A'nın yerleri değiştirilerek $x \in L_k$, $x \subseteq L_{k+1}$ 'e genişletilebilirler. x^- 'deki elemanların x ile mukayesesi sonucu elde edilen ölçeklere lokal olarak elde edilmiş ölçek (yerel ölçek) veya x^- 'deki elemanlar için "yerel öncelikler" adı verilir.

Tanım: Verilen $p \geq 1$ pozitif sayısı verildiğinde, her $y_1, y_2 \in x^-$ çifti için $\frac{1}{p} \leq Pc(y, y) \leq p$ oluyorsa $x^- \subseteq L_{k+1}$ (boş olmayan) kümesine $x \in L_k$ 'ya göre ρ- homojendir denir. Özellikle eşit taraflılık aksiyonumdan $Pc(y_i, y_i) = 1$ elde edilir. **(2.3)**

Aksiyom 2 (Homojenlik Aksiyomu)

Bir H hiyerarşisi, $x \in H$ ve $x \in L$ verildiğinde, k=1,2,..., h-1 için $x^- \subseteq L$ ye ρ-homojendir denir.

Birbirinden çok farklı karışık elemanların karşılaştırılması çok zor olduğundan homojenlik anlamlı karşılaştırmalar için çok önemlidir. Örneğin büyüklük bakımından kumun içindeki bir toz zerreciğin portakalla mukayesesi

(karşılaştırılması) mümkün değildir. Farklılık büyüdüğünde ya elemanlar büyüklükleri karşılaştırabilecek şekilde gruplandırılmalıdır ya da hepsi farklı seviyelerde ele alınmalıdır.

L_k , $L_{k+1} \subseteq H$ verildiğinde $y \in x$ ve $x \in L_k$ için elde edilen yerel ölçek k=2,3,...,h-1 olmak üzere $\Psi_{k+1}(y/x)$ ile gösterilir. Genelliği bozmadan $\Psi_{k+1}(yx) = 1$ olduğunu kabul edilirse, sütunları L_{k-1}'deki elemanlara göre L_k'daki elemanların yerel ölçeklerinden oluşmuş $\Psi_{k+1}(L_k / L_{k-1})$ matrisini göz önüne alınır.

Tanım: $\forall C \in \boldsymbol{C}$ ile A kümesi üzerinde bir temel ölçek tanımlanabiliyorsa A kümesine C kümesi üzerine dıştan bağımlıdır denir. **(2.4)**

Bir üst seviyedeki kriterlere göre hiyerarşi bir seviyesindeki ilişkili elemanların süreci bir alt seviyedeki elemanların bir üst seviyedeki elemanlara olan bağımlılıklarını ifade eder, açıklar, öyle ki; aralarında karşılaştırmalar yapılabilir. Hedefler için adımlar hiyerarşi içinde en tepe seviyeye kadar karşılaştırılabilir seviyeler boyunca yukarıya doğru tekrar edilir.

Bir seviyede bulunan kriterler bir diğer seviyedeki özelliklere göre bu seviyeye bağlıdırlar. Endüstrideki girdi ve çıktılar aşağıdaki şekilde biçimlendirilen bir iş bağımlılık düşüncesine örnektir.

Tanım: **A** kümesi **C** üzerine dıştan bağımlı olsun. En az bir $A \in \boldsymbol{A}$ için **A**, A üzerine dıştan bağlı ise A'daki elemanlara $C \in \boldsymbol{C}$ ile içten bağımlıdır denir. **(2.5)**

Aksiyom 3

H, seviyeleri L , L ,..., L_h olan bir hiyerarşi olsun. k=1,2,...,h-1 ve her

bir L_k için

1. L_{k-1}, L_k 'ya dıştan bağlıdır.

2. L_k'daki bütün x'ler ile L_{k+1} içten bağlı değildir.

3. L_k^{k+1} , L_{k+1} üzerine dıştan bağlı değildir.

Aksiyom 4 (Beklentiler Aksiyomu)

Beklentiler aksiyomunun matematiksel ifadesi $C \subset H - L_h$, $A = L_h$ *'dir.* Bu aksiyom sadece inanışları için sebepleri olan düşünceli bireylerin kendi düşüncelerinin modelde yeterince temsil edildiğinden emin olmalarının bir ifadesidir.

Bütün kriterler, alternatifler ve beklentiler (açık veya ima ile) hiyerarşi içinde temsil edilebilirler.

Aksiyom 3'deki kavramlara dayanarak bir ağırlık fonksiyonu geliştirildiğinde,

her bir $x \in H$ için

$$\text{Wx: x}^{1} \rightarrow [0,1] \sum_{y \in x^{-}} w_x(y) = 1 \qquad \textbf{(2.6)}$$

olacak şekilde (hiyerarşik olarak yapılandırıldığından doğası olağanüstü olaylara bağlı) uygun bir ağırlık fonksiyonu vardır.

Dikkat edilirse x boştan farklı için h=1 en son seviyedir. L_i kümeleri hiyerarşinin seviyeleridir ve W_x fonksiyonu x objesine göre bir seviyenin elemanlarının öncelik fonksiyonudur. Bazı L_k seviyeleri için $x \neq L$ olsa bile, x'de olmayan L_k içindeki elemanların görüntüsünü 0'a eşit tutarak L_k 'ların tamamı için W_x tanımlanabilir.

Ağırlık fonksiyonu, hiyerarşi teorisinin uygulanmasında katkısı bulunanların en önemli olanlarından biridir.

Bütün $x \subset L_k$ 'ler için $x^{+} \subset L_{k-1}$ ise bu hiyerarşiye tamdır denir.

3.2 Seyir Planlaması Araçlarının Seçimi Üzerine AHS Modeli

Günümüzde bilgi teknolojilerinin gelişmesiyle denizcilik endüstrisi de sürekli bir gelişim içindedir. Seyir güvenliği sağlamak amacıyla seyir teknolojisi ve sistemlerinin gelişimi de büyük önem kazanmıştır. Elektronik kontrol sistemleri, denizcilerin kısıtlı görüş, kötü hava koşulları gibi durumlarda gemilerini kumanda etmelerini kolaylaştırır. Bunun yanında deniz trafiğinin güvenli ve kesintisiz bir şekilde akışı için gemilerin tavsiye edilen rotalarında seyretmelerini sağlamak, liman giriş ve çıkışları dahil olmak üzere deniz trafiğini düzenlemek, gemilere belirli zamanlarda veya istendiğinde trafik, hava durumu gibi bilgiler vermek, sisteme dahil olan gemilere ait verileri toplamak, değerlendirmek ve herhangi bir kaza anında olaya ait kayıtları tutarak, birimler arası koordinasyonu sağlamak için de bu tür sistemler kullanılır. Son yıllarda elektronik seyir yardımcı cihazları arasına en son teknolojileri içeren ECDIS cihazı katılmıştır. Kağıt haritanın alternatifi olarak tasarlanan bu sistem, günümüzde gemi köprü üstünde yavaş yavaş yerini almaktadır.

3.2.1 Araştırmanın Kapsamı ve Yöntemi

Denizcilik şirketleri ve armatörler gemilerin köprü üstünde seyir yardımcısı

araçlarından olan ECDIS cihazının önemi gün geçtikçe anlaşılmaya başlamıştır. Denizcilik şirketleri ve armatörler ECDIS cihazının kağıt haritanın alternatifi olarak gemi köprü üstüne konulması noktasında, ne yönde ve nasıl hareket edeceklerini bilememektedirler. Bu nedenle yapılacak en doğru hareket cihazın gemiye donatılıp donatılmaması kararını etkileyen değişkenler arası ilişkileri ortaya koyan bir model oluşturmaktır. Bu çok ölçütlü karar verme probleminde amaç, modelin sonuçlarını kabul ederek, ECDIS'in gemilerin köprü üstüne donatılıp donatılmama kararını bu sonuçlara göre vermek ve alternatifler arasından en uygun olanı seçmektir.

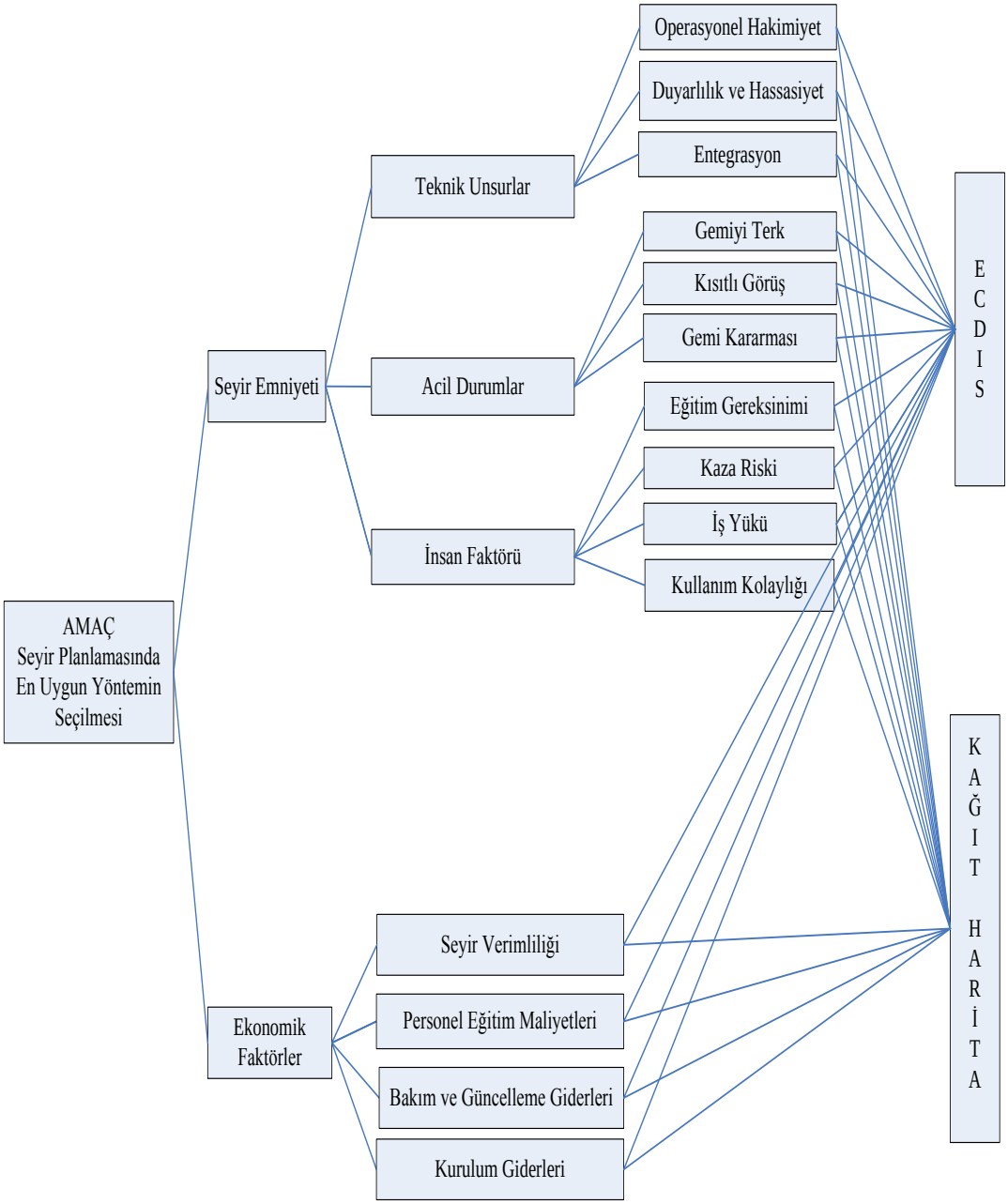
Saaty tarafından geliştirilen AHS, birden çok ölçüt içeren karmaşık problemlerin çözümünde kullanılan bir karar verme yöntemidir. AHS, karar vericilerin karmaşık problemleri, problemin ana hedefi, kriterleri, alt kriterler ve alternatifleri arasındaki ilişkiyi gösteren bir hiyerarşik yapıda modellemelerine olanak verir.

