

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**İNSAN GÜVENİLİRLİK ANALİZİ KAPSAMINDA GEMİLERDE AIS
SİSTEMİ İÇİN HEART YÖNTEMİ UYGULAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Furkan GÜMÜŞ

Deniz Ulaştırma Mühendisliği Anabilim Dalı

Deniz Ulaştırma Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr Özcan ARSLAN

OCAK 2024

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**İNSAN GÜVENİLİRLİK ANALİZİ KAPSAMINDA GEMİLERDE AIS
SİSTEMİNDE HEART YÖNTEMİNİN UYGULANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Furkan GÜMÜŞ
(512201014)**

Deniz Ulaştırma Mühendisliği Anabilim Dalı

Deniz Ulaştırma Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr Özcan ARSLAN

OCAK 2024

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 512201014 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Furkan GÜMÜŞ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “İNSAN GÜVENİLİRLİK ANALİZİ KAPSAMINDA GEMİLERDE AIS SİSTEMİNDE HEART YÖNTEMİNİN UYGULANMASI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Özcan ARSLAN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Dr. Öğr. Üyesi Elif BAL BEŞİKÇİ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Serap İNCAZ
Kırklareli Üniversitesi

Teslim Tarihi : 05.01.2024
Savunma Tarihi : 30.01.2024





Aileme,



ÖNSÖZ

İlk olarak akademik hayata giriş yapmamda etkisi olan ve tez çalışmam da dahil olmak üzere tüm bu süreçlerde özellikle sabrını, bilgisini ve desteğini esirgemeyen, yönlendirmeleriyle yardımcı olan saygıdeğer hocam Prof. Dr. Özcan ARSLAN'a sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Yapmış olduğum bu tez çalışmasının denizcilik fakültesi öğrencilerine, sektör temsilcilerine, denizcilik camiasına ve araştırmacılar için faydalı olmasını ümit ederim.

Ocak 2024

Furkan Gümüş
(Araştırma Görevlisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin amacı.....	3
1.2 Literatür taraması.....	3
2. AIS HAKKINDA GENEL BİLGİLER.....	7
2.1 AIS nedir.....	7
2.2 AIS sistemi nasıl çalışır.....	8
2.3 AIS özellikleri ve çeşitleri nelerdir.....	8
2. YÖNTEM.....	27
3.1 HRA Tanıtılması.....	11
3.2 HEART Metodu Tanıtılması.....	13
4. YÖNTEMİN UYGULAMA ÇALIŞMASI.....	19
4.1 AIS Sisteminden Kaynaklanabilecek İnsan Hataları.....	19
4.1.1 AIS sistemine yanlış bilgi gelmesinden kaynaklı insan hataları.....	19
4.1.1.1 Başka gemiye ait yanlış heading değerinin iletilmesi sonucu oluşan insan hatası.....	21
4.1.1.2 Başka gemiye ait yanlış konum bilgisi iletilmesi sonucu insan hatası.....	23
4.1.2 Durum AIS sistemine bilginin gelmemesi sonucu insan hataları.....	24
4.1.2.1 AIS cihazlarının sinyal alabilme kapasitelerinin dolması sebebiyle yeni sinyal alamamasından kaynaklı oluşan insan hataları.....	25
4.1.2.2 Düşük güç modunda kullanılan AIS cihazından sinyal alınamamasından kaynaklı oluşan insan hataları.....	27
4.1.3 AIS sistemine yapılan siber saldırı kaynaklı insan hataları.....	28
4.1.3.1 AIS sistemine spoofing yöntemiyle düzenlenen siber saldırı sonucu başka gemiye ait AIS bilgilerinin elde edilerek sahte bir gemi oluşturulması.....	30
4.1.3.2 AIS sistemine siber saldırı sonucu geminin GPS yayınının bozulması , AIS manipülasyonu.....	31
5. SONUÇLAR	33
KAYNAKLAR	35
ÖZGEÇMİŞ.....	39

KISALTMALAR

AIS	: Otomatik Tanımlama Sistemi
SOLAS	: Denizde Can Güvenliği Uluslararası Sözleşmesi
HRA	: İnsan Güvenilirliği Analizi
IMO	: Uluslararası Denizcilik Örgütü
HEART	: İnsan Hatası Değerlendirme ve Azaltma Tekniği
GPS	: Küresel Konumlama Sistemi
ISPS	: Uluslararası Gemi ve Liman Tesisleri Güvenlik Kodu
ECDIS	: Elektronik Harita Gösterim ve Bilgi Merkezi
GRT	: Gross Tonaj
BIMCO	: Baltık ve Uluslararası Denizcilik Konseyi
THERP	: İnsan Hata Oranı Tahmini Tekniği
CREAM	: Bilişsel Güvenilirlik ve Hata Analizi Yöntemi
NARA	: Nükleer Eylem Güvenilirlik Değerlendirmesi
HSE	: Sağlık, Güvenlik ve Çevre
EPC	: Hata Üretme Durumu
VHF	: Çok Yüksek Frekans
CPA	: Azami Yaklaşma Mesafesi
TCPA	: Azami Yaklaşma Mesafesi
HEP	: İnsan Hatası Olasılığı
GEP	: Genel Hata Olasılığı
GT	: Genel Görev Türü
STS	: Gemiden Gemiye
AIPA	: Kaza Başlangıç ve İlerleme Analizi
VTs	: Gemi Trafik Hizmetleri



SEMBOLLER

m : Geminin Uzunluğu
grt : Geminin Tonajı





ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Genel görev güvenilirmezliği değerleri	14
Çizelge 3.2 : Hata üretme durumu değerleri.....	16
Çizelge 3.3 : Heart yönteminin metodolojisi.....	18
Çizelge 4.1: Başka gemiye ait yanlış heading değerinin iletilmesi sonucu oluşan insan hata olasılığı hesap çizelgesi.....	22
Çizelge 4.2 : Başka gemiye ait yanlış konum bilgisi iletilmesi sonucu oluşan insan hata olasılığı hesap çizelgesi.....	24
Çizelge 4.3 : AIS cihazlarının sinyal alabilme kapasitelerinin dolması sebebiyle yeni sinyal alamamasından kaynaklı insan hata olasılığı hesap çizelgesi	27
Çizelge 4.4 : Düşük güç modunda kullanılan AIS cihazından sinyal alınamamasından kaynaklı insan hata olasılığı hesap çizelgesi.....	28
Çizelge 4.5 : Spoofing yöntemiyle düzenlenen siber saldırı sonucu başka gemiye ait AIS bilgilerinin elde edilerek sahte bir gemi oluşturulması sonucu oluşan insan hata olasılığı hesap çizelgesi	30
Çizelge 4.6 : Yapılan Siber Saldırı Sonucu Geminin GPS Yayınının Bozulması, AIS Manipülasyonu Sonucu Oluşan İnsan Hata Olasılığı Hesap Çizelgesi	32



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.1 : Durum 1.....	21
Şekil 4.2 : Durum 2.....	25
Şekil 4.3 : Durum 3.....	29





İNSAN GÜVENİLİRLİK ANALİZİ KAPSAMINDA GEMİLERDE AIS SİSTEMİNDE HEART YÖNTEMİNİN UYGULANMASI

ÖZET

Gemilerde gelişen teknoloji ile birlikte birçok elektronik seyir ekipmanı kullanılmaktadır. Bunların bazıları hava raporlarının alınması, bazıları geminin uluslararası kurallara uygun olarak bir yerden başka bir noktaya nasıl seyir yapacağına dair rotaları, bazıları geminin manevrası hakkındaki bilgileri vs birçok bilgiyi, operasyonu gerçekleştirecek kişi veya kişilerin hizmetine sunmaktadır. Bu görevli kişiler bu cihazlardan elde ettiği verileri yorumlayarak gerçekleştireceği operasyon için uygun aksiyonu alabilmektedir. Ekipmanların bazı durumlarda birbirine bilgi akatarımı veya bazı bilgileri otomatik olarak diğer başka bir cihazdan alması mümkündür. Alınan bu veriler işlenerek kullanıcının karşısına başka veriler olarak çıkabilmektedir. Otomatik Tanımlama Sistemi (AIS) de bu ekipmanların en temeli olarak değerlendirilmektedir. Diğer köprüsütu cihazlarının bazı verileri OTS'den otomatik alarak, gerekli olabilecek başka gemi operasyonları için gerekli yerlere verileri sunmaktadır. Bu nedenle OTS sisteminde oluşabilecek herhangi bir aksaklık diğer cihazları ve dolaylı yoldan başka operasyonları etkileyebilir. Deniz seyir emniyeti , mal ve can kaybı, çevre kirliliği gibi kaza durumlarının oluşmaması için OTS sistemi doğru, düzgün kurallara uygun bir şekilde kullanılmasının önemi vurgulanmaktadır. Otomatik Tanımlama Sistemi (AIS-Automatic Identification System) uluslararası denizcilik örgütünün (IMO) belirlediği ve SOLAS (Denizde Can Güvenliği Uluslararası Sözleşmesi) gereği 300 GRT ve üzeri uluslararası seyir yapan gemiler, 500 GRT ve üzeri dahili seyir yapan gemiler ve yolcu taşıyan bütün gemilerde klas A tipi AIS bulundurma zorunluluğu getirmektedir. Yine klas B olarak tabir edilen Otomatik Tanımlama Sistemi (AIS) cihazının donatılması ülkelerinin kendi idarelerine bırakılmıştır. Savaş gemilerinin bulundurma zorunluluğu bulunmamaktadır.

AIS' in gemilere adaptasyonu ile beraber birçok kolaylık elde edilmiştir. İlk dönemde AIS ile radar korelasyonu iyi olmadığından önceki süreçlerde radar ekosu ile gemi trafiğini kontrol eden gemi trafik hizmetleri ilgili geminin mevkiisi hakkında (özellikle yoğun trafikte) zorluklar yaşanmıştır. Gelişen teknoloji ile bu problem gittikçe azalmıştır. AIS' in gemilere ve ilgili istasyonlara donatılması çok büyük kolaylıklar sağlamıştır. AIS ekipmanının yoğun bir şekilde kullanılması ile birlikte AIS'e olan güven artmıştır fakat bu seferde AIS kaynaklı bazı kazalar yaşanmıştır.

Bunun sonucunda bu konu ile ilgili yapılan denetlerde sıklıkla AIS'in seyirde birincil öge olarak kullanılmaması, özellikle yakın düşme durumlarında, karaya yakın yapılan seyirlerde mevki tayininde radarın kullanılması bildirilmektedir. Ancak yine yapılan denetlerde zaman zaman bunların ihlal edildiği görülmektedir. Yine benzer şekilde cihazda yaşanabilecek GPS hatası, VHF hatası ve bu operasyonlarda insan faktörleri öne çıkmaktadır. O yüzden bu tez çalışması kapsamında insan güvenirlilik analizi (HRA-Human Reliability Analysis) öneminin gerekliliği vurgulanmış ve HEART

metodolojisi kullanılarak meydana gelebilecek olan AIS kaynaklı olası kazalara dair olaylar kurgulanmıştır. Her durum için hata ağacı analizi gereklilikleri kullanılarak belirlenen tepe olayların insan hata olasılığı sayısal olarak elde edilmiştir. Tepe olaya yol açabilecek kök nedenlerin sayısal değerleri HEART metodunun işlemsel basamakları uygulanarak elde edilmiştir. Bu nedenle tez çalışmasında bu konu ele alınmış ve genel olarak tezin akış şeması şu şekilde düzenlenmiştir.

İlk olarak tezin amacı ve konu ile alakalı literatür taraması yapılmıştır. Daha sonra OTS sistemi nedir, ne işe yarar, nasıl kullanılır gibi sistem hakkında genel bilgiler verilmiştir. Daha sonraki kısımda metodolojide HRA kapsamında HEART yöntemi ve yöntemin mantığı, işleyişi ve kuralları anlatılmıştır. Buna paralel olarak yöntemin uygulama çalışması yapılmış 3 ana durum olayı ve her ana olay için 2’şer adet temel kök neden belirlenmiştir. Son olarak elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Bu değerler bize insan hata olasılığının önemini ve insanın bulunduğu sistemlerde hala insan güvenilirlik analizlerinin gerekliliğini göstermiştir. Diğer bir çok çalışmada olduğu gibi bu tez çalışmasında da denizcilik operasyonlarında meydana gelebilecek kazaları önleyebilmek veya kazaların etkilerini azaltabilmek için insan hata olasılığı hesaplamalarının ve yaklaşım süreçlerinin önemi bir kez daha vurgulanmıştır.

APPLICATION OF HEART METHOD IN AIS SYSTEM ON SHIPS WITHIN THE SCOPE OF HUMAN RELIABILITY ANALYSIS

SUMMARY

The evolution of technology in maritime vessels has led to extensive use of diverse electronic navigational equipment. These tools serve various purposes, such as gathering weather data, plotting routes in compliance with international maritime norms, and providing maneuvering information, all aiding personnel in charge of operations.

Operators interpret this data to make informed decisions during operations. The devices can sometimes exchange information or automatically gather data from others. The processed data is then re-presented to users in an altered form. Among these tools, the Automatic Identification System (AIS) is considered fundamental. It automatically retrieves data from other bridge equipment, offering vital information for different ship operations.

