



# Journal of ETA Maritime Science

journal homepage: [www.gemimo.org](http://www.gemimo.org)



## Tankerlerde Yükleme-Tahliye Operasyon Sisteminin Otomasyonu

Murat H. A. ALTUN<sup>1</sup>, İsmail ÇIÇEK<sup>1</sup>, Ahmet BİLİCİ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, Deniz Ulaştırma Mühendisliği

### ÖNEMLİ NOKTALAR

- Creation of the automation system for tanker loading-discharging operations will be an innovative improvement as a result of the information technologies development.
- The aim of the automation system is managing the loading-discharging operations by the use of smart software algorithms which has the criteria designated by the operator.
- The automation system has vocal and visual safety walls to prevent damages or loses which can arise during the operation.

### MAKALE BİLGİSİ

#### Makalenin Tarihiçesi

Alındı: 23 Eylül 2013

Düzeltilerek alındı: 10 Ekim 2013

Kabul edildi: 15 Ekim 2013

#### Anahtar Kelimeler

Tankerler, Tahliye, Yükleme, Trim, Meyil, İntakt stabilite, Otomasyon, Operasyonel risk yönetimi.

### ÖZET

Tanker tipi gemiler için yükleme tahliye operasyonları en kritik operasyonlardır. <sup>(1)</sup> Gemi limanda iken çevre kirliliği, yangın ve patlama riski ile kaza sonucunda doğabilecek zararların büyük ölçeklerde olma olasılığı yükleme-tahliye operasyonlarının kritik hale getirmektedir. <sup>(2)</sup> Bu kazaların oluşmasındaki nedenlerin arasında personelin üzerine düşen ağır iş yükü neticesinde oluşan aşırı yorgunluk gelmektedir. <sup>(3)</sup>

Bu çalışmada, insan hatasını ve doğabilecek operasyonel riskleri en aza indirmek için yükleme ve tahliye operasyonunun operatör tarafından belirlenecek kriterlere göre çalışan bir otomasyon sisteminin oluşturulması hedeflenmiştir. Bu sistemin oluşturulması için gemi stabilite formüllerinden yararlanılarak oluşturulacak bilgisayar programları kullanılacaktır. Oluşturulan bilgisayar yazılımı sayesinde geminin kargo ve balast tanklarında bulunan mevcut değerler belirli aralıklarla ölçülüp operatör tarafından belirlenen trim, meyil, kargo akış miktarı, basınç ve geminin intakt stabilite kriterleri hiçbir safhada aşılmadan operasyon gerçekleştirilebilecektir. Sistem, otomasyon sistemine bağlı olan kargo ve balast tanklarının valflerini belirlenen kriterlere bağlı olarak ayarlamaktadır. Tüm bunları yaparken girilen kargo akış miktarı ve basınç değerlerine bağlı olarak kargo pompasının cinsine bağlı olarak devir sayısını ayarlayabilmektedir. Otomasyon sistemi emniyet açısından beklenmedik durumlarda alarm vererek operatörü uyarılmaktadır. Alarm sistemi meyil, basınç, intakt stabilite, akış miktarı ve trim değerleri için farklı olarak ayarlanmakla beraber operatörün belirleyeceği periyotlarda susturulmaması neticesinde genel alarm devreye girecek şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca geminin fribord ve draft değerleri arasındaki fark hesaplanarak geminin ne kadar yükseldiği ve alçaldığı hesaplanmaktadır. Yapılan bu hesap neticesinde bağlı olan gemi halatlarına yük binebileceği ya da tutma kuvvetinin azalabileceği gösterilebilmekte ve bu sayede halatların kesmesi(kopması) önlenmiş olmaktadır. Sistemin alarm seviyeleri ve tasarım detayları bu yazıda detaylandırılmıştır. Sistem istenilen aşama esnasında kapatılıp manuel yükleme tahliye operasyonuna başlanabilmektedir.

Yapılan bu otomasyon sistemi sayesinde operatör tüm tanklardaki değerleri her seferinde kontrol edip tank valflerini ayarlamak için zaman kaybetmemekte, bu zamanı meyil, trim, intakt stabilite, kargo miktarı değerlerini takip etmede ve ilk hedefteki kargo-balast değerlerine ulaşım safhalarını takip etmekte kullanacaktır. Bu sistem sayesinde operatörün aşırı yoğunluğu önlenmiş olmakta, dolayısıyla yorgunluğun önüne geçilmesi sayesinde insan kaynaklı hataların minimize edilmesi sağlanmış olacaktır. Alarm sistemleri sayesinde oluşabilecek beklenmedik kazaların önlenmesi hususunda erken müdahale yöntemi geliştirilmiş olacaktır <sup>(4)</sup>.

Bu sunumda, tasarlanan otomasyon sisteminin kullanıcı gereksinimleri, teknik isteler, proje ilk tasarımı için blok diyagramlar, projenin hayata geçirilmesi için belirlenen yol haritası <sup>(5)</sup> ve izlenecek spiral proje yönetimi <sup>(6)</sup> doğrultusunda proje tasarımı anlatılacaktır.

© 2013 GEMİMO. Her hakkı saklıdır.

## ARTICLE INFO

## Article History

Received: 23 September 2013

Received in revised form: 10 October 2013

Accepted: 15 October 2013

## Keywords

Tankers, Discharging, Loading, Trim, List, Intact stability, Automation, Operational risk management.

## İrtibat:

Murat H. A. ALTUN

altun2006@yahoo.com

İsmail ÇIÇEK

cicekism@itu.edu.tr

Ahmet BİLİCİ

bilicia@itu.edu.tr

## ABSTRACT

Loading and unloading operations are the most critical operations for tankers <sup>(1)</sup>. Probability of substantial damages that may arise as a result of accidents and risk of pollution, explosion and fire make loading-unloading operations more critical while vessel is at the harbour <sup>(2)</sup>. The first and most important reason for occurrence of that accident is excessive crew fatigue that originates as a result of the heavy workload <sup>(3)</sup>.

In this study, it is targeted to compose an automation system for loading-unloading operations which works according to criteria to be determined by operator for minimizing human errors and operational risks. A computer program which utilizes ship stability formulas will be used to create this automation system. Through this computer generated software, cargo and ballast tanks will be measured at regular intervals and all phases of operation will take place not exceeding the limit of trim, declination, Cargo flow, pressure and vessel intact stability which all determined by operator. Ballast and cargo valves controlled by automation system will be regulated by the system adhering to the specified criteria. While all of these, revolution number of pump will be adjusted adhering to entered cargo flow and pressure value and pump type. Automation system warns the operator giving an alarm in terms of unforeseen safety events. Although alarm system will be set by different values of trim, declination, cargo flow, pressure and vessel intact stability. The system is designed that general alarm will start and sound as a result of the alarm cannot be silenced at intervals to be determined by operator. Also, how much ship will sink and float is calculated in accordance with the difference between freeboard and draught by the system. As a result of these calculations it shows that ship's tied ropes will have increased or decreased loads whereby rupture of ropes are prevented. Alarm levels and design details of system was elaborated on this study. System can be closed in any desired stage and manual loading - unloading operation can be commenced <sup>(4)</sup>.

Operators will only spend their time to follow the trim, declination, cargo flow, pressure and vessel intact stability and to reach the first targeted cargo and ballast values by the help of this system. Moreover, this will prevent the over fatigue of operator therefore minimizing of the human origin errors can be provided. Due to the alarm system, early intervention method which prevents the unexpected accidents that may occur will be developed.

In this paper user needs, technical demands, project first design block diagram, map of the project implementation <sup>(5)</sup> and spiral project management <sup>(6)</sup> of the designed automation system will be explained.

© 2013 GEMİMO. All rights reserved.

## 1. Giriş

Son yıllarda yapılan gemi teçhizatlarına bakıldığında köprüüstü sistemlerinin hemen hemen hepsi otomasyon sistemlerinden oluşmuştur. Aynı şekilde makine dairesinde de sistemlerin birçoğu otonom sistemdir. Fakat kargo ve balast elleçleme sistemlerine bakıldığında hiçbir otomasyon sistemi mevcut değildir. <sup>(3)</sup> Yükleme ve tahliye sistemleri tamamen manuel olarak işletilmektedir. Denizcilik sektöründe bilgi teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte yükleme-tahliye sisteminin otomasyonunun hayata geçirilmesi yenilikçi bir teknolojik gelişme olacaktır.

Yükleme-tahliye operasyon otomasyon sistemi, tanker tipi gemilerdeki nakliyesi amaçlanmış yükün (petrol türevleri ve kimyasal ürünler) yüklenmesi ve boşaltılması sırasında halihazırda manuel gerçekleştirilen operasyonların otomasyon sistemi ile gerçekleştirilmesini sağlamaktır. Bu otomasyon sistemi sayesinde geminin yükleme-tahliye operasyonunda operatör tarafından girilen parametrelere göre kargo ve balast tank valflerinin senkronize çalışması sağlanmış olacaktır. Otomasyon sistemi operatörün sisteme önceden gireceği meyil, trim, basınç, kargo geçiş miktarı ile eğilme ve bükülme

moment kriter limitleri dahilinde çalışacaktır. Bu limitlere ulaşıldığında görsel ve işitsel alarmlar devreye girerek operatörü uyaracak ve böylelikle operasyonların tehlikeli pozisyonlara sokulması engellenmiş olacaktır.

## 2. Otomasyon Sisteminin Dizayn Kriterleri

Otomasyon sisteminde operatör tarafından, kargo ve balast tank seviyeleri, draft, trim, meyil, yük sıvısının ve deniz suyunun yoğunluğu verileri yazılıma girilecektir. Yazılım bu verileri geminin stabilitesini koruyacak şekilde yükleme ve tahliye için kargo miktarı ve balast miktarlarının hangi sıra ile ve hangi miktarlarda gemi tanklarına yükleneyeceğini veya tahliye edileceğinin tarifini oluşturacaktır.

Geliştirme çalışmaları sırasında geliştirilecek olan yazılımın hesaplayacağı yükleme-tahliye operasyon verileri ile konvansiyonel yöntemlerle gemide operatörler tarafından hesaplanan operasyon verileri aynı gemi ve aynı yük için kıyaslanacaktır. Bu sayede yazılıma girilen bilgiler neticesinde sunulan verilerin doğruluğu ispatlanabilecektir.

### 2.1. Dizayn Hedefleri

Geliştirilecek otomasyon sisteminin doğru işlem yaptığı görsel ve manuel hesaplamalarla kanıtlanacaktır. Başarı sağlanabilmesi için otomatik moda alınan sistemin tüm yükleme-tahliye sürecini ek bir müdahaleye ihtiyaç duymaksızın yürütülebilmesi ve istenildiği zaman manuel moda ya da otonom moda alınabilmesi iş fikrinin diğer başarı kriteridir. Geliştirilecek yazılım 3 boyutlu görsel arayüz ile kullanılacaktır.

Geliştirilecek yazılım ayrıca eğitim simülasyon yazılımı olarak kullanılarak nitelikli iş gücünün eğitimine katkı sağlayacaktır. Yazılım, STCW kurallarına uygun geliştirilerek eğitim simülasyonu olarak kullanılması sağlanacaktır. Yazılımın uygunluk sağlayacağı diğer regülasyonlar ISGOTT, IBC, MARPOL'dür. Tüm bu regülasyonlara uyum sağlanması önemli bir başarı kriteridir. <sup>(5)</sup>

Sesli ve görsel alarm sistemi bulunacak

olan yazılımda kargo ve balast yükleme ile tahliye operasyonlarında önceden belirlenmiş olan limit değerleri dışındaki uygunsuz değerlerde ikaz verecektir. Alarm sistemi meyil, basınç, intakt stabilite, akış miktarı ve trim değerleri için farklı olarak ayarlanmakla beraber operatörün belirleyeceği periyotlarda susturulmaması neticesinde geminin genel alarm sistemi devreye girecek şekilde tasarlanacaktır.

Geliştirilecek yazılım farklı gemi tipleri için uygulanabilecektir. Gemilerin teknik detaylarına (boyutları, kargo kapasitesi, blok katsayısı, üretim malzemesi, stabilite değerleri, yüzme merkezi, devinme merkezi, ağırlık merkezi, boyuna ve enine mukavemet, vb) göre yazılım her bir gemi için özelleştirilebilir özellikte olacaktır.

Yakın bir tarihte yürürlüğe girecek olan balast suyu arıtma kurallarına uygunluk için operatöre uyarılar ve bilgilendirmeler geliştirilen sistem tarafından verilecektir.

Ayrıca limanda rüzgar şiddetinin takibi için konulan 3 farklı limit değerinde izleme yapılacaktır.

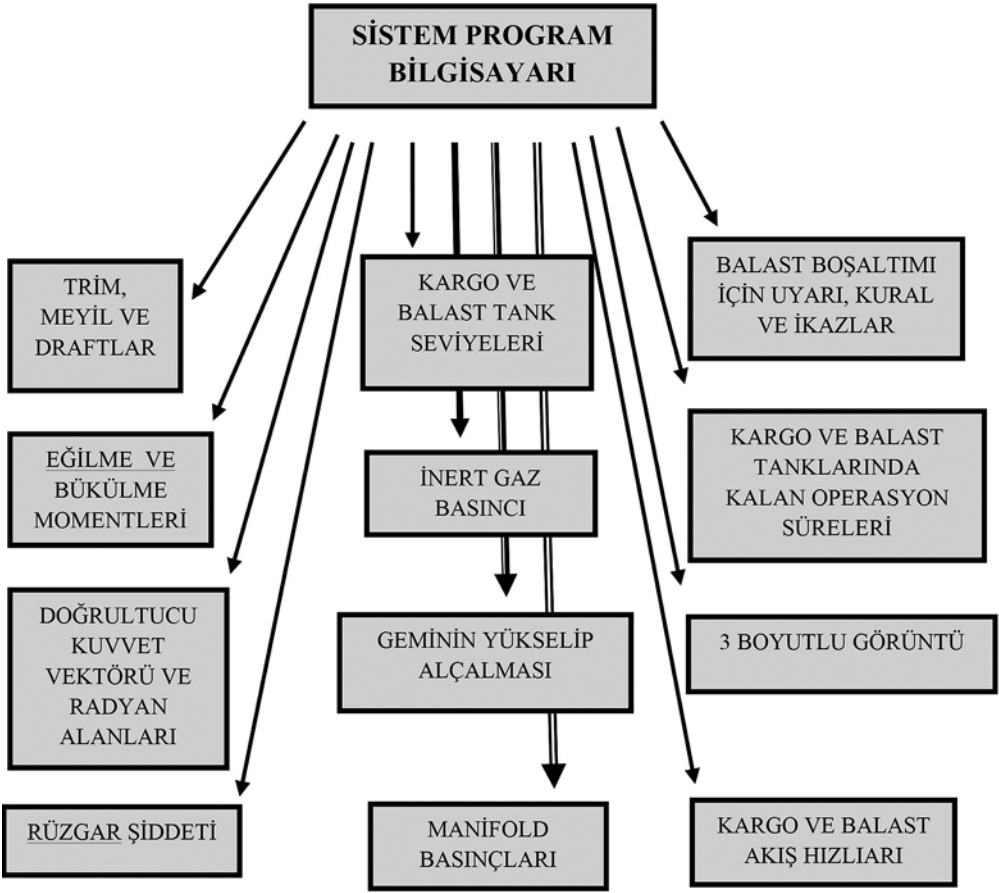
### 2.2. Otonom Sistemin Yapısal Bileşenleri

Geliştirilecek yazılım sisteminin kullanıcı gereksinimleri, teknik isterler, proje ilk tasarımı için blok diyagramlar, projenin hayata geçirilmesi için belirlenen yol haritası ve proje tasarımında izlenecek risk bazlı proje yönetimi belirlenmelidir. <sup>(6)</sup>

Alarm sistemi ayar değerleri meyil, basınç, intakt stabilite, akış miktarı ve trim değerleri için farklı olarak ayarlanmakla beraber operatörün belirleyeceği periyotlarda susturulmaması neticesinde geminin genel alarm sistemi devreye girecek şekilde tasarlanacaktır.

Ayrıca geminin fribord ve draft değerleri arasındaki fark hesaplanarak geminin ne kadar yükseldiği ve alçaldığı hesaplanacaktır. Yapılan bu hesap neticesinde limanda bağlı olan geminin halatlarına yük binebileceği ya da tutma kuvvetinin azalabileceği hakkında operatöre yardımcı olunup, halatların kesmesi (kopması) önlenmiş olacaktır.

Öncelikle ilk aşamada operatör tarafından



Şekil 1 Kargo kontrol odası veri izleme

veri girilen yükleme-tahliye yazılımı oluşturulacaktır. Oluşturulan bu yazılım tanklardaki sıvı ağırlığına göre gemi üzerindeki stres hesaplamalarını yapabilecektir. Zaman aralığı mümkün olan en kısa periyotlarda yapılan veri girişleri ve yazılımın hesaplamaları ile geminin stabilite durumu kontrol altında tutulmuş olacaktır.

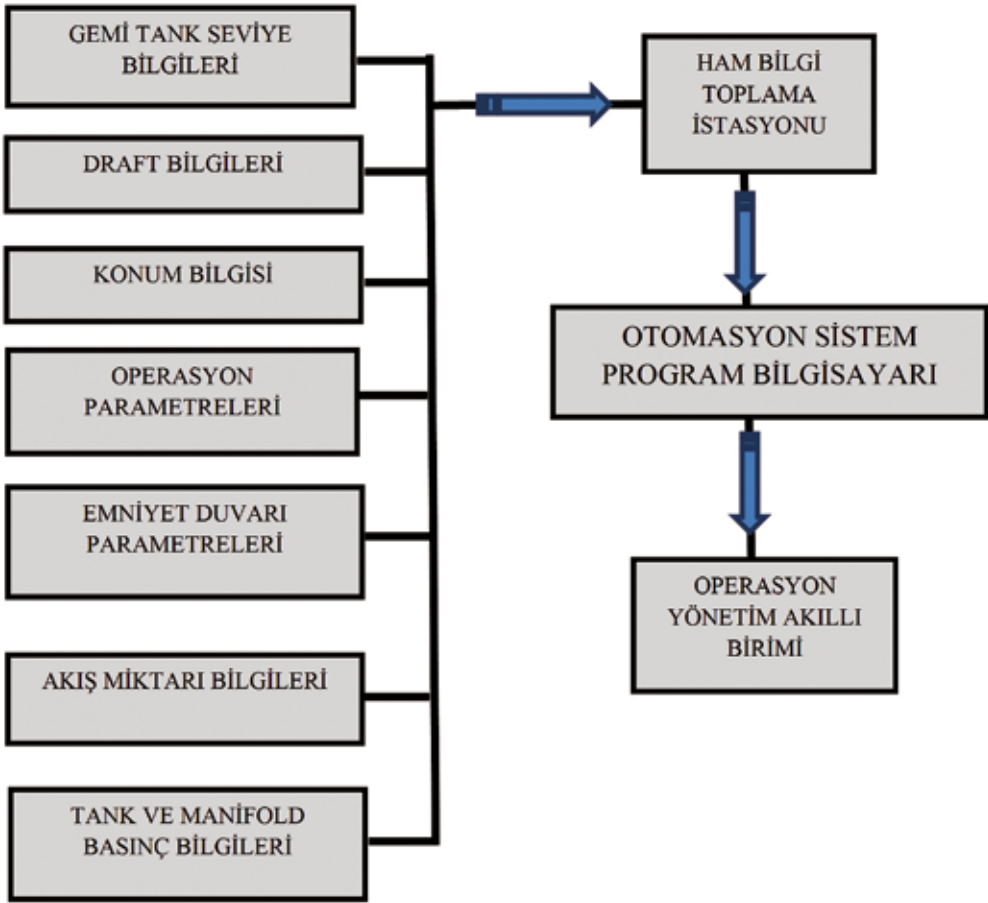
Oluşturulan yazılım kullanılması ile gemilerden veri toplanmış olacak eğitim amaçlı kullanılabilir şekilde geliştirilerek bir eğitim simülasyonu oluşturulacaktır. Ayrıca geliştirilen bu simülasyonda yapılan her operasyonun sonucu bilgisayar ekranındaki gerçek gemi görüntüsüne yansıtılacak ve gerçek gemi ortamının eşdeğer yansımaları üç boyutlu olarak sunulacaktır. Aynı zamanda bu

program otomatik hale getirilecek ve kargo balast sistemleriyle senkronize çalışabilecek şekilde akıllı bir sistem olarak düzenlenerek yine gemilerde kullanılacak ayrı bir ürün ortaya çıkacaktır.

Sistem tüm operasyonları operatör tarafından belirlenecek parametrelere göre otomatik olarak yönetecek ve hem görsel hem de sesli gerekli uyarılarda bulunacaktır. Operatör işlemleri izleyip doğruluğunu kontrol edecek ve gerektiğinde sistemi otomatik moda geçirecek operasyonlara devam edebilecektir. Şekil 1'de kargo kontrol odasında operatör tarafından izlenebilecek önemli veriler belirtilmiştir.

### 2.3. Otonom Sistemin Çalışma Prensipleri

Otonom sistemde iki ana veri toplama gru-



Şekil 2 Sistem bilgi toplama şeması

bu bulunmaktadır. Bu gruplar; kargo tankları grubu ve balast tankları grubu olarak adlandırılmaktadır. Sistemin bilgi toplama şeması Şekil 2'de açıklanmıştır. Kargo tanklarının gemi üzerinde oluşturduğu etkinin şiddetini azaltmak için balast tankları grubu devreye girmektedir. Ayrıca sistemin operasyonel veri izleme bileşenleri Şekil 3'te belirtilmiştir.

Sistemin asıl hedefi operatörün belirlemiş olduğu trim ve meyil kriterleri hedefine ulaşmak için kargo tankları ve balast tankları gruplarını senkronize yürütmektedir. Bunun için gemiye özgü valf, pompa, teçhizat ve yapısal malzemenin geminin taşıdığı yüke uygun olması son derece önemlidir. <sup>(7)</sup>

### 1.1.1.1. Yükleme Operasyonu İçin Öncelik Belirleme

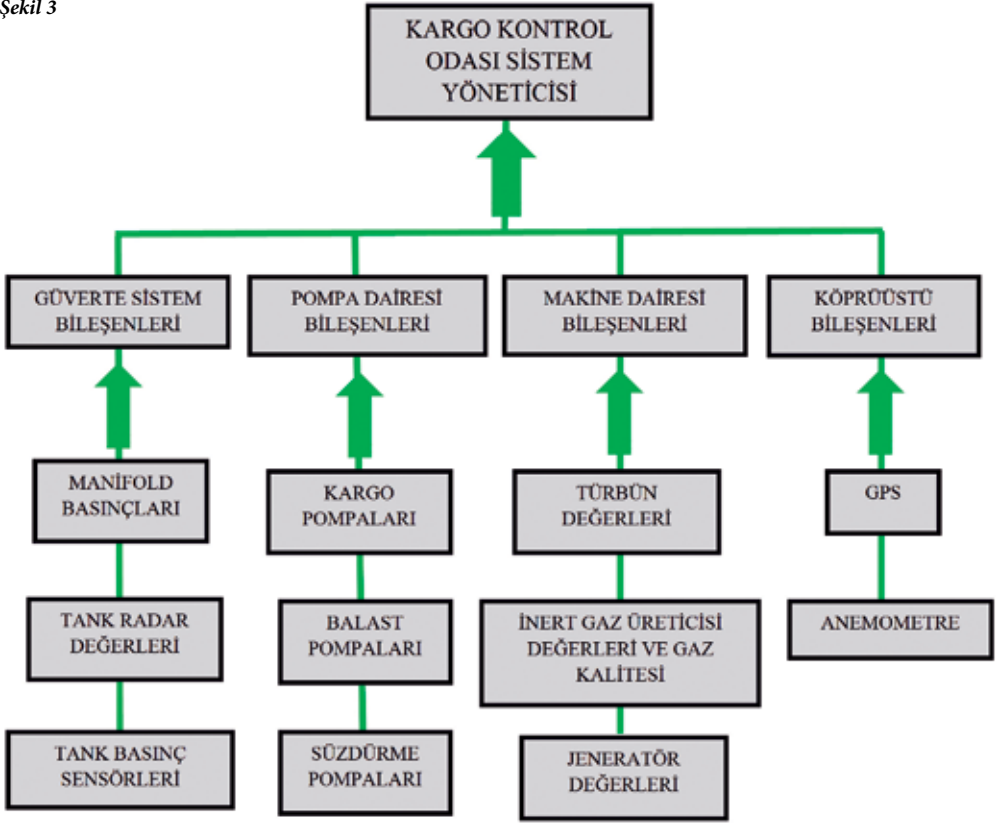
Yükleme operasyonunda kargonun alınması gereken tanklar operatör tarafından seçilir. Bu tankların olasılıkları birden fazla cins kargo olduğu zaman çok fazla varyasyon içerebilmektedir.

Tek cins kargo olduğu ve tüm tankların doldurulması durumunda sistem çalışması şu şekillerde olmaktadır:

1-Yük alınan kargo tanklarında müsaade edilen anlık yükleme miktarı belirlenen eşik aşıldığında o tankın balast valfine gönderilen açılış sinyali gönderilir. Balast tankının valfinin açıklık yüzdesi yüklemenin olduğu kargo tankındaki anlık kargo geçiş miktarına göre belirlenir.

2-Sisteme önceden girilen başlangıç mean draft değerinin belirli bir yüzdesine ulaşılma-

Şekil 3



Şekil 3 Operasyonel veri izleme sistem bileşenleri

şı ile balast tank valflerinin açılması için açılış sinyali gönderilir. Balast boşaltma miktarı, hiç bir koşulda anlık kargo yükleme yüzdesini geçmeyecektir.

Eğer  $\Delta$ başlangıç  $>$   $\Delta$ son ise balast tank valfini aç ve tahliyeye başla <sup>(1)</sup>

Eğer Son balast miktarı - ilk balast Miktarı  $>$  Son kargo miktarı ise balast tank valfini kıs <sup>(2)</sup>

### 1.1.2. Tahliye Operasyonu İçin Öncelik Belirleme

Tahliye operasyonunda boşaltılacak tanklar operatör tarafından seçilir. Tahliye operasyonunda öncelik kargo tankları grubunun olacaktır.

Tüm tanklarda tek cins kargonun olduğu tahliye operasyonu şu şekilde yapılabilir:

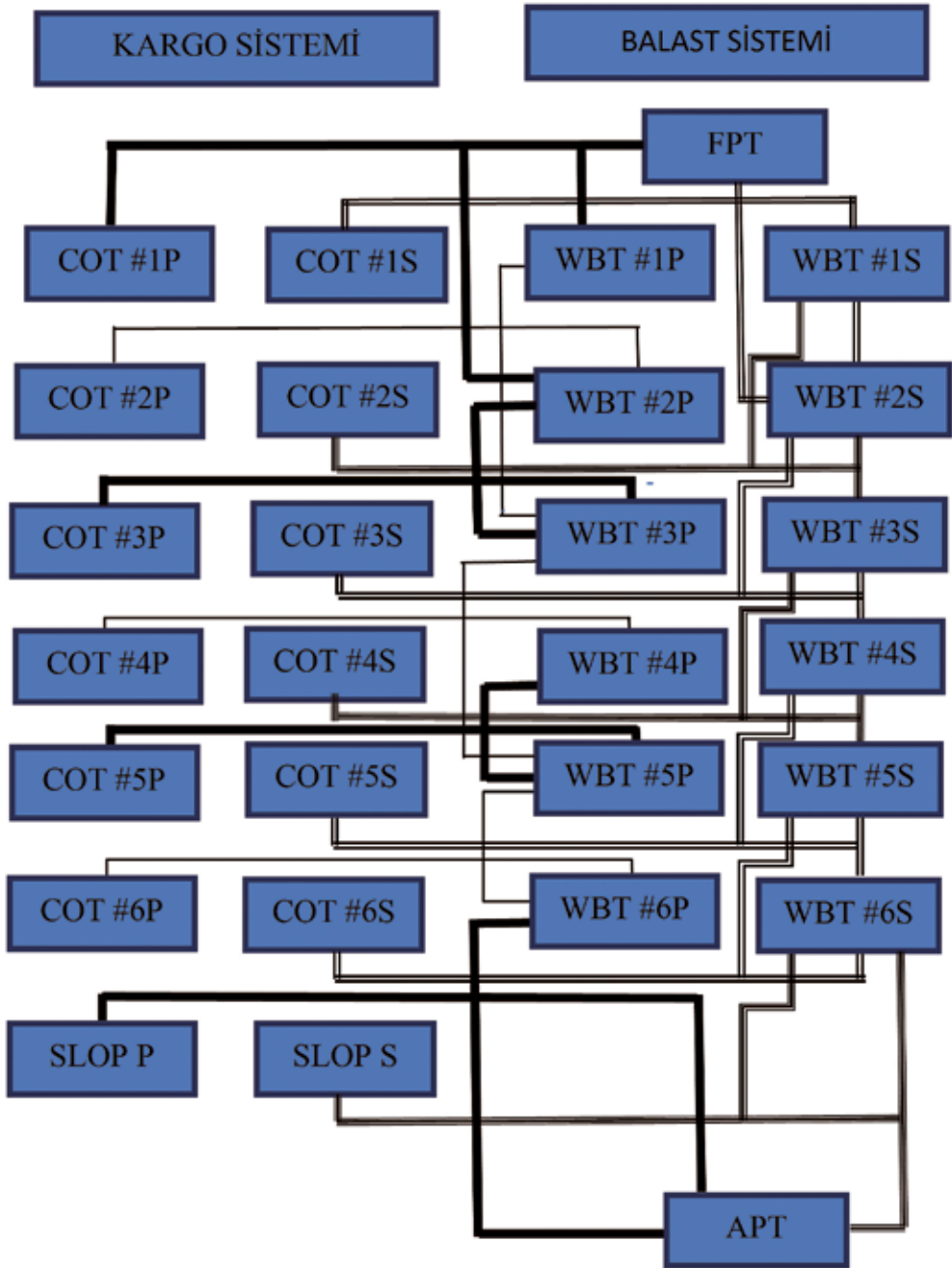
1-Kargo tanklarından eksilen anlık kargo

miktarı önceden belirlenen seviyeyi geçtiği zaman balast tank valfleri için açılış sinyali gönderilecektir.

2-Sisteme önceden girilen başlangıç ortalama draft değerinin belirli bir yüzdesine ulaşılması ile balast tank valflerinin açılması için açılış sinyali gönderilir. Balast alma miktarı, hiç bir koşulda anlık kargo boşaltma yüzdesini geçmeyecektir. Balast alınan tanklar her zaman işlem görmekte olan kargo tankının ağırlık merkezine en yakın olan balast tankı üzerindedir.

## 3. Otonom Sistemin Senkronize Çalışması

Tank radar sistemi sayesinde tüm tanklardan alınan sıvı seviye bilgilerinin birbiriyle karşılaştırılması neticesinde düzeltme değerleri bulunacaktır. Bu hesaplamalar hem kargo



Şekil 4 Otonom operasyonda sistem etkileşim şeması

tank ve balast tank grubu içerisinde hem de grupların birbirleriyle karşılaştırılması sonucu kendi içlerinde bulunacaktır. Otonom operasyonda sistem etkileşim şeması Şekil

4'te açıklanmıştır.

### 3.1. Yükleme Operasyonu

Örnek bir yükleme operasyonu işlem sırası şöyledir:



150000 ton kargo kapasiteli tanker boş olarak 35000 ton balast ile limanda operasyona başlayacaktır. Tank adedi 6 kargo ve 8 balast (6 adet yan tank 1 adet baş pik ve 1 adet kıç pik tankı)

Aşama 1: Operatör tarafından girilen değerler maksimum trim: 3 metre maksimum meyil: 0.5 derece

Yükleme yapılabilecek tanklar: hepsi

Maksimum akış miktarı: 12000 ton/saat

Maksimum manifold basıncı: 2 bar

Tank çifti için müsaade edilebilen maksimum yükleme miktarı: 3000 ton/saat

Tank seviye farkı: 1 metre

Tank yükleme önem sırası: 1-4-2-5-3-6

Tank kapatılma zaman bildirim: 10 dakika ya da 0.5 metre (hangisine önce ulaşırsa)

Aşama 2: Otomasyon sistemi geminin mevcut kondisyonunu hesaplar. Trim: + 0.5 metre (kıça), Meyil: 0 derece, Bükülme Momenti: %60, Kırılma Momenti: % 50

Aşama 3: Otonom sistem başlangıç akış miktar tespiti ve devre kontrolü için 3 iskele-sancak kargo tank valflerinin açılışı için sinyal gönderir. Anlık kargo akış hızı ölçülür ve belirlenmiş değere ulaşıldığının kontrolü yapılır. Aynı zamanda kargo manifoldu için belirlenmiş kargo basıncının takibi yapılır.

Aşama 4: Gerekli akış hızına ulaşıncaya diğer kargo tanklarının açılması için sinyal gönderilir. Açılan kargo tanklarının sayısı ve valf açıklık yüzdesi manifold basıncına bağlı olarak değişiklik gösterecektir. Kargo akış hızı tank çifti için müsaade edilebilen akış miktarının yarısı olan 1500 ton/saat'e ulaşıldığı taktirde ikinci kargo tank çifti otomatik açılacaktır.

Aşama 5: Gerekli basınca ya da gerekli akış hızına ulaşıncaya otonom sistem balast tank valfinin açılması için sinyal gönderir. Açılan balast tankı, yüklemenin yapıldığı kargo tankının ağırlık merkezine en yakın ağırlık merkezine sahip balast tankları olacaktır.

Aşama 6: Balast akış miktarı, anlık kargo akış miktarının alınacak toplam kargo miktarına göre yüzdesini geçmeyecektir.

Bunun için şu denklem kullanılacaktır:

Anlık kargo kıç miktarı x 100 / Toplam alınacak kargo miktarı  $\geq$  Anlık balast akış miktarı x 100 / Toplam boşaltılacak balast miktarı<sup>(1)</sup>

Aşama 7: Otonom sistem kargo tanklarının arasındaki seviye farklarını ayarlamak için valflerin yüzdelere ayarlar. Bu işlem kargo tanklarının istenilen doluluğu geldiğinde yükleme operasyonunun tehlikesiz ve optimize şekilde sonlandırılmasında önemli rol oynar. Yükleme operasyonunun sonlarına doğru sistem hangi tankların otomatik olarak kapatılacağını belirlenen bir zaman diliminde operatöre bildirir. Dolayısıyla operatör istediği zaman terminal ile temasa geçerek kargo akış hızının ne zaman ve ne kadar düşeceğini belirler.

Aşama 8: Kargo tank valfleri, anlık kargo akış hızı kalan tanklardaki akış kapasitesini geçmeyecek şekilde kapatılır. En son kalan 4 tank kritik tanklardır. Çünkü bu aşamada kapatılacak 2 tank çifti neticesinde terminal tarafından pompalanan anlık kargo miktarı kalan 2 tank çiftine gidecektir. Tankların maksimum anlık kargo yükleme miktarı pompalanan kargo miktarını karşılamazsa devreler üzerinde fazla basınç oluşturacağından bu durum operasyonun emniyetinde zaaf yaratacaktır.<sup>(8,12)</sup> Bu nedenle manifolddan geçen kargo miktarı tankların kaldıracabileceği limit değerlerine % 25 emniyet payı bırakılarak hesaplanmıştır.<sup>(2,9)</sup> Bu değere ulaşan kargo akış miktarı neticesinde son 2 tank kalacak şekilde operasyon sürdürülür. Son 2 tank ise otonom sistem tarafından operatör onayı olmadan hiçbir zaman kapatılmayacaktır.

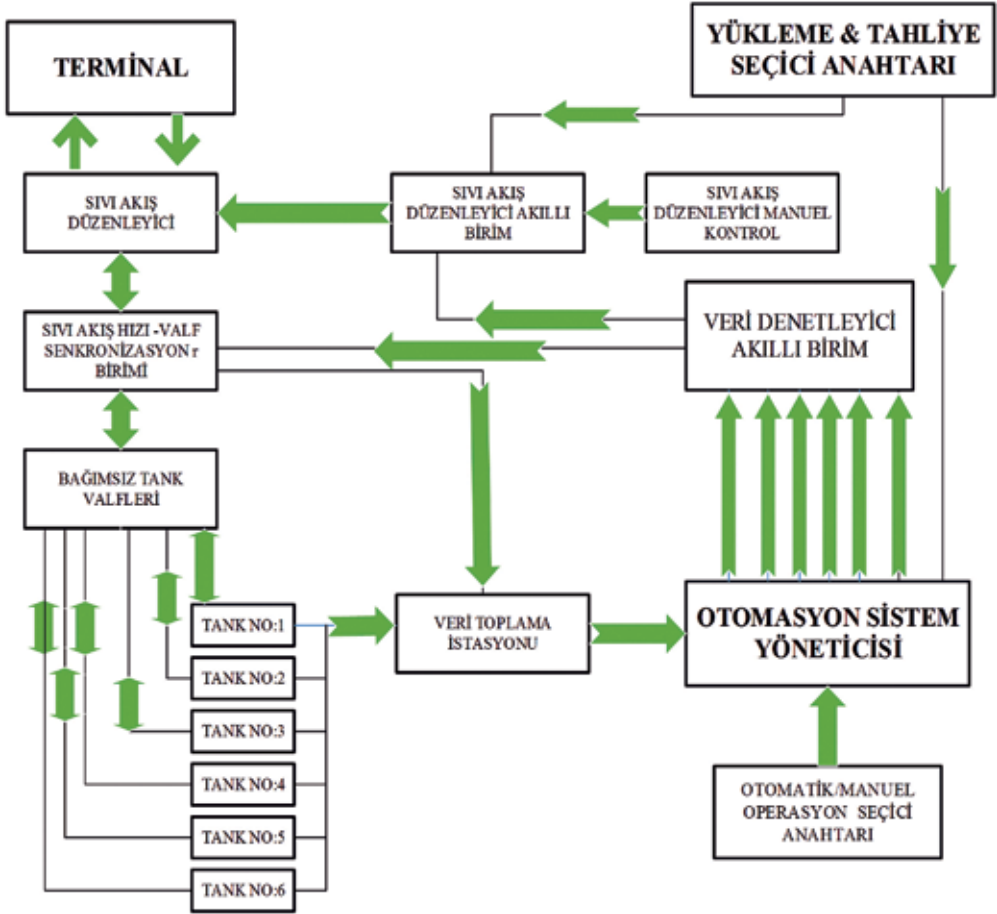
### 3.2. Tahliye Operasyonu

Örnek bir tahliye operasyonu işlem sırası şöyledir:

35000 ton balast ve 150000 ton kargo kapasiteli tanker tam yüklü olarak limanda tahliye operasyonuna başlayacaktır. Tank adedi 6 kargo ve 8 balast (6 adet yan tank 1 adet baş pik ve 1 adet kıç pik tankı)

Aşama 1: Operatör tarafından girilen değerler maksimum trim: 5 metre maksimum meyil: 0.5 derece





Şekil 5 Otomasyon sistem operasyon akış diyagramı

Yükleme yapılabilecek tanklar: hepsi

Maksimum akış miktarı: 10000 ton/saat

Maksimum manifold basıncı: 7 bar

Tank çifti için müsaade edilebilen maksimum yükleme miktarı: 3000 ton/saat

Tank seviye farkı: 2 metre (% 10 esneklik payı)

Tank tahliye önem sırası: 1-4-2-5-3-6

Tank kapatılma zaman bildirimi: 10 dakika ya da 0.5 metre (hangisine önce ulaşırsa)

Maksimum pompa devri: 1200 devir/dakika

Aşama 2: Otomasyon sistemi geminin mevcut kondisyonunu hesaplar. Trim: + 0.3 metre (kıça), Meyil: 0 derece, Bükülme Momenti: % 60, Kırılma Momenti: % 50

Aşama 3: Tahliyeye başlanacak kargo tan-

kı 3 iskele-sancak kargo tanklarıdır. Kargo pompası başlangıç devirde çalışmaya başlayacaktır. Sistemde ve güvertede yapılan görsel kontrol neticesinde herhangi bir aksaklık olmadığı anlaşılırsa operatör tarafından maksimum değerleri çıkış için izin verilir.

Aşama 4: Otonom sistem tahliye miktarını maksimum orana kadar artırır. Bu artış sırasında kargo pompalarının ayrı ayrı kumanda ettiği kargo tankları olan 1 ve 2 nolu tanklar öncelikli olarak açılır.

Aşama 5: Maksimum miktara çıkan kargo akış hızı neticesinde balast operasyonu otomatik olarak başlatılır.

Aşama 6: Operasyon esnasında tank seviyeleri arasında belirlenen 2 metrelik fark bırakılacak şekilde valfler ayarlanır.

Aşama 7: Belirlenen basamaklar tamamlandıkça kargo pompalarının devirleri düşer. Tamamlanan tankların pompaları otomatik olarak stop edilir. Konunun daha iyi anlaşılması için Şekil 5'te Otomasyon sistem operasyon akışı diyagramı açıklanmıştır.

### 3.3. Otomasyon Sistemin Emniyet Duvarları

**Yüksek Manifold Basıncı:** Sistem sayesinde geminin manifoldunda oluşan aşırı basınç sistemi neticesinde kargo pompa devirlerini düşürür veya operasyonun çeşidine göre boş tank açarak manifold basıncını azaltır. Aynı zamanda operatör tarafından belirlenen limitlerin dışına çıkılırsa sesli ve görsel ikaz verir.

#### 3.4.1. Geminin Triminin Hesaplanması İçin Algoritma

```
SHIP_DRAFT_TRIM_VALUES = <Pre-calculated L-MCT-l values for each possible draft-trim>
function get_trim_of_weight(draft, trim, d, weight)
start
L, MCT, l = SHIP_DRAFT_TRIM_VALUES[draft][trim]
return (l * weight * d) / (L * MCT)
end
endfunction
```

#### 3.4.2. Tam Dolu Tank Seçimi İçin Algoritma

```
SHIP_TANKS_COUNT = <Constant for each ship>
Ship_Tank_Specifications[SHIP_TANKS_COUNT] = {<Constant for each ship>}
function get_best_candidate()
start
tanks_trim_effects[SHIP_TANKS_COUNT]
for each tank[i] in Ship_Tank_Specifications
do
tanks_trim_effects[i] = get_trim_of_weight (draft, trim, tank.d, tank.weight)
done
best_tank_index = get_minimum_index(tanks_trim_effects)
return Ship_Tank_Specifications[best_tank_index]
end
endfunction
```

#### 3.4.3. Tam Dolu Olma Şartı Bulunmayan Tank Seçimi İçin Algoritma

```
SHIP_TANKS_COUNT = <Constant for each ship>
Ship_Tank_Specifications[SHIP_TANKS_COUNT] = {<Constant for each ship>}
function get_best_candidate2()
start
tanks_trim_effects[SHIP_TANKS_COUNT][TANK_MAX_VOLUME]
tanks_mintrim_volumes[SHIP_TANKS_COUNT]
tanks_mintrim_trims[SHIP_TANKS_COUNT]
```

**Aşırı Kargo Geçiş Miktarı:** Sistemin aşırı kargo geçişine karşı geliştirilmiş emniyet duvarı sayesinde belirlenen limitlerin dışına çıkılması nedeniyle sesli ve görsel ikaz verilecektir.

**Düşük ya da Yüksek İnert Gaz Basıncı:** Tankta oluşan düşük ya da yüksek basınç sesli ve görsel ikaz ile bildirilmektedir.

**Stabilite Limit Aşımı:** Önceden belirlenmiş olan limitlere ulaşan stabilite değerleri neticesinde emniyet duvarı bulunmaktadır. Kriterler olarak trim, meyil, GM, eğilme momenti, bükülme momenti öngörülmektedir.

**Yüksek ve Düşük Seviye Alarmları:** Tanklardaki yüksek ve düşük seviyeler belirlenen değerlerde ikaz verilmektedir.

```

for each tank[i] in Ship_Tank_Specifications
do
for each v in {0, ..., TANK_MAX_VOLUME}
do
tanks_trim_effects[i][v] = get_trim_of_weight (draft, trim, tank.d, v*density)
done
tanks_mintrim_volumes[i] = get_minimum_index(tanks_trim_effects[i])
tanks_mintrim_trims[i] = get_minimum_value(tanks_trim_effects[i])
done
best_tank_index = get_minimum_index(tanks_mintrim_trims)
best_tank_fill_volume = tanks_mintrim_volumes[best_tank_index]
return (Ship_Tank_Specifications[best_tank_index], best_tank_fill_volume)
end
endfunction

```

Şiddetli Rüzgar Alarmları: Terminal ile mutabık kalınan ve Gemi-Sahil Emniyet Kontrol Listesinde belirttiğimiz operasyon durması, kargo kolunun sökülmesi ve geminin avara edileceği rüzgar şiddetinin girileceği sistem sayesinde izlemeye gerek kalmadan sesli ikaz alınabilmektedir.

#### 3.4. Otonom Sistem Yazılım Algoritması

Otomasyon sistemin yazılım algoritması .Net Framework ortamında C# veya Eclipse IDE kullanılarak Java ortamında geliştirilmektedir.

##### Kısaltmalar:

MCT: geminin trimini 1 cm değiştirmek için gerekli kuvvet

d: alınan ağırlığın yüzme merkezinden olan uzaklığı

l: yüzme merkezinin geminin kış su hattına dikey uzaklığı

w: alınan ağırlık

v: tankın tanımı

i: değişken tank hacmi

## 4. Sonuçlar

Geliştirilecek sistem ile operasyon süresi meyil, trim, intakt stabilite, eğilme ve bükülme momentleri, kargo-balast akış miktarı değerleri ve hedeflenen kargo-balast miktar değerlerine ulaşım safhalarını takip edilmesinde kullanılacaktır. Bu sistem sayesinde gemide görevli operatörlerin operasyonlarda aktif kullanıcı olmak yerine kontrolör gibi

davranmaları sağlanmış olacaktır. Böylece operatörün tecrübe, bilgi ve dikkat eksikliğinden kaynaklı hatalarının minimize edilmesi sağlanmış olacaktır.<sup>(4)</sup>

Geliştirilecek otomasyon operasyon sistemi sayesinde gemideki yükleme-tahliye operasyon zamanlarında çok büyük kazanç sağlanacaktır. Operasyon zamanlarının kısalması ile gemide enerji verimliliği artacak, gemi adamlarının iş yükü azaltılacak, insan hatalarından kaynaklı kaza riski azaltılıp operasyon güvenliği artırılacaktır.<sup>(10,11)</sup>

Otomasyon operasyon sistemi yazılımının diğer bir özelliği ise balast suyu takip sistemidir. Bu sistem sayesinde yakın bir tarihte yürürlüğe girecek olan balast suyu arıtma kurallarına göre operatörü uyaracak ve gerekli kurallara dair bilgilendirmeler yapacaktır. Balast suyunun dairesel etiketleme metodu ile izlenmesi sağlanacaktır.<sup>(12)</sup>

Sistemin yedekleme (back-up) özelliği sayesinde bilgisayar donanımında oluşacak bir hataya karşılık kendini yenileme özelliği mevcut olacaktır. Yedekleme belirlenen periyotlarla otomatik olarak yapılabildiği gibi istenilen herhangi bir zaman diliminde de yapılabilmektedir. Gemi üzerinde her daim bulundurulacak kurulum yazılımı sayesinde herhangi bir aksaklıkta yazılım tekrar yüklenilecek ve yedekleme sayesinde operasyonlar kaldığı yerden devam edilebilecektir.

Ayrıca alarm duvarları sayesinde oluşabi-

lecek beklenmedik kazaların önlenmesi hususunda erken müdahale yöntemi geliştirilmiş olacaktır. Bu sistem gemilerin yükleme-tahliye operasyon periyotları boyunca ikinci bir yardımcı personel ihtiyacını gerektirmeyeceği için şirketlerin sağlamak zorunda olduğu fazladan personel istihdamını önleyerek gemi işletme maliyetini düşürecektir.

Gelişen teknoloji ile her geçen gün artan zorunlu kurallar neticesinde insanlar, cihazları aktif olarak kullanan kişiler olmaktan çıkıp sistemleri kontrol eden kişiler olacaktırlardır. <sup>(5)</sup> Bu vizyon ve enerji verimliği regülasyonları göz önünde bulundurulduğunda geliştirilmesi planlanan sistemin gelecekte tüm tanker gemilerinde zorunlu olacağı kuvvetle öngörülmektedir. <sup>(1)</sup>

## 5. Kaynakça

- (1) Talley, W.K., Jin, D. and Kite-Powell, H., 2005; "Post OPA-90 Vessel oil transfer spill prevention: The Effectiveness of coast guard enforcement," *Environmental and Resource Economics*, 30: 93-114.
- (2) Celik, M., 2010; "Enhancement of occupational health and safety requirements in chemical tanker operations: The case of cargo explosion," *Safety Science*, 48 195-203.
- (3) Arslan, Ö., Er, İ.D., 2008; "SWOT Analysis for safe carriage of bulk liquid chemicals in tankers," *Journal of Hazardous Materials*, Volume 154, pp 901-913, Issues 1-3.
- (4) Arslan, Ö., 2009; "Quantitative evaluation of precautions on chemical tanker operations," *Process Safety and Environmental Protection*, 87, 113-120.
- (5) Shi, Q., 2011; "Rethinking the implementation of project management: A value adding path map approach," *International Journal of Project Management*, 29 295-302.
- (6) Ewerton E. S. C., Paula G. B., Hugo T. C., Cesar A. C. T., Marco T. D. R., 2009; "Plant design project automation using an automatic pipe routing routine," 10th International Symposium on Process Systems Engineering
- (7) International Maritime Organisation, 2007; "Recommendations on the safe transport of dangerous cargoes and related activities in port areas," 3rd Edition, IMO Publishing, London
- (8) Neo, K.H., Choon Oh, Hong, Karimi, L.A., 2006, "Routing and cargo allocation planning of a parcel tanker", 16th European Symposium on Computer Aided Process Engineering and 9th International Symposium on Process Systems Engineering,
- (9) Havold, J. I., 2010; "Safety culture and safety management aboard tankers," *Reliability Engineering and System Safety*, 95: 511-519.
- (10) Ashmore M., Simeon H. T., Robert R.J., 2012; "Experimental investigation on simultaneous charging and discharging of an oil storage tank," *Energy Conversion and Management* 65: 245-254
- (11) Oil Companies International Marine Forum, 1991; "Recommendations for oil tanker manifolds and associated equipment," 4th Edition, Witherby & Co. Ltd, London
- (12) Boehm, B. W., Ross, R., 1989; "Theory-W software project management: principles and examples," *IEEE Transactions on Software Engineering*, Vol. No. 7, 902-916.