Karar hiyerarşisinin tanımlanabilmesi durumunda kullanılan, kararı etkileyen faktörler açısından karar noktalarının yüzde dağılımlarını veren bir karar verme ve tahminleme yöntemi olarak açıklanabilir.

AHS bir karar hiyerarşisi üzerinde, önceden tanımlanmış bir karşılaştırma skalası kullanılarak gerek kararı etkileyen faktörler ve gerekse bu faktörler açısından karar noktalarının önem değerleri açısından, birebir karşılaştırmalara dayanmaktadır. Bu karar probleminin çözümünde AHS yönteminin kullanılmasının uygun olacağı düşünülmüş ve bu doğrultuda uygulama gerçekleştirilmiştir [30-31].

3.2.2 Hiyerarşik Yapının Oluşturulması

AHS yönteminde karar probleminin daha kolay anlaşılıp değerlendirilmesi için ilk adım olan ayrıştırma sürecinde, hiyerarşik düzen oluşturularak alt etkenler belirlenerek karar hiyerarşisi oluşturulur. En üst kademede amaç yer almaktadır. Bir alt seviyede kararın kalitesini ve ana hedefi etkileyecek kriterler belirlenir . Bu kriterlerin altında, alt kriterleri etkileyecek diğer kriterler de eklenebilir. Bu noktada hiyerarşinin kademe sayısı, problemin detayına ve karmaşıklık derecesine göre değişir [32]. Karar hiyerarşisinin en altında ise karar alternatifleri yer almaktadır. Denizcilik firmaları ve armatörlerin karar problemini hiyerarşik bir düzende, problemi etkileyen kriterlere ayrıştırdığımızda, şekil 3.1'deki gibi hiyerarşi oluşmaktadır.



Şekil 3.1: Hiyerarşik Yapı

Hiyerarşini en üst seviyesinde seyir planlamasında en uygun yöntemin seçilmesi amacı yer almaktadır. Kriterler ekonomik faktörler ve seyir emniyeti olarak bir alt kademede yer almaktadır. Ekonomik faktörlerin alt kriterleri, kurulum giderleri, bakım ve güncelleme giderleri, personel eğitim maliyetleri, seyir verimliliği olarak, seyir emniyetinin alt kriterleri ise insan faktörü, teknik unsurlar, acil durumlar olarak belirlenmiştir. Alt kriterleri etkileyen kriterler, kullanım kolaylığı, iş yükü, kaza riski, eğitim gereksinimi, entegrasyon, duyarlılık ve hassasiyet, operasyonel hakimiyet, gemi kararması, kısıtlı görüş, gemiyi terk olarak yapılandırılmıştır. Karar

hiyerarşisinin en alt kademesinde ise karar alternatifleri yani ECDIS kullanımı ve kağıt harita kullanımı yer almaktadır.

Ekonomik faktörler düşünüldüğünde IMO, Elektronik haritaların kağıt haritaların yerine kullanılabilmesini belli standartlar altında kabul etmiş ve ülkelerin denizcilik birimlerine bırakmıştır. Karar hiyerarşisinde kurulum maliyetleri gemi köprü üstünün ilk donatımına baz alınarak değerlendirilmiştir. ECDIS konsolları marka ve modellerine göre 10000 USD civarında olmakla birlikte, bu fiyatların teknolojik her cihazda olduğu gibi zamanla düşeceği tabidir. Dünyada 3500 civarında basılı Admiralty harita mevcuttur. Bu haritaların birim fiyatı 17,60 GBP'dir. Ülkemizde, bu fiyat daha da artmaktadır. Sürekli aynı hatta çalışmayan bir gemide 500 - 1000 civarında harita bulunmaktadır. ARCS elektronik formatlı haritaların ARCS (Elektronik formatlı Admiralty üretimi) bölge fiyatı 1100 GBP, tüm dünya fiyatı 6000 GBP, C-Map üretimi Elektronik haritaların tüm dünya fiyatı 3490 GBP'dir. Kağıt haritaların sıklıkla yeni basımları çıkmakta, bunların tedariki ve gemiye ulaştırılması ek maliyetler getirmektedir. Bunun yanında dünyada belli seyir alanlarında, örnek olarak Singapur Kanalında pilot alan ECDIS'li gemiler için pilotaj ücretlerinde indirimler sağlanmaktadır. Personel eğitimleri IMO'nun tavsiyelerine göre belirlenen model kurslar içinde beş günlük bir eğitimle tamamlanabilmektedir. ECDIS için personel eğitimi maliyetleri kurulum giderlerine göre oldukça düşük görünmektedir. Seyir verimliliği konusunda ECDIS cihazının rota planlama ve rota izleme fonksiyonu ile gemi planlanan rota üzerinde daha sağlıklı ilerlerken yakıt tasarrufu sağlanmaktadır.

Gemilerde vardiya zabitinin en çok zamanını alan işlerden biri harita ve yayınların güncellenmesidir. Kağıt haritalarda harita düzeltimi, gemiye gelen Denizcilere İlanlar vasıtasıyla yapılmaktadır. Harita düzeltilmesini gerektiren bir olay meydana geldiğinde, olayın tesbiti, Denizcilere İlanlar'a basımı, geminin şirketine, ve gemiye yollanması ve gemide harita ve yayınların güncellenmesi ortalama olarak 12 haftayı bulmaktadır. ECDIS'lerde kullanılan elektronik haritalarda ise güncelleme, uydular ve internet vasıtasıyla, veya CD'ler yardımıyla yapılmaktadır. Kağıt haritalarda 12 haftayı bulan düzeltme süreci, elektronik haritalarda bir haftada tamamlanabilmektedir.

İnsan faktörü alt kriterleri ele alındığında seyir planlama yöntemlerinin kullanım kolaylığı, araçların ara yüzlerinin kullanışlılığı anlamına gelmektedir. İnsan kullanımına en elverişli olan aracın seçilmesi asıl önemli noktadır. İş yükü, seyir planlaması amacıyla kullanılan cihazların seyir için hazırlanması, geminin seyir esnasında kontrolü işlemlerinin güvenli bir şekilde sağlanması amacıyla değerlendirilmektedir. Bunun yanında iş yükü kriteri altında insan yorgunluğu da değerlendirilmektedir. Kaza riski araçların kullanımında yapılabilecek hataların ne derecede seyir emniyetine etkili olabileceğini tespit eden alt kriterdir. Eğitim gereksinimi karar hiyerarşisine eklenirken, gemilerde çalışması için denizcilik şirketlerince görevlendirilecek kaptan veya zabitlerin gemide donatılmış olan seyir planlama araçlarının kullanabilmesi için gerekli olan eğitim ve yeterlilik göz önünde bulundurulmuştur. Zira, lisans eğitimini tamamlamış zabitler kağıt harita kullanımı yeterliliğine kavuşmuşken, ECDIS cihazı kullanımı için ayrı bir eğitim alması gerekmektedir.

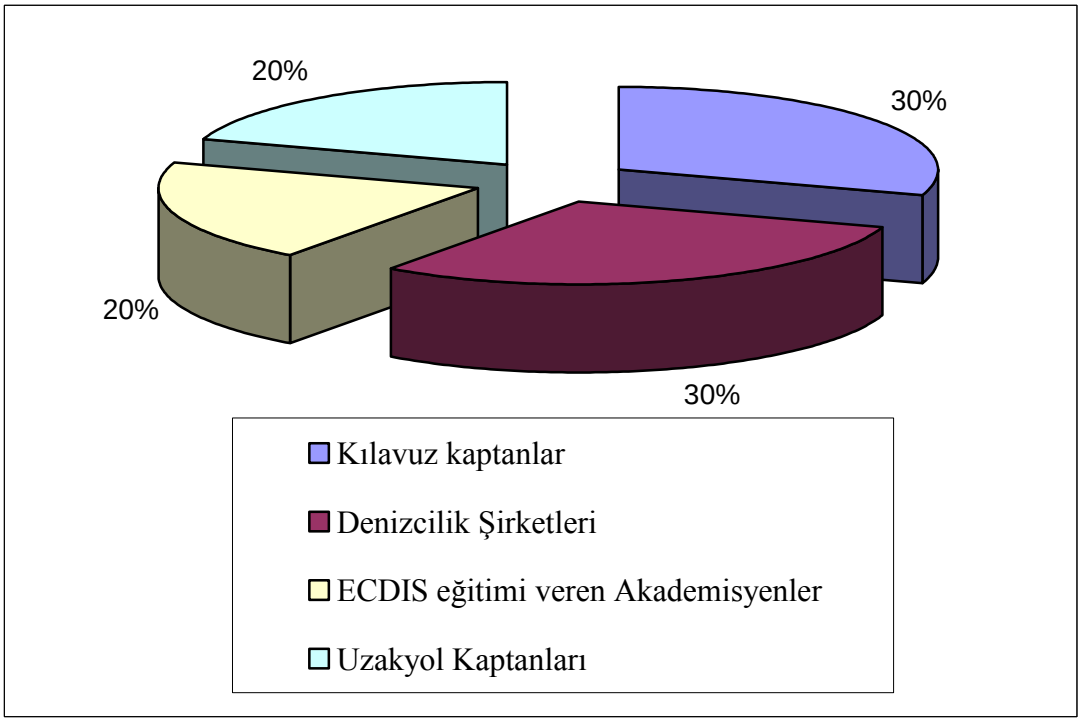
Teknik unsurlar alt kriterleri göz önüne alındığında gemilerin köprü üstünde, seyir amaçlı kullanılacak araçların arasında veri alışverişi sağlanarak daha verimli ve güvenli seyir yapılabilmesi, entegrasyon kriteri altında değerlendirilmiştir. Duyarlılık ve hassasiyet kriteri seyir araçları kullanılırken yapılabilecek hata oranının önemi yüzünden karar hiyerarşisine eklenmiştir. Seyir planlaması için kullanılacak araçların arasındaki seçimde, rota planlamasının yapılmasındaki verimlilik, operasyonel hakimiyet olarak isimlendirilmiştir.

Acil Durumlar alt kriterleri değerlendirilirken gemi kararması kriteri, köprü üstündeki seyir planlaması yardımcı cihazlarının elektriğe olan bağımlılığı göz önünde bulundurulmuştur. ECDIS cihazının elektriğe olan bağımlılığı, yedek akü sistemleriyle desteklenerek güvenli hale getirilmiş olsa bile, bu cihazın elektronik devrelerden oluşan bir donanım olduğu ve kağıt haritanın böyle bir bağımlılığı olmadığı unutulmamalıdır. Kısıtlı görüş koşullarında seyir yapmanın oldukça zor olduğu düşünülürse, köprü üstünde çalışan vardiya zabitleri ve kaptanların seyirle ilgili bütün bilgileri en kısa zamanda ve en doğru olarak alabilmesi çok önemlidir. Daha verimli gözcülük yapılabilmesi için zamandan yapılan kazanç çok önemli hale gelmektedir. Herhangi bir olumsuz koşuldan dolayı oluşan gemi batması, gemi yangını gibi durumlarda oluşan gemiyi terk kriteri, gemiyi terk ederken denizcilerin filikalara binerken yanına alacağı rota çizimi için kullanılan seyir aracını

değerlendirmek için belirlenmiştir. Bu noktada kağıt haritaların filikalara kolayla götürülebileceği, ECDIS'de ise böyle bir şansın olmadığı önemli bir noktadır.

3.2.3 Anket Çalışması ve Uzman Görüşlerinin Alınması

Türk denizcilik sektöründe çalışan kılavuz kaptanlardan, uzak yol kaptanlarından, denizcilik şirketlerinden ve ECDIS eğitimi veren eğitimcilerden alınan uzman görüşleri temel alınarak anket çalışması yürütülmüştür. Uzmanların dağılımı şekil 3.2'de görülmektedir.



Şekil 3.2: Uzmanların Sektörlere Göre Dağılımı

İncelemede kullanılan kriterler belirlendikten sonra, belirlenen bu kriterlerin karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmesi ve göreli önem değerlerinin bulunması amacıyla hazırlanan anketin özellikleri aşağıda sıralanmıştır.

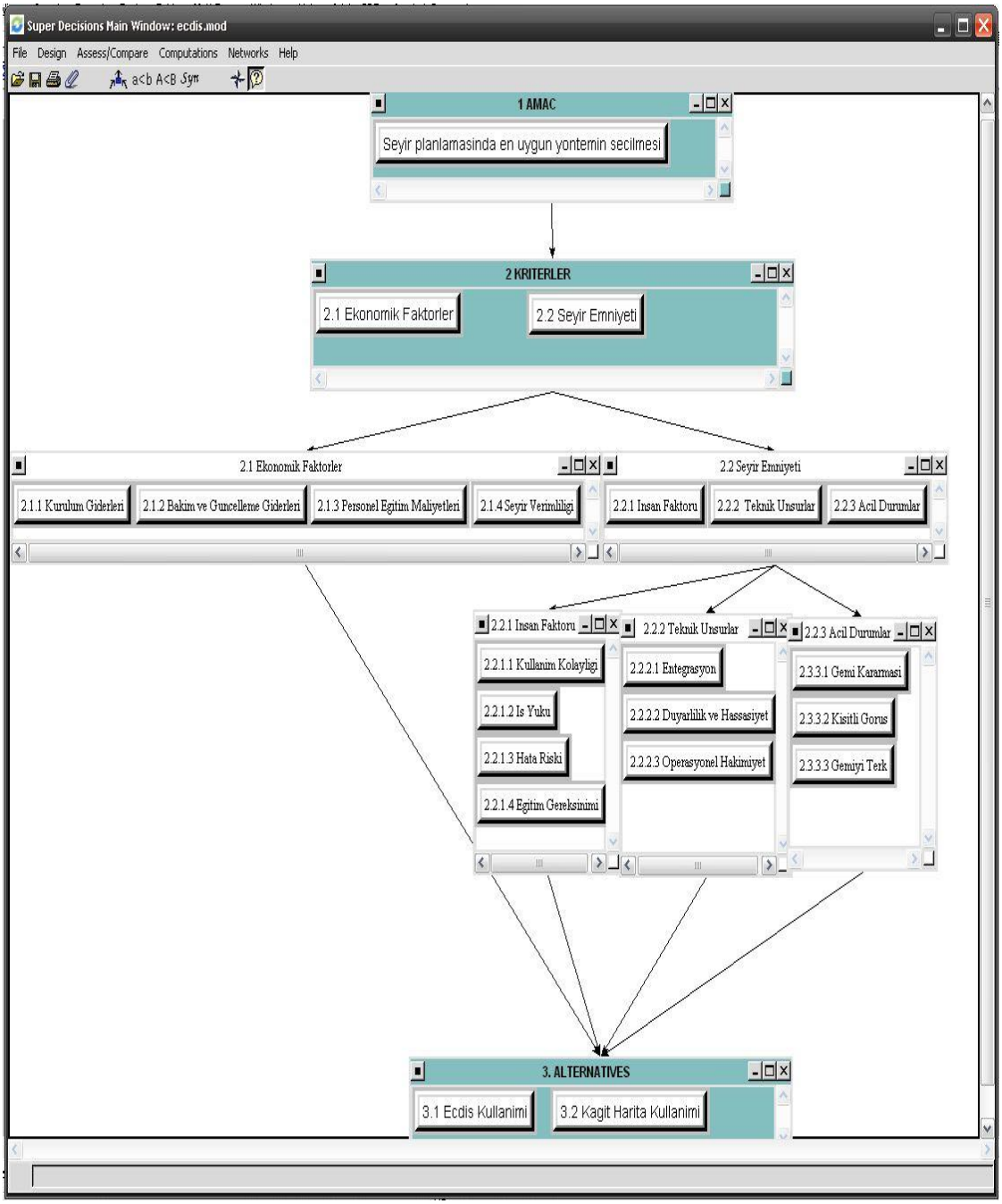
- Uygulanan anket sayısı 10'dur.
- Uzmanların %30'u, İstanbul Boğazı geçişini en az 300 kez gerçekleştirmiş kılavuz kaptanlardır.
- Uzmanların %30'u, denizcilik şirketlerinde uzman olarak çalışan ve uzak yol gemi kaptanlığı tecrübesi olan kaptanlardan oluşmaktadır.
- Uzmanların %20'sı, en az 5 yıllık meslek tecrübesi olan uzak yol gemi kaptanlarıdır.

- Uzmanların %20'si, ticari gemilerde çalışmış olan ECDIS ve ARPA Radar Simülatörü ile Türk boğazları geçişleri üzerinde eğitim veren akademisyenlerden seçilmiştir.

Ankete katılan uzmanlar, seyir planlamasında en uygun yöntemin seçilmesinde ortaya konulan tüm kriterler hakkında görüş sahibi oldukları tespit edilerek belirlenmiştir. Fakat, anket yolu ile uzmanlardan istenen, kazaya etki edebilecek faktörleri ikişer ikişer ele alıp, onları her bir kriter altında değerlendirirken, diğer kriterler ile geçici bir süre ilgilenmemeleridir. Bu yöntemin, uzmanların problemi parçalara ayırmak suretiyle her aşamada küçük karar kümeleri üzerine daha fazla dikkat göstermelerini sağladığı düşünülmektedir. İkişerli olarak karşılaştırılan kriterler, bir ölçüm skalası kullanılarak sıralanır. Ölçüm skalasının tespit edilmesinde, kriterlerin belirli değerlerinin güvenli seyir koşulu üzerinde son derece önemli, çok önemli, önemli, az önemli ve eşit önemli etki yapabileceği öngörülmüştür. Ek I'de konu'yla ilgili uzmanlar ile yapılan anket çalışması belirtilmiştir.

3.2.4 Yazılım Desteği ile Modelin Çözümlenmesi

Uygulanan anketten elde edilen veriler "Uzman Seçim" programı ile sayısal hale dönüştürülerek, istatistiki analiz gerçekleştirilmiştir. "Super Decisions" yazılım paketi Analitik Hiyerarşi Yöntem'inin yazılım programı olarak "Super Decisions" firması tarafından geliştirilmiştir. Super Decisions, karmaşık problemlerin analizinde kullanılan bir karar destek aracıdır. Karar vericilerin çok basit ve kolay bir biçimde karar problemini hiyerarşik bir yapıda görüntülemelerine, gerekli ikili yargıları yapmalarına, otomatik olarak özdeğer yaklaşımı ile göreli öncelikleri hesaplamalarına olanak vermektedir. Ayrıca, bireysel veya grup bazında analiz yapmaya elverişli bir programdır. Dünyanın her yerinde çok yüksek sayıda özel firma ve kamu kuruluşu, çok farklı uygulama alanlarında "Super Decisions" yazılımını kullanmaktadır [33]. Bu yazılımın ara yüzü şekil 3.3' de sunulmaktadır.



Şekil 3.3: Super Decisions Yazılımı

3.2.5 Modelin Bulguları

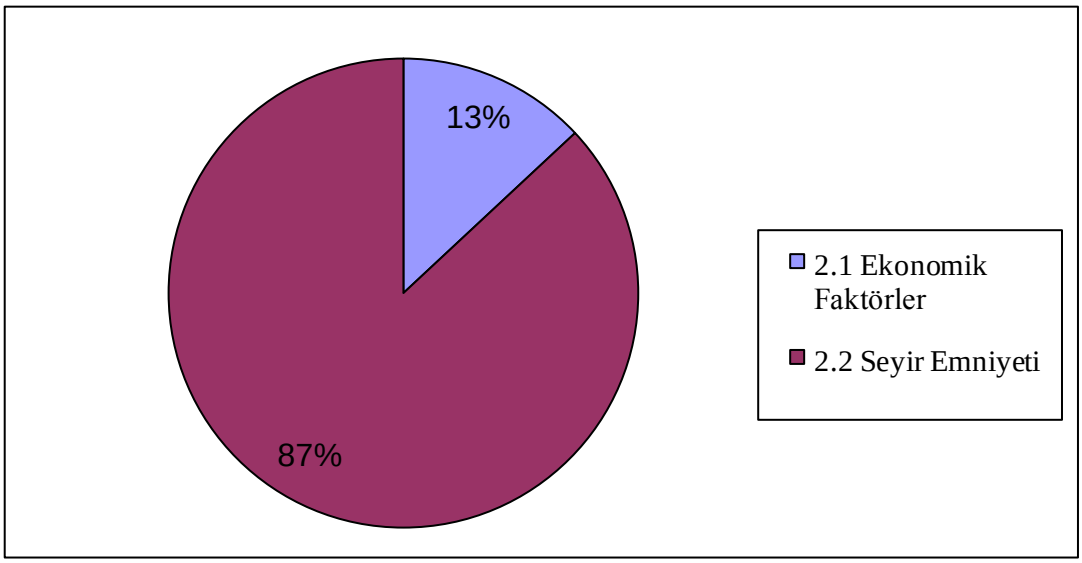
Uzman görüşlerinden elde edilen sonuçların AHS Yöntemi ile değerlendirilmesi neticesinde, görülen tüm kriterlerin kendi grupları içerisinde AHS yöntemi metodolojisine uygun olarak belirlenmiş ikili karşılaştırma matrisi kullanılarak ağırlıklı puanlar hesaplanmıştır. Burada önce; oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi normalize edilmiş, daha sonra oluşan bu normalize matrisin satırları toplanarak

bulunan matrisin tekrar normalize edilmesiyle, ağırlıklı puanlar hesaplanmıştır. Tablo 3.2'de modele ait elde edilen veriler toplu halde sunulmaktadır.

Tablo 3.2: AHS Modeli Bulguları

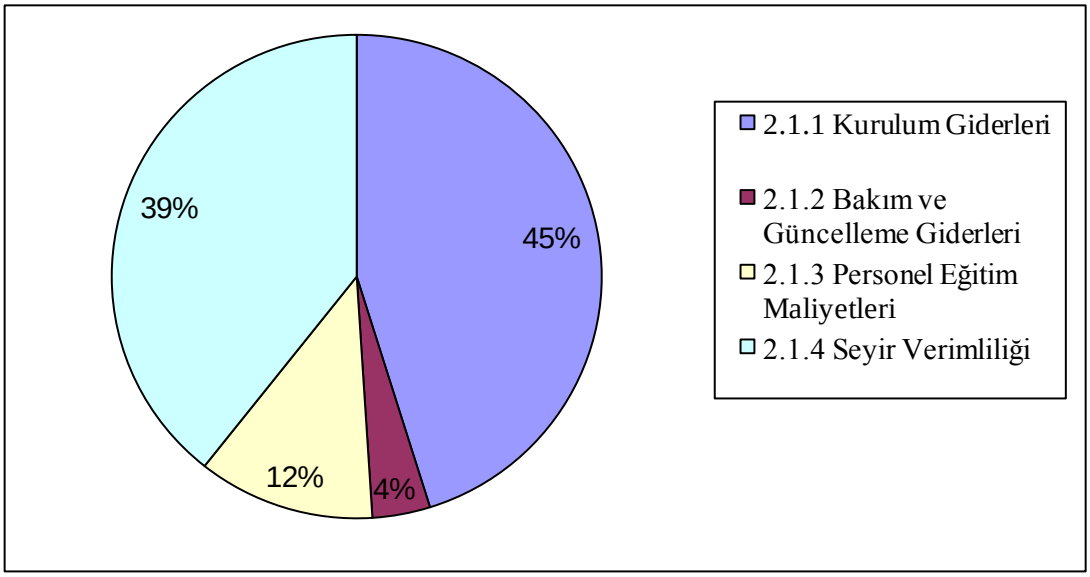
KRİTERLER	GENEL AĞIRLIKLAR	ECDIS KULLANIMI	KAĞIT HARİTA KULLANIMI
Ekonomik Faktörler	0,1304	0,4986	0,5014
Seyir Emniyeti	0,8696	0,7584	0,2416
ALT KRİTERLER			
Kurulum Giderleri	0,4514	0,2701	0,7299
Bakım ve Güncelleme Giderleri	0,0383	0,7976	0,2024
Personel Eğitim Maliyetleri	0,1173	0,1379	0,8621
Seyir Verimliliği	0,3930	0,8395	0,1605
İnsan Faktörü	0,7363	0,7887	0,2113
Teknik Unsurlar	0,1644	0,8509	0,1491
Acil Durumlar	0,0993	0,3812	0,6188
Kullanım Kolaylığı	0,3262	0,8582	0,1418
İs Yükü	0,4938	0,9000	0,1000
Hata Riski	0,0562	0,8744	0,1256
Eğitim Gereksinimi	0,1239	0,1228	0,8772
Entegrasyon	0,7118	0,8946	0,1054
Duyarlılık ve Hassasiyet	0,1093	0,8319	0,1681
Operasyonel Hakimiyet	0,1789	0,6885	0,3115
Gemi Kararması	0,5178	0,1667	0,8333
Kısıtlı Görüş	0,3340	0,8217	0,1783
Gemiyi Terk	0,1483	0,1379	0,8621
SONUÇ		0,7245	0,2755

Bu tür çalışmalarda detaylı bir analiz yapabilmek için problem hiyerarşisini oluşturan tüm öğelerin kendi hiyerarşik kademelerinde ayrı ayrı değerlendirilmeleri gerekmektedir. Bu çalışmanın akışı içerisinde öncelikle ana kriterler için karşılaştırmalı değerlendirme yapılacaktır. Seyir planlaması yönteminin seçiminde ekonomik faktörler ve seyir emniyeti ana kriterlerine göre önem dağılımına bakıldığında, ekonomik faktörlerin %87, seyir emniyetinin %13 olduğu görülmektedir. Bu sonuca göre seçim kararının verilmesinde seyir emniyetinin, ekonomik faktörlere göre çok daha önemli olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Ana kriterlerin ağırlık dağılımları şekil 3.4'de verilmiştir.



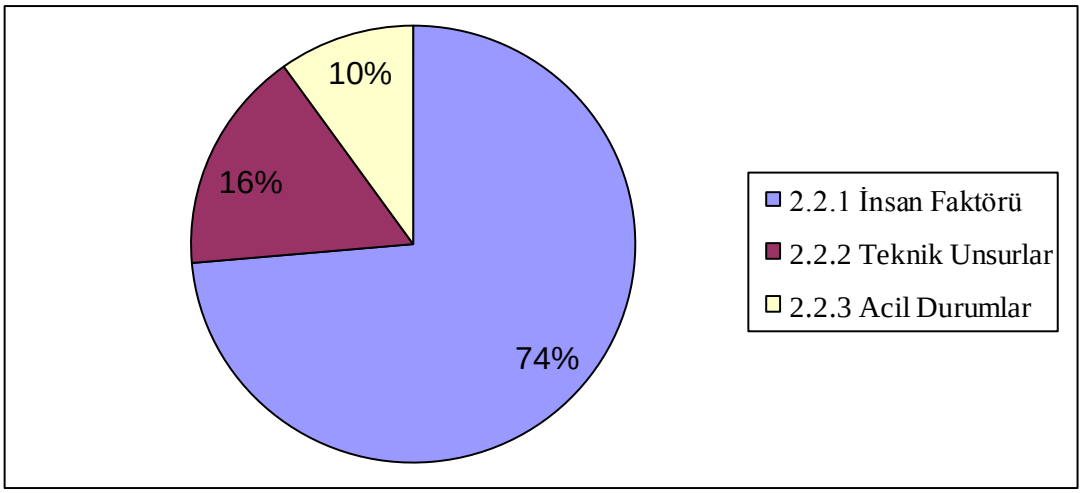
Şekil 3.4: Ana Kriterlerin Ağırlık Dağılımı

Ana kriterlerin dağılımı incelendiğinde seyir planlama yöntemin seçiminde ekonomik faktörlerin ön plana çıktığı görülmektedir. Ekonomik faktörlerin alt kriterlerinin kendi arasındaki önem dağılımına bakıldığında, kurulum giderlerinin %45, seyir verimliliğinin %39, personel eğitim maliyetlerinin %12 ve bakım güncelleme giderlerinin %4 olduğu görülmektedir. Bu sonuca göre ekonomik faktörler içinde denizcilik şirketleri ve armatörler için en önemli kriterlerin seyir verimliliği ve kurulum giderleri olduğu ortaya çıkmıştır. Ekonomik faktörlerin alt kriterlerinin ağırlık dağılımları şekil 3.5'de verilmiştir.



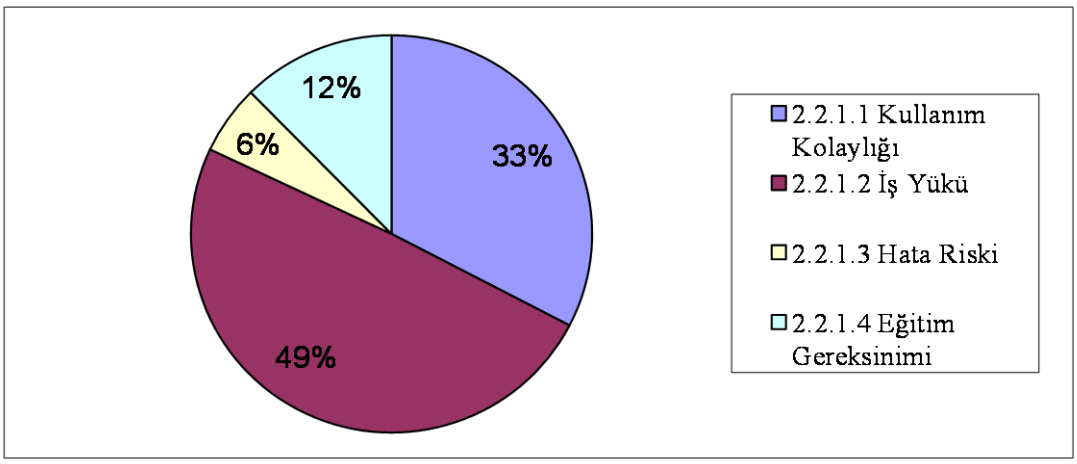
Şekil 3.5: Ekonomik Faktörlerin Alt Kriterlerinin Ağırlık Dağılımı

Seyir emniyeti kavramını oluşturan alt kriterlerinin kendi arasındaki önem dağılımına bakıldığında, insan faktörü %74, teknik unsurlar %16, acil durum %10 olarak şekillendiği görülmektedir. Kaza analizleri ve istatistiklerde insan faktörünün kazaların oluşumunda en etken sebep olması modelin bulgularıyla paralellik arz etmektedir. Seyir emniyeti alt kriterlerinin ağırlık dağılımları şekil 3.6'da verilmiştir.



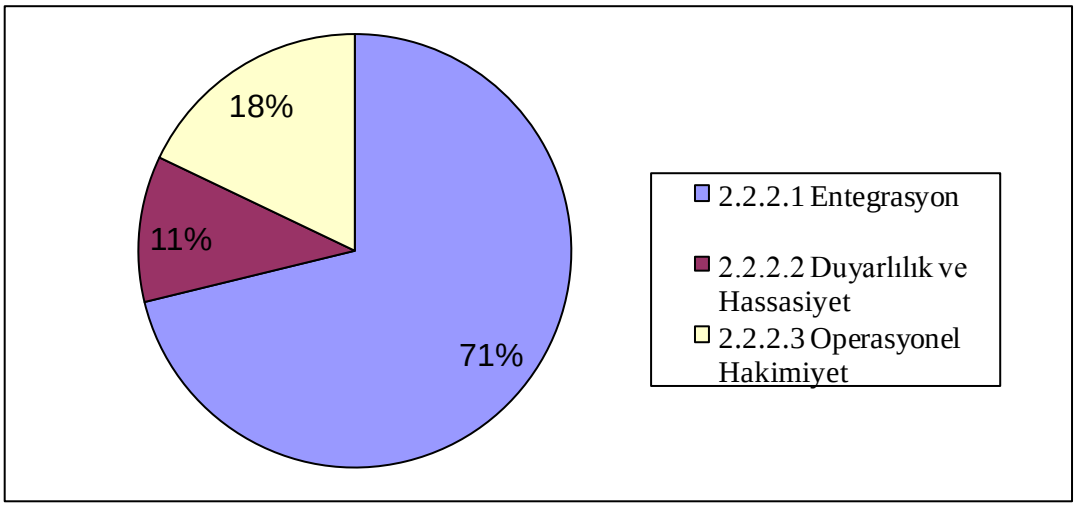
Şekil 3.6: Seyir Emniyeti Alt Kriterlerinin Ağırlık Dağılımı

İnsan faktörü alt kriterinin alt kriterleri kendi arasındaki önem dağılımına göre değerlendirildiğinde, iş yükünün %49, kullanım kolaylığının %33, eğitim gereksiniminin %6, hata riskinin %6 olduğu görülmektedir. Bu sonuca göre insan faktörünü etkileyen alt kriterler arasında iş yükü ve kullanım kolaylığının çok daha fazla önem kazandığı belirlenmiştir. İnsan faktörün kriterinin alt kriterlerinin ağırlık dağılımları şekil 3.7'de verilmiştir.



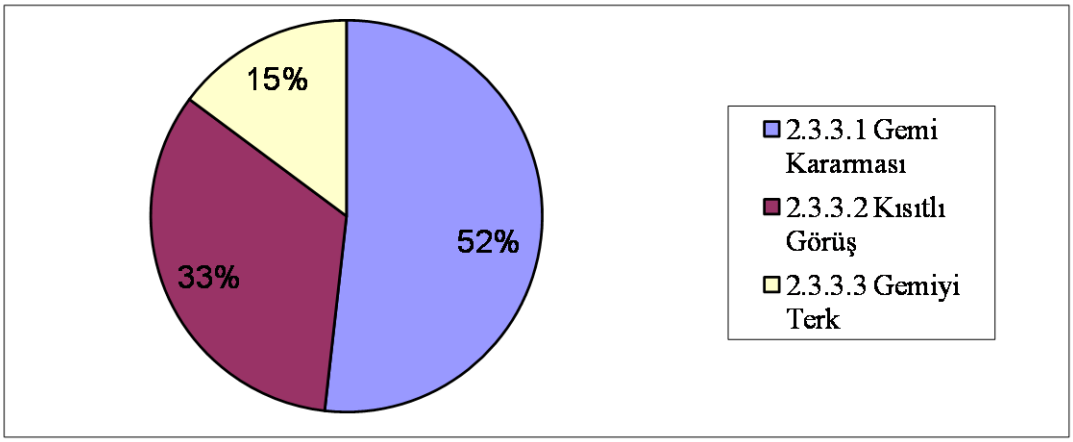
Şekil 3.7: İnsan Faktörü Alt Kriterlerinin Ağırlık Dağılımları

Teknik unsurlar alt kriterinin alt kriterleri önem dağılımına göre değerlendirildiğinde, entegrasyonun %71, operasyonel hakimiyetin %18, duyarlılık ve hassasiyetin %11 olduğu belirlenmiştir. Bu sonuca göre entegrasyonun ticaret gemileri için seyir planlaması aracının seçiminde büyük önemi olduğu belirlenmiştir. Teknik unsurlar kriterinin alt kriterlerinin ağırlık dağılımları şekil 3.8'de verilmiştir.



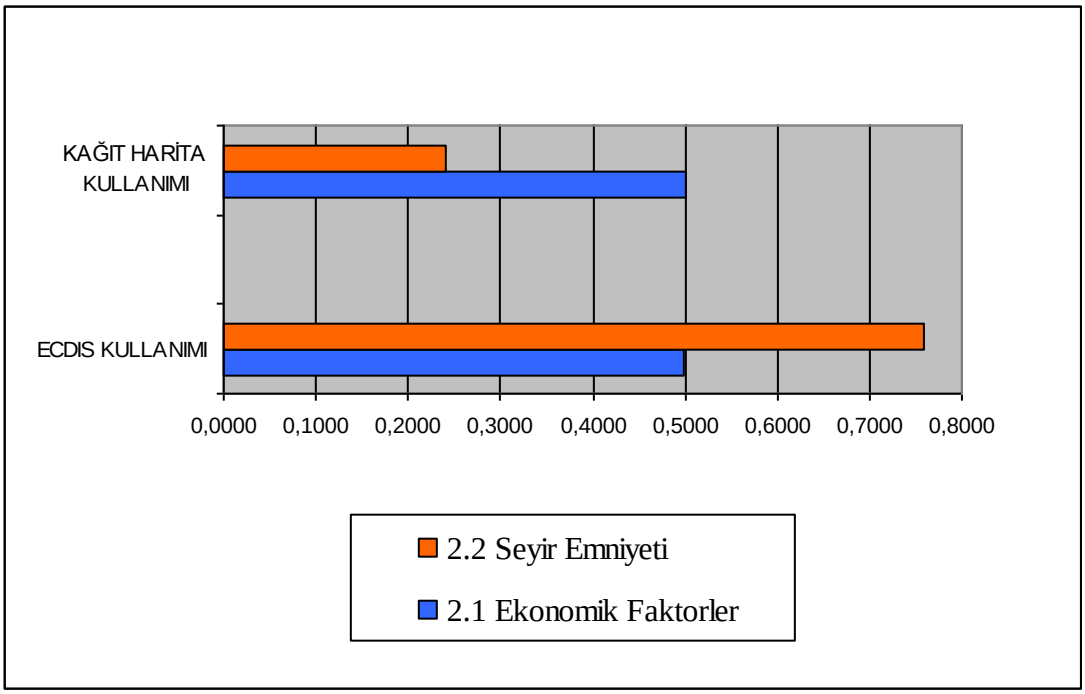
Şekil 3.8: Teknik Unsurlar Alt Kriterlerinin Ağırlık Dağılımları

Acil durumlar alt kriterinin alt kriterleri önem dağılımına göre değerlendirildiğinde, gemi kararmasının %52, kısıtlı görüşün %16, gemiye terkin %15 olduğu belirlenmiştir. Bu sonuca göre ticaret gemileri seyir sürecinde karşılaştığı acil durumlarda, seyir planlaması araçları arasında seçim yaparken gemi kararması ve kısıtlı görüş ön plana çıkmıştır. Acil durumlar kriterinin alt kriterlerinin ağırlık dağılımları şekil 3.9'da verilmiştir.



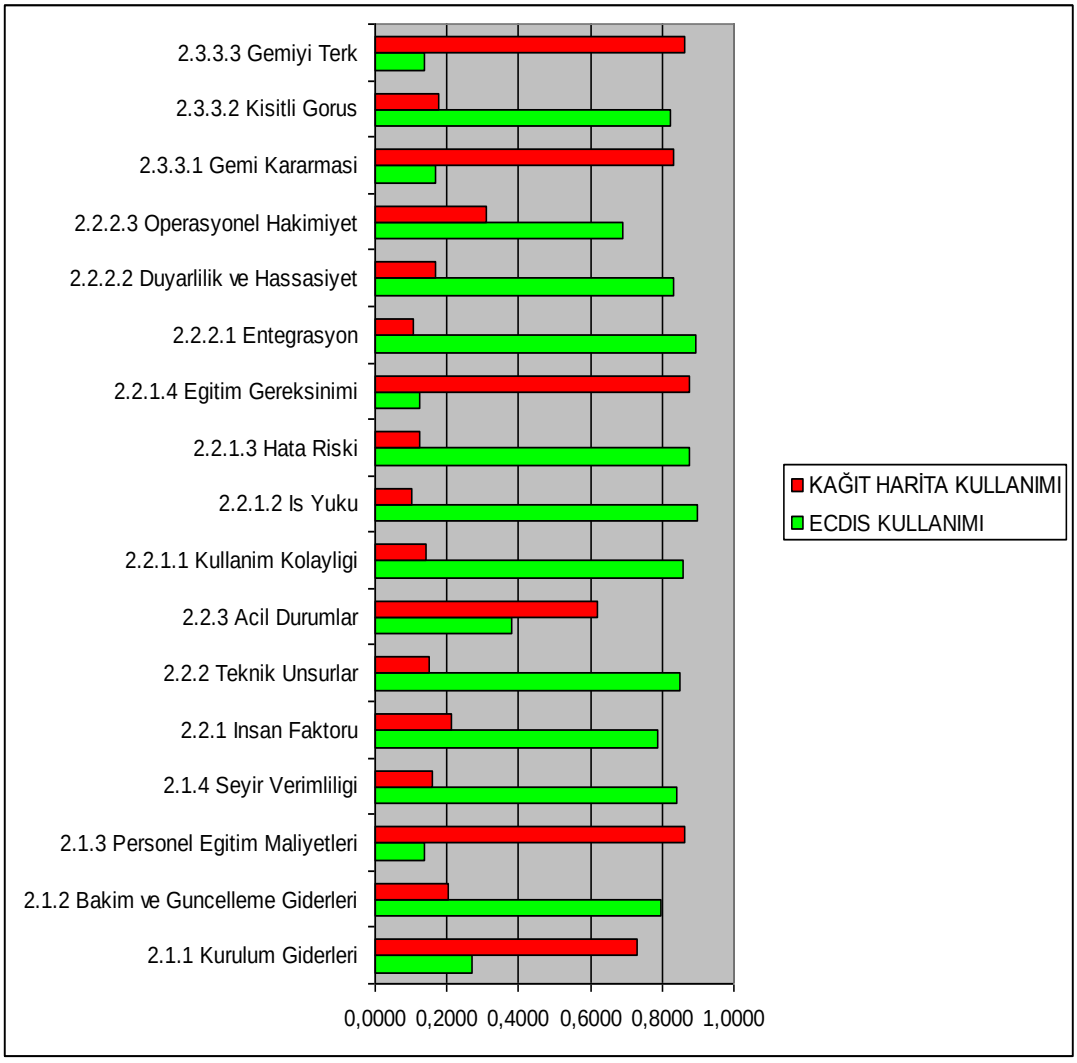
Şekil 3.9: Acil Durumlar Alt Kriterlerinin Ağırlık Dağılımları

Alternatiflerin ana ve alt kriterler açısından performans dağılımlarının incelenmesi alternatifler için zayıf ve güçlü yönlerin tespit edilmesine olanak sağlayacaktır. Öncelikle ana kriterler olan ekonomik faktörler ve seyir emniyeti açısından alternatiflerin karşılaştırılmalı analiz bulguları sekil 3.10'da sunulmaktadır. Buna göre seyir emniyeti açısından ECDIS kullanımının 0.7584, kağıt harita kullanımının 0,2416 ağırlıkta olduğu bulunmuştur. Ekonomik faktörler kriterinde ise ECDIS kullanımının 0,4986, kağıt harita kullanımının 0,5014 ağırlıkta olduğu çıkmıştır. Bu durumda seyir emniyeti açısından ECDIS'in üstünlüğü ortaya çıkmaktadır. Ekonomik faktörler açısından bakıldığında ECDIS ve kağıt haritanın yaklaşık aynı ağırlıkta olduğu görülmektedir. Ekonomik faktörlerde ağırlıklı olarak etken olan kurulum giderlerinde ECDIS dezavantajlı olmasına rağmen, seyir verimliliğinde avantajlı olduğu görülmektedir. Gün geçtikçe yeni teknoloji ürünü olan ECDIS'in fiyatının düşmesiyle birlikte kurulum giderlerinde de, kağıt haritaya göre üstün olacağı düşünülmektedir. Şekil 3.10'da seyir emniyeti ve ekonomik faktörler açısından alternatiflerin ağırlıkları görülmektedir.



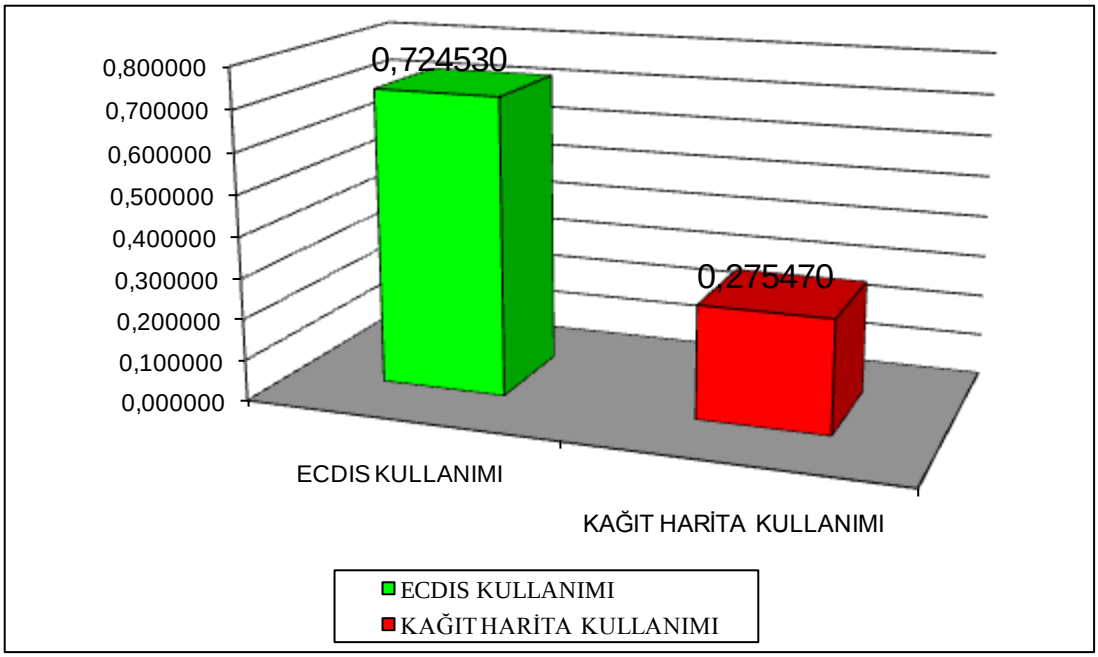
Şekil 3.10: Seyir Emniyeti ve Ekonomik Faktörler Açısından Alternatiflerin Ağırlıkları

Daha ayrıntılı bir inceleme için aynı sistematik yaklaşım ile alt kriterler açısından performans değerleri karşılaştırmalı olarak tespit edilmiştir. Bu değerlendirmeye ait bulgular şekil 3.11'de sunulmuştur.



Şekil 3.11: Tüm Kriterlerin Ağırlık Dağılımı

Analiz neticesinde seyir planlaması yönteminin seçiminde ECDIS alternatifinin 0,7245 ağırlık ile 0,2754 ağırlıklı kağıt haritaya göre çok daha avantajlı seyir planlama yöntemi olduğu görülmüştür. Alternatifler üzerine öncelik ağırlıklarının dağılım ve nihai karar şekil 3.12'de sunulmaktadır.



Şekil 3.12: Nihai Karar

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Son yıllarda bilgi teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte, denizcilik sektöründe ECDIS kavramı oldukça güncel bir şekilde yerini almıştır. Genel anlamda ECDIS, gemilerin seyir emniyetine yönelik gerçek zamanlı bir karar destek sistemi olup, gemilerde geleneksel olarak kullanılan kağıt haritanın alternatifi olarak üretilmiştir. ECDIS seyir emniyeti açısından kağıt haritaya göre oldukça avantajlı olması, armatör ve denizcilik firmalarını işlettikleri gemileri donatırken bu iki alternatif arasında seçim yapma zorunluluğuna itmiştir. Böyle bir çok ölçütlü karar verme probleminde armatörlerin ve denizcilik firmalarının karar vermesini kolaylaştırmak için karar hiyerarşisi geliştirilmiş ve bu hiyerarşiye göre alınan uzman görüşleriyle hiyerarşi unsurları ikili olarak birbirleriyle karşılaştırılmış ve AHS yöntemi uygulanarak, "Super Decisions" yazılımı yardımıyla göreli ağırlıkları tespit edilmiştir. Analiz sonunda elde edilen bulgulara göre problemin en alt kademesinde yer alan alternatifler için performans değerleri ortaya çıkmıştır.

Bu çalışma neticesinde ticari gemiler için seyir planlaması sürecini etkileyen en önemli faktör seyir emniyeti ve ilgili unsurlardır. Özellikle insan faktörü bu sürecin tamamında en önemli etken olarak kendini göstermektedir. Buna bağlı olarak donanımların sistemlere entegrasyonu, iş yükü, araçların kullanım kolaylığı gibi unsurlar seyir planlaması araçlarının seçiminde önemli diğer ölçütlerdir. Kurulum giderleri ve seyir verimliliği ekonomik faktörler açısından öne çıkan diğer parametrelerdir.

Bu ölçütlerden yola çıkılarak yapılan değerlendirme neticesinde, ECDIS kullanımı seyir emniyeti açısından, kağıt haritayla göreli olarak karşılaştırıldığında çok daha avantajlı olduğu görülmüştür. İş yükü, kullanım kolaylığı gibi insan faktörüne yönelik unsurlar, entegrasyon gibi teknik unsurlar ve kısıtlı görüş gibi acil durumlarda ECDIS alternatifi büyük avantajlar sağlamaktadır. Öte yandan bakım ve güncelleme giderleri, seyir verimliliği gibi ekonomik unsurlarda ECDIS alternatifi ön plana çıkarken, kurulum giderleri ve personel eğitim maliyetleri açısından kağıt

harita daha tercih edilebilir alternatif olarak ortaya çıkmaktadır. Dolayısı ile, ekonomik faktörler değerlendirildiğinde ECDIS ve kağıt harita alternatifleri yaklaşık olarak aynı tercih ağırlıklarına sahiptir. Teknolojik gelişmenin hızı göz önüne alındığında yakın gelecekte ECDIS donanımının kurulum maliyetlerinin azalmasıyla birlikte ekonomik açıdan da kağıt haritaya göre daha uygun bir tercih olacağı öngörülmektedir.

Bunun yanı sıra, ECDIS ile harita güncellenmesinde harcanan zamanı azaltmakta, yapılan denetimlerde harita düzeltmelerindeki eksikliklerden dolayı gemilerin zor durumda kalmasını engellemekte, köprü üstündeki vardiya zabitinin daha emniyetli seyir yapmasını sağlamaktadır. Dünyada ECDIS kullanımı, sağladığı teknik ve ekonomik avantajlar nedeniyle hızlı bir şekilde artmaktadır. ABD donanmasında ve İskandinav ülkelerindeki balıkçı gemilerinde yaygınlıkla kullanılmaktadır. Ülkemizde gemilerde ECDIS kullanımı yaygınlaşmaya başlasa da, köprü üstü standartlarına uygun iki ECDIS'le donatılmış olan , kağıt haritaların olmadığı gemiler yeni yeni sefere çıkmaktadır. Türk malı ECDIS konsollarının üretilmesi Seyir Hidrografi basımı Türk haritalarının da elektronik formatta dönüştürülmesiyle sistemin küçük tonajlı Türk gemilerinde kullanımının artacağı düşünülmektedir. Sistemin kullanımı, sağladığı hem ekonomik hem de emniyet avantajlarıyla hızla yaygınlaşacaktır.

Aynı problem üzerine diğer çok ölçütlü karar verme modellerinin kurulması, problemin farklı gemi tipleri ve seyir hatları göz önünde bulundurularak geliştirilmesi, problem üzerine fayda maliyet analizi yapılması bu konuda yürütülebilecek ileri çalışma alanları olarak düşünülebilir.

KAYNAKLAR

[1] **Shea, I. P. and Grady, N.,** 1998, Shipboard Organisational Culture in the Merchant Marine Industry, *Proceedings of the Safe Navigation Beyond*, Gdynia.

[2] **Er, Z. and Çelik, M.,** 2005, Definitions of Human Factor Analysis for the Maritime Safety Management Process, IAMU AGA-6 2005.

[3] **Reason, J.,** 1998, Managing the Risks of Organizational Accidents.

[4] **Swift, A.J.,** 2004, *Bridge Team Management*, Nautical Institute.

[5] **İTÜ,** 2005, Denizcilik Fakültesi Köprü üstü Takım/Kaynak Yönetimi Eğitim Manueli.

[6] **Akten, N.,** 2004, Analysis of Shipping Causalties in the Bosphorus, *Journal of Navigation* 57, 345-356.

[7] **Rodriguez, R. and Dauer, M**., 2006, The Needs of Crews when Arriving in Port, *Maritime Transport 3*. Barcelona, pp923-928.

[8] **May, M.,** 1999, Cognitive Aspects of Interface Design and Human-Centered Automation on the Ship Bridge: The example of ARPA/ECDIS Integration, People In Control: *An International Conference on Human Interfaces in Control Rooms, Cockpits and Commad Centres*.

[9] **Smeaton, G.P.,** 1995, Display Requirements for ECDIS/ARPA Overlay Systems, *Journal of Navigation*, 48, pp.13-28.

[10] **Casey, M.J.,** 1993, Paradigm shift in Maritime Transportation Ramping up for Electronic Charts Display, *IEEE Vehicle Navigation & Information System Conference*, Ottawa - VNIS.

[11] **Rogoff, M.,** 1992, Electronic charts as the basis for integrated marine navigation, *Navigation Symposium, 2. Record. '500 Years After Columbus - Navigation Challenges of Tomorrow'*. IEEE PLANS '92., pp256 – 260.

[12] **Lanziner, H.H. and Michelson, D.G.,** 1990, Application of electronic chart systems in the prevention of ship's groundings, *Position Location and Navigation Symposium*, 20-23 March, pp. 56-59.

[13] **Yang, S., Li, L. and Chaojian, S.,** 2006, ECDIS Based Decision-Making System for Vessel Automatic Collision Avoidance On Restricted Water Area, *Proceedings of the 6th World Congress on Intelligent Control and Automation*, June 21 - 23, Dalian, China.

[14] **Sullivan, T.S. and Alexander L.,** 1997, Benefits of an integrated navigation system: US Coast Guard cutter JUNIPER leads the way, *Electrical and Computer Engineering*, 2, pp. 854-857.

[15] **Shaw, P.T. and Pettus, W.,** 2000, An integrated approach to electronic navigation: *Oceans 2000 MTS/IEEE Conference and Exhibition*, Volume 1, pp. 299 – 308.

[16] **Gillard, D.G. and Heim, P.K.,** 2002, U.S. Navy Progress in Electronic Navigation, *Oceans*, 2, pp. 1038-1041.

[17] **Devogel, G.F., Baccei, P.K. and Shaw, P.T.,** 2001, The United States Navy navigating in 21st. century, *Oceans*, 3, pp. 1460-1465.

[18] **Hadley, M.A.,** 1997, Digital charting: a Royal Navy navigator's view,*IEE Pror -Ruduur, Sonor Navir.*, Vol. 144, No. 3. pp. 143-147.

[19] **Pillich, B. and Schack, C.,** 2003, Next generation ECDIS for commercial and military uses**,** *Oceans '02 MTS/IEEE*,Volume 2, pp. 1025 – 1032.

[20] **Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı**, 2001, Seyir haritalarında kullanılan semboller, kısaltmalar ve terimler kitabı.

[21] **Forman, E. and Selly, M. A.**, 2000, *Decision by Objectives*, Expert Choice Inc.

[22] **Saaty, L.T.**, 1980, *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill Comp., U.S.A.

[23] **Wind, Y. and Saaty, T.**, 1980, Marketing applications of the Analytic Hierarchy Process", *Management Science*, 26 (7) , 641-658.

[24] **Golden, B. L., Wasil, E. A. and Harker P. T.,** 1989 , Introduction, *The Analytic Hierarchy Process*,, Springer Verlag, , pp. 1-36.

[25] **Zahedi, F.** 1986, *The Analytical Hierarchy Process*, A survey of the method and its applications, pp. 96-108.

[26] **Chin K.S., Chiu, S. and Tummala, V. M. R**., 1999, An evaluation of success factors using the AHP to implement ISO 14001-based EMS, *International Journal of Quality and Reliability Management*, pp. 341-361.

[27] **Kuruüzüm A. and Atsan N.,** 2001, The analytic hierarchy process approach ant its applications in business, A*kdeniz İ.İ.B.F. Dergisi (1) pp., 83-105*.

[28] **Rangone, A.,** 1996, An Analytic Hierarchy Process framework for comparing the overall performance of manufacturing departments, *International Journal of Operation and Production Management*, pp. 104-119.

[29] **Evren, R. ve Ülengin F.,** 1992, Yönetimde Karar Verme, *İstanbul Teknik Üniversitesi Yayını*, Sayı: 1478.

[30] **Saaty, T.,** 1991, *Some Mathematical Concepts of the Analytic Hierarchy Process*, Behaviometrica,Vol. 29, 1 - 9.

[31] **Saaty, T.**, 1999, *The Seven Pillars Of The Analytic Hierarchy Process*, 322 Mervis Hall, Pittsburg,

[32] **Millet, I.**,1998, Ethical decision making using the Analytic Hierarchy Process, *Journal of Business Ethics*, pp.104.

[33] **Creative Decision Foundation,** 2006 *Super Decision Software Tutorials* ,http://www.superdecisions.com, Creative Decisions Foundation, Pittsburgh.

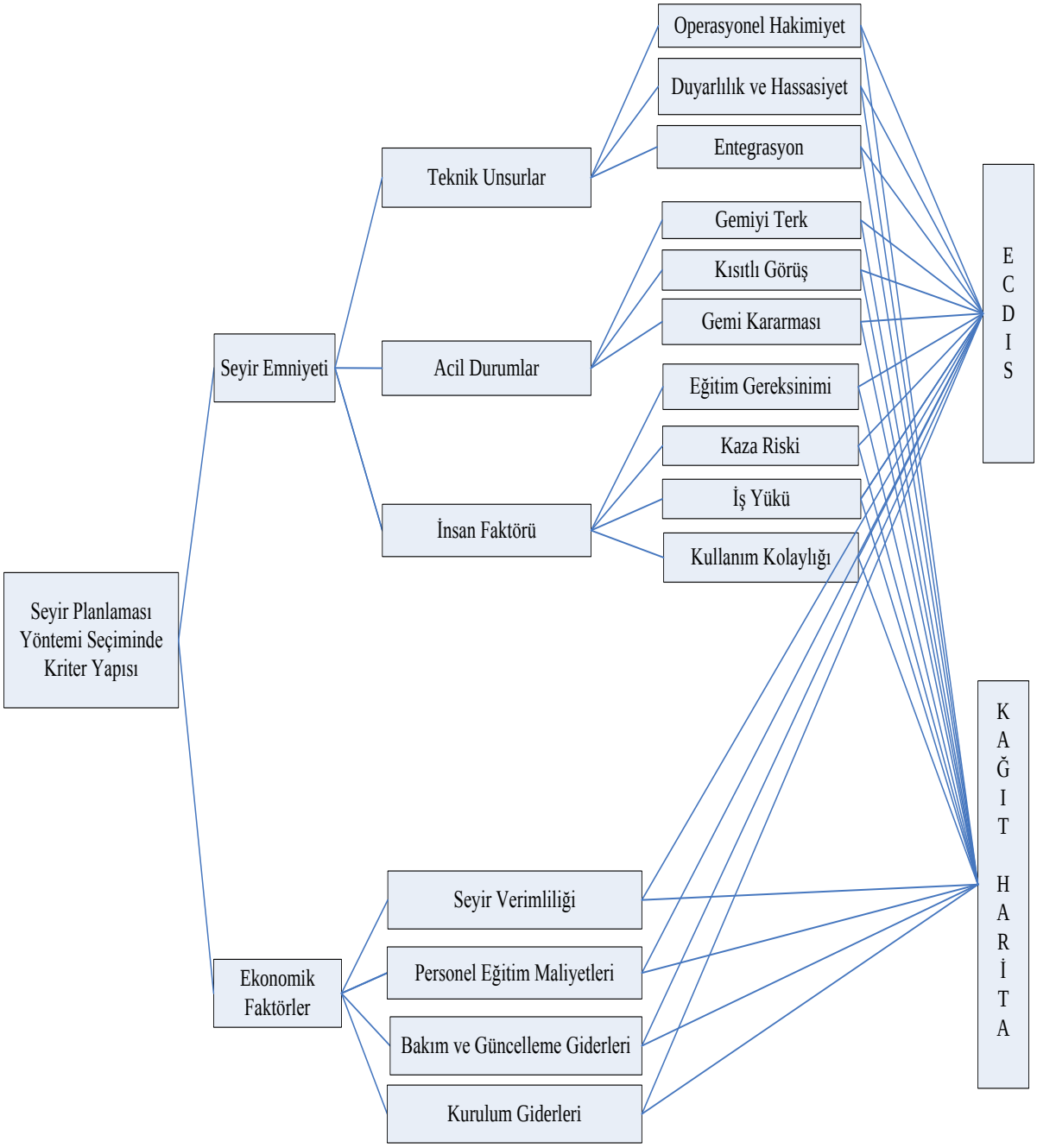
[34] **Öztaşkın Ö.**, 2006, Kişisel görüşme.

EKLER

EK A

ANKET FORMU

1. HİYERARŞİK YAPI



2. TERCİH ÖLÇEĞİ

Aşağıdaki ölçek kriterler, altkriterler ve alternatifler arasında yapılan ikili karşılaştırmalarda kullanılacaktır.

Önceliklerin Kelime Anlamları	**Sayısal Oran**
Eşit önem	1
Birinin diğerine göre zayıf önemi	3
Mecburi veya güçlü önem	5
Kanıtlanmış önem	7
Tam önem	9
Birbirine çok yakın iki hükmün ortalama değeri	2, 4, 6, 8
Eğer i aktivitesi j aktivitesiyle karşılaştırıldığında yukarıda belirtilen sayılardan birine karşılık geliyorsa, **j**'de **i** ile karşılaştırıldığında ona karşılık gelen değerin tersini alır.	Yukarıdaki derecelendirme puanlarının tersi

3. UZMAN GÖRÜŞLERİ

Bu anket Türk denizcilik sektöründe çalışan kılavuz kaptanlardan, denizcilik şirketlerinden ve ECDIS eğitimi veren eğitimcilerden alınan uzman görüşleri temel alınarak hazırlanmıştır.

4. ALTERNATİFLER

- Ecdis Kullanımı
- Kağıt Harita Kullanımı

5. İKİLİ KARŞILAŞTIRMALAR

5.1 AMACA GÖRE ANA KRİTERLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

<u>AMAÇ</u>: Seyir planlamasında en uygun yöntemin seçilmesi

Soru 1: Seyir planlamasında en uygun yöntemin seçiminde "Ekonomik Faktörler" ve "Seyir Emniyeti" kriterleri göreceli olarak karşılaştırıldığında hangisi ve ne derecede önemlidir?	
Hangisi daha önemlidir?	☐ Ekonomik Faktörler ☐ Seyir Emniyeti ☐ Eşit Önemde (1'i doldur)
Ne derecede önemlidir?	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)

5.2 1. KADEME ALT KRİTERLERİN KRİTERLERE GÖRE İKİLİ KARŞILAŞTIRMASI

KRİTER 1: Ekonomik faktörler

Soru 2: Seyir planlamasında en uygun yöntemin seçiminde "Kurulum Giderleri" ve "Bakım ve Güncelleme Giderleri" kriterleri göreceli olarak karşılaştırıldığında hangisi ve ne derecede önemlidir?	
Hangisi daha önemlidir?	☐ Kurulum Giderleri ☐ Bakım ve Güncelleme Giderleri ☐ Eşit Önemde (1'i doldur)
Ne derecede önemlidir?	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)

Soru 3: Seyir planlamasında en uygun yöntemin seçiminde "Kurulum Giderleri" ve "Personel Eğitim Maliyetleri" kriterleri göreceli olarak karşılaştırıldığında hangisi ve ne derecede önemlidir?	
Hangisi daha önemlidir?	☐ Kurulum Giderleri ☐ Personel Eğitim Maliyetleri ☐ Eşit Önemde (1'i doldur)
Ne derecede önemlidir?	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)

Soru 4: Seyir planlamasında en uygun yöntemin seçiminde "Kurulum Giderleri" ve "Seyir Verimliliği" kriterleri göreceli olarak karşılaştırıldığında hangisi ve ne derecede önemlidir?	
Hangisi daha önemlidir?	☐ Kurulum Giderleri ☐ Seyir Verimliliği ☐ Eşit Önemde (1'i doldur)
Ne derecede önemlidir?	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)

Soru 5: Seyir planlamasında en uygun yöntemin seçiminde "Bakım ve Güncelleme Giderleri" ve "Personel Eğitim Maliyetleri" kriterleri göreceli olarak karşılaştırıldığında hangisi ve ne derecede önemlidir?	
Hangisi daha önemlidir?	☐ Bakım ve Güncelleme Giderleri ☐ Personel Eğitim Maliyetleri ☐ Eşit Önemde (1'i doldur)
Ne derecede önemlidir?	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)

Soru 6: Seyir planlamasında en uygun yöntemin seçiminde "Bakım ve Güncelleme Giderleri" ve "Seyir Verimliliği" kriterleri göreceli olarak karşılaştırıldığında hangisi ve ne derecede önemlidir?	
Hangisi daha önemlidir?	☐ Bakım ve Güncelleme Giderleri ☐ Seyir Verimliliği ☐ Eşit Önemde (1'i doldur)
Ne derecede önemlidir?	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)

Soru 7: Seyir planlamasında en uygun yöntemin seçiminde "Personel Eğitim Maliyetleri" ve "Seyir Verimliliği" kriterleri göreceli olarak karşılaştırıldığında hangisi ve ne derecede önemlidir?	
Hangisi daha önemlidir?	☐ Personel Eğitim Maliyetleri ☐ Seyir Verimliliği ☐ Eşit Önemde (1'i doldur)
Ne derecede önemlidir?	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)

KRİTER 2: Seyir Emniyeti

Soru 8: Seyir planlamasında en uygun yöntemin seçiminde "İnsan Faktörü" ve "Teknik Unsurlar" kriterleri göreceli olarak karşılaştırıldığında hangisi ve ne derecede önemlidir?	
Hangisi daha önemlidir?	☐ İnsan Faktörü ☐ Teknik Unsurlar ☐ Eşit Önemde (1'i doldur)
Ne derecede önemlidir?	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)

Soru 9: Seyir planlamasında en uygun yöntemin seçiminde "İnsan Faktörü" ve "Acil Durumlar" kriterleri göreceli olarak karşılaştırıldığında hangisi ve ne derecede önemlidir?	
Hangisi daha önemlidir?	☐ İnsan Faktörü ☐ Acil Durumlar ☐ Eşit Önemde (1'i doldur)
Ne derecede önemlidir?	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)

Soru 10: Seyir planlamasında en uygun yöntemin seçiminde "Teknik Unsurlar" ve "Acil Durumlar" kriterleri göreceli olarak karşılaştırıldığında hangisi ve ne derecede önemlidir?	
Hangisi daha önemlidir?	☐ Teknik Unsurlar ☐ Acil Durumlar ☐ Eşit Önemde (1'i doldur)
Ne derecede önemlidir?	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)

5.3 2. DERECE ALT KRİTERLERİN 1. DERECE ALT KRİTERLERE GÖRE KARŞILAŞTIRILMASI

ALT KRİTER : İnsan Faktörü

Soru 11: Seyir planlamasında en uygun yöntemin seçiminde "Kullanım Kolaylığı" ve "İş Yükü" kriterleri göreceli olarak karşılaştırıldığında hangisi ve ne derecede önemlidir?	
Hangisi daha önemlidir?	☐ Kullanım Kolaylığı ☐ İş Yükü ☐ Eşit Önemde (1'i doldur)
Ne derecede önemlidir?	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)

Soru 12: Seyir planlamasında en uygun yöntemin seçiminde "Kullanım Kolaylığı" ve "Kaza Riski" kriterleri göreceli olarak karşılaştırıldığında hangisi ve ne derecede önemlidir?	
Hangisi daha önemlidir?	☐ Kullanım Kolaylığı ☐ Kaza Riski ☐ Eşit Önemde (1'i doldur)
Ne derecede önemlidir?	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)

Soru 13: Seyir planlamasında en uygun yöntemin seçiminde "Kullanım Kolaylığı" ve "Eğitim Gereksinimi" kriterleri göreceli olarak karşılaştırıldığında hangisi ve ne derecede önemlidir?	
Hangisi daha önemlidir?	☐ Kullanım Kolaylığı ☐ Eğitim Gereksinimi ☐ Eşit Önemde (1'i doldur)
Ne derecede önemlidir?	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)

Soru 14: Seyir planlamasında en uygun yöntemin seçiminde "İş Yükü" ve "Kaza Riski" kriterleri göreceli olarak karşılaştırıldığında hangisi ve ne derecede önemlidir?	
Hangisi daha önemlidir?	☐ İş Yükü ☐ Kaza Riski ☐ Eşit Önemde (1'i doldur)
Ne derecede önemlidir?	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)

Soru 15: Seyir planlamasında en uygun yöntemin seçiminde "İş Yükü" ve "Eğitim Gereksinimi" kriterleri göreceli olarak karşılaştırıldığında hangisi ve ne derecede önemlidir?	
Hangisi daha önemlidir?	☐ İş Yükü ☐ Eğitim Gereksinimi ☐ Eşit Önemde (1'i doldur)
Ne derecede önemlidir?	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)

Soru 16: Seyir planlamasında en uygun yöntemin seçiminde "Kaza Riski" ve "Eğitim Gereksinimi" kriterleri göreceli olarak karşılaştırıldığında hangisi ve ne derecede önemlidir?	
Hangisi daha önemlidir?	☐ Kaza Riski ☐ Eğitim Gereksinimi ☐ Eşit Önemde (1'i doldur)
Ne derecede önemlidir?	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)

ALT KRİTER : Teknik Unsurlar

Soru 17: Seyir planlamasında en uygun yöntemin seçiminde "Entegrasyon" ve "Duyarlılık ve Hassasiyet" kriterleri göreceli olarak karşılaştırıldığında hangisi ve ne derecede önemlidir?	
Hangisi daha önemlidir?	☐ Entegrasyon ☐ Duyarlılık ve Hassasiyet ☐ Eşit Önemde (1'i doldur)
Ne derecede önemlidir?	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)

Soru 18: Seyir planlamasında en uygun yöntemin seçiminde "Entegrasyon" ve "Operasyonel Hakimiyet" kriterleri göreceli olarak karşılaştırıldığında hangisi ve ne derecede önemlidir?	
Hangisi daha önemlidir?	☐ Entegrasyon ☐ Operasyonel Hakimiyet ☐ Eşit Önemde (1'i doldur)
Ne derecede önemlidir?	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)

Soru 19: Seyir planlamasında en uygun yöntemin seçiminde "Duyarlılık ve Hassasiyet" ve "Operasyonel Hakimiyet" kriterleri göreceli olarak karşılaştırıldığında hangisi ve ne derecede önemlidir?	
Hangisi daha önemlidir?	☐ Duyarlılık ve Hassasiyet ☐ Operasyonel Hakimiyet ☐ Eşit Önemde (1'i doldur)
Ne derecede önemlidir?	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)

ALT KRİTER : Acil Durumlar

Soru 20: Seyir planlamasında en uygun yöntemin seçiminde "Gemi Kararması" ve "Kısıtlı Görüş" kriterleri göreceli olarak karşılaştırıldığında hangisi ve ne derecede önemlidir?	
Hangisi daha önemlidir?	☐ Gemi Kararması ☐ Kısıtlı Görüş ☐ Eşit Önemde (1'i doldur)
Ne derecede önemlidir?	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)

Soru 21: Seyir planlamasında en uygun yöntemin seçiminde "Gemi Kararması" ve "Gemiyi Terk" kriterleri göreceli olarak karşılaştırıldığında hangisi ve ne derecede önemlidir?	
Hangisi daha önemlidir?	☐ Gemi Kararması ☐ Gemiyi Terk ☐ Eşit Önemde (1'i doldur)
Ne derecede önemlidir?	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)

Soru 22: Seyir planlamasında en uygun yöntemin seçiminde "Kısıtlı Görüş" ve "Gemiyi Terk" kriterleri göreceli olarak karşılaştırıldığında hangisi ve ne derecede önemlidir?	
Hangisi daha önemlidir?	☐ Kısıtlı Görüş ☐ Gemiyi Terk ☐ Eşit Önemde (1'i doldur)
Ne derecede önemlidir?	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)

5.4 ALTERNATİFLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Seyir planlamasında en uygun yöntemin seçiminde belirtilen alt kriterler açısından alternatiflerin birbirlerine göre üstünlük düzeyini belirleyiniz.

Soru 23	Kurulum Giderleri	
Ecdis	**9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9**	Kağıt Harita

Soru 24	Bakım ve Güncelleme Giderleri	
Ecdis	**9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9**	Kağıt Harita

Soru 25	Personel Eğitim Maliyetleri	
Ecdis	**9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9**	Kağıt Harita

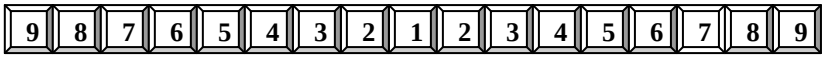
Soru 26	Seyir Verimliliği	
Ecdis	**9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9**	Kağıt Harita

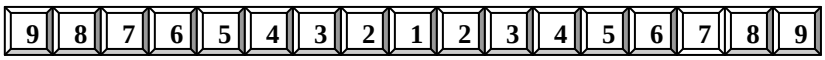
Soru 27	Kullanım Kolaylığı	
Ecdis	**9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9**	Kağıt Harita

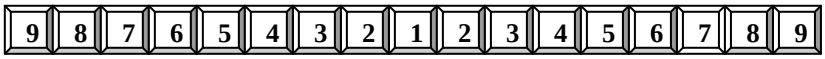
Soru 28	İş Yükü	
Ecdis	**9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9**	Kağıt Harita

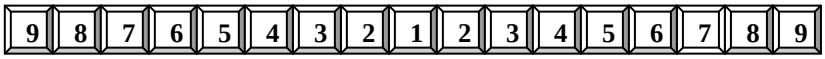
Soru 29	Kaza Riski	
Ecdis	**9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9**	Kağıt Harita

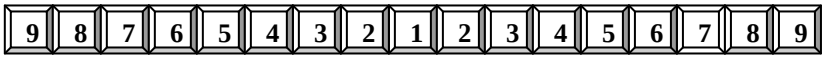
Soru 30	Eğitim Gereksinimi	
Ecdis	**9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9**	Kağıt Harita

Soru 32	Entegrasyon	
Ecdis		Kağıt Harita

Soru 33	Duyarlılık ve Hassasiyet	
Ecdis		Kağıt Harita

Soru 34	Operasyonel Hakimiyet	
Ecdis		Kağıt Harita

Soru 35	Gemi Kararması	
Ecdis		Kağıt Harita

Soru 36	Gemiyi Terk	
Ecdis		Kağıt Harita

ÖZGEÇMİŞ

15.03.1978 tarihinde Karaman'da doğdu. İlk öğrenimini Konya ilinde İhsan Özkaşıkçı İlkokulu'nda, orta öğrenimini Konya Meram Anadolu Ticaret Lisesi'nde, lise öğrenimini Konya Meram Fen Lisesi'nde tamamladı. 1996 yılında lisans öğrenimine başladığı İ.T.Ü. Denizcilik Fakültesi, Güverte Bölümünü, 2001-2002 eğitim-öğretim yılında Güverte diploması ve Uzakyol Vardiya Zabiti Yeterliliğine sahip olarak tamamladı. Türk deniz ticaret filosu gemilerinde bir süre Uzakyol Vardiya Zabiti olarak görev aldı. 2003-2004 eğitim-öğretim yılı güz döneminde İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsüne bağlı Deniz Ulaştırma Mühendisliği Yüksek Lisans programına başladı. 2002 tarihinden itibaren İ.T.Ü. Denizcilik Fakültesinde araştırma görevlisi olarak göreve başladı. 2005 yılından itibaren İ.T.Ü. Denizcilik Fakültesi'nde öğretim görevlisi olarak görev yapmaktadır. Vardiya Standartları, Deniz Haberleşmesi, Denizcilik Uygulamaları derslerinde öğretim görevlisi olark görev almaktadır. Köprü üstü cihazlarının seyir emniyeti açısından analizi, köprü üstü seyir yardımcısı cihazlarının yazılımları konularında çalışmalar yürütmektedir. Görev süresi içinde bu konular paralelinde Japonya'da eğitim ve araştırma programlarına katıldı. Halen İTÜ Denizcilik Fakültesi'nde öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır..