

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

İSTANBUL BOĞAZI VE MARMARA BÖLGESİ
DENİZ TRAFİK DÜZENİ HAKKINDAKİ TÜZÜĞE
GÖRE İSTANBUL BOĞAZI DENİZ TRAFİĞİNİN
OPTİMİZASYONU

57467

Ömer DİNÇ

F.B.E. Matematik Anabilim Dalında
hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Mehmet AHLATÇIOĞLU

İSTANBUL , 1996

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEŞEKKÜR.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
I. İSTANBUL BOĞAZI VE ÖNEMİ.....	1
1.1. İstanbul Boğazı'nın Genel Özellikleri.....	1
1.2. İstanbul Boğazı'nın Ekonomik ve Ticari Açıdan Önemi ile Boğaz Üzerinde Yapılan Andlaşmaların Kısa Özeti.....	1
1.3. Boğazlar ve Marmara Bölgesi Deniz Trafik Düzeni Hakkındaki Tüzükle Getirilen Bazı Kısıtlamalar.....	3
II. 1993 YILINDA İSTANBUL BOĞAZI 'NDAN KUZAY YÖNÜNE OLAN GEÇİŞLERİN İNCELENMESİ.....	5
2.1. Verilerin SPSS Ortamında İncelenmesi.....	5
2.2. Gelişler Arası Zamanın İncelenmesi.....	13
2.3. Ki-kare Uygunluk Testi.....	15
III. OPTİMİZASYON VE KUYRUK MODELİ.....	19
3.1. Boğaz Kapasitesinin Hesaplanması.....	19
3.2. Matematik Modelin Kurulması.....	20
3.3. Modelin LİNGO da Yapılmış Bilgisayar Programı.....	22
3.4. Kuyruk Modelinin Kurulması.....	26
IV. TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	33
KAYNAKLAR.....	35
ÖZGEÇMİŞ	

TEŞEKKÜR

Bu çalışmamda, bana bilgi ve deneyimleriyle yön veren Tez Danışmanım Sayın Doç.Dr. Mehmet AHLATÇIOĞLU başta olmak üzere, Yük.Müh. Adalet ÖNER 'e, ham verilerin temininde yardımcı olan Devlet İstatistik Enstitüsü çalışanlarına, İstanbul Deniz Trafik Kontrol İstasyonu personeline ve Deniz Harp Okulu Komutanlığı Fen Bilimleri Bölüm Başkanı Doç.Dr. Hüseyin KALKAN ile diğer bütün bölüm çalışanlarına teşekkür ederim.

Ömer DİNÇ

ÖZET

Bu çalışmada, 1993 yılında İstanbul Boğazı 'ndan kuzey yönüne yapılmış olan 13698 adet gemiye ait geçişler incelenmiş ve Boğaz trafiğinin, Boğaz bölgesini ve İstanbul şehrini herhangi bir tehlikeye maruz bırakmadan ne şekilde optimize edilebileceği araştırılmıştır.

Birinci bölümde, İstanbul Boğazı 'nın genel özelliklerinden bahsedilmiştir. Ayrıca, 1994 yılında yürürlüğe konulan Boğazlar ve Marmara Bölgesi Deniz Trafik Düzeni Hakkındaki Tüzük ile Boğazdan geçecek olan gemilere getirilen bazı düzenlemelerden bahsedilmiştir.

İkinci bölümde, Devlet İstatistik Enstitüsü 'nden temin edilen ve 1993 yılında İstanbul Boğazı 'ndan kuzey yönüne gerçekleşmiş olan 13698 gemiye ait ham veriler SPSS 6.0 for windows ortamında analiz edilmiştir. Analiz sonucunda, kuzey yönüne yapılmış geçişlerin % 92,6 sinin genel yük gemileri ve tankerlerden oluştuğu, geçişlerin % 67 sinin gündüz, % 37,0 sinin gece, % 80,9 unun boş ve % 19,1 inin dolu olarak gerçekleştiği görülmüştür. Ayrıca, gemilerin ortalama 30,883 dakikada bir Boğazdan geçiş yaptıkları ve bir günde ortalama 47 adet geminin geçtiği tesbit edilmiştir.

Üçüncü bölümde, önceki bölümlerdeki sonuçlardan da faydalanılarak, Boğazdan tiplerine göre (tek yönlü olarak) ve toplam kaç geminin geçiş yapabileceği matematiksel lineer programlama ile incelenmiş ve sonuçlar LİNGO (Language for Interactive General Optimization) ve LİNDÖ paket programları yardımıyla elde edilmiştir. Program sonucunda, bir günde en fazla 237 geminin geçiş yapabileceği, ancak bunlardan sadece 11 adedinin tanker olabileceği görülmüştür. Bulunan bu sonuçlar, tek kuyruk tek hizmet esasına göre oluşturulan kuyruk modelinde değişik durumlar için incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, Boğaz'dan kuzey yönüne geçen gemiler itibarı ile, toplam kapasitenin % 20, tanker geçişlerinde ise % 64 oranında kullanıldığı görülmüştür.

ABSTRACT

In this study, conducted here in, the north bound crossing of 13698 vessels from the Strait of Istanbul have been examined and how to optimize the Strait traffic without jeopardizing the Strait area and city of Istanbul has been surveyed.

In the first part, the general characteristics of the Istanbul Strait is discussed. In addition, certain stipulated practices regarding the vessels crossing the Strait under the Straits and Marmara Region Maritime Traffic Regulations implemented in 1994 is also mentioned.

In the second part, the raw data obtained from the National Institute of Statistics concerning the crossing of 13698 vessels from Istanbul Strait to north course in 1993, has been analyzed under SPSS 6.0 for Windows setting. Among these, In the obtained outcome of the analysis, the north bound crossings of these vessels, it is found that 92,6 % tankers and freighters, 67 % in daylight, 37 % at night, 80,9 % being unloaded and 19,1 % loaded was displayed. In addition, it is found that at an average of 30,883 minutes a vessel entered the Strait and per day an average of 47 vessels crossed.

In the third part, by using the data obtained from the previous parts, how many vessels according to its types and total could cross the Strait is calculated with Mathematical Linear Programming and the results obtained with the aid of LINGO (Language Interactive General Optimization) and LINDO programs. In the light of the obtained results, it is observed that in a single day a maximum of 237 vessels could cross the Strait. However, among these vessels only 11 of them could be tankers. The results here obtained are based on the single queueing single service varying situations. According to the results, it is observed that the total performance of Strait being one way only, is 20 % and in tanker crossings the figure rises to 64 %.

İSTANBUL BOĞAZI VE ÖNEMİ

1.1. İstanbul Boğazı'nın Genel Özellikleri :

Karadeniz'i, Marmara ve Çanakkale Boğazı üzerinden açık denizlere bağlayan ve akıntılarıyla Karadeniz'in su bilançosunu, oşinografik ve biyolojik özelliklerini büyük ölçüde etkileyen uluslar arası bir su yoludur.

Uzunluğu yaklaşık 30 kilometre (16 deniz mili;160 gmina) kadardır. Büyükdere-Beykoz koyları arası Boğazın en geniş yeri olarak 8 km , Rumelihisarı ile karşı kıyı arası :Boğazın en dar yeri olarak 700 metredir. İstanbul Boğazı farklı üç bölümden oluşur. Bölümlerin birinden diğerine geçişler çok keskin olmakta , bu da sisli havalarda ve akıntının şiddetli olduğu durumlarda Boğazdan geçen gemiler için büyük tehlike yaratmaktadır.

Boğaz üzerinde hakim rüzgarlar , poyraz ve lodos rüzgarlarıdır. Fırtına olayları genellikle ilkbahar ve sonbahar aylarında oluşmaktadır. Lodos rüzgarları kuzey yönünden estiğinde Boğazda orkoz akıntıları meydana gelir ve bu olay İstanbul Boğazı'ndaki trafiği etkileyen faktörlerden birisidir. Trafiğe engel olabilecek akıntılar daha çok yılın ocak , mart , mayıs ve aralık aylarında oluşmaktadır.

Boğazda trafiği etkileyen faktörlerden biriside Boğaz bölgesinde sis olayının meydana gelmesidir. Boğazda sisin yoğunluğuna göre Boğaz, trafiğe kapatılabilmektedir. Boğaz üzerindeki sis olayları daha çok yılın ocak , şubat , mart , nisan ve kasım aylarında oluşmaktadır.

1.2. İstanbul Boğazı'nın Ekonomik ve Ticari Açıdan Önemi ile Boğaz Üzerinde Yapılan Andlaşmaların Kısa Özeti :

İstanbul Boğazı , dünyanın en önemli su yollarından birisi olup Karadenizi açık denizlere bağlayan tek kanaldır. Ekonomik olmasından dolayı dünyadaki en önemli mal ve hizmet taşımacılıklarından birisi olan ve yoğun biçimde kullanılan deniz taşımacılığı

için Boğazların önemi oldukça fazladır. Özellikle Karadeniz'e kıyısı olan ülkeler tarafından hayati öneme haizdir. Bu sebeple tarih boyunca bir çok savaflara ve devletler arası ihtilaflara sebep olmuştur. İstanbul Boğaz'ının Türk'lerin kontrolüne tamamıyla girmesi 1453 'de Fatih Sultan MEHMET 'in İstanbulu fethetmesiyle başlar. I.Dünya Savaşı sonunda imzalanan Sevr Andlaşması ile Boğazlar , Boğazlar Komisyonu'nun kontrolüne girmiştir. 20 Temmuz 1936 tarihinde imzalanan Montreux Boğazlar Sözleşmesi ile geçiş şekli yeniden düzenlenip boğazların kontrolü yeniden Türkiye Cumhuriyeti'nin kontrolüne girmiştir. Bu sözleşmeye göre ,savaş zamanı hariç olmak kaydıyla ,Boğazlar silahlandırılmayacak ve ticari gemilerin her türlü geçişine açık tutulacaktır. Buradan da anlaşıldığı üzere ticari gemiler için tam bir geçiş serbestisi mevcuttur.

Sözleşmenin yapıldığı tarihten günümüze 60 yıl gibi uzun bir zaman geçmiş , dünya üzerinde bir çok yeni olaylar meydana gelmiştir. Gene bu süre içerisinde Boğazı kullanan gemilerin sayısında ve niteliklerinde büyük değişiklikler meydana gelmiştir. Günümüzde boyunun uzunluğu 300 metreyi aşan gemiler Boğazlar bölgesinden yani,İstanbul gibi nüfusu 10 milyonu aşan büyük bir şehrin kalbinden,serbestce geçmekte olup şehir için büyük bir tehlike riski taşımaktadır. Herhangi bir kaza anında Boğazın her iki yakasında büyük felaketler meydana gelebileceği gibi , aynı zamanda denizde ekolojik dengenin bozulmasına sebep olabilecektir.

Özellikle Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği'nin dağılmasından sonra gündeme gelen Orta Asya ve Kafkas Petrollerinin dünya pazarlarına ne şekilde taşınacağı ülkemiz ve Boğazlar açısından büyük önem taşımaktadır. Çünkü, bu petroller Boğazlardan dev tankerler vasıtası ile taşınırsa hem Boğazlar dolayısıyla da İstanbul büyük bir tehlikeyle karşı karşıya kalacak, hemde ülkemiz ekonomik ve siyasi açıdan büyük kayıplara uğrayacaktır. Çevremizdeki bazı devletlerin sadece kendi çıkarlarını düşünerek petrolü tankerlerle Boğazlardan geçirilmesi konusunda büyük gayretleri ve uluslararası düzeylerde çalışmaları mevcuttur.

İşte yukarıda bahsedilen tehlike risklerinden dolayı Boğaz Bölgesinin ve trafiğinin emniyetini sağlamak amacıyla 11 Ocak 1994 tarihli Resmi Gazete 'de yayımlanan Boğazlar ve Marmara Bölgesi Deniz Trafik Düzeni Hakkındaki Tüzük,

(Seyir Rehberi, 1994) 1 Temmuz 1994 tarihinde Türk Hükümeti tarafından yürürlüğe konulmuştur.

1.3. Boğazlar ve Marmara Bölgesi Deniz Trafik Düzeni Hakkında ki Tüzükle Boğazlardan Gececek Gemilere Getirilen Kısıtlamalardan Bu Çalışmayla İlgili Olanlar

a. Hız : Gemilerin Boğazlardan normal geçiş hızı karaya göre 10 deniz mili olacaktır. Ancak dümen dinlenme yolu elde edilemediğinde , trafik kontrol istasyonuna bilgi verilerek çatma ve çatışmayı engellemeye, çevreye zarar verici dalgalar yaratmamaya özen gösterilerek bu hız aşılabılır.

b. Gemiler Arası Mesafe : Boğazdan geçiş yapan gemiler, zorunlu olmadıkça birbirlerini geçmeyeceklerdir. Boğazda seyreden gemiler arası mesafe en az 8 gomina (1 gomina=185 metre) olacaktır.

c. Zorunlu Nedenlerle Trafiğin Durdurulması : Boğazlardaki deniz trafiği, su üstü ve su altı inşaat çalışmaları ve sondajları, yangın söndürme, bilimsel çalışmalar, sportif faaliyetlerle kurtarma, deniz kirlenmesini önleme ve ortadan kaldırma çalışmaları, kaza yada suçluların izlenmesi işlemleri ve benzeri durumlar sebebiyle idarece geçici olarak durdurulabilir.

d. Hava Çekimi : İstanbul Boğazı'ndan, hava çekimi 58 metre ve daha yüksek olan gemiler geçmeyeceklerdir.

e. Akıntı : İstanbul Boğazı'nda üst ana akıntı şiddeti 4 mil/saat ve üstüne çıktığında yada lodos nedeniyle orkoz akıntıları oluştuğunda , manevra hızı 10 mil/saat ve daha aşağı olan, tehlikeli yük taşıyan gemiler, büyük gemiler (boyu 150 metreden uzun olan gemiler) ve derin su çekimli gemiler, Boğaza girmeyecek ve akıntı şiddetinin 4 mil/saat ve altına düşmesini veya orkoz akıntılarının ortadan kalkmasını bekleyeceklerdir. Ayrıca, üst ana akıntı şiddeti 6 mil/saat in üstüne çıktığında, yukarıda bahsedilen gemiler hızları ne olursa olsun Boğaza girmeyecek ve akıntı şiddetinin 6 mil/saat in altına düşmesini bekleyeceklerdir.

f. Görüş Uzaklığı : i. Boğazın herhangi bir bölgesinde görüş uzaklığı 1 mil ve altına düştüğünde tehlikeli yük taşıyan gemiler ile büyük gemiler Boğaza giriş yapmayacaklardır.

ii. Boğazın herhangi bir bölgesinde görüş uzaklığı 0.5 mile düştüğünde, deniz trafiği uygun görülecek tek tarafa açık tutulacak ve karşı yöne kapatılacaktır. Bu sırada sadece tehlikeli yük taşımayan 100 metrenin altındaki gemiler tek yönlü geçiş yapabilecektir.

iii. Boğazın herhangi bir bölgesinde görüş uzaklığı 0.5 milin altına düştüğünde, Boğaz trafiği her iki yöne de kapatılacaktır.

g. Tehlikeli Yük Taşıyan Büyük Gemi : Tehlikeli yük taşıyan bir büyük gemi İstanbul Boğazı'na girdiğinde , Boğazdan çıkana kadar aynı nitelikte başka bir gemi içeri alınmayacaktır.

Görüldüğü gibi tüm bu önlemler Montreux'un ruhuna aykırı olmayıp, geçiş yapan gemilerin , İstanbul ile Boğazlar Bölgesinin ve çevrenin korunmasını amaçlamaktadır.

II.İSTANBUL BOĞAZI'NDAN KUZEY YÖNÜNE OLAN GEÇİŞLERİN İNCELENMESİ

Bu bölümde, Devlet İstatistik Enstitüsü'nden temin edilen 1993 yılı kayıtları (ham verileri) kuzey yönüne yapılan geçişler baz alınarak, bilgisayar ortamında, SPSS for Windows 6.0 programı yardımıyla 13698 gemiye ait geçişler incelenmiştir. Burada hangi tip gemiden ne kadar geçtiği, aylara ve mevsimlere göre geçen gemi sayıları, boş-dolu geçen gemi sayıları, gece-gündüz geçiş sayıları ile gemilerin gelişler arası zaman farkları incelenmiştir. Ayrıca, ortalama kaç dakikada bir geminin Boğaza girdiği ile günde kaç geminin Boğazdan geçtiği bulunarak, gemilerin gelişler arası zaman farklarının (inter-arrival times) hangi tip bir dağılıma uyduğu tespit edilmeye çalışılmıştır.

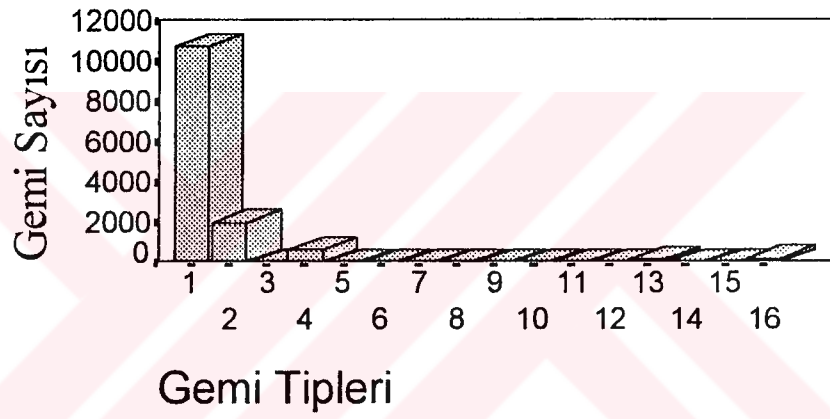
2.1. Verilerin SPSS Ortamında İncelenmesi :

Elde edilen veriler uygun şekilde formatlanıp SPSS ortamına yüklenerek yukarıda bahsedilen analizler yapılmıştır. Gemi tipleri için kullanılan kodlar ve açık adları şu şekildedir.

Kullanılan Kod Numarası	Geminin Açık Adı
1	Genel Yük Gemileri
2	Tankerler
3	Komisine (Yük/Yolcu)
4	Yolcu Gemisi
5	Kablo Gemisi
6	Feribot
7	Buzkıran Gemisi
8	Su Gemisi
9	Konteyner
10	Yat

11	Hastane Gemisi
12	L.A.S.H.
13	Römork
14	Barç
15	Sıvıgaz Tankeri
16	Balıkçı Fabrika Gemisi

Elde edilen sonuçlara göre oluşturulan tablo ve grafikler aşağıda verilmiştir.

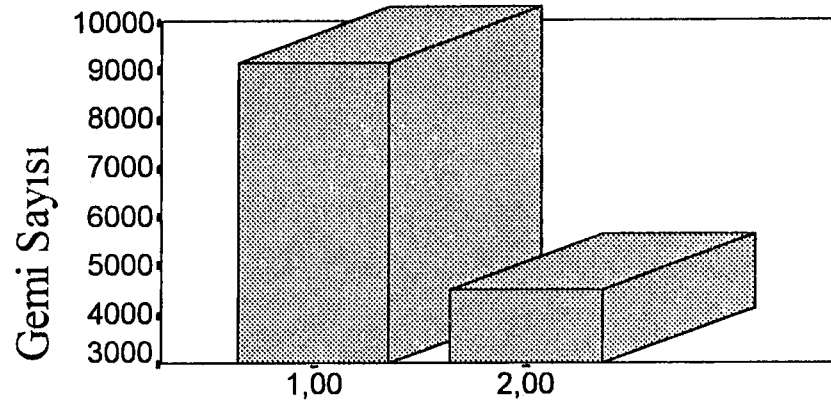


Grafik 2.1.1 Gemilerin Tiplerine Göre İncelenmesi

Tablo 2.1.1 Gemilerin Tiplerine Göre İncelenmesi

Gemi Tipi	Frekansı	Yüzdesi	Birikimli Yüzdesi
1	10715	78,2	78,2
2	1976	14,4	92,6
3	35	,3	92,9
4	631	4,6	97,5
5	1	0,0	97,5
6	19	0,1	97,7
7	1	0,0	97,7
8	2	0,0	97,7
9	1	0,0	97,7
10	21	0,2	97,8
11	2	0,0	97,9
12	3	0,0	97,9
13	102	0,7	98,6
14	3	0,0	98,6
15	4	0,0	98,7
16	182	1,3	100,0
TOPLAM	13698	100,0	

Gemilerin % 92,6 sını genel maksatlı yük gemileri ve tankerler oluşturmaktadır. Diğer tip gemilerin genel toplam içerisinde oranı % 7,4 olarak oldukça düşüktür.



Gündüz-Gece Geçişleri

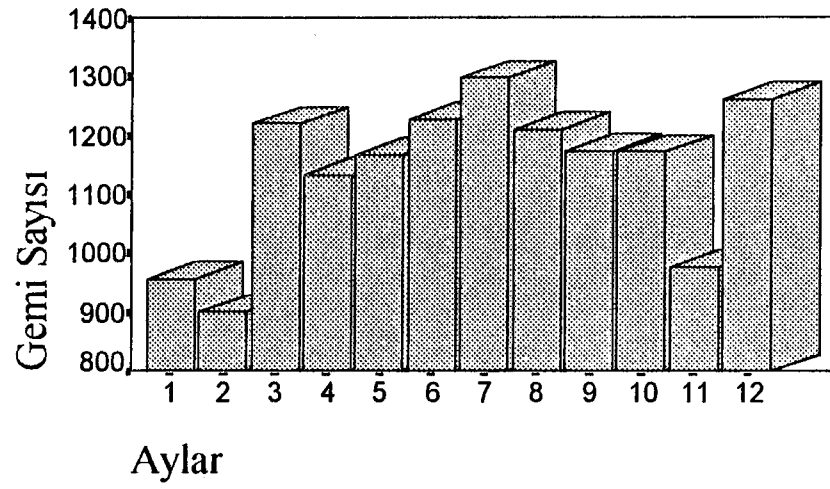
Grafik 2.1.2 Gemilerin Gündüz-Gece Geçişleri

Burada gündüz için 1; saat 06:00-19:00 arası ve gece için 2; saat 19:01-05:59 arası alınmıştır.

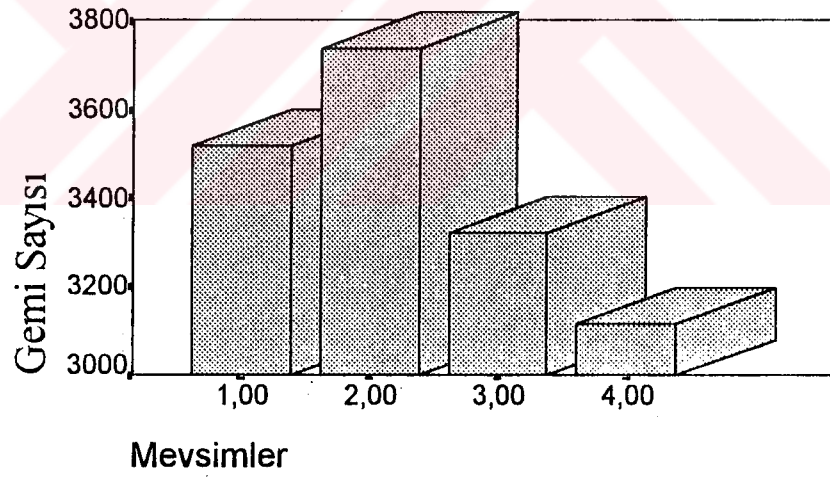
Tablo 2.1.2 Gemilerin Gece-Gündüz Geçişleri

Gemi Tipi	Gündüz	Gece
1	7036 % 65,7	3679 % 34,3
2	1307 % 66,1	669 % 33,9
3	23 % 65,7	12 % 34,3
4	545 % 86,4	86 % 13,6
5	1 % 100,0	
6	16 % 84,2	3 % 15,8
7	1 % 100,0	
8	1 % 100,0	
9	1 % 100,0	
10	14 % 66,7	7 % 33,3
11	1 % 50,0	1 % 50,0
12	2 % 66,7	1 % 33,3
13	80 % 78,4	22 % 21,6
14	3 % 100,0	
15	2 % 50,0	2 % 50,0
16	142 % 78,0	40 % 22,0
TOPLAM	9175 % 67,0	4523 % 33,0

Görüldüğü gibi gemilerin % 67,0 ı gündüz, % 33,0 ı gece geçmektedir. Yani gemilerin büyük bir çoğunluğu gündüz geçmek eğilimindedir. Bu da, Boğaz trafiğinin gündüzleri daha yoğun , geceleri ise daha seyrek olmasına sebep olmaktadır.



Grafik 2.1.3 Gemilerin Aylara Göre Geçişleri



Grafik 2.1.4 Mevsimlere Göre Gemi Geçişlerinin İncelenmesi

Burada 1,2,3 ve 4 kodları sırasıyla ilkbahar,yaz,sonbahar ve kış aylarına karşılık gelmektedir.

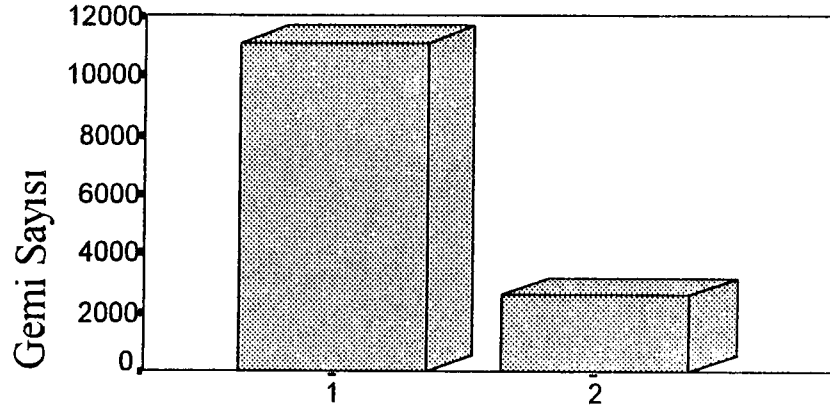
Tablo 2.1.3 Mevsimlere Göre Gemi Geçişlerinin İncelenmesi

Gemi Tipi	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
1	2728	2875	2585	2497
2	534	532	473	437
3	11	17	5	2
4	136	228	179	88
5	-	-	1	-
6	3	4	6	6
7	1	-	-	-
8	-	1	-	1
9	-	-	1	-
10	5	8	3	5
11	-	1	-	1
12	-	2	-	1
13	20	37	25	20
14	1	1	-	1
15	-	1	1	2
16	52	31	43	56
TOPLAM	3521	3738	3322	3117

Gemilerin aylara ve mevsimlere göre geçişleri incelendiğinde, sonbahar ve kış aylarında bir miktar düşüş olduğu, ilkbahar ve yaz aylarında ise bir miktar yükselme olduğu gözlemlenmiştir. Ancak genel olarak tüm mevsimlerdeki gemi geçiş sayıları ve yüzdeleri birbirine yakındır. Aylara göre inceleme yapılırken 1,2,...,12 kodları ocak,şubat,...,aralık şeklinde alınmıştır.

Tablo 2.1.4 Gemi Geçişlerinin Boş-Dolu Olarak İncelenmesi

Gemi Tipi	Boş	Dolu
1	9314	1401
2	1597	379
3	29	6
4	65	566
5	-	1
6	7	12
7	1	-
8	2	-
9	1	-
10	6	15
11	2	-
12	3	-
13	15	87
14	2	1
15	3	1
16	41	141
TOPLAM	11088	2610



Boş-Dolu

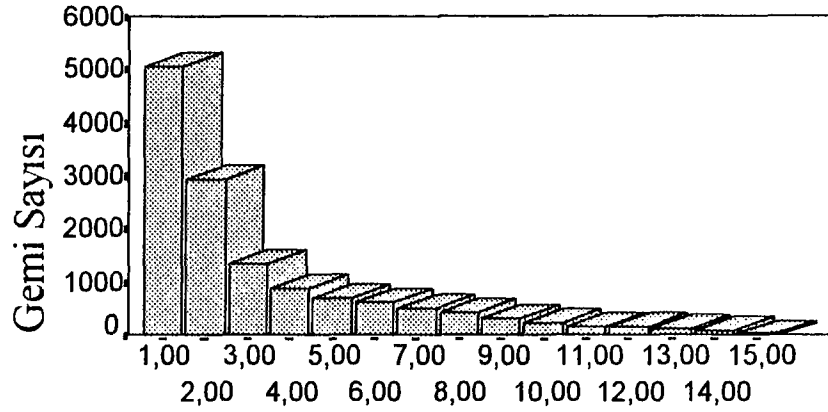
Grafik 2.1.5 Gemi Geçişlerinin Boş-Dolu Olarak İncelenmesi

Burada, 1 ve 2 kodları sırasıyla boş ve dolu gemileri göstermektedir. Görüldüğü gibi İstanbul Boğazı'ndan Kuzeye giden gemilerin % 80,9 u boş olarak, % 19,1 i dolu olarak geçmektedirler. Elbette, gemiler yüklerini alıp tekrar geri dönecekleri için, bu oranlar güney yönünde tersine olacaktır.

2.2 Gelişler Arası Zamanın İncelenmesi :

Gelişler arası zaman incelenirken ve yukarıdaki analizler yapılırken gemi sayısı 13698 alındı. Esas verilerde toplam gemi sayısı 14108 dir. Ancak burada, gelişler arası zaman değeri 145 dakikadan büyük olduğunda gelen gemi sayısı çok düşmektedir. Buda veriler arasında kopukluğa ve standart sapmanın büyümesine sebep olmaktadır. Bu yüzden gelişler arası zamanı 145 dakikadan büyük olanlar dikkate alınmamıştır.

Gelişler arası zaman hesap edilirken, önce yılın tüm günleri SPSS ortamında dakikaya çevrilmiş ve küçükten büyüğe sıralanıp Boğaza giren herhangi iki geminin gelişleri arasındaki zaman dakika olarak hesap edilmiştir. Ayrıca buradan gelişler arası zamana ait ortalama geliş süresi ve standart sapma hesap edilmiştir. Elde edilen verilerden 10 ar dakikalık gruplar oluşturulduğunda ortaya çıkan 15 adet gruba ait histogram grafik aşağıdadır.



Gelişler Arası Zaman Grupları

Grafik 2.2.1 Gemilerin Gelişler Arası Zamanının İncelenmesi

Buradan ,ortalama iki geliş arası zaman 30,883 dakika ve standart sapma 30,815 olarak hesap edildi.

$$\bar{X} (13698)=30,883 \quad \sigma =30.815 \quad (2.2.1)$$

Bir günün 1440 dakika olduğu düşünülürse, bir günde İstanbul Boğazı'ndan kuzey yönüne geçen ortalama gemi sayısı λ ; hesaplandı.

$$\lambda = 47 \text{ Gemi / Gün}$$

Gelişler arası zamanın histogramdan, üstel dağılıma uyabileceği beklenir. Burada varyasyon katsayısı da göstergelerden bir tanesidir (Averill,M.Law,1980) . Eğer varyasyon katsayısı bire çok yakınsa veya eşitse dağılım üstel dağılım olabilir.

$$\delta(n) = \frac{\bar{X}(n)}{\sigma(n)} \quad (2.2.2)$$

$$\delta(13698) = \frac{30,883}{30,815} \cong 1$$

Burada elde edilen verilerin varyasyon katsayısı bire çok yakındır. Dolayısıyla dağılımı tesbit ederken , H_0 hipotezi olarak dağılım üstel dağılım olduğu hipotezini kurabiliriz.

Eğer bu sürekli dağılım, üstel dağılım gösteriyorsa, olasılık fonksiyonu (Gordon,1978 and Taha,H,1992) $f(t)$;

$$f(t) = \left(\frac{1}{\beta}\right) \cdot e^{\left(\frac{-1}{\beta}\right)t}; t \geq 0 \quad (2.2.3)$$

$$f(t) = (0,03238) \cdot e^{(-0,03238)t} \quad (2.2.4)$$

olarak elde edilir.

Şimdi, bu hipotez dağılımın üstel dağılıma uyup uymadığı çeşitli uygunluk testleriyle test edilmesi gerekir. Burada ki-kare (chi-square) uygunluk testi kullanılmıştır.

2.3 Ki-kare Uygunluk Testi

Bu test, verilmiş bir veri kümesinin belli bir dağılımdan gelip gelmediğini tesbit etmek için kullanılır (Erkut,1992). Bunun için , aşağıdaki adımlar takip edilir.

i . H_0 hipotezi kurulur. $\beta = \bar{X}$ olmak üzere,

$$f(t) = \left(\frac{1}{\beta}\right) \cdot e^{\left(\frac{-1}{\beta}\right)t}; t \geq 0$$

ii . Hipotez dağılım aralığı k tane birbirini kesmeyen aralığa bölünür.

iii . j.aralıkta $j=1,...,k$ için , O_j ;örnek verinin gözlenen frekans sayısı, E_j ;

hipotez dağılımdan gelen teorik frekans sayısı olsun.

$$E_j = n \cdot \int_{I_{j-1}}^{I_j} \left(\frac{1}{\beta}\right) \cdot e^{\left(\frac{-1}{\beta}\right)t} \cdot dt \quad (2.3.1)$$

iv . Ki-kare test istatistiđi ,

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^k \left(\frac{(O_j - E_j)^2}{E_j} \right) \quad (2.3.2)$$

şeklinde hesap edilir.

v . Eğer, k; grup sayısı, m;bağımsız değişken sayısı olmak üzere, hesaplanan χ^2 değeri istatistik tablolarındaki (k-m-1) serbestlik dereceli ve $100.(1-\alpha)$ belirlilik düzeyli χ^2 kritik değerinden küçükse hipotez kabul edilebilir.

Eldeki verilerden, gözlenen frekans sayısı ve teorik dağılımdan elde edilen teorik frekans sayıları, oluşturulan aralıklar içerisinde, aşağıdaki tabloda verilmiştir.



Tablo 2.3.1 Grup Aralıkları

Grup No	Aralık	O_j	E_j
1	[0,15)	5270	5270,08
2	[15,30)	3287	3242,50
3	[30,46)	2056	2096,65
4	[46,66)	1216	1472,41
5	[66,81)	672	621,86
6	[81,94)	337	341,67
7	[94,105)	252	195,61
8	[105,109)	87	55,54
9	[109,115)	87	70,92
10	[115,125)	161	91,48
11	[125,130)	66	35,76
12	[130,135)	62	30,41
13	[135,140)	49	25,86
14	[140,145)	57	22,00
15	[145,∞)	49	125,25
TOPLAM		13698	13698,00

Gruplara dikkat edilecek olursa 4. gruptan sonraki gruplardaki frekanslar diğerlerine göre oldukça düşüktür ve veriler arasında kopukluklar vardır. Bu dezavantajı ortadan kaldırabilmenin bir yolu, az elemanlı grupları birbirleriyle birleştirmektir. Bu işlemi yaptığımızda elde edilen değerler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 2.3.2 Grup Aralıkları

Grup No	Aralık	O_j	E_j	χ^2
1	[0,15)	5270	5270,08	0,00
2	[15,30)	3287	3242,50	0,61
3	[30,46)	2056	2096,65	0,78
4	[46,125)	2812	2849,51	0,49
5	[125, ∞)	273	239,26	4,75
TOPLAM		13698	13698,00	6,63

Gelişler arası zaman (inter-arrival times) daha çok ilk üç grupta yoğunlaşmaktadır. Grup sayısı , $k=5$ ve teorik dağılımdaki parametre sayısı $m=1$ olduğundan χ^2 serbestlik derecesi $k-m-1=5-1-1=3$ olarak bulunur. Tablodan $\chi^2_{3,0,95}$ in değeri ,

$$\chi^2_{3,0,95}=7,82 \quad (2.3.4)$$

şeklindedir. Buradan, $6,63 < 7,82$ olduğundan, $\alpha = 0,05$ hata ile H_0 hipotezini kabul edebiliriz. İstanbul Boğazı'na kuzey yönünde giren gemilerin gelişler arası zaman farkları bir üstel dağılım göstermektedir ve olasılık fonksiyonu $f(t)$,

$$f(t) = \left(\frac{1}{\beta}\right) \cdot e^{\left(\frac{-1}{\beta}\right)t}; t \geq 0$$

şeklindedir.

III.OPTİMİZASYON VE KUYRUK MODELİ

Bu bölümde, önceki bölümlerden faydalanılarak, İstanbul Boğazı'ndan kuzey yönüne bir günde geçebilecek maksimum gemi sayısı (Boğazın kapasitesi) ; μ tesbit edilmeye ve sonsuz geliş kaynaklı, tek kanallı, tek kuyruk tek hizmet esasına dayalı kuyruk modeli kurulmaya çalışıldı. Boğazdan geçen gemilerin % 92,6 sı 1. ve 2. tip gemilerden oluştuğundan geriye kalan gemiler 3. tip gemi grubu olarak bir araya toplandı. Boğaz kapasitesi, Tam Sayılı Matematiksel Lineer Programlama yardımıyla hesaplandı.

3.1 Boğaz Kapasitesinin Hesaplanması :

Bir günde geçebilecek maksimum gemi sayısını ve hangi tip gemiden ne kadar geçebileceğini bulmak için II. bölümde elde edilen bilgiler ve tüzükteki kısıtlamalar dikkate alınarak bir matematik model oluşturuldu ve Tam Sayılı Matematiksel Lineer Programlama yardımıyla çözüldü. Modelin çözümü optimizasyon hesaplamalarında sıkça kullanılan LINGO ve LINDO paket programları yardımıyla yapıldı. Modeli oluştururken D.İ.E. 'den alınan veriler içerisinde gemi boylarıyla ilgili herhangi bir kayıt mevcut olmadığından gemilerin boyları noktasal olarak alındı. Tüzükte belirtildiği gibi, gemilerin hızlarının 10 deniz mili (18,5 km/h) olacağı, gemiler arası mesafenin 8 gomina (1 gomina =185 metre) olacağı ve gemilerin birbirlerini geçmeyecekleri, ayrıca ,tehlikeli yük taşıyan bir büyük gemi (boyu 150 metreden büyük olanlar) boğaza girdiğinde aynı özellikte başka bir geminin boğaza alınmayacağı kabul edildi. Hem gemilerin boyları verilerde olmadığından hem de ileride oluşabilecek yoğun tanker trafiği düşünülerek bütün tankerler büyük gemi sınıfına dahil edildi. Ayrıca Boğaz'daki vapur ve tekne trafiği dikkate alınmadı.

Bir gün : 1440 dakika

Boğaz uzunluğu : 16 mil =160 gomina

İki gemi arası : 8 gomina

Gemi hızı : 10 mil / h =100 gomina / h

olduğundan herhangi bir anda Boğaz içinde bulunabilecek maksimum gemi sayısı ; h

$$h = \frac{160}{8} = 20 \text{ gemi}$$

olarak bulunur. Bir geminin Boğazı terketme zamanı t ;

$$t = \frac{160}{100} = 1.6 \text{ saat} = 96 \text{ dakika}$$

ve herhangi bir kısıtlama olmaksızın Boğazdan geçebilecek gemi sayısı N;

$$N = \frac{1440}{96} \times 20 = 300 \text{ gemi}$$

olarak bulunur. Ayrıca, bir geminin Boğaz'a girdiği andan çıktığı ana kadar geçen süre (96 dakika) bir periyod olarak alınırsa, bir günde toplam periyot T;

$$T = 1440/96 = 15 \text{ periyod}$$

olarak (0-96, 97-192, ..., 1345-1440 gibi) hesap edilir.

3.2 Matematik Modelin Kurulması :

Oluşturulan modeldeki (Kwak, 1973),

Amaç Fonksiyonu : p.sıradaki, q.tip gemilerden maksimum sayıda gemi geçirilmesi,

$$\max \sum_{q=1}^3 z_q = \sum_{q=1}^3 \sum_{p=1}^{300} x_{pq} \quad (3.2.1)$$

Kısıtlar :

1.Kısıt : p. sırada boğaza bir gemi girebilir.

$$\sum_{q=1}^3 x_{pq} \leq 1 ; p = 1, 2, \dots, 300 \quad (3.2.2)$$

2.Kısıt : Boğazdan bir günde geçebilecek q. tip gemi için alt sınır. Mevcut verilerde, tiplerine göre bir günde geçen gemi sayıları ; L_q olmak üzere,

$$\sum_{p=1}^{300} x_{pq} \geq L_q ; q=1,2,3 \quad (3.2.3)$$

3.Kısıt : Tehlikeli yük taşıyan bir gemi boğaza girdiğinde; L_2 , aynı özellikte başka bir gemi, boğaza almama kısıtı,

$$\sum_{r=p}^{p+19} x_{r2} = \sum_{r=p}^{p+19} x_{r2} \leq 1 ; p=1,2,...,281 \quad (3.2.4)$$

4.Kısıt : Tam sayı kısıtı,

$$x_{pq} = \begin{cases} 1, \text{ girer} \\ 0, \text{ girmez} \end{cases} \quad (3.2.5)$$

şeklindedir.

3.3. Modelin LİNGO da Yapılmış Bilgisayar Programı :

```

1] SETS
2] GEMİSIRA /1..300/:P;
3 ] GEMİTİPİ /1..3/:Q,L;
4] GEMİ(GEMİSIRA,GEMİTİPİ):X;
5] TEHGEM /1..281/:R
6] ENDSETS
7] !AMAÇ FONKSİYONU;
8] MAX @SUM(GEMİ;X);
9] !1.KISIT
10] @FOR(GEMİSIRA(P):@SUM(GEMİTİPİ(Q):X(P,Q)<1;
11] !2.KISIT
12] @FOR(GEMİTİPİ(Q): @SUM(GEMİSIRA(P):X(P,Q)>L(Q);
13] !3.KISIT
14] @FOR(TEHGEM(R):
    @SUM(GEMİSIRA(P)|#GE#R#AND#P#LE#R+19
        :X(P,2))<1);
15] !ÇÖZÜMÜN TAM SAYILI OLMASI
16] @FOR (GEMİ: @GIN(X););
17] DATA
18] L=37,7,3 ;
19] ENDDATA
END

```

Yazılan bu **LİNGO**, bilgisayar programı, modeli denklemlere dönüştürdü. Ancak, kapasitesi programı çözümüne yetmediğinden program, kapasitesi daha geniş olan **LİNDİ** da programlama formatına dönüştürülerek, **LİNDİ** da modelin çözümü elde edildi. Programın çıktısı aşağıdaki gibidir.

Tablo 3.2.1 Gemi Sıraları ve Tipleri

Gemi (Sıra,Tip)	Gemi (Sıra,Tip)	Gemi (Sıra,Tip)	Gemi (Sıra,Tip)	Gemi (Sıra,Tip)
X(1,3)	X(2,3)	X(3,1)	X(4,3)	X(5,2)
X(6,1)	X(7,1)	X(8,3)	X(9,3)	X(10,3)
X(11,1)	X(12,3)	X(13,1)	X(14,1)	X(15,1)
X(16,1)	X(17,1)	X(18,1)	X(19,3)	X(20,3)
X(21,1)	X(22,1)	X(23,1)	X(24,1)	X(25,2)
X(26,3)	X(27,1)	X(28,1)	X(29,1)	X(30,3)
X(31,1)	X(32,1)	X(33,3)	X(34,3)	X(35,1)
X(36,1)	X(37,1)	X(38,1)	X(39,1)	X(40,1)
X(41,1)	X(42,1)	X(43,3)	X(44,3)	X(45,1)
X(46,1)	X(47,2)	X(48,1)	X(49,3)	X(50,3)
X(51,1)	X(52,1)	X(53,1)	X(54,3)	X(55,1)
X(56,1)	X(57,1)	X(58,3)	X(59,1)	X(60,1)
X(61,1)	X(62,3)	X(63,3)	X(64,1)	X(65,1)
X(66,3)	X(67,3)	X(68,3)	X(69,1)	X(70,1)
X(71,1)	X(72,2)	X(73,1)	X(74,3)	X(75,3)
X(76,1)	X(77,1)	X(78,3)	X(79,1)	X(80,1)
X(81,1)	X(82,3)	X(83,3)	X(84,1)	X(85,1)
X(86,3)	X(87,1)	X(88,1)	X(89,1)	X(90,3)
X(91,3)	X(92,2)	X(93,1)	X(94,1)	X(95,1)
X(96,1)	X(97,1)	X(98,3)	X(99,3)	X(100,3)
X(101,1)	X(102,3)	X(103,3)	X(104,1)	X(105,1)
X(106,3)	X(107,3)	X(108,1)	X(109,1)	X(110,3)
X(111,1)	X(112,2)	X(113,1)	X(114,3)	X(115,3)
X(116,3)	X(117,1)	X(118,1)	X(119,3)	X(120,1)
X(121,1)	X(122,1)	X(123,3)	X(124,3)	X(125,1)

Gemi (Sıra,Tip)	Gemi (Sıra,Tip)	Gemi (Sıra,Tip)	Gemi (Sıra,Tip)	Gemi (Sıra,Tip)
X(126,3)	X(127,3)	X(128,3)	X(129,1)	X(130,1)
X(131,3)	X(132,2)	X(133,1)	X(134,3)	X(135,1)
X(136,1)	X(137,1)	X(138,3)	X(139,3)	X(140,3)
X(141,1)	X(142,1)	X(143,3)	X(144,3)	X(145,3)
X(146,1)	X(147,3)	X(148,3)	X(149,1)	X(150,3)
X(151,3)	X(152,3)	X(153,3)	X(154,2)	X(155,1)
X(156,3)	X(157,1)	X(158,3)	X(159,1)	X(160,1)
X(161,1)	X(162,3)	X(163,3)	X(164,3)	X(165,1)
X(166,1)	X(167,3)	X(168,3)	X(169,1)	X(170,1)
X(171,1)	X(172,3)	X(173,1)	X(174,2)	X(175,1)
X(176,3)	X(177,3)	X(178,1)	X(179,1)	X(180,3)
X(181,1)	X(182,1)	X(183,1)	X(184,1)	X(185,1)
X(186,3)	X(187,3)	X(188,3)	X(189,1)	X(190,1)
X(191,1)	X(192,3)	X(193,3)	X(194,1)	X(195,1)
X(196,3)	X(197,1)	X(198,2)	X(199,1)	X(200,1)
X(201,1)	X(202,1)	X(203,1)	X(204,3)	X(205,1)
X(206,1)	X(207,1)	X(208,1)	X(209,1)	X(210,3)
X(211,3)	X(212,3)	X(213,1)	X(214,3)	X(215,1)
X(216,1)	X(217,3)	X(218,1)	X(219,2)	X(220,3)
X(221,1)	X(222,3)	X(223,1)	X(224,1)	X(225,1)
X(226,3)	X(227,1)	X(228,3)	X(229,1)	X(230,1)
X(231,1)	X(232,1)	X(233,1)	X(234,3)	X(235,3)
X(236,3)	X(237,1)	X(238,3)	X(239,2)	X(240,1)
X(241,1)	X(242,3)	X(243,1)	X(244,3)	X(245,1)

Gemi (Sıra,Tip)	Gemi (Sıra,Tip)	Gemi (Sıra,Tip)	Gemi (Sıra,Tip)	Gemi (Sıra,Tip)
X(246,3)	X(247,3)	X(248,1)	X(249,1)	X(250,3)
X(251,3)	X(252,3)	X(253,1)	X(254,1)	X(255,1)
X(256,1)	X(257,1)	X(258,3)	X(259,3)	X(260,1)
X(261,1)	X(262,3)	X(263,2)	X(264,1)	X(265,1)
X(266,3)	X(267,3)	X(268,3)	X(269,1)	X(270,3)
X(271,1)	X(272,1)	X(273,1)	X(274,3)	X(275,3)
X(276,3)	X(277,1)	X(278,1)	X(279,1)	X(280,1)
X(281,3)	X(282,3)	X(283,3)	X(284,1)	X(285,1)
X(286,3)	X(287,2)	X(288,3)	X(289,1)	X(290,3)
X(291,3)	X(292,3)	X(293,1)	X(294,3)	X(295,1)
X(296,3)	X(297,3)	X(298,3)	X(299,3)	X(300,3)

Buradan, amaç fonksiyon değeri olan maksimum Boğaz kapasitesi μ ;

$$\mu = 300 \quad (3.3.1)$$

adet gemi olarak bulunmuştur. Mevcut ve optimizasyon sonucu bulunan sonuçlar altında, tiplerine göre gemi sayıları aşağıda verilmiştir.

Tablo 3.2.2 Gemi Sıraları ve Tipleri

Gemi Tipi :Tip/Adet	1993 Veriler	Optimizasyon Verileri
1	37	160
2	7	14
3	3	126
TOPLAM	47	300

Hiç bir kısıtlama olmaksızın, bir günde kuzey yönüne 300 adet gemi geçebilmekte ve bunlardan 160 adeti genel maksatlı yük gemisi, 14 adedi tanker ve 126 adedi diğer türdeki gemilerden oluşmaktadır. Ancak , akıntı ve sis durumu gibi meteorolojik olaylar ve boyu 250 metrenin üzerindeki dev gemilerin Boğazdan geçiş yapmak istemeleri sonucu boğaz tek veya çift yönlü olarak trafiğe kapatılabilmektedir. Bunlar da yukarıda bulduğumuz sonuçları etkileyecektir. İstanbul Deniz Trafik Kontrol İstasyonu 'ndan alınan verilere göre , İstanbul Boğazı kuzey yönüne bir yıl itibarı ile günlük, ortalama % 21 oranında trafiğe kapatılmakta , % 79 oranında ise trafiğe açık tutulmaktadır.

Dolayısıyla bu yüzdeleri, bulunan değerlere yansıtacak olursak,

$$\mu = 237 \quad (3.3.2)$$

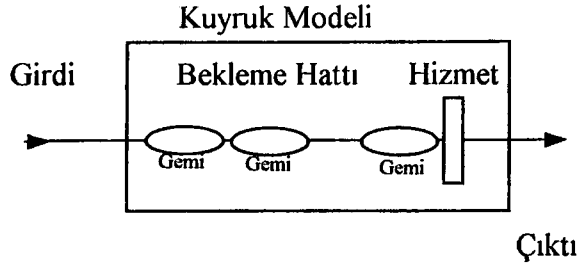
olarak elde edilir. Gemi tipleri ve sayıları ise tabloda verilmiştir.

Tablo 3.2.3 Gemi Tipleri ve Sayıları

Gemi Tipi	Gemi Sayısı
1	126
2	11
3	100
TOPLAM	237

3.4 Kuyruk Modelinin Kurulması :

Bu bölümde tek kuyruk tek hizmet sisteminin modellenmesi yapılmaya çalışıldı. Bu kuyruk sisteminde, Boğazdan geçmek için değişken oranlarda , hizmet noktasına gelen gemiler vardır. Eğer, geldiklerinde Boğaz müsaitse trafik ayırım düzenine girerler, değilse kuyruğa girerler ve Boğaz geçişi müsait olana kadar kuyrukta beklerler. Daha sonra sabit oranda hizmet gördükten sonra (Boğazı) sistemi terk ederler. Kuyruk modelinde hem bekleme hattı hemde hizmet noktası vardır. Bu model şekil 3.4.1 'de verilmiştir.



Şekil 3.4.1 Kuyruk Modeli

Bu modelde amacımız ;

- .Trafik yoğunluğunu ,
 - . Herhangi bir anda sistemde N gemi olasılığını ,
 - . Herhangi bir anda sistemin boş kalma olasılığını,
 - . Herhangi bir anda sistemde bulunan gemi sayısını ,
 - . Herhangi bir anda kuyrukta bulunan gemi sayısını ,
 - . Herhangi bir anda bir geminin sistemde harcadığı zamanı ,
 - . Herhangi bir anda bir geminin kuyrukta harcadığı zamanı ,
- hesap edebilmektir.

Gerekli varsayımlar şu şekildedir.

- . İGİÇ (ilk giren ilk çıkar) ,
- . Sonsuz gemi potansiyeli ,
- . Sınırsız bekleme alanı ,
- . Sabit hizmet zamanı ,

olarak belirlendi. Bu şekilde oluşturulan kuyruk modeli, matematiksel olarak çözülebilir.

Hesap etmeyi amaçladığımız ,

Trafik yoğunluğu : ρ

Herhangi bir anda sistemde N gemi olma olasılığı : P_N

Herhangi bir anda sistemin boş kalma olasılığı : P_0

Herhangi bir anda sistemde olması beklenen gemi sayısı : L_s

Herhangi bir anda kuyrukta olması beklenen gemi sayısı : L_q

Herhangi bir anda bir geminin sistemde harcaması beklenen süre : W_s

Herhangi bir anda bir geminin kuyrukta harcaması beklenen süre : w_q

olarak alınırsa bunların hesaplanmasında kullanılan eşitlikler (Taha,H.,1992) aşağıda olduğu gibidir. Sistem olarak, (kuyruk + ilk periyod) alınmıştır.

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (3.4.1)$$

$$P_0 = 1 - \rho \quad (3.4.2)$$

$$P_N = \rho^N \cdot (1 - \rho) = \rho^N \cdot P_0 \quad (3.4.3)$$

Denklem (3.3.4) de verilen, sistemde herhangi bir anda N gemi olma olasılığı, geometrik bir dağılımdır. Matematiksel olarak bu geometrik serinin ,

$$\sum_{N=0}^{\infty} P^N = (1 + \rho + \rho^2 + \rho^3 + \dots + \rho^N + \dots) \quad (3.4.4)$$

yakınsak olabilmesi için $\rho < 1$ olması gerekir. Bunun anlamı, $\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1$ olması gerektiğidir. Zaten, olasılık olarak da olasılığın en büyük değeri , $\rho = 1$ dir.

$$L_s = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} = \frac{\rho}{1 - \rho} \quad (3.4.5)$$

$$L_q = L_s - \frac{\lambda}{\mu} = \frac{\rho^2}{1 - \rho} \quad (3.4.6)$$

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda} = \frac{1}{\mu(1 - \rho)} \quad (3.4.7)$$

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} = \frac{1}{\mu(1 - \rho)} \quad (3.4.8)$$

Yukarıda verilen eşitliklere göre , I.bölümdeki kısıtlar ve II. bölümde bulunan sonuçlar altında **genel performansı** inceleyecek olursak,

Trafik yoğunluğu ,

$$\rho = \frac{47}{237} = 0,198$$

Herhangi bir anda sistemin boş kalma olasılığı ,

$$P_0 = 1 - \frac{47}{237} = 0,802$$

Herhangi bir anda sistemde N gemi olma olasılığı ,

$$P_N = \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^N \cdot P_0$$

Herhangi bir anda sistemde bulunması beklenen gemi sayısı ,

$$L_s = \frac{47}{237 - 47} = 0,247 \text{ gemi}$$

Herhangi bir anda kuyrukta bulunması beklenen gemi sayısı ,

$$L_q = 0,247 - 0,198 = 0,049 \text{ gemi}$$

Herhangi bir geminin sistemde harcaması beklenen zaman ,

$$W_s = \frac{0,247}{47} = 0,005 \text{ gün}$$

Herhangi bir geminin kuyrukta harcaması beklenen zaman ,

$$W_q = \frac{0,049}{47} = 0,001 \text{ gün}$$

olarak bulunur.

Bir günde Boğaz'dan geçmesi beklenen gemi sayısı L_B olmak üzere,

$$L_B = (L_s - L_q) \cdot T = (0,247 - 0,049) \cdot 15 \cong 3 \text{ gemi}$$

olarak elde edildi.

1993 yılı İstanbul Boğazı'ndan kuzey yönüne doğru akan trafik, bulunan sonuçlara göre çok yoğun değildir. Boğaz üzerindeki trafik, toplam kapasitenin yaklaşık $\frac{1}{5}$ i kadardır.

Toplam kapasitenin, $\frac{1}{5}$ olarak gerçekleşmesini 1991 yılında S.S.C.B. 'nin dağılmasına bağlamak mümkündür. Çünkü 1991 yılında yeni devletlerin kurulmuş olması ve S.S.C.B. 'nin boşalttığı topraklardaki petrol kuyularını kapatmış olması sonucu, boğazlardaki taşımada önemli ölçüde azalmıştır. Oluşan yeni devletlerdeki, özellikle Orta Asya ve Kafkaslar bölgesindeki petrol ve doğalgaz yataklarının, dünyadaki bu konuda söz sahibi şirketlerin de iştirakiyle yeniden açılıyor olması ve çıkartılacak doğalgaz ve

petrolün Boğazlardan geçirilmesi sonucu $\frac{1}{5}$ olan kullanılan kapasitenin çok daha fazla artacağı açıktır. Ayrıca, yukarıda bahsedilen bölgelerdeki ülkeler de ihtiyaçları olan mal ve hizmetlerin bir bölümünü, deniz taşımacılığı en ucuz taşıma şekillerinden birisi olduğu için, Boğazlar üzerinden taşımak isteyeceklerinden Boğazdan geçecek toplam gemi sayısında bir artış söz konusu olabilecektir.

Performans, sadece tankerler dikkate alınarak incelenirse ;

λ_1 : Ortalama bir günde geçen tanker sayısı ,

μ_1 : Bir günde geçebilecek maksimum tanker sayısı

olmak üzere,

$$\lambda_1 = 7 \text{ gemi}$$

$$\mu_1 = 11 \text{ gemi}$$

olarak daha önce bulunmuştur. Bu verileri, toplam kapasiteyi hesap ederken kullandığımız denklemlere uygulayacak olursak,

Trafik yoğunluğu ,

$$\rho_1 = \frac{7}{11} = 0,636$$

Herhangi bir anda sistemin boş kalma olasılığı ,

$$P_{01} = 1 - \frac{7}{11} = 0,364$$

Herhangi bir anda sistemde N gemi olma olasılığı ,

$$P_{N1} = \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^N \cdot P_{01}$$

Herhangi bir anda sistemde bulunması beklenen gemi sayısı ,

$$L_{s1} = \frac{7}{11 - 7} = 1,750 \text{ gemi}$$

Herhangi bir anda kuyrukta bulunması beklenen gemi sayısı ,

$$L_{q1} = 1,750 - 0,636 = 1,114 \text{ gemi}$$

Herhangi bir geminin sistemde harcaması beklenen zaman ,

$$W_{s1} = \frac{1,750}{7} = 0,250 \text{ gün}$$

Herhangibir geminin kuyrukta harcaması beklenen zaman ,

$$W_{q1} = \frac{1,114}{7} = 0,159 \text{ gün}$$

olarak bulunur.

Bir günde Boğaz'dan geçmesi beklenen tanker gemi sayısı L_{B1} ,

$$L_{B1} = (L_{s1} - L_{q1}) * T = (1,750 - 1,114) * 15 \cong 10 \text{ gemi}$$

olarak elde edildi.

Görüldüğü gibi genel trafikteki trafik yoğunluğu oldukça seyrek iken ,tankerlerde durum farklıdır. İstanbul Boğazı'ndan geçen tankerler 1993 yılı itibariyle, toplam tanker kapasitesinin % 63,6 sını kullanmışlardır. Herhangi bir anda Boğazın boş kalma olasılığı sadece % 36,4 olarak tesbit edilmiştir. $L_q=1,114$ olarak bulunduğundan, Boğaza gelen tankerlerin bir bölümünün kuyrukta bekleyeceği anlaşılmaktadır.

Performans, gündüz ve gece geçişlerine göre incelenecek olursa;

λ_2 : Bir günde, gündüz geçen ortalama gemi sayısı;

λ_3 : Bir günde, gece geçen ortalama gemi sayısı;

İdeal geçişin gece ve gündüz eşit sayıda olması düşünüldüğünde,

$\mu_2 = \mu_3$: Bir günde, gündüz ve gece geçen ortalama gemi sayısı olmak üzere,

$$\lambda_2 = 31 \quad ; \quad \lambda_3 = 16 \quad ; \quad \mu_2 = \mu_3 = 119$$

olarak bulunmuştur. Bu verileri, daha önce kullandığımız eşitliklere uygulayacak olursak,

Trafik yoğunluğu ,

$$\rho_2 = \frac{31}{119} = 0,261 \quad ; \quad \rho_3 = \frac{16}{119} = 0,134$$

Herhangi bir anda sistemin boş kalma olasılığı ,

$$P_{02} = 1 - \frac{31}{119} \cong 0,739 \quad ; \quad P_{03} = 1 - \frac{16}{119} = 0,866$$

Herhangi bir anda sistemde N gemi olma olasılığı ,

$$P_{N2} = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^N \cdot P_{02} \quad ; \quad P_{N3} = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^N \cdot P_{03}$$

Herhangi bir anda sistemde bulunması beklenen gemi sayısı ,

$$L_{s2} = \frac{31}{119 - 31} = 0,352 \text{ gemi} \quad ; \quad L_{s3} = \frac{16}{119 - 16} = 0,155 \text{ gemi}$$

Herhangi bir anda kuyrukta bulunması beklenen gemi sayısı ,

$$L_{q2} = 0,352 - 0,261 = 0,091 \text{ gemi} \quad ; \quad L_{q3} = 0,155 - 0,134 = 0,021 \text{ gemi}$$

Herhangi bir geminin sistemde harcaması beklenen zaman ,

$$W_{s2} = \frac{0,352}{31} = 0,011 \text{ gün} \quad ; \quad W_{s3} = \frac{0,155}{16} = 0,010 \text{ gün}$$

Herhangi bir geminin kuyrukta harcaması beklenen zaman ,

$$W_{q2} = \frac{0,091}{31} = 0,003 \text{ gün} \quad ; \quad W_{q3} = \frac{0,021}{16} = 0,001 \text{ gün}$$

olarak bulunur.

Bir günde, gündüz Boğaz'dan geçmesi beklenen gemi sayısı L_{B2} ,

$$L_{B2} = (0,352 - 0,091) * 15 \cong 4 \text{ gemi,}$$

Bir günde, gece Boğaz'dan geçmesi beklenen gemi sayısı L_{B3} ,

$$L_{B3} = (0,155 - 0,021) * 15 \cong 2 \text{ gemi}$$

olarak hesap edildi.

Mevcut durumda, gündüz trafiğinin geceye nazaran daha yoğun olduğu görülmektedir. Ancak, trafikte herhangi bir tıkanma mevcut değildir. Herhangi bir anda Boğazda gemi olma olasılığı gündüz % 26 iken gece % 13 olarak tesbit edilmiştir. Bununla sebebi, boyu 250 metreden büyük gemilerin gündüz seyir halinde olma eğilimlerindendir.

IV. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

1993 yılında İstanbul Boğazı 'ndan kuzey yönüne 13698 adet gemi geçiş yapmıştır. Ancak bu sayı yıldan yıla değişebilmektedir. Çünkü, geçiş yapan gemi sayısı dünya üzerinde cereyan eden sosyal,siyasi ve ekonomik olaylarla doğrudan ilgilidir.Yapılan inceleme sonucunda, 1993 yılında kuzeye geçen gemilerin % 78,2 sinin genel yük gemileri, % 14,4 ünün tankerler ve geriye kalan % 7,4 ünün diğer tiplerdeki gemilerden oluştuğu görülmüştür.

Geçen tüm gemiler dikkate alındığında, gemilerin % 67,0 ının gündüz, % 33,0 ının gece geçtikleri tesbit edilmiştir. Aylara ve mevsimlere göre yapılan incelemede, ilkbahar ve yaz aylarında görülen yükselme, sonbahar ve kış aylarında düşmektedir. En fazla yaz aylarında olan geçiş trafiği, % 27,28 olarak, en düşük sayıdaki geçiş kış aylarında, % 2,75 olarak gerçekleşmiştir. Yine, yapılan incelemede 1993 yılında kuzey yönüne geçen gemilerin % 80,9 unun boş, % 19,1 inin ise dolu olarak geçtiği gözlemlenmiştir.

Gemilerin gelişler arası zamanı incelendiğinde, gemilerin Boğaz'a ortalama 30,883 dakikada bir geldikleri görülmüştür. Buradan yola çıkarak, bir günde Boğaza kuzey yönünde, ortalama 47 adet değişik tipte geminin giriş yaptığı tesbit edilmiştir. Ayrıca, gemilerin gelişler arası zamanının bir üstel dağılım gösterdiği gözlemlenmiştir.

Oluşturulan matematik model sonucunda, bir günde Boğazdan geçebilecek maksimum toplam gemi sayısı 237 ve maksimum tanker sayısı 11 olarak hesap edilmiştir. Tek kuyruk tek hizmet esasına dayanan kuyruk modeli kurularak Boğaz kapasitesi incelenmiştir. İnceleme sonucunda, 1993 yılı itibarıyla boğazın yaklaşık % 20 kapasite ile çalıştığı görülmüştür. Boğazda toplam gemi sayısı itibarı ile bir trafik yoğunluğu ve kuyruk oluşumu yoktur. Oysa, aynı inceleme sadece tanker geçişleri baz alınarak incelendiğinde, kullanılan kapasitenin % 63,6 a çıkması çok dikkate değerdir. Çünkü, eğer Boğazdan daha fazla sayıda tanker geçirilirse bu kapasite kolaylıkla % 100 lere çıkabilecektir. Kapasite aşıldığı andan itibaren ise, Boğazda tanker kuyrukları oluşacağı açıktır. Zaten, herhangi bir anda kuyrukta olması beklenen gemi sayısının $L_q=1,114$

olması, sistemde kuyruklar oluşacağının göstergesi olmaktadır. Bu şekilde yoğun olarak seyredecek bir tanker trafiğinde İstanbul şehri, Boğazlar ve Marmara bölgesi için büyük bir tehlike riski taşıyacak ve telafi edilemeyecek büyük zararlarla hepimizi karşı karşıya bırakabilecektir.



KAYNAKLAR

1. Erkut, Haluk, 1992. Yönetimde Simülasyon Yaklaşımı, İrfan Yayınları, İstanbul, syf.116-156
2. Gordon, Geoffrey, 1978. System Simulations, Printice Hall Inc. , New Jersey, p.p. 144-167
3. İstanbul Boğazı, Marmara Denizi ve Çanakkale Boğazı Seyir Rehberi, 1994. Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı, İstanbul, syf. 4-10
4. Law, Averill M. And Kelton, W. David, 1980. Simulation Modelling and Analysis, Mac Graw Hill Book Company, New York, p.p. 155-199
5. Kwak, N. K. , Mathematical Programming with Business Aplications, Mac Graw Hill Book Company, New York, p.p. 36-39
6. Taha, Hamdy A. , Operations Research, Mac Millan PublishingCompany, New York, p.p. 383-598

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi : 01.02.1965

Doğum yeri : Ankara / Kınık

Eğitim : 1982-1984 Ankara Altındağ Yeşilöz Lisesi,
: 1984-1989 Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Eğitim Fakültesi,
Matematik Öğretmenliği Bölümü

Yabancı dil : 1994 Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Hazırlık Sınıfı, İngilizce

Görev yeri : 1989-1996 Deniz Harp Okulu Komutanlığı, Matematik
Öğretim Görevlisi Tuzla/ İSTANBUL