Any malfunction in the AIS system can indirectly impact other devices and subsequent operations. The emphasis is placed on the accurate and rule-abiding use of the AIS system to avoid accidents, loss of life, property, and environmental harm. The AIS (Automatic Identification System) is required by the International Maritime Organization (IMO) and the International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS) for ships over 300 GRT on international voyages and over 500 GRT on domestic voyages, including all passenger ships, to equip Class A type AIS. The decision to install Class B AIS devices is left to the discretion of individual countries, with no such requirement for warships. The integration of AIS in ships has simplified many aspects.

Initially, AIS had difficulties correlating with radar, causing challenges in heavy traffic, but this issue has diminished with technological progress. However, increased reliance on AIS has led to some accidents, highlighting the need for caution in its use. Inspections frequently recommend that AIS should not be the sole navigation tool, especially in close-quarters and coastal navigation, where radar is advised for position fixing. Despite these recommendations, there are occasional violations.

Issues such as GPS errors, VHF failures, and human factors in these operations are also prominent. Thus, this thesis emphasizes the importance of Human Reliability Analysis (HRA) and employs the HEART methodology to develop scenarios for potential AIS-related accidents. Fault tree analysis is used to numerically ascertain the probabilities of human error for each scenario. The numerical values of root causes leading to these top events are calculated using the HEART method's operational steps. This thesis addresses these concerns and follows a specific structure:

Initially, the thesis outlines its objectives and conducts a literature review related to the subject. It then provides an overview of the OTS system, its functionality, and how it is used. In the methodology section, the thesis details the HEART method within the HRA scope, including its rationale, procedures, and guidelines. Concurrently, an application study of the method is conducted, identifying three primary event scenarios and two key root causes for each. Lastly, the findings are analyzed.

These results highlight the significance of considering human error probability in systems with human involvement, reiterating the need for human reliability analyses in maritime operations. The thesis underscores the value of human error probability calculations and methodological approaches in preventing or mitigating maritime accidents, as supported by numerous studies in the field.



1. GİRİŞ

Denizde can, mal ve çevre emniyetinin sağlanmasında bu tez çalışmasında ele aldığımız konumuzda da değineceğimiz otomatik tanımlama sistemi cihazının katkısı yadsınamaz durumdadır. Kazalar insan hatasından büyük ölçüde etkilenmektedir, ancak mevcut olan veya yeni planlanarak inşa edilen birçok sistemin tasarımında insan hatası dikkate alınmamaktadır (Kirwan, 2017). Özellikle değişen teknoloji ile cihazların birbirleriyle adaptasyonun, korelasyonunun artmasıyla AIS güvenirliliği daha da artmıştır. Bilindiği üzere AIS cihazının gemilere donatılması ilk olarak 2008 yılında Uluslararası Denizcilik Örgütü tarafından belirlenmiş ancak 11 Eylül 2001 saldırılarının gerçekleşmesi IMO'nun mevcut durumu öncelikli olarak ele almasına neden olmuştur. Halihazırda IMO regülasyonları gereği 300 GRT ve üzeri uluslararası seyir yapan gemiler 500 GRT ve üzeri dahili seyir yapan gemiler ve yolcu taşıyan bütün gemilerde klas A tipi AIS bulundurma zorunluluğu olan bir ekipmandır. Yine klas B diye tabir edilen AIS cihazının donatılması ülkelerinin kendi idarelerine bırakılmıştır. Savaş gemilerinin bu sistemi bulundurma zorunluluğu bulunmamaktadır. Geçmiş süreçte de görüleceği üzere gemilerinin emniyetli seyri ve ISPS de yaşanan zafiyetlerden dolayı bu ekipmanın donatılmasının öne alınmış olması bu cihazın önemini göz önüne sermektedir. Yaşanan tecrübeler göstermiştir ki gemilerin AIS'ler donatılmasının akabinde hem kara istasyonlarında hem de gemi istasyonlarında özellikle seyire olan katkısından dolayı büyük bir rahatlama sağlamıştır.

Ancak AIS'in donatılması sonrasında yaşanan rahatlık ve kolaylıklar çeşitli sıkıntıların yaşanmasına sebebiyet vermektedir. Bu sıkıntıları son dönemde popüler olan siber güvenlik ile ilgili yaşanacak olan saldırılar, bu cihazın bakımında ve kullanımında yaşanan insan faktörlü hatalar ve eksiklikler, gemi trafik hizmetleri tarafından trafiğin yoğun olduğu bölgelerde korelasyonun düzgün olarak yapılamamasından yanlış eko takibinin oluşması, gemilerde seyirde AIS'in birincil seyir ekipmanı olarak kullanıldığının görülmesi, son dönemde kağıt harita kullanılan daha çok yakın seyir yapan gemilerde uygun olmayan ECDIS kullanımına bağlı olarak gemi takibinin sadece bu lisanssız haritalama sistemi üzerinden yapılması gibi durumlar olarak

sıralanabilir. Buradan da görüleceği üzere yaşanan hatalar genel itibariyle insan-makine üzerinden kaynaklanan sıkıntılardan kaynaklanmaktadır. Özellikle son dönemde de üzerinde çok durulduğu gibi insan hatalarının ciddi sonuçlarının olduğu bilinmektedir.

Yine son dönemde denizcilik özelinde yapılan araştırmalar göstermektedir ki insan hatası/ihlalleri %75-%96 ulaşmıştır (Paolo ve diğ., 2021). Bu hatalar direkt olarak endüstriyi etkilemekte olup ciddi sonuçlarının üretimi, operasyonel performansı, üretkenliği ve verimliliği açık bir şekilde etkilediği görülmektedir.

Tüm bunlar ile birlikte insan güvenilirlik analizinin önemi ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada da bahsedecek olduğumuz insan güvenilirlik analizinde kullanılan ilk nesil çalışmalarından olan ve hala geçerliliğini koruyan HEART metodolojisi, kullanılacağı gemi özelinde yaşanan insan faktörlü hataların yapılacak olan modelleme ile engellemeyi planlamaktadır. İnsan güvenilirlik analizinin deniz seyir emniyetine, deniz çevre emniyetine, genel olarak denizde can ve mal kaybının engellenmesine katkı sunacağı aşikardır. Bu çalışma; ilk olarak tezin amacından bahsedilmiş daha sonra konu ve yöntem ile ilgili literatür taramasından oluşmaktadır. Daha sonraki bölümde insan güvenilirlik analizinin tanıtımı yapılmış, HRA kapsamında tez de uygulanan HEART metodolojisi anlatılmıştır. Devamında gemilerde AIS sistemi ile ilgili HEART metodunun uygulama çalışması yapılmış, bu metodun uygulanması sonucunda elde edilen sayısal olarak insan hata olasılığı değerlerinin sonuçları tartışma ve sonuç bölümünde ele alınmıştır. En son olarak da tez çalışması kaynakça kısmı ile tamamlanmıştır.

1.1 Tezin Amacı

Bu tez çalışmasında human reliability analysis (HRA) kapsamında Human Error Assessment and Reduction Technique (HEART) yöntemi tanıtılmakta ve genel bilgiler verilmektedir. Gemilerde seyir emniyeti açısından elektronik sistemlerden bahsedilmekte ve bunların en temeli olan Automatic Identification System (AIS) sistemini hakkında bilgiler verilmektedir. Bu sistemin işleyişinde veya kullanımından oluşabilecek 3 farklı olay kurgulanmıştır. İnsan güvenilirliği analizi belirtilen durum olaylarında ön plana çıkmıştır. Bu bağlam da HRA kapsamında HEART metodolojisi uygulanmış kök nedenlerin sayısal olasılıklar elde edilmiştir. Bu sayısal veriler Hata Ağacı Analizi (FTA) yöntemiyle tepe olaya ‘ve’ ‘veya’ kapıları değerlendirilerek bağlanmıştır ve tepe olayda yeni bir insan hata olasılığı sonucu elde edilmiştir. Bu çalışmayla amaçlanan insan hata olasılığının deniz ve gemi çerçevesinde değerlendirildiğinde hala en önlerde olduğunu göstermektedir. Çıkan sonuçlarla insan hata olasılığı hesabı göstermiştir ki AIS kullanımında gemiadamlarına ve sektör temsilcilerine farkındalık kazandırılarak kaza ve kaza sonucu oluşabilecek ölüm,yaralanma,deniz kirliliği ve çevresel risklerin azaltılması gerekli tedbirlerin ve eğitimlerin önceden sağlanması gerekliliği bir kez daha vurgulanmıştır.

1.2 Literatür Taraması

İnsan faktörlerinin incelenmesi, insan-makine sistemlerinin performansını artırmak için insanın özellikleri ve davranışlarına ilişkin bilgilerin sistematik olarak uygulanmasını içeren bilimsel bir disiplindir (DiMattia ve diğ., 2005). Deniz taşımacılığının küresel sürdürülebilirlik zorunluluğunu karşılamadaki rolü giderek daha fazla kabul görmekte ve deniz taşımacılığı güvenli, emniyetli, enerji açısından verimli, uygun fiyatlı, güvenilir, düşük karbonlu, iklimle dayanıklı ekonomik açıdan verimli, sosyal açıdan eşitlikçi ve çevreye duyarlı bir kalkınmanın sağlanmasına katkıda bulunur (Benamara ve diğ., 2019). Meydana gelecek olan herhangi bir kaza yalnızca insan ve çevreyi etkilememekte aynı zamanda dünya ticaretini de etkilemektedir. İnsan faktörü hala denizcilik operasyonlarında yüksek risk oluşturmaktadır (Yang ve diğ., 2013). İzleme, kontrol ve karar destek araçları gibi proaktif önlemler, bu tür güvenlik açısından kritik alanların vazgeçilmez parçalarıdır. Deniz ulaşımı giderek arttığı için seyir güvenliğine çok daha fazla önem verilmektedir. Bu nedenle, dünya ticaretinin sürdürülebilir ve güvenli akışını sağlamak için seyir

güvenliğinin her ayrıntıda incelenmesi gerekmektedir (Öztürk ve diğ., 2021). Seyir çatışma risk değerlendirmesi çok önemli bir görevdir ve denizcilik seyir emniyetinde çok önemli bir yere sahiptir. Bu güverte zabıtları, gemi işletmecileri, liman yetkilileri gibi birçok paydaşın karar verme süreçlerini kapsar. Bazı seyir çatışma risk değerlendirmeleri ile ilgili çalışmalar AIS verilerinin avantajından yararlanırken diğerleri simülasyon veya anket kullanmaktadır (Mou ve diğ., 2010). Dünya genelinde yapılan taşımacılığın 90%'i deniz taşımacılığıdır (Inal ve diğ., 2022). Bu çerçevede bu taşımacılığın sağlanabilmesi için gemi uzunlukları, taşıma kapasiteleri, gemilerin hızları ve sayıları artmıştır. Artan bu büyüklük de dolaylı olarak artan kazalara neden olmuştur. Bu kazalar çevreye ve değerli yüklerin kaybına neden olmaktadır. Yine aynı zamanda para ve zaman kaybına neden olmaktadır. Haliyle bu da bütün paydaşları etkilemektedir. Bunların engellenmesi için emniyetli seyir önceliktir (Huang ve diğ., 2019). Artan gemi sayıları kontrolü zorlaştırırken AIS'in planlamaya katkı sunduğu ve trafik planlaması yaparken sıklıkla kullanıldığı bilinmektedir. Son dönemde AIS'ten gelen gerçek trafik bilgileri ile artık çok sayıda gemi izleme verisine sahibiz. Bu AIS bilgileri ile seyir risk değerlendirmesi için çok değerli bir kaynaktır (Huang ve diğ., 2019).

Malakka Boğazı ile ilgili yapılan bir çalışmada boğazın öneminde bahsedilmiş. Trafik yoğunluğu hususu vurgusu yapılmış. AIS'in öneminden bahsedilmiştir. Yine yapılan çalışmada belirtilen bölgede yaşanan kazalarda insan hatasının olduğu raporlar ile tespit edilmiştir. İnsan hatası ile ilişkili kazaları azaltmak ve deniz trafiğinde seyir emniyetini artırmak için, seyir operasyonundaki insan faktörlerinin anlaşılmasını artırmak gereklidir. Önceki çalışmalarda analitik hiyerarşi süreci modelini kullanarak bu bölgede gerçekleşen kazalara neden olan faktörler araştırılmıştır. Bu çalışmada bölgede gerçekleşen kazalarda beş adet faktör tespit edilmiştir. Bunlar; gemi kondisyonu, insan faktörü, çevresel faktörler, makine ve elektriksel faktörler ve seyir faktörleri olarak tespit edilmiştir. Bu olayda insan faktörünün diğer faktörlere öncülük ettiği belirlenmiştir. Yine aynı çalışmada insan faktörünün tespiti için SHEL (Software, Hardware, Environment, Liveware) modeli kullanılmıştır (Zaman ve diğ., 2015c). Yine analitik hiyerarşi süreci modeli sonuçlarına benzer olarak insan faktörünün etkisi ortaya çıkmıştır (Zaman ve diğ., 2015a). AIS verileri, FMA' daki risk değerlendirme adımı için tehlike tanımlama ve gemi çarpışma olasılığı için bir veri kaynağı olarak uygulanmıştır (Huang ve diğ., 2019). Kobe üniversitesine kurulan AIS

cihazı ile Malakka Boğazında geçiş yapan gemiler ile bilgiler toplanmış ve bunlar ile ilgili pruva pruvaya gelme durumu, geçişme durumu ve yetişip geçişme durumlarını göz önüne alarak risk değerlendirmesi yapılmış (Zaman ve diğ., 2015b).

Siber güvenlik hususu güncelliğini korumakta olup şimdiye kadar ECDIS, GPS ve radarlara siber saldırı yapıldığı (BIMCO, 2016) ve gemilerin emniyetli seyrini tehlikeye attığı bilinmektedir. Bu tür saldırganlar artık bu tür gemi sistemleriyle ilişkili güvenlik açıklarının farkına varmaktadır (Enoch ve diğ., 2021). Artan teknoloji ile beraber gemilerde kullanılan sistemler birbirleriyle ve gemide internetin kullanılmasıyla gemi-gemi arası ve gemi-kara arası artan iletişim gemileri siber saldırılara daha uygun zemin oluşturmasına neden olmuştur (Enoch ve diğ., 2021). Yine benzer ataklar gemi makinasına da yapılabilmektedir. Her ne kadar gemiler tedbir alıyor olsalar da siber güvenlik gemiler için yeni bir durum olduğundan ilerleyen süreçte daha da sancılı süreçler yaşanacağı yadsınamaz. 2017 yılında dünyaca nl MERSK firması yaşanan Petya virüsü saldırısı nedeniyle işletmede çok büyük zararlara sebebiyet vermiştir (Alcaide & Llave, 2020).



2. AIS HAKKINDA GENEL BİLGİLER

2.1 AIS Nedir?

Otomatik Tanımlama Sistemi (AIS), şu anda gemilerde kullanılan kısa menzilli bir kıyı takip sistemidir. Hem gemilere hem de kıyı istasyonlarına tanımlama ve konumlandırma bilgisi sağlamak için geliştirilmiştir.

AIS verileri artık trafik yönetim sistemlerine iyi bir şekilde entegre edilmiş kıyı otoritelerinin gerçek zamanlı doğruluk arzusuna rağmen, başlangıçta durum böyle değildi. AIS (Otomatik Tanımlama Sistemi), radarın kullanılmaya başlanmasından bu yana denizcilerin navigasyon güvenliğindeki en önemli gelişmesidir. Bu sistem VHF deniz bandında çalışan bir dijital konumsal farkındalık sistemidir. Sistemin amacı, gemilerin tanımlanmasına yardımcı olmak, hedef takibine yardımcı olmak, arama ve kurtarma operasyonlarına yardımcı olmak, bilgi alışverişini basitleştirmek ve durumsal farkındalığa yardımcı olacak ek bilgiler sağlamaktır (Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO), A 29/Res.1106). Başlangıçta ticari gemilerin her koşulda birbirlerini daha net görmelerini sağlamak ve dümencinin çevresiyle ilgili bilgilerini iyileştirmek için bir çarpışma önleme aracı olarak geliştirilmiştir. AIS bu işlemi, bir geminin kimliğini, konumunu, hızını ve rotasını diğer ilgili bilgilerle birlikte menzil içindeki diğer AIS donanımlı gemilere sürekli olarak ileterek yapar.

Bir kıyı istasyonuyla birlikte bu sistem aynı zamanda liman yetkililerine ve deniz güvenliği kurumlarına deniz trafiğini yönetme ve deniz seyrüseferinin tehlikelerini azaltma olanağı da sunmaktadır. Sinyal alım aralığı değişken olabilir ve sinyal yayılma koşulları, deniz durumu, hava durumu veya diğer dış faktörlere bağlıdır. Ayrıca verici ve alıcı antenin yüksekliği ve gemi vericisinin gücü sinyal alım aralığını etkileyebilmektedir. Uygun atmosfer koşullarında güçlü iletimler için alım 20 deniz mili kadar kısa veya 350 deniz mili kadar olabilir. AIS sisteminin sinyal alım aralığını kontrol eden faktörler bağlamında, AIS alıcı ağı tarafından ortalama 40 deniz mili alım yarıçapına ulaşılmasının muhtemel olduğu düşünülmektedir.

Aynı kapsamda değerlendirilen bu varsayımlar, 10 deniz miline kadar menzilli daha küçük bir güç çıkışına sahip olan AIS-B için geçerli değildir.

2.2 AIS Nasıl Çalışır?

AIS, gemilerin GPS sistemi veya AIS ünitesine yerleştirilmiş dahili bir sensör aracılığıyla konumunuzu ve hareketlerinizi içeren bilgileri alarak çalışır. Bu bilgiler daha sonra AIS ünitesinden gelen programlanabilir bilgilerle (örn. Denizcilik Mobil Servis Kimlik (MMSI) numarası, gemi adı, varış yeri, kargo türü) birlikte toplanır ve diğer gemilerin AIS bilgileri alınırken arka planda düzenli aralıklarla iletilir. AIS ünitesinin kendine ait ayrı bir anteni olabileceği gibi, VHF radyonun iletim yaptığı antenden bir anten ayırıcı da kullanılabilir. Anten ayırıcı kullanılıyorsa, VHF radyo ve AIS transponderine uygun aktif bir ayırıcı olmalıdır.

SOLAS gereklilikleri: Denizde Can Güvenliğine ilişkin IMO Konvansiyonu (SOLAS) Yönetmeliği V/19.2.4, uluslararası sefer yapan 300 GT ve üzeri tüm gemilerin ve boyutlarına bakılmaksızın tüm yolcu gemilerinin AIS'yi gemide taşımasını gerektirir.

Uluslararası Denizde Can Güvenliği Sözleşmesi (SOLAS), ticari gemilerin inşası, ekipmanı ve işletilmesinde minimum güvenlik standartlarını belirleyen uluslararası bir denizcilik anlaşmasıdır. SOLAS Bölüm V sözleşmesinin 19. Yönetmeliği, gemideki navigasyon sistemleri ve ekipmanları için minimum taşıma gerekliliklerini detaylandırmaktadır.

2.3 AIS Özellikleri ve Çeşitleri Nelerdir?

A Sınıfı olanlar uluslararası sefer yapan 300 GT ve üzeri tüm gemiler ile tüm yolcu gemileri için zorunludur (Bošnjak ve diğ., 2012). B sınıfı olanlar sınırlı işlevsellik sağlamaktadır ve SOLAS kurallarına tabi olmayan gemilere yöneliktir. B sınıfı öncelikli olarak gezi teknelerinde kullanılmaktadır. AIS esas olarak iki özel frekansta veya VHF kanalında çalışmaktadır. 1. kanal 161.975 MHz bandında, kanal 87B'de çalışmaktadır. Kanal 2 ise 162.025 MHz bandında, kanal 88B çalışmaktadır. AIS sisteminin ilettiği veriler statik bilgiler ve dinamik bilgiler olmak üzere 2 alt başlıkta toparlanabilir. Statik bilgiler istek üzerine 6 dakikada bir iletilmektedir. MMSI numarası, IMO numarası, geminin isim ve çağrı işareti, konum sabitleme anteninin konumu, geminin uzunluğu ve gemi türü static bilgileri oluşturmaktadır. Doğruluk göstergeli geminin konumu, yere göre rota (COG) ve konum zaman damgası (UTC cinsinden) gibi bilgiler dinamik bilgileri oluşturmaktadır. AIS, yetkililerin belirli gemileri ve bunların bir ülkenin Münhasır Ekonomik Bölgesi içindeki veya

yakınındaki faaliyetlerini belirlemesine olanak tanımaktadır. AIS verileri mevcut radar sistemleriyle birleştirildiğinde yetkililer gemileri daha kolay ayırt edebilmektedir. AIS, denizcilik alanı farkındalığını artırır ve daha yüksek güvenlik ve kontrol sağlamaktadır. Ayrıca AIS verileri artık trafik düzenlerini geriye doğru izlemek ve tespit edilen bir petrol sızıntısından sorumlu olabilecek gemileri tespit etmek için de yaygın olarak kullanılmaktadır (Ferraro ve diğ., 2010). AIS birkaç istisna dışında kapatılması uygun olmayan bir sistemdir. Uluslararası Denizcilik Örgütü kurallarına göre, gemiler seyir halindeyken veya demir operasyonu gerçekleştirirken AIS her zaman çalışır durumda olmalıdır. Bir geminin mürettebatı bazı durumlarda AIS yayınıni çeşitli meşru sebeplerden dolayı kapatabilir, ancak bu davranış, geminin yasa dışı faaliyetleri gizlemek için konumunu ve kimliğini gizlediği anlamına da gelebilmektedir.



3.YÖNTEM

3.1 HRA Tanıtılması

İnsan hatası terimi pragmatik olarak şu şekilde tanımlanmıştır: bir dizi insan eylemi veya faaliyetinin kabul edilebilirlik sınırını aşması yani tolerans dışı eylem olarak tanımlanır (Swain, 1989). İnsan güvenirlilik değerlendirmesi (HRA) insanların risk durumuna katkısını değerlendirmek için kalitatif ve kantitatif olarak değerlendirmeleri içermektedir. Bu tür kazalar insan hatasından büyük ölçüde etkilenmektedir, ancak mevcut olan veya yeni planlanarak inşa edilen birçok sistemin tasarımında insan hatası dikkate alınmamaktadır (Kirwan, 1997b). İnsan güvenilirliği değerlendirmesi (HRA), önemli ölçüde, çeşitli tahmin tekniklerinin insan hatası olasılıklarını güvenilir bir şekilde tahmin edebileceği önermesine dayanır (I. S. Kim, 2001). HRA insan hatalarının olasılığını tanımlamak, modellemek ve ölçmekle ilgilenmektedir (Griffith & Mahadevan, 2011). Günümüzde düzinelerce HRA tekniği kullanılmasına rağmen bu yöntemlerin birçoğu, uzman kararlarıyla ilgili belirsizlik ve insan faktörlerinin ilgili eylemlerle olan bağı açısından bazı sınırlamalara sahiptir (Musharraf ve diğ., 2013). Yöntemler genel itibariyle ilk zamanlar nükleer enerji üretim tesislerinde karşılaşılan kazaları minimize etmek için geliştirilmiştir. Kullanılan yöntemlerin diğer paydaşlar tarafından kullanılması için tekniklerin uygun bir şekilde uyarlanması gerekiyor. Nükleer endüstride yoğun bir otomasyon kullanımı varken gemilere geldiğimizde özellikle ilk zamanlarda bu otomasyon gittikçe azalmakta ve insan etkisi artmaktadır. Dolayısı ile görev analizine uygun bir şekilde uyarlamanın yapılması gerekmektedir.

Endüstri devrimi sonrası meydana gelen kazalarda ilk hedef noktası olarak teknik hatalara odaklanılmaktaydı. İlerleyen süreçte örgütsel hatalar ve insan kaynaklı hatalar irdelenmeye başlanmış ve insan kaynaklı hataların ciddi sonuçlar doğurduğu tespit edilmiştir. İnsan performansını ölçmek ve insan hatası olasılığını hesaplamak için çok sayıda yöntem geliştirilmiştir. Birinci nesil HRA yöntemleri 1970–1990 yıllarını kapsamaktadır (Akyuz ve Celik, 2015). Başlatıcı bir olay sonrası insan eyleminin değerlendirmesini gözlem, teşhis ve manuel eylemlere ayırmayı öneren, teşhis

sonrasında operatörlerin doğrudan prosedürleri uygulayarak rahatlıkla baş edebileceklerini varsayan prosedür merkezli analizler birinci nesil HRA yöntemlerinde yaygındır (Pyy, 2000). Birinci nesil HRA yöntemlerinin genellikle zaman-güvenilirlik ilişkisine veya temel bilgi işleme kavramlarını baz alarak operatör modellemelerini içermektedir (Hollnagel, 1996). İkinci nesil ise 1990–2005 yılları arasındadır . Sonuç olarak, 2005 yılından bu yana üçüncü nesil HRA yöntemleri kullanılmaktadır. İnsan hata olasılığı sonucu yaşanan bu olayların üretimi, operasyonel performansı, üretkenliği etkilediği görülmüştür. Tüm bu nedenler ile insan güvenilirlik değerlendirmesinin önemi ortaya çıkmış oluyor. HRA ile ilgili 72 potansiyel yöntem bulunmakta ve bunların 35 tanesi aktif olarak kullanılmaktadır. Bu aktif olarak kullanılan 35 yöntemden 17 tanesi majör, 18 tanesi minör olacak şekilde (Health and Safety Executive) HSE'de kullanılmaktadır (Bell ve Holroyd, 2009). Yukarıda da bahsedildiği üzere bu yöntemler 1. Dönem, 2. Dönem ve son dönem yöntemleri olarak 3 kategoriye ayrılmıştır. İnsan eylemlerinin ikili temsili (başarı/başarısızlık), insan eyleminin fenomenolojisine dikkat, insanın bilişsel eylemlerine düşük konsantrasyon (bilişsel model eksikliği), insan eylemlerinin yanlış gerçekleştirilme olasılığının ölçülmesine vurgu, ihmal ve devreye alma hataları arasındaki ikilik ve bağlamın dolaylı olarak ele alınması bu yöntemlerin temel özellikleri olarak özetlenebilir (I. S. Kim, 2001).

Kaza Başlangıç ve İlerleme Analizi (AIPA), 1970'lerin ortasında, büyük yüksek sıcaklık gaz soğutmalı reaktörlerin işletiminde operatör tepkilerinin olasılığını tahmin etmeye yönelik bir yöntem olarak geliştirilmiş ilk jenerasyon yöntemlerinden biridir (Alberstein ve diğ., 1976). THERP (Technique for Human Error Rate Prediction) gibi ilk jenerasyon yöntemleri 1970-1990 yıllarına denk gelmekte olup hala geçerliliğini korumakta olan yöntemlerdendir. Bu yöntemlerin amacı operatörün sistem güvenilirliğine katkısını değerlendirmek, daha kesin insan hata oranlarını tespit etmek ve ekipman ile ilişkili insan hatalarından kaynaklanabilecek insan, makine sistemlerinde oluşacak bozulmaları değerlendirmektir. Bu yöntemde daha çok teknik detaylar ile ilgilenilmiş ve insan mekanik bir bileşen olarak kabul edilmiştir. 1990'lı yılların başlarından itibaren dünyadaki gelişmeler neticesinde birinci jenerasyonun artık ihtiyaçlara tam olarak cevap veremediği anlaşıyor ve sistemin güncellenmesi kaçınılmaz oluyor akabinde ikinci jenerasyon yöntemler ortaya çıkıyor. İlk jenerasyon daha çok davranışsal yaklaşım ile olurken ikincisi daha çok kavramsal türler olmaya

doğru ilerlemektedir. İlk HRA jenerasyonunda, HEP'ler tarafından temsil edilen bir görevin özellikleri ana faktörler olarak kabul edilmektedir (M. C. Kim ve diğ., 2006). Kantitatif yöntemlerden daha çok kalitatif yöntemlere geçiş oluyor. İkinci jenerasyonda kullanılan metotlar insan davranışlarını açıklamaya daha uygun bilişsel bir modele dayanmaktadır. CREAM (Cognitive Reliability and Error Analysis Method) metodu buna örnek verilebilir. Bilişsel Güvenilirlik ve Hata Analizi Yönteminde (CREAM) , bir operatörün veya ekibin durum üzerinde sahip olduğu kontrol derecesi olarak açıklanmaktadır (Fujita ve Hollnagel, 2004). Son jenerasyona geldiğimizde yine gelişen teknolojiye cevap vermekte zorlanan birinci ve ikinci jenerasyon son dönem jenerasyonun oluşmasına yine aynı zamanda da ilk iki jenerasyonun da güncellenmesine sebep olmuştur. Nükleer alanda yapılan çalışmalarda kullanılan NARA (Nuclear Action Reliability Assessment) son jenerasyona örnek olarak verilebilir.

3.2 HEART Metodu Tanıtılması

HEART (insan hatası değerlendirme ve azaltma tekniği), kritik operasyonun gerçekleştirildiği güvenlik ve güvenilirlik analizinde iyi bilinen bir modelleme aracı olarak kabul edilmektedir. Bir insanın veya operatörlerden oluşan ekibin bir görevde ne sıklıkta hata yapacağını belirleyen değer insan hatası olasılığı (HEP) olarak bilinir (Kirwan, 1997a). HEP operatörün faaliyetleri temel alınarak hesaplar ve HEP niceliksel bir tahminini elde etmek için bir çok HRA yönteminde kullanılır (Boring, 2006). HEP hesaplaması için tanımlanmış değerler insan görevlerini değerlendirmek için sunulmuştur. Bu temel olarak iki parametreye dayanmaktadır; ilki genel görev türü (GT), ikincisi hata üretme durumu(EPC). GT, kullanıcının HRA altında uygun görevi bulmasına ve daha sonra genel hata olasılığı (GEP) değerini (aynı zamanda nominal insan güvenilirmezliği olarak da bilinmektedir) tanımlamasına izin verirken, EPC olasılığı etkileyen insan performans şekillendirme faktörünü tanımlar. GEP ve EPC değerinin etkisi, uzun süren insan performanslarının sayısız araştırmasından elde edilmiş verilerdir. Bu veri tabanı, nükleer enerji santrali, petrokimya endüstrisi, açık deniz platformları, hizmet endüstrisi gibi çok sayıda endüstriden türetilen çeşitli HEP değerlerini içermektedir (Williams, 1988). GEP değerlerini ilk parametre olarak kullanmak için bir GT seçilmesiyle başlar. Dokuz GEP değeriyle ilişkili toplam 9 genel görev vardır.

Çizelge 3.1: Genel görev güvenilmezliği değerleri

Genel Görevler		Nominal İnsan Güvenilmezliği
A	Tamamen aşına olmayan, olası sonuçlarla ilgili gerçek bir fikir olmadan hızlıca gerçekleştirilmesi	0,55 (0,35–0,97)
B	Denetim veya prosedürler olmadan tek bir denemede sistemin yeni veya orijinal duruma getirilmesi veya geri yüklenmesi	0,26 (0,14–0,42)
C	Yüksek düzeyde kavrama ve beceri gerektiren karmaşık görev	0,16 (0,12–0,28)
D	Oldukça basit bir görevin hızlı bir şekilde yerine getirilmesi veya az ilgi gösterilmesi	0,09 (0,06–0,13)
E	Düşük beceri düzeyini içeren rutin, oldukça pratik, hızlı görev	0,02 (0,007–0,045)
F	Bazı kontrollerle prosedürleri izleyerek bir sistemi orijinal veya yeni duruma getirilmesi veya değiştirilmesi	0,003 (0,0008–0,007)
G	Tamamen aşına olunmuş, iyi tasarlanmış, son derece pratik, saatte birkaç kez gerçekleşen rutin görevin, yüksek motivasyonlu, yüksek eğitilmiş ve deneyimli kişiler tarafından mümkün olan en yüksek standartlarda gerçekleştirilmesi.	0,0004 (0,00008–0,009)
H	Sistemin doğru yorumlanmasını sağlayan artırılmış veya otomatikleştirilmiş bir denetim sistemi olduğunda bile sistem komutuna doğru yanıt verilmesi	0,00002 (0,000006–0,00009)
M	Açıklaması bulunamayan çeşitli görevler.(nominal 5 ila 95. yüzdelik dilim veri yayılımları, log-normalliği öneren deneyimler temelinde seçilmiştir.)	0,03 (0,008–0,11)

Analistlerin HRA sırasında ölçmeleri gereken belirli tanımlanmış görevleri vardır. Bu belirlenmiş görevleri yapmak için, uzmanlar tarafından seçilen görevler GT ile karşılaştırılır ve sırasıyla atanır. Daha sonra EPC, uzmanlar tarafından ikinci parametre olarak seçilir. Bunlar, insan performansını büyük ölçüde etkileyebilecek ve insan hatası olasılığını artırabilecek dış ve iç faktörleri (zabitin deneyimi, duruma aşinalık, zaman baskısı, yorgunluk, gürültü seviyesi, operasyona aşinalık, kullanılan cihaz hakkında yeterli bilgiye sahip olma durumu vb.) içermektedir. HEART metodu yaklaşımında atanmış 38 farklı EPC bulunmaktadır. İlgili EPC'nin seçimi genellikle görevin senaryosuna dayalıdır.



Çizelge 3.2: Hata üretme durumu değerleri.

Hata Üretme Durumu (Error Producing Conditions (EPCs))		Güvenilmezliğin 'iyi' koşullardan 'kötü' koşullara geçerken değişebileceği tahmin edilen maksimum nominal miktar
1	Potansiyel olarak önemli olan ancak nadiren ortaya çıkan bir duruma aşına olmama	17
2	Zaman sıkıntısı	11
3	Düşük Sinyal oranı	10
4	geçersiz kılma izin Özellikleri	9
5	Mekansal ve işlevsel uyumsuzluk	8
6	Bir operatörün dünya modeli ile bir tasarımcının hayal ettiği arasındaki uyumsuzluk	8
7	Kasıtsız bir eylemi tersine çevirmenin açık bir yolu olmaması	8
8	Özellikle yedekli olmayan bilgilerin eşzamanlı sunumundan kaynaklanan bir kanal kapasitesinin aşırı yüklemesi	6
9	Farklı bir yöntemin uygulanmasını gerektiren bir tekniği, unutup uygulama ihtiyacı	6
10	Belirli bilgileri kayıpsız olarak görevden göreve aktarma ihtiyacı	5,5
11	Gerekli performans standartlarındaki belirsizlik	5
12	Algılanan ve gerçek risk arasında bir uyumsuzluk	4
13	Zayıf, belirsiz veya uyumsuz sistem geri bildirimi	4
14	Kontrolün uygulanacağı sistemin bir kısmından amaçlanan bir eylemin doğrudan ve zamanında açık bir şekilde teyidi olmaması	4
15	Operatör deneyimsizliği (ör. Yeni yeterliliğini almış bir zabıt, ancak "uzman" değil)	3
16	Prosedürler ve kişi / kişi etkileşimi ile aktarılan yoksul bilgi kalitesi	3
17	Çıktının bağımsız kontrolü veya testi çok az veya hiç yok	3

Çizelge 3.2 (devam) : Hata üretme durumu değerleri.

Hata Üretme Durumu (Error Producing Conditions (EPCs))		Güvenilmezliğin 'iyi' koşullardan 'kötü' koşullara geçerken değişebileceği tahmin edilen maksimum nominal miktar
18	Acil ve uzun vadeli hedefler arasında bir çatışma	2,5
19	Doğruluk kontrolleri için bilgi girişi çeşitliliği yok	2,5
20	Bir bireyin eğitimsel başarı seviyesi ile görevin gereksinimleri arasında bir uyumsuzluk	2
21	Diğer daha tehlikeli prosedürleri kullanmak için bir teşvik	2
22	Bir işin yakın sınırlarının dışında zihin ve beden egzersizi yapmak için küçük bir fırsat	1,8
23	Güvenilmez enstrümantasyon (farkedilmesi yeterli)	1,6
24	Bir operatörün yeteneklerinin veya deneyiminin ötesinde mutlak yargılara duyulan ihtiyaç	1,6
25	İşlev ve sorumluluğun net olmayan dağılımı	1,6
26	Bir aktivite sırasında ilerlemeyi takip etmenin açık bir yolu yok	1,4
27	Sınırlı fiziksel yeteneklerin aşılması tehlikesi	1,4
28	Bir görevde içsel anlam çok az veya hiç yok	1,4
29	Yüksek düzeyde duygusal stres	1,3
30	Operatörler arasında kötü sağlık kanıtı, özellikle ateş	1,2
31	Düşük işgücü morali	1,2
32	Ekranların ve prosedürlerin anlamının tutarsızlığı	1,2
33	Kötü veya düşmanca bir ortam (sağlığın veya yaşamı tehdit eden şiddetin% 75'inin altında)	1,15
34	Uzun süreli hareketsizlik veya düşük zihinsel iş yükü görevlerinin çok tekrarlanan döngüsü	1,1
35	Normal çalışma-uyku döngülerinin bozulması	1,1
36	Başkalarının müdahalesinin neden olduğu görev hızı	1,06

37	Görevi normal ve tatmin edici bir şekilde yerine getirmek için gerekli olanların ötesinde ek ekip üyeleri	1,03
38	Algısal görevleri yerine getiren personelin yaşı	1,02

Özet olarak sırasıyla görev analizi, senaryo tanımlanması, senaryoya göre genel görev tipinin belirlenmesi, genel göreve göre GEP değerinin seçilmesi, ilgili EPC'lerin tanımlanması, EPC etkisinin oranının değerlendirilmesi ve son olarak da nihai HEP değerinin hesaplanması HEART metodolojisinin temel uygulama aşamaları olarak özetlenebilir. Aşağıdaki çizelgede HEART metodunun sırasıyla uygulanma aşaması gösterilmektedir.

Çizelge 3.3: Heart yönteminin metodolojisi.

ADIM	GÖREV	ÇIKTI
1	Genel Görev Güvenilmezliği: Görevi, genel insan güvenilmezliği açısından 9 genel HEART görev türünden birine sınıflandırın (Şekil 2.1)	Nominal insan güvenilmezlik olasılığı
2	Hata Üretme Durumu ve Çarpanı: Performansı olumsuz etkileyebilecek senaryo / görev için ilgili hata üretme durumlarını (EPC'ler) belirleyin ve ilgili çarpanı elde edin (Şekil 2.2)	Güvenilmezliğin artabileceği tahmin edilen maksimum nominal miktar (Çarpan)
3	Değerlendirilen Etki Oranı: Karara dayalı olarak her EPC'nin görev üzerindeki etkisini tahmin edin	Etki oranı 0 ile 1 arasındaki değer
4	Değerlendirilen Etki: Her bir EPC için "değerlendirilen etkiyi" aşağıdaki formüle göre hesaplayın: $((\text{Çarpan} - 1) \times \text{Değerlendirilen Etki Oranı}) + 1$	Değerlendirilen etki değeri
5	İnsan Hatası Olasılığı: Aşağıdaki formüle dayalı olarak görevin genel başarısızlık olasılığını hesaplayın: $\text{Nominal insan güvenilmezliği} \times \text{Değerlendirilen etki 1} \times \text{Değerlendirilen etki 2}$	Genel başarısızlık olasılığı

4.YÖNTEMİN UYGULAMA ÇALIŞMASI

Uluslararası sularda seyreden gemilerde vardiya zabitleri seyir sırasında AIS cihazının çalışmaması veya yanlış bilgi aktarımı gibi problemlerle karşı karşıya kalmaktadırlar. Buna sebebiyet veren çeşitli faktörler vardır. AIS cihazının yanlış bilgi aktarımı veya AIS cihazının bağlı olduğu sistemlerin doğru bilgi aktarmaması sebebiyle vardiya zabitleri hata yapabilmektedirler. Vardiya zabitlerinin bu hatalarını 3 ana olay başlığında ele alarak HEART metodunu kullanarak hata yapma olasılıklarını değerlendireceğiz. ‘AIS sistemine yanlış bilgi gelmesinden kaynaklı insan hata olasılığı’, ‘AIS sistemine bilginin gelmemesi sonucu insan hata olasılığı’ ve ‘AIS sistemine siber saldırı sonucu insan hata olasılığı’ başlıkları bu 3 ana olayımızı oluşturmaktadır.

HEART Metodu uygulanırken, Değerlendirilen Etki Oranı, EPC'nin değerlendirilen görev için uygulanabilir olmasına yol açabilecek durumların ve koşulların bir değerlendirmesine dayanmaktadır. Örneğin, düşük işgücü morali olarak değerlendirilen 0,3 etki oranı, düşük işgücü moralinin önemli bir EPC olabileceği ihtimalinin% 30 olduğunu gösterir. Ayrıca, örneğin, hata tespiti ve düzeltme EPC'si için mevcut olan zaman yetersizliğinin, hızlı tempolu bir ortamda çok sayıda tekrar gerektiren karmaşık bir görevi yürüten bir operatör için daha büyük bir etki oranına sahip olabileceği belirtilmelidir.

4.1 AIS Sisteminden Kaynaklanabilecek İnsan Hataları

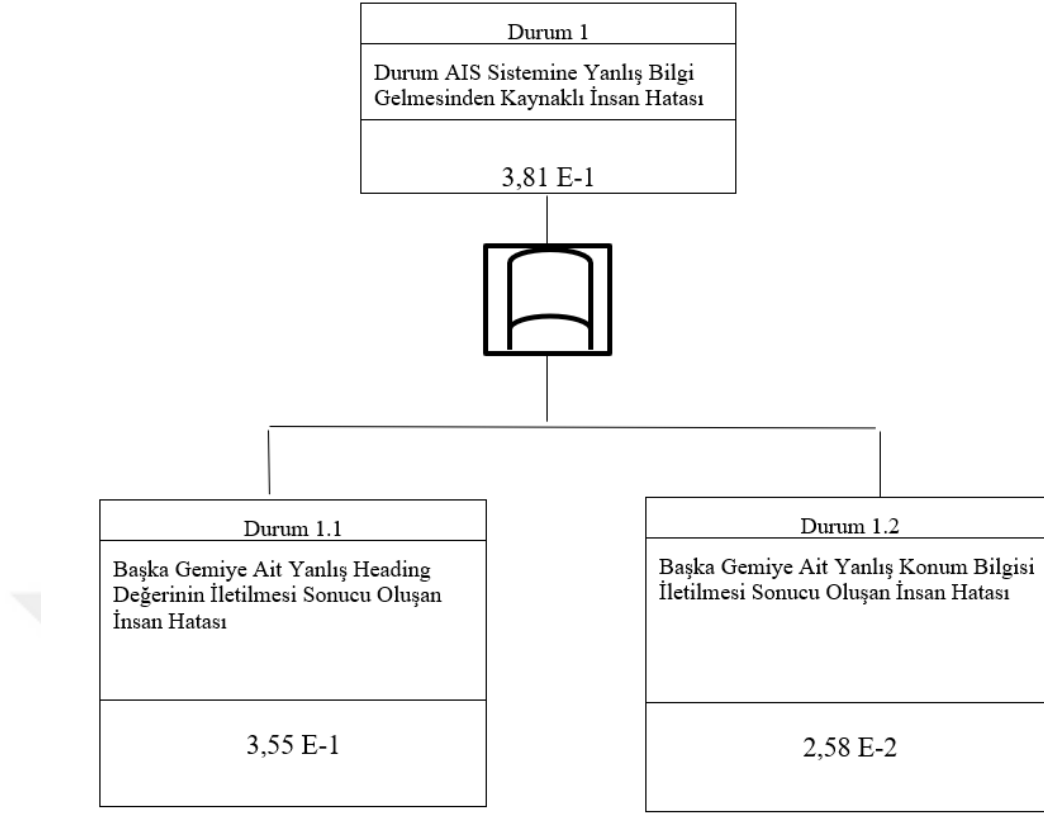
4.1.1 AIS sistemine yanlış bilgi gelmesinden kaynaklı insan hataları

AIS sisteminin çalışma prensibi dolayısıyla; her istasyon belirli bir süre içerisinde belirli sayıda yayın yapabildiğinden, sistemin çalışma hızı günümüzdeki diğer karasal iletişim sistemlerine kıyasla oldukça yavaştır. AIS sisteminde kullanılan telsizler VHF bandında iletişim kurmaktadır. Deniz trafiğinin yoğun olduğu boğazlar ve deniz trafik ayırım hatları içerisinde kalan deniz alanlarında VHF radyo yayınlarının birbirleri ile veya karasal diğer yayınlar ile enterferansa girmesi ve bozunuma uğraması mümkündür. Buna ek olarak, gemiler üzerindeki VHF radyo telsizlerin yayın ve alım alanları; antenlerin bulunduğu yükseklik, coğrafi engeller, deniz ve hava koşullarına bağlı olarak en fazla 50 deniz mili civarında sınırlanmaktadır.

AIS Sistemi gemilerin ve istasyonların kendilerine ait sabit verilerini, sefer bilgilerini ve devingen bilgilerini VHF-Telsiz Telefon Cihazının sistem için belirlenmiş kanallarından otomatik olarak yayınlamasını ve bu bilgilerin alıcı istasyonlar tarafından otomatik olarak algılanmasını, işlenmesini sağlar. Gemilerin sefer ve sabit bilgilerinden ziyade devingen olan, sürekli değişim gösteren pozisyon, pozisyon doğruluk kodu, pozisyon zamanı, gerçek rota, pruva değeri, gerçek hız, hareket durumu gibi geminin anlık olan değerlerinin aktarımında ve işlenmesinde problemler yaşanmaktadır. Bu problemler AIS sisteminin direkt olarak kendisinden kaynaklanmasının yanı sıra bağlı sistemlerin yanlış veri aktarımının da sebep olduğu görülmektedir. Bu durumda tepe olayımız AIS sistemine yanlış bilgi gelmesinden kaynaklı insan hatasının oluşması olarak ele alınmıştır. Buna neden olabilecek 2 adet kök neden belirlenmiştir.

Bu kök nedenler başka gemiye ait yanlış heading değerinin iletilmesi ve başka gemiye ait yanlış konum bilgisinin iletilmesi olarak değerlendirilmiştir. Kök nedenlerin olasılığı HEART metodu uygulanarak sayısal değere dönüştürülmüştür. Elde edilen bu sayısal değerler bu durum için belirlenmiş tepe olayımıza ‘veya’ kapısı ile bağlanmıştır. Çünkü hata ağacı analizinde eğer kök nedenlerden herhangi birisinin meydana gelmesi durumunda yukarıda belirlenen tepe olayın oluşma ihtimali varsa ‘veya’ kapısı kullanılarak işlem yapılır.

Sonuç olarak belirlenmiş olan bu durum olayımızda da 2 kök nedenden herhangi biri olursa tepe olayın oluşmasında neden olabilecektir. Bu şekilde ‘veya’ mantık gerektirdiği sayısal hesaplama formülü kullanılarak en son olarak tepe olayımızın sayısal değeri elde edilmiştir.



şekil 4.1: Durum 1.

4.1.1.1 Başka gemiye ait yanlış heading değerinin iletilmesi sonucu oluşan insan hatası

İlk olarak alınan datalar sonucu AIS ten radara veya ECDIS e aktarılan geminin görüntüsünde Heading değerinin düzgün gözükmemesi sonucu seyir emniyetini tehlikeye atacak bir geminin vardiya zabiti tarafından fark edilmemesidir. Yaklaşım rotası içerisinde bulunan bir gemi vardiya zabitinin farklı rotada olduğunu zannetmesinden dolayı yaklaşan tehlikeyi fark edemediği durumlar yaşanmaktadır. Bu tür durumlarda ECDIS veya Radar üzerinde past track özelliğini aktif olarak kullanan zabitler gemilerin AIS bilgisinde gözükten rotalarından farklı yöne gittiklerini daha rahat fark etmektedir. Fakat özellikle ECDIS’te vardiya zabitleri arasında, trafiğin yoğun olduğu bölgelerde past track özelliği kapalı tutularak çalışma yaygın olarak karşılaşılan bir tercihtir. Past track özelliğinin kapalı tutulması vardiya zabitlerinin hata yapmalarına neden olmaktadır.

Heart yönteminin belirlenmiş olan 9 ana görev tanımından D sekmesindeki görev tanımı “Oldukça basit bir görevin hızlı bir şekilde yerine getirilmesi veya az ilgi

gösterilmesi” tanımı, belirlenen ‘başka gemiye ait yanlış Heading değerinin iletilmesi’ kök nedeninin insan hatası olasılığını hesaplarken kullanılmıştır. Çünkü bu olayın gerçekleşmesi sırasında gemi seyir halinde ve seyir vardiyasında bulunan bir vardiya zabiti, vardiyası boyunca belirtilen civardaki gemileri seyir ekipmanlarında pilotlama işlemini vardiyası boyunca sıkça uygulaması gerekmektedir. Vardiya zabitinin bu görevini uygulamadaki sıklık frekansı, plotlama işlemini yaparken daha az ilgi ve özen göstermesine, ayrıca görevini hızlı bir şekilde yapmasına neden olabilmekte bu sebeple de dikkatsizliğe yol açabilmektedir. Bu sonuçlarda bizi belirlemiş olduğumuz kök nedenlerden biriyle uyumludur. Yöntemin tanımlanmış olan Genel Görev Güvenilmezliği bölümünde, 9 ana görevden D görevini seçtiğimizden dolayı Nominal İnsan Güvenilmezliği Oranını değer olarak 0,09 olarak işlemlere devam edilmektedir. Etki Oranı her EPC'nin görev üzerindeki etkisine göre belirlenmiştir. Aşağıdaki çizelgede HEART metoduna göre uygulanmış belirlenen kök nedenin sayısal işleme aşaması gösterilmektedir.

Çizelge 4.1: Başka gemiye ait yanlış heading değerinin iletilmesi sonucu oluşan insan hata olasılığı hesap çizelgesi.

Görev	Genel Görev Güvenilmezliği	EPC's	Çarpma n	Değerlendirile n Etki Oranı	Değerlendirilmiş Etki	İnsan Hata Olasılığı
Başka Gemiye Ait Yanlış Heading Değerini n İletilmesi Sonucu Oluşan İnsan Hatası	0,09	Potansiyel olarak önemli olan ancak nadiren ortaya çıkan bir duruma aşına olmama Algılanan ve gerçek risk arasında bir uyumsuzluk	17	0,15	3,4	3,55 E-1
		Uzun süreli hareketsizlik veya düşük zihinsel iş yükü görevlerinin çok tekrarlanan döngüsü	4	0,05	1,15	
			1,1	0,10	1,01	

4.1.1.2 Başka gemiye ait yanlış konum bilgisi iletilmesi sonucu insan hatası

AIS sisteminin verdiği hatalardan kaynaklı personel hatalarının ikinci çeşidi ise yanlış GPS pozisyonu alınan gemilerdir. AIS sistemi VHF sinyallerini kullanan bir sistem olduğu için sinyallerinin yansıması sonucu meydana gelen yanlış ekolar aslında belirtilen pozisyonda olmayan bir gemiyi oradaymış gibi gözükmesi durumu meydana getirebilmektedir. Yanlış eko sonucunda gerçekte olmaması gereken yerde sanki oradaymış gibi görünen gemi, kendi gemimizle CPA ve TCPA değerleri verebilmektedir. AIS sistemine bağlı olarak bazı değerleri otomatik olarak alıp başka verilerle işleyen diğer elektronik seyir ekipmanlarından olan Radarın ve ECDIS'in alarm vermesine neden olabilmektedir. Köprüüstünde vardiyada bulunan vardiya zabiti için aynı anda farklı elektronik seyir ekipmanlarının farklı alarmları oluşturması panik ortamına yol açabilmektedir. Belirtildiği gibi bu alarmlar hem panik ortamı oluşturabilir hemde denizcilik kuralları gereği hangi alarmda neler yapılması gerektiği daha önceden kurallar ile belirlenmiş olduğu için, vardiya zabitinin aksiyon alarak gecikmeden alarm durumunda yapması gereken işlemleri yerine getirmeliyim düşüncesine yol açabilmektedir.

Örneğin; Böyle bir durumda vardiya zabitinin görevli olduğu kendi gemisinin yakın zamanda bir çatışma tehlikesi içerisinde olacağını ve önlem alması gerektiği düşüncesine sebep olabilmektedir. Bu düşünceyle birlikte hata yapmaya açık hale gelen vardiya zabiti geminin çatışma durumuna geleceğini varsaydığı için gemiye çatışmadan kaçınma manevrası uygulayıp özellikle trafiğin yoğun olduğu yerlerde, sığ sularda veya kıyı seyrinde daha tehlikeli durumlarla karşı karşıya kalabilir.

Bu nedenle belirtilen durumunun geminin seyir emniyeti, insan, can ve mal kaybı açısından önemi görülmektedir. İnsan güvenilirlik analizi kapsamında Heart yöntemi ile 9 ana görev tanımından F görev tanımı “Düşük beceri düzeyini içeren rutin, oldukça pratik, hızlı görev” tanımı, ‘başka gemiye ait yanlış pozisyon bilgisinin iletilmesi sonucu oluşabilecek insan hatası olasılığı’ olarak belirlenen diğer kök sebebimizi hesaplarken kullanılmıştır. Yöntemde belirlenmiş olan Genel Görev Güvenilmezliği bölümünde F görevini yani “Düşük beceri düzeyini içeren rutin, oldukça pratik, hızlı görev” seçildiğinden dolayı Nominal İnsan Güvenilmezliği

Oranının değeri 0,003 olarak alınmıştır. Etki Oranı her EPC'nin görev üzerindeki etkisine göre belirlenecektir.

Çizelge 4.2: Başka gemiye ait yanlış konum bilgisi iletilmesi sonucu oluşan insan hata olasılığı hesap çizelgesi.

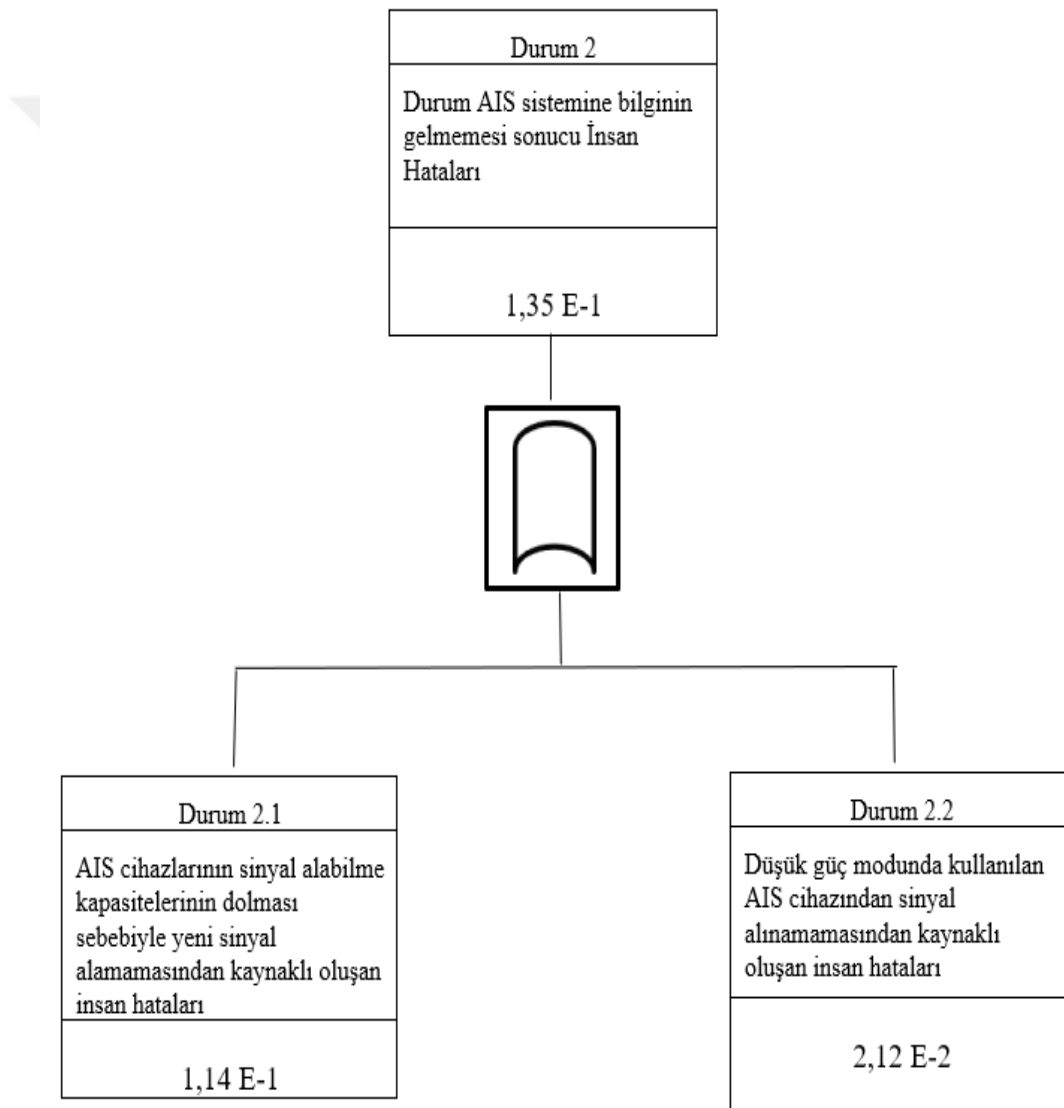
Görev	Genel Görev Güvenilmezliği	EPC's	Çarpan	Değerlendirilen Etki Oranı	Değerlendirilmiş Etki	İnsan Hata Olasılığı
Başka Gemiye Ait Yanlış Konum Bilgisi İletilmesi Sonucu Oluşan İnsan Hatası	0,003	Potansiyel olarak önemli olan ancak nadiren ortaya çıkan bir duruma aşına olmama	Düşük Sinyal oranı	10	0,30	2,58 E-2
		Algılanan ve gerçek risk arasında bir uyumsuzluk	Zayıf, belirsiz veya uyumsuz sistem geri bildirimi	4	0,20	
		Uzun süreli hareketsizlik veya düşük zihinsel iş yükü görevlerinin çok tekrarlanan döngüsü	Doğruluk kontrolleri için bilgi girişi çeşitliliği yok	2,5	0,30	

4.1.2 Durum AIS sistemine bilginin gelmemesi sonucu insan hataları

AIS sistemi temel olarak üzerinde AIS transponder (aktarıcı) cihazı takılı olan geminin; geminin boyuna, tipine, rotasına, yüküne, hızına, manevralarına vb. statik, dinamik ve geminin seferine özgü bilgilerinin belirli bir mesaj formatıyla VHF kanal üzerinden, kıyıda kurulu istasyonlara ve sistemin kurulu olduğu diğer gemilere iletmek üzere düzenli aralıklarla yayınlanması esasına dayanır. AIS sisteminde gemiler kendi bilgilerini diğer gemilere ilettikleri gibi, diğer gemilere ait bilgileri de VHF alıcılar vasıtasıyla almakta ve mesajların içeriklerinde yer alan gemi pozisyonu, hızı gibi bilgileri kullanarak komşu gemi hareketlerini bir ekran üzerinde izleme imkanı bulmaktadırlar. AIS sistemi sayesinde, çevresindeki AIS sistemi takılı olan gemilerin hareketlerini takip edebilen gemi daha güvenli ve emniyetli seyir imkanı bulmaktadır.

AIS sisteminde diğer alınan veriler istasyon sayıları ile sınırlıdır. Çoğu AIS cihazında bu sayı 99 istasyonla sınırlıdır. Gemi trafiğinin yoğun olduğu bölgelerde tehlike yaratabilecek geminin AIS kapasitesinin dolu olması sebebiyle AIS sistemi tarafından gemi bilgilerine ulaşamaması durumuyla karşılaşmaktadır.

AIS sistemi düşük güç modu veya yüksek güç modu seçenekleriyle çalışabilen bir sistemdir. Düşük güç modunda çalışan veya unutulmuş bir AIS cihazı seyir yaptığı bölgede bulunan diğer gemilerin AIS yayınlarını alamaması durumu meydana gelmektedir. Bu nedenden ötürü durum 2 ‘AIS sistemine bilginin gelmemesi sonucu İnsan hataları’ olarak tepe olayı belirlenmiştir. Buna yol açabilecek kök nedenler ise ‘AIS cihazlarının sinyal alabilme kapasitelerinin dolması sebebiyle yeni sinyal alamamasından kaynaklı oluşan insan hataları’, ‘düşük güç modunda kullanılan AIS cihazından sinyal alınamamasından kaynaklı oluşan insan hataları’ şeklinde oluşturulmuştur.



Şekil 4.2: Durum 2.

4.1.2.1 AIS cihazlarının sinyal alabilme kapasitelerinin dolması sebebiyle yeni sinyal alamamasından kaynaklı oluşan insan hataları

Genelde gemilerin diğer gemiler ile temas halinde olmadan denizlerde veya okyanuslarda yalnız başına seyir ettiği düşünülmektedir. Fakat bu düşüncenin aksine gemiler karadan, kıyı tesislerinden ve diğer gemilerin yoğun bulunduğu kanal geçişleri, demir bölgeleri, belirlenmiş trafik hattı, boğaz geçişleri, iç denizlerde seyir vs gibi durumlarla karşılaşabilirler.

Bazen gemi trafiğinin yoğun olduğu kıyı seyri, liman yaklaşımları, demir sahaları, kanal ve boğaz geçişleri gibi operasyonlar gerçekleştirmeleri gerekebilir. Bu operasyonlar her biri ayrı ayrı değerlendirildiğinde ekip işi gerektiren ve birçok farklı gemi donanımının kullanılmasıyla gerçekleştirilen operasyonlardır. Bu durumlarda geminin seyir ettiği bölgelerde pek çok AIS yayını yapan kara ve deniz istasyonlarının sayısı artabilir. Bu sayının artması sonucunda oluşan bu yoğunluk Otomatik Tanımlama Sisteminin takip edebileceği sinyal sayısı kapasitesinin dolmasına sebep olabilmektedir. Özellikle liman operasyonları sonrasında veya gemi yoğunluğunun çok olduğu demir sahasında belli bir süre seyir etmeyen geminin vardiya zabiti Otomatik Tanımlama Sistemi (AIS) bulunan gemilerin güncelliğini kontrol etmesi gerekmektedir. Bu düzenli kontrollerinin ne kadar sıklıkla yapılacağı şirketin, uluslararası denizcilik regülasyonlarına göre belirlemiş olduğu şirket içi görevlendirmelerde belirlenmiştir. Bu kontrollerin aksatılmasının sonucunda vardiya zabiti sinyal alıp takibe aldığı uzaktaki başka bir geminin sinyallerinin, sistemin yeni ve daha yakındaki geminin sinyallerinin alınmasına engel olduğunu bilmek durumundadır. Bu sebepten dolayı HEART yönteminin 9 ana görev tanımından E görev tanımı “Düşük beceri düzeyini içeren rutin, oldukça pratik, hızlı görev” tanımı seçilmiştir. Ayrıca ‘AIS cihazlarının sinyal alabilme kapasitelerinin dolması sebebiyle yeni sinyal alamaması sonucu oluşan insan hatası olasılığı’ olarak belirtilen kök nedenimizin sayısal hesabını yaparken E görev tanımındaki sayısal değer kullanılmıştır. HEART yönteminin Genel Görev Güvenilmezliği bölümünde E görev tanımını seçtiğimizden dolayı Nominal İnsan Güvenilmezliği Oranını sayısal olarak 0,02 olarak alacağız. Etki Oranı her EPC'nin görev üzerindeki etkisine göre belirlenecektir. Belirlenmiş olan 3 EPC sırasıyla ‘ Özellikle yedekli olmayan bilgilerin eşzamanlı sunumundan kaynaklanan bir kanal kapasitesinin aşırı yüklemesi’, ‘Zayıf, belirsiz veya uyumsuz sistem geri bildirimi’, ‘Doğruluk kontrolleri için bilgi girişi çeşitliliği yok’ olarak saptanmıştır.

Aşağıdaki çizelgede HEART metoduna göre uygulanmış belirlenen kök nedenin sayısal işlem aşaması gösterilmektedir.

Çizelge 4.3: AIS cihazlarının sinyal alabilme kapasitelerinin dolması sebebiyle yeni sinyal alamamasından kaynaklı insan hata olasılığı hesap çizelgesi.

Görev	Genel Görev Güvenilmezliği	EPC's	Çarpan	Değerlendirilen Etki Oranı	Değerlendirilmiş Etki	İnsan Hata Olasılığı
AIS cihazlarının sinyal alabilme kapasitelerinin dolması sebebiyle yeni sinyal alamamasından kaynaklı oluşan insan hataları	0,02	Özellikle yedekli olmayan bilgilerin eşzamanlı sunumundan kaynaklanan bir kanal kapasitesinin aşırı yüklemesi	6	0,35	2,75	1,14 E-1
		Zayıf, belirsiz veya uyumsuz sistem geri bildirimi	4	0,20	1,60	
		Doğruluk kontrolleri için bilgi girişi çeşitliliği yok	2,5	0,20	1,30	

4.1.2.2 Düşük güç modunda kullanılan AIS cihazından sinyal alınamamasından kaynaklı oluşan insan hataları

AIS sistemi düşük güç modu veya yüksek güç modu seçenekleriyle çalışabilen bir sistemdir. Denizcilik kuralları gereği uluslararası olarak belirlenmiş liman operasyonları, Gemiden Gemiye Yük Transferi (STS) operasyonları veya yakıt ikmal operasyonları gibi AIS cihazının yüksek güç modunda çalışmasının tehlike yaratabileceği durumlarda AIS cihazı düşük güç moduna alınmaktadır. Düşük güç modunda sinyal aktarım gücü azaldığı için farklı AIS cihazları tarafından sinyallerin yakalanamaması ve diğer gemilerin yayın yapan gemi bilgilerini görememesi durumu meydana gelmektedir. Örneğin; demirde STS operasyonu yapan bir gemi, operasyonda seyir ve haberleşme ekipmanlarını düşük güç modunda kullanmaktadır. Operasyon sırasında ve sonrasında yüksek güç moduna dönülmesi gerekliliği unutulduğunda, etraftaki gemilere sinyal göndermesini ve almasını zorlaştıracaktır. Ortaya çıkan bu durum vardiya zabitanın oluşabilecek olumsuz durumları veya yaklaşan tehlikeleri görmemesine yol açabilmektedir. Tüm bunlardan ötürü vardiya zabiti hata yapabilmektedir. Bu yüzden diğer bir kök nedenimiz ‘düşük güç modunda

kullanılan AIS cihazından sinyal alınamamasından kaynaklı oluşan insan hataları’ olarak belirlenmiştir. Heart yönteminin 9 ana görev tanımından uygun olan F görev tanımı “Bazı kontrollerle prosedürleri izleyerek bir sistemi orijinal veya yeni duruma getirilmesi veya değiştirilmesi” olarak düşünülmüştür. Yöntemin Genel Görev Güvenilmezliği bölümünde F görevini belirlediğinden dolayı Nominal İnsan Güvenilmezliği Oranı sayısal olarak 0,003 olarak alınmıştır.

Etki Oranı her EPC'nin görev üzerindeki etkisine göre belirlenecektir. Aşağıdaki çizelgede HEART metodununa göre uygulanmış belirlenen kök nedenin sayısal işleme aşaması gösterilmektedir.

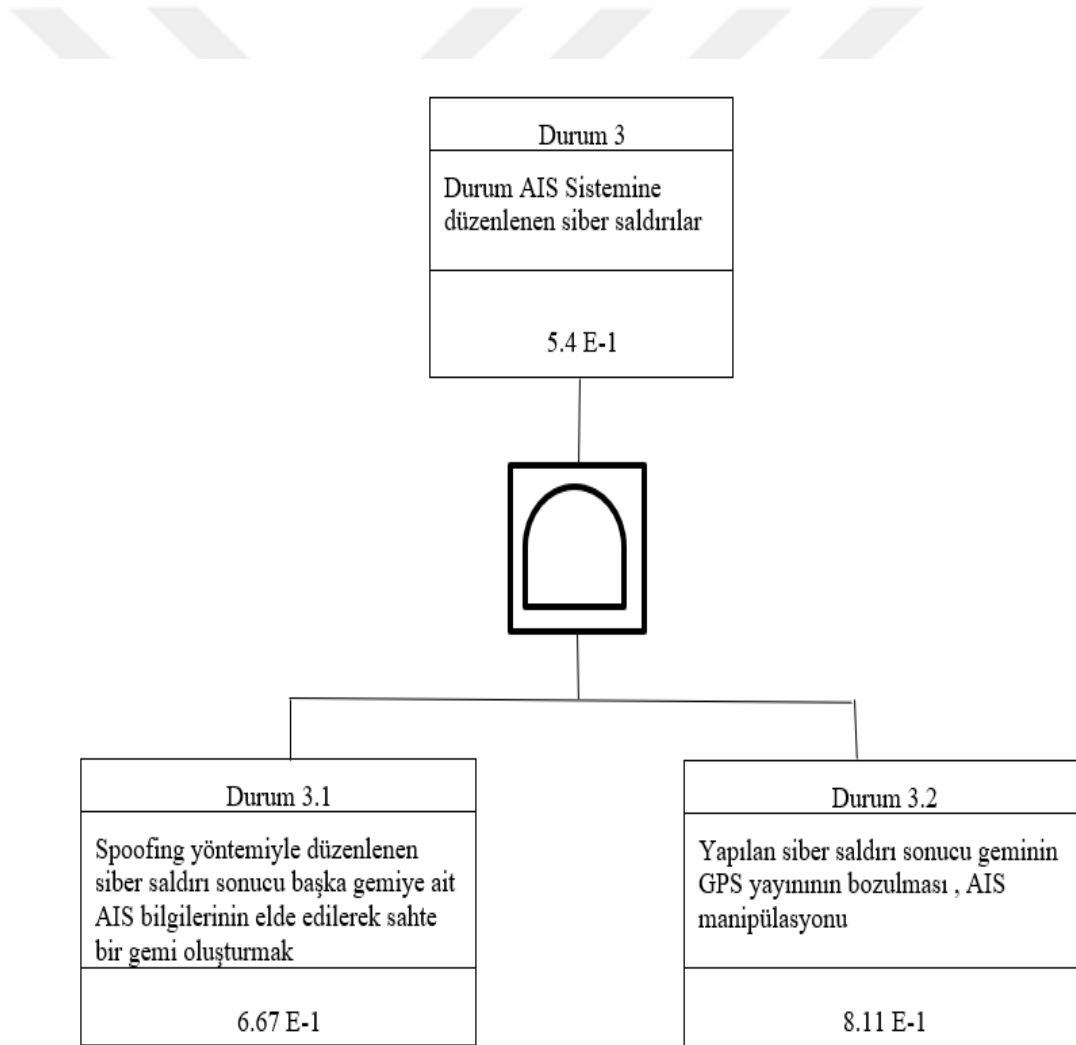
Çizelge 4.4: Düşük güç modunda kullanılan AIS cihazından sinyal alınamamasından kaynaklı insan hata olasılığı hesap çizelgesi.

Görev	Genel Görev Güvenilmezliği	EPC's	Çarpan	Değerlendirilen Etki Oranı	Değerlendirilmiş Etki	İnsan Hata Olasılığı
Düşük güç modunda kullanılan AIS cihazından sinyal alınamamasından kaynaklı oluşan insan hataları	0,003	Mekansal ve işlevsel uyumsuzluk	8	0,30	3,10	2,12 E-2
		Kontrolün uygulanacağı sistemin bir kısmından amaçlanan bir eylemin doğrudan ve zamanında açık bir şekilde teyidi olmaması	4	0,25	1,75	
		Operatör Deneyimsizliği	2,5	0,15	1,23	

4.1.3 AIS sistemine yapılan siber saldırı kaynaklı insan hataları

Siber kelimesi yunanca kökeni ‘hükmetmek, yönetmek’ anlamına gelen günümüzde bilgisayar teknolojileri ve internet ortamı için kullanılmaktadır . Siber saldırı bilgisayarları, internet ağlarını, yönetim ve organizasyon sistemlerini yok etmeyi veya zarar vermeyi amaçlayan eylemlerdir. Günümüzde denizcilikte şirketler arası rekabet, suç örgütleri, siyasi nedenler , korsanlık faaliyetleri, parasal amaçlar gibi nedenlerle siber saldırılar yaşanmaktadır. AIS sistemi gemideki savunmasız sistemlerden biri olduğu için değil, aynı zamanda AIS verilerinin değiştirilmesi ve ihlal edilmesinin kötü sonuçlara yol açabileceği için bu olayda değerlendirilmiştir (Soner ve diğ., 2024). Gemilerde mevcut bulunan geminin birçok bilgisini bünyesinde barındıran eski bir sistem olan AIS sistemi sinyallerinin frekans düşüklüğü nedeniyle bu saldırılara açık

konumdadır. Birçok siber saldırı çeşidi bulunmaktadır. Bu kısımda ele aldığımız saldırı tiplerinden spoofing yöntemi, bir siber suçlunun kötü amaçlı iletişimi veya etkinliği güvenilir bir kaynaktan geliyormuş gibi gösterdiği bir maskeleye işlemidir. Bir şekilde sahte bir kimlik oluşturma sürecidir. Gemilerde de AIS sistemi aslında gemilerin sanal ortamdaki kimlik bilgileri anlamına gelebilmektedir. Bu kısımda kök nedenler olarak ‘spoofing yöntemiyle düzenlenen siber saldırı başka gemiye ait AIS bilgilerinin elde edilerek sahte bir gemi oluşturulması’ ve ‘yapılan siber saldırı sonucu geminin GPS yayınının bozulması, AIS manipülasyonu’ belirlenmiştir. Belirlenen kök nedenler aynı anda meydana gelirse tepe olay oluşacağından dolayı bu 2 kök neden ‘ve’ kapısı ile bağlanmıştır. Bu olay için sayısal işlem ve hesaplamalar buna göre gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.3: Durum 3.

4.1.3.1 AIS sistemine spoofing yöntemiyle düzenlenen siber saldırı sonucu başka gemiye ait AIS bilgilerinin elde edilerek sahte bir gemi oluşturmak

HEART metodu yönteminde belirtilmiş olan Şekil 2.1' den 9 ana görev tanımından C görev tanımı 'Yüksek düzeyde kavrama ve beceri gerektiren karmaşık görev' kısmı uygun bulunarak 0.16 genel görev güvenilmezliği değeri olarak alınmıştır. Çünkü bu yöntemle gerçekleştirilen siber saldırılar başka arızalarla karıştırılabilir veya sahte bir gemi olduğu farkedilmeyebilir. Denizcilik sektörü ne siber saldırılara karşı alışkındır ne de modern dijital sistemlerin kullanımından kaynaklanan risklere karşı tam anlamıyla hazırlıklıdır (Androjna ve diğ., 2021).

Siber saldırı olduğunun anlaşılması için tecrübe, yüksek beceri ve kavrama gerekmektedir. Genelde siber saldırı düzenleyenler saldırıyı düzenledikleri sistem hakkında çok iyi bir bilgi birikimine sahip olmaktadır. Spoofing yöntemiyle düzenlenen siber saldırı sonucu başka gemiye ait AIS bilgilerinin elde edilerek sahte bir gemi oluşturulması sonucu gerçekleştirilen saldırıda elektronik ekranların ve prosedürlerin tutarsızlığı, zabitin tecrübesizliği ve özünde önemli olan ancak nadiren gerçekleşen duruma aşına olmama gibi EPC'ler seçilmiş ve aşağıda gösterilen çizelgede HEART yöntemi kuralları baz alınarak sayısal hesaplamalar yapılmıştır.

Çizelge 4.5: Spoofing yöntemiyle düzenlenen siber saldırı sonucu başka gemiye ait AIS bilgilerinin elde edilerek sahte bir gemi oluşturmak sonucu oluşan insan hata olasılığı hesap çizelgesi.

Görev	Genel Görev Güvenilmezliği	EPC's	Çarpan	Değerlendirilen Etki Oranı	Değerlendirilmiş Etki	İnsan Hata Olasılığı
Spoofing yöntemiyle düzenlenen siber saldırı sonucu başka gemiye ait AIS bilgilerinin elde edilerek sahte bir gemi oluşturmak	0,16	Potansiyel olarak önemli olan ancak nadiren ortaya çıkan bir duruma aşına olmama	17	0,10	2,6	6,67 E-1
		Operatör deneyimsizliği (ör. Yeni yeterliliğini almış bir zabıt, ancak "uzman" değil)	3	0,25	1,5	
		Ekranların ve prosedürlerin anlamının tutarsızlığı	1.2	0,35	1,07	

4.1.3.2 AIS sistemine siber saldırı sonucu geminin GPS yayınının bozulması , AIS manipölasyonu

AIS sistemine siber saldırı sonucu geminin GPS yayınının bozulması , AIS manipölasyonu durumu için HEART yönteminin tanımlanmış olan 9 ana görev tanımından A görev tanımı ‘Tamamen aşına olmayan, olası sonuçlarla ilgili gerçek bir fikir olmadan hızlıca gerçekleştirilmesi’ bölümü yani 0.55 sayısını genel görev güvenilirmezliği değeri olarak almaktayız.

Çünkü geminin GPS yayınının bozulması ve nu neden GPS cihazının işleyiş sürecinin sekteye uğraması, bu nedenle AIS manipölasyonunun siber saldırı sonucu gerçekleştiğinin anlayabilmek için daha keskin yargılara ve verilere ihtiyaç vardır. Bir vardiya zabitanın siber saldırı olduğuna dair kesin emin olabilmesi için yeter eğitim ve tecrübe altyapısına sahip değildir.

Ayrıca bu sayılı nedenlerden dolayı vardiya zabiti algılamış olduğu veriler içerisinde belki de en son siber saldırı ihtimali aklına gelmektedir. Bunun nedeni zabitanın bu konu hakkında eğitiminin bulunmaması, bulunduğu ortam nedeniyle bunu test edecek imkanının olmaması ve bunu ayırt etmek ile ilgili bir sorumluluğunun bulunmaması gösterilebilir. Fakat bu durum deniz seyir emniyeti açısından tehlike arz etmektedir. Emniyetli seyir yapılabilmesi için bu ihtimalin de üzerinde durulmalı varsa alınabilecek önlemler yerine getirilmelidir. Denizcilik alanında siber güvenlik açısından bakıldığında en çok eksiğin raporlama ve geri bildirimlerin olmaması olarak gösterilebilir.

Bu olayımızda da vardiya zabiti en azından bu ihtimali düşünerek bu düşüncesini raporlamalı ve veri kaydı oluşturulması ilerde yaşanma olasılığı olan benzer durumlar için önlemlerin alınmasına katkıda bulunabilir.

Ayrıca bulunduğu vardiya saatine ve geminin seyrinin durumuna göre yapmakla ve takip etmekle yükümlü başka sorumlulukları bulunduğundan dolayı siber saldırı ile alakalı araştırma yapma, önlem alma, değerlendirme gibi süreçlere ayıracak vakti olmayabilir.

Bu verilerin elde edilip değerlendirilmesi için yeterli zaman bulunmamaktadır. Bu yüzden zaman sıkıntısı, algılanan ve gerçek risk arasında bir uyumsuzluk ve bir vardiya zabitanın yeteneklerinin veya deneyiminin ötesinde mutlak yargılara duyulan ihtiyaç gibi EPC’ ler seçilmiş ve hesaplamalar ona göre yapılmıştır.

Çizelge 4.6: Yapılan siber saldırı sonucu geminin GPS yayınının bozulması, AIS manipölasyonu sonucu oluşan insan hata olasılığı hesap çizelgesi.

Görev	Genel Görev Güvenilmezliği	EPC's	Çarpın	Değerlendirile n Etki Oranı	Değerlendirilmi ş Etki	İnsan Hata Olasılığı 1
Yapılan siber saldırı sonucu geminin GPS yayınının bozulması , AIS manipölasyonu	0,55	Algılanan ve gerçek risk arasında bir uyumsuzluk	4	0,10	1,3	8,11E-1
		Bir vardiya zabitanın yeteneklerini n veya deneyiminin ötesinde mutlak yargılara duyulan ihtiyaç	1.6	0,05	1,03	
		Zaman sıkıntısı	11	0,01	1,1	

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

20. yüzyılın başlarından günümüze kadar uluslararası antlaşmalar ile denizcilik sektöründe kullanımı zorunlu hale getirilmiş çok sayıda teknik, hukuki ve yönetsel sistem, deniz kazalarının önüne geçilmesi yönünde oldukça etkili olmuştur. Ancak, insan ile etkileşimde olan hiçbir sistemin mükemmelliğe ulaşamayacağı ve mutlak şekilde hatasız olamayacağı bir gerçektir. Yapılan araştırmalardan da görülebileceği üzere; geliştirilmiş tüm sistemlere rağmen, durumsal farkındalığın yitirilmesi ve benzeri sebepler dolayısıyla gemi personelleri halen hata yapabilmekte ve can kaybıyla sonuçlanabilen kazalara neden olabilmektedir. Uluslararası Denizcilik Örgütü'nün “temiz denizlerde, güvenli, emniyetli ve verimli denizcilik” hedefi kapsamında deniz kazalarının mümkün olduğunca önüne geçilebilmek için mevcut sistemlerin geliştirilmesini amaç edinmiştir. Buunla birlikte teknolojinin de gelişmesi doğrultusunda elektronik seyir yardımcıları ortaya çıkmıştır. Gemi personelleri gemi içerisinde bulunan seyir yardımcısı sistemlerin zaman zaman veya belirli özel şartlar altında yanlış bilgi üretmesi, yayınlaması veya görüntülemesindeki eksiklikler gibi sorunlarla karşılaşmaktadır. Bu sorunlardan birisi olan, uluslararası antlaşmalar ile 300 Gross Ton üzeri ticari gemilerde bulundurulması zorunlu tutulan Otomatik Tanımlama Sistemi'nin (AIS) her zaman hatasız veri iletişimi sağlayamaması sorununun günümüzde halen var olduğu görülmektedir.

AIS sistemi gemilerde seyir emniyeti açısından bir çok kolaylık ve yenilik getirmesine rağmen bazı sorunlara da yol açtığı görülmüştür. Yapılan incelemelerde ve sunulan denet raporlarında bu sorunların çoğunluğunu AIS sisteminin kullanımından kaynaklı olduğu ortaya çıkmıştır. O yüzden literatürde olan çalışmalarda ele alındığında bu tez çalışmasında AIS sistemi kullanımındaki insan hatası olasılığının hesaplanması ve bu sonuçlara göre belirlenmiş kuralların düzenli uygulanması eğer gerekli ise yeni kurallar konulması ortaya çıkmıştır. İnsan hatası olasılığı hesabında kullanılan insan güvenilirlik analizi kapsamındaki bir çok risk analiz metodundan HEART metodolojisi bu tezin yöntemi olarak seçilmiş ve uygulanmıştır. Bu sistemin düzgün çalışmaması bu sistemlerce sağlanan bilgilerin doğruluğu kolayca teyit

edilemeyebileceğinden; AIS sisteminin yanlış bilgi sağlaması veya doğru bilgiyi zamanında sağlayamaması veya bu sistemler aracılığıyla gelecek bilgilerin siber saldırıya uğraması sonucu insan hatasının oluşmasına ve kaza oluşumuna varabilecek bir süreci tetiklemesi olasılıkları değerlendirilmiştir.

AIS sistemini kullanan gemi personelinin kullanımındaki eksikliğinin etkisi ve AIS sisteminin diğer köprüüstü cihazlarıyla olan veri akışı tezde bahsedilmiştir. İnsan güvenilirliği analizi HEART metodu uygulaması sonucunda elde edilen sonuçlar bir kez daha göstermiştir ki AIS sistemi açısından insan faktörü önemini korumaktadır. daha detaylı incelenmeye açık olduğunu göstermektedir.



KAYNAKLAR

- Akyuz, E., & Celik, M. (2015). A methodological extension to human reliability analysis for cargo tank cleaning operation on board chemical tanker ships. *Safety Science*, 75, 146–155.
- Alberstein, D., Apperson, C. E. J., Hanson, D. L., Myers, B. F., & Pfeiffer, W. W. (1976). *HTGR accident initiation and progression analysis status report. Volume V. AIPA fission product source terms*.
- Alcaide, J. I., & Llave, R. G. (2020). Critical infrastructures cybersecurity and the maritime sector. *Transportation Research Procedia*, 45, 547–554.
- Androjna, A., Perkovič, M., Pavic, I., & Mišković, J. (2021). AIS Data Vulnerability Indicated by a Spoofing Case-Study. *Applied Sciences* 2021, Vol. 11, Page 5015, 11(11), 5015.
- Bell, J., & Holroyd, J. (2009). *Review of human reliability assessment methods*
- Benamara, H., Hoffmann, J., & Youssef, F. (2019). Maritime transport: The sustainability imperative. *Sustainable Shipping: A Cross-Disciplinary View*, 1–31.
- BIMCO. (2016). The Guidelines on Cyber Security onboard Ships. *Bimco*, 36.
- Boring, R. (2006). *Modeling Human Reliability Analysis Using MIDAS International Workshop on Future Control Station Designs and Human Performance Issues in Nuclear Power Plants*.
- Bošnjak, R., Šimunović, L., & Kavran, Z. (2012). Automatic Identification System in Maritime Traffic and Error Analysis. *Transactions on Maritime Science*, 1(2), 77–84.
- DiMattia, D. G., Khan, F. I., & Amyotte, P. R. (2005). Determination of human error probabilities for offshore platform musters. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 18(4–6), 488–501.
- Enoch, S. Y., Lee, J. S., & Kim, D. S. (2021). Novel security models, metrics and security assessment for maritime vessel networks. *Computer Networks*, 189(February), 107934.
- Ferraro, G., Baschek, B., de Montpelier, G., Njoten, O., Perkovic, M., & Vespe, M. (2010). On the SAR derived alert in the detection of oil spills according to the analysis of the EGEMP. *Marine Pollution Bulletin*, 60(1), 91–102.
- Fujita, Y., & Hollnagel, E. (2004). Failures without errors: quantification of context in HRA. *Reliability Engineering & System Safety*, 83(2), 145–151.

- Griffith, C. D., & Mahadevan, S.** (2011). Inclusion of fatigue effects in human reliability analysis. *Reliability Engineering & System Safety*, 96(11), 1437–1447.
- Hollnagel, E.** (1996). Reliability analysis and operator modelling. *Reliability Engineering & System Safety*, 52(3), 327–337.
- Huang, J.-C., Nieh, C.-Y., & Kuo, H.-C.** (2019). Risk assessment of ships maneuvering in an approaching channel based on AIS data. *Ocean Engineering*, 173, 399–414.
- Inal, O. B., Dere, C., Zincir, B., & Deniz, C.** (2022). Hybrid propulsion and alternative fuels education in the course of decarbonised shipping. *Australian Journal of Maritime & Ocean Affairs*, 14(2), 97–113.
- Kim, I. S.** (2001). Human reliability analysis in the man–machine interface design review. *Annals of Nuclear Energy*, 28(11), 1069–1081.
- Kim, M. C., Seong, P. H., & Hollnagel, E.** (2006). A probabilistic approach for determining the control mode in CREAM. *Reliability Engineering & System Safety*, 91(2), 191–199.
- Kirwan, B.** (1997a). The validation of three human reliability quantification techniques — THERP, HEART and JHEDI: part iii — Practical aspects of the usage of the techniques. *Applied Ergonomics*, 28(1), 27–39.
- Kirwan, B.** (1997b). Validation of human reliability assessment techniques: Part 1 — Validation issues. *Safety Science*, 27(1), 25–41.
- Kirwan, B.** (2017). A Guide To Practical Human Reliability Assessment. *A Guide To Practical Human Reliability Assessment*, 1–592.
- Mou, J. M., Van Der Tak, C., & Ligteringen, H.** (2010). Study on collision avoidance in busy waterways by using AIS data. *Ocean Engineering*, 37, 483–490.
- Musharraf, M., Hassan, J., Khan, F., Veitch, B., MacKinnon, S., & Imtiaz, S.** (2013). Human reliability assessment during offshore emergency conditions. *Safety Science*, 59, 19–27.
- Öztürk, Ü., Boz, H. A., & Balcisoy, S.** (2021). Visual analytic based ship collision probability modeling for ship navigation safety. *Expert Systems with Applications*, 175, 114755.
- Paolo, F., Gianfranco, F., Luca, F., Marco, M., Andrea, M., Francesco, M., Vittorio, P., Mattia, P., & Patrizia, S.** (2021). Investigating the Role of the Human Element in Maritime Accidents using Semi-Supervised Hierarchical Methods. *Transportation Research Procedia*, 52, 252–259.
- Pyy, P.** (2000). An approach for assessing human decision reliability. *Reliability Engineering & System Safety*, 68(1), 17–28.
- Soner, O., Kayisoglu, G., Bolat, P., & Tam, K.** (2024). Risk sensitivity analysis of AIS cyber security through maritime cyber regulatory frameworks. *Applied Ocean Research*, 142, 103855.
- Swain, A. D.** (1989). *Comparative evaluation of methods for realibility analysis*.

- Williams, J. C.** (1988). Data-based method for assessing and reducing human error to improve operational performance. *IEEE Conference on Human Factors and Power Plants*, 436–450.
- Yang, Z. L., Bonsall, S., Wall, A., Wang, J., & Usman, M.** (2013). A modified CREAM to human reliability quantification in marine engineering. *Ocean Engineering*, 58, 293–303.
- Zaman, M. B., Kobayashi, E., Wakabayashi, N., & Maimun, A.** (2015a). Development of Risk Based Collision (RBC) Model for Tanker Ship Using AIS Data in the Malacca Straits. *Procedia Earth and Planetary Science*, 14, 128–135.
- Zaman, M. B., Kobayashi, E., Wakabayashi, N., & Maimun, A.** (2015b). Risk of Navigation for Marine Traffic in the Malacca Strait Using AIS. *Procedia Earth and Planetary Science*, 14, 33–40.
- Zaman, M. B., Kobayashi, E., Wakabayashi, N., & Maimun, A.** (2015c). Development of Risk Based Collision (RBC) Model for Tanker Ship Using AIS Data in the Malacca Straits. *Procedia Earth and Planetary Science*, 14, 128–135.



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Furkan GÜMÜŞ

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2016, İstanbul Teknik Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Deniz Ulaştırma ve İşletme Mühendisliği
- **Yüksek lisans** : 2024, İstanbul Teknik Üniversitesi , Deniz Ulaştırma Mühendisliği Anabilim Dalı, Deniz Ulaştırma Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2021 yılından beri İstanbul Teknik Üniversitesi Denizcilik Fakültesi'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışıyor.