



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FİLO YÖNETİMİNDE BULANIK MANTIK MODELİ

**Elektronik Müh. Volkan Müjdat Tiryaki
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman
Prof. Dr. Ekrem MANİSALI**

Haziran, 2006

İSTANBUL



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FİLO YÖNETİMİNDE BULANIK MANTIK MODELİ

**Elektronik Müh. Volkan Müjdat Tiryaki
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman
Prof. Dr. Ekrem MANİSALI**

Haziran, 2006

İSTANBUL

Bu alışma 13/07/2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Endüstri Mühendisliği programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Prof. Dr. Ekrem Manisalı (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Prof. Dr. Elimhan Mahmudov
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Prof. Dr. Necmettin Akten
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Prof. Dr. Salim Özçelebi
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Doç. Dr. şakir Esnaf
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim sırasında ve tez çalışmalarım boyunca gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Prof. Dr. Ekrem Manısalı'ya ve Doç. Dr. Şakir Esnaf'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

İDO İstanbul Deniz Otobüsleri Sanayi ve Ticaret A.Ş.'ye ve Modsim Modelleme ve Simülasyon Yazılım ve Danışmanlık Ofisi'ne yaptıkları destekten dolayı teşekkür ederim.

Çalışmama katkıda bulunan Tarık Küçükdeniz'e ve diğer tüm arkadaşlarıma, ayrıca aileme en içten saygı ve sevgilerimi sunarım.

Haziran, 2006

Volkan Müjdat TIRYAKI

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	I
İÇİNDEKİLER	II
ŞEKİL LİSTESİ.....	IV
TABLO LİSTESİ	VI
SEMBOL LİSTESİ	VIII
ÖZET.....	IX
SUMMARY	X
1.GİRİŞ	1
2.GENEL KISIMLAR	2
2.1 LOJİSTİK, TEDARİK ZİNCİRİ VE FİLO YÖNETİMİ.....	2
2.1.1 Deniz Ulaştırmacılığı.....	3
2.1.2 Ekonomik Taşıma Olarak Denizyolu	5
2.1.3 Dünya’da Deniz Ulaştırmacılığı.....	11
2.1.4 Türkiye’de Denizyolu Taşımacılığı.....	12
2.1.5 İstanbul’da Denizyolu Ulaşımı	14
2.1.6 Gemi Rotalama ve Çizelgeleme.....	15
3.MALZEME VE YÖNTEM.....	20
3.1 BULANIK MODELLEME.....	20
3.2 İSKELEDE BEKLEME SÜRESİNİN BELİRLENMESİNDE BULANIK MANTIK MODELİ.....	22
3.2.1 Gemi Çizelgeleme	24
3.2.2 Sayısal Verilerden Wang-Mendel Kural Çıkarım Mekanizması ile Bulanık Kuralların Oluşturulması.....	28
3.2.3 Wang-Mendel Kural Çıkarım Mekanizması ile Elde Edilmiş FAM matrisinin Mamdani Yorumlama Mekanizması ile Netleştirilmesi	40
3.3.Yeni Tarife Oluşturulması	43

3.3.1 Bulanık Modelleme ile Talep Tahmini	44
3.3.2 Müşteri Taleplerinin Günlük Dağılımı	47
3.3.3 Yeni Tarife Oluşturulması.....	49
4.BULGULAR	54
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	56
KAYNAKLAR	58
EKLER.....	61
EK-A WANG-MENDEL KURAL ÇIKARIMI SÜRECİNDE GEÇİCİ KURAL MATRİSİNİN OLUŞTURULMASINDA KULLANILAN EXCEL TABLOSU	61
EK-B FAM MATRİSİNİN GÜNCELLEŞTİRİLMESİ İÇİN GELİŞTİRİLEN VISUAL BASIC KODU.....	65
EK-C KURAL MATRİSİ UZMAN GÖRÜŞLERİYLE OLUŞTURULMUŞ BULANIK MODELİN, WANG VE MENDEL'İN GELİŞTİRDİKLERİ SAYISAL VERİLERDEN BULANIK KURAL ÇIKARIM MEKANİZMASININ VE WANG&MENDEL İLE BİRLİKTE MAMDANI'NİN YORUMLAMA MEKANİZMASININ KARŞILAŞTIRILMASI	66
EK-D YENİ TARİFE OLUŞTURMA TABLOLARI.....	69
ÖZGEÇMİŞ.....	75

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	:Denizyolu Yolcu Taşımacılığında Birim Yolcu Taşıma Maliyetinin Hat Uzunluğu ve Doluluk Oranına Göre Değişimi.....6
Şekil 2.2	:Denizyolu, Karayolu ve Demiryolu ulaştırmasındaki doluluk oranına göre yolcu taşıma maliyetinin göreceli mukayesesi.....7
Şekil 2.3	:Denizyolu, Karayolu ve Demiryolu ulaştırmasında hat uzunluğuna göre yolcu taşıma maliyetinin göreceli mukayesesi.....8
Şekil 2.4	:Denizyolu, karayolu ve demiryolu ulaştırmasında doluluk oranına göre yük taşıma maliyetinin göreceli mukayesesi.....9
Şekil 2.5	:İskelede beklemekte olan insanlar.....10
Şekil 3.1	:İskeleden gemiye binmekte olan insanlar.....22
Şekil 3.2	:Çalışmanın aşamalarının akış şeması halinde gösterimi.....23
Şekil 3.3	:Adalar hattında kullanılan iskeleler ve yaklaşık olarak yerleri.....24
Şekil 3.4	:Bulanık modelin girdi ve çıktı değişkenleri.....28
Şekil 3.5	:İnen yolcu sayısı için “çok az, az, orta, fazla, çok fazla” üyelik fonksiyonları.....30
Şekil 3.6	:Binen yolcu sayısı için üyelik fonksiyonları.....30
Şekil 3.7	:İskelede bekleme süresi değişkeninin üyelik fonksiyonları.....31
Şekil 3.8	:İskelede bekleme süresinin inen ve binen yolcu sayılarına bağlılığını gösteren grafik.....33
Şekil 3.8	:İnen yolcu sayısının maksimum üyelik derecesine sahip olduğu bölgeye atanması.....34
Şekil 3.10	:Binen yolcu sayısının maksimum üyelik derecesine sahip olduğu bölgeye atanması.....35
Şekil 3.11	:İskelede bekleme süresinin maksimum üyelik derecesine sahip olduğu bölgeye atanması.....35
Şekil 3.12	:FAM matrisinin oluşturulma süreci.....39

Şekil 3.13	:İskelede bekleme süresinin inen ve binen yolcu sayısına göre değişimini gösteren grafik.....41
Şekil 3.14	:Kural tablosu Wang-Mendelin sayısal verilerden bulanık kural çıkarım mekanizması ile oluşturulmuş ve Mamdani ve ağırlık merkezi yöntemi ile yorumlanmış bulanık mantık modelin netleştirme süreci.....42
Şekil 3.15	:2006 yılında yaz sezonunda denizyolu ile taşınacak yolcu sayısı tahmininde kullanılan bulanık mantık modeli.....45
Şekil 3.16	:Girdi değişkeni olan “yıl” için tanımlanan üyelik fonksiyonları.....46
Şekil 3.17	:Girdi değişkeni olan “müşteri memnuniyeti” için tanımlanan üyelik fonksiyonları.....46
Şekil 3.18	:Girdi değişkeni olan “FSM köprüsünden geçen araç sayısı” için tanımlanan üyelik fonksiyonları.....46
Şekil 3.19	:2006 yılında yaz sezonunda denizyolu ile taşınacak yolcu sayısı için tanımlanan üyelik fonksiyonları.....47
Şekil 3.20	:Pazartesi günü 06:00-00:00 arası iskelede bekleyen toplam yolcu sayıları.....48
Şekil 3.21	:Salı günü 06:00-00:00 arası iskelede bekleyen toplam yolcu sayıları...48

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1	:Denizyolu Yolcu Taşımacılığında Birim Yolcu Başına Yatırım, Yakıt, İşletme-Bakım, Dışsal ve Toplam Maliyetler.....5
Tablo 2.2	:Denizyolu Yolcu Taşımacılığında Hat Uzunluğu ve Doluluk Oranına Göre Birim Yolcu Taşıma Maliyetleri.....6
Tablo 2.3	:Gemilere göre seyir ve liman süreleri.....10
Tablo 2.4	:Japonya’da ulaşım sistemleri karşılaştırılması.....12
Tablo 3.1	:Gemilerin yolcu kapasitesi ve ortalama hız değerleri.....25
Tablo 3.2	:İskeleler arası seyahat sürelerinin dakika cinsinden ifadesi.....26
Tablo 3.3	:Adalar hattında kullanılan mevcut tarife.....27
Tablo 3.4	:İskelede bekleme süresinin bağlı olduğu değişkenleri ve kuralları gösteren ve uzman görüşleriyle oluşturulmuş FAM matrisi.....32
Tablo 3.5	:İskelede bekleme süresi ile ilgili gerçek veriler.....33
Tablo 3.6	:İskelede bekleme süresi ile ilgili gerçek verilerin ilk 10 satırı ve geçici kural matrisi satırları.....36
Tablo 3.7	:Kuralların derecelendirilmeleri.....37
Tablo 3.8	:Geçici kural matrisi.....38
Tablo 3.9	:Wang-Mendel Nöro-Bulanık Kural Çıkarım Metoduyla elde edilmiş FAM matrisi.....39
Tablo 3.10	:Wang&Mendel ve Mamdani’nin Yorumlama Mekanizması, Uzman Görüşleriyle Oluşturulmuş Bulanık Modelin ve Wang&Mendel’in Geliştirdikleri Sayısal Verilerden Bulanık Kural Çıkarım Mekanizmasının Hatalarının Karşılaştırılması.....43
Tablo 3.11	:Son 6 yıl içinde F.S.M. köprüsünden geçen araç sayıları, müşteri memnuniyeti sonuçları ve yaz mevsiminde Adalar hattında taşınan toplam yolcu sayıları.....44
Tablo 3.12	:Uzman görüşleriyle oluşturulmuş FAM matrisi.....45
Tablo 3.13	:Haftaiçi talep dalgalanmasından dolayı iskelelerde bekleme sürelerinin en büyüğünün alınması işlemi.....50

Tablo 3.14	:Yeni tarifede gemilerin iskelelere geliş-kalkış zamanları, toplam sefer ve iskelelerde bekleme süreleri.....	52
-------------------	---	----

SEMBOL LİSTESİ

Q^k	:k gemisinin yolcu kapasitesi
H^k	:k gemisinin hızı
P	:Girdi değişkeni için bulanık bölge
C	:Çıktı değişkeni için bulanık bölge
d	:Katkı derecesi
$\dot{I}YS$:İnen yolcu sayısı
BYS	:Binen yolcu sayısı
$\dot{I}BS$:İskelede bekleme süresi
L	:Mesafe
$\mu_{\text{çok az}}$:“çok az“ bulanık kümesine aidiyet
μ_{az}	:“az“ bulanık kümesine aidiyet
μ_{orta}	:“orta“ bulanık kümesine aidiyet
μ_{fazla}	:“fazla“ bulanık kümesine aidiyet
$\mu_{\text{çok fazla}}$:“çok fazla“ bulanık kümesine aidiyet
U_c	:Birim yolcu taşıma maliyeti (\$/yolcu) ile bu maliyet içindeki yatırım.
U_f	:Yakıt maliyeti
U_m	:İşletme-bakım maliyetleri
U_{ex}	:Dışsal maliyet
UT	:Toplam maliyet
UT_{max}	:En büyük toplam maliyet
Y_d	:Doluluk oranı

ÖZET

FİLO YÖNETİMİNDE BULANIK MANTIK MODELİ

Karayolu trafiği problemlerinin oldukça arttığı, üç tarafı denizlerle çevrili İstanbul'da, denizyolu ile yapılan yolculuklar önemli bir ulaşım alternatifi oluşturmaktadır. Denizyolu taşımacılığı birim taşıma maliyeti düşük olan toplu taşıma sistemlerinden biridir.

Günümüzde denize kıyısı olmayan ülkelerin bile denizlerde bayrak dolaştırdığına şahit olunmaktadır. İki büyük yarımadadan oluşan Türkiye için hem iç ticaret, hem de dış ticaret açısından deniz ulaştırmacılığının kitlesel taşıma imkanı vermesi ve bunun sonucu olarak ekonomik olmasının büyük önemi vardır. Hem iskelelerden hem de gemilerden yüksek verim alınabilecek tarife oluşturulmasının, yük ve yolcu taşımacılığında büyük önemi vardır. Tarife oluşturma işleminin literatürdeki adı gemi çizelgelemedir(ship scheduling).

Gemi çizelgelemede dikkate alınması gerekenler iskelelerde inen ve binen yolcu sayıları, iskele kısıtları, gemilerin yolcu kapasitesi ve gemilere özgü kısıtlardır. Yeni bir iskele maliyeti oldukça yüksek ve birçok iskeleye sadece bir gemi yanaşabildiğinden, mevcut filodaki gemilerin iskelede bekleme sürelerinin belirlenmesi çok önemlidir. Mevcut tarife iskele kısıtlarına göre uzman kişiler tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada rotası belli olan bir deniz filosu için yeni bir tarife oluşturulmuştur. Yeni tarifede bulanık modelleme ile elde edilmiş bekleme süreleri kullanılmış ve önceki tarifeye göre sapmalar en aza indirilmiştir.

İskelelerde bekleme süresinin hesaplanması inen ve binen yolcu sayısı ile iskele kısıtları gözönüne alınarak yapılmıştır. İnen ve binen yolcu sayılarının bekleme süresini etkilemesinde çeşitli belirsizlikler olmasından dolayı bulanık mantık modelleme kullanılmıştır. Girdi değişkenleri olarak inen ve binen yolcu sayıları, çıktı değişkeni olarak ise iskelede bekleme süresi alınmıştır. İnen ve binen yolcu sayısının bekleme süresine bağlılığının anlaşılabilmesi için zaman ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen bu gerçek veriler Wang-Mendel Nöro-Bulanık Kural Çıkarım Metodu ile işlenerek, iskelede bekleme süresini hesaplayan bir model üretilmiştir. Bu modelle tüm iskeleler için ayrı ayrı bekleme süreleri hesaplanmıştır. Elde edilen yeni bekleme süreleri ile yeni bir tarife oluşturma yoluna gidilerek iskelelerin ve gemilerin verimli bir şekilde kullanılması amaçlanmıştır.

SUMMARY

FUZZY LOGIC MODELLING OF FLEET MANAGEMENT

Sea transport forms an important mode and an alternative for the existing transport systems for Istanbul which is surrounded by sea by three sides and having had increasing traffic problems. Maritime logistics is one of the most economic mass transportation systems.

Nowadays, it is seen that even the land-locked fly flags at sea. Maritime logistics, which grants means of mass transportation, as well as being economic for both internal and external trades, is very important for Turkey consisting of two big peninsulas. It is extremely important to make an efficient timetable in order to use both ships and quays. Making timetable for ships is called ship scheduling in its literature.

The number of passengers in and out of ships, the quay constraints, passenger capacity of the ships and the other specific constraints of conveyance should be considered when constructing a ship schedule. As the cost of constructing a new quay is very high and usually only one ship can be alongside to a quay, it is very important to determine the waiting time at the quays. The existing schedule is constructed by specialists. In this study a new schedule is constructed in which the route is known. In the new schedule, without changing the last quays' arrival time, the waiting time in the quays are decreased. The investigations showed that the waiting time in the quays should be determined according to the number of passengers transferred and the quay constraints in each quay.

The calculation of waiting time in the quays were done by considering the number of passengers and the quay constraints. Because of the uncertainty of the effect of the number of passengers on waiting time in quay, fuzzy logic modelling is used. The number of passengers in and out of the ships are inputs, and the waiting time is the output of the model. Real time measurements were done in order to understand the relation between input and output layer variables. These real values are used to construct the rule base in the model with Wang-Mendel Neuro-Fuzzy Rule Generation Method. The waiting time in the quays were calculated with this model. The obtained values were used in the new schedule in order to use the quays and ships more efficiently.

1.GİRİŞ

Günümüzde artık denize kıyısı olmayan ülkelerin bile denizlerde faaliyet gösterdiklerine şahit olmaktayız. İki büyük yarımadadan oluşan Türkiye için hem iç hem de dış ticaret açısından deniz ulaştırmacılığının kitlesel taşımacılık hizmeti sunması ve ekonomik olmasının büyük önemi vardır.

İç hatlarda boğazlar geçişi, körfez hatları ve gezi amaçlı gemiler dışında yolcu taşımacılığı rakamları günümüzde düşük ise de nüfus yoğunluğu, sık yerleşim birimleri ve coğrafi ve topoğrafik özellikleri nedeniyle Marmara ve Karadeniz hatlarında yolcu taşımacılığı potansiyeli yüksektir.

Bu çalışmada Marmara Denizinde İstanbul-Adalar 2006 yaz mevsimi tarifesi oluşturulmuştur. Tarife oluşturma sürecinde, iskelede bekleme süreleri hesaplanırken nöro-bulanık mantık modellemeden yararlanılmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda bir geminin iskelede bekleme süresinin o iskelede inen ve binen yolcu sayısına bağlı olduğu anlaşılmıştır. Bulanık mantık modellemede girdi değişkeni olarak inen ve binen yolcu sayısı, çıktı değişkeni olarak ise iskelede bekleme süresi alınmıştır. İskelede bekleme süresinin bulanık modelinde gerçek verilerden yararlanılarak, nöro-bulanık kural çıkarım mekanizması ile kural tabanı oluşturulmuştur.

Yeni tarife oluşturulurken, 2005 yılı yaz tarifesine göre seferlerin sapmaları en aza indirilmiş ve mümkün olan yerlerde iskelede bekleme süreleri azaltılarak toplam sefer süreleri kısaltılmıştır. 2006 yaz mevsimi tarifesi oluşturulurken taşınacak müşteri sayısının tahmin edilmesinde bulanık mantık model kullanılmıştır. Böylelikle artan müşteri talepleri de gözönünde bulundurularak, hata payı azaltılmıştır.

Çalışmanın sonunda oluşturulan yeni tarife ve eski tarifenin karşılaştırılması yapılarak, yeni tarifenin üstünlüklerine de değinilmiştir.

2.GENEL KISIMLAR

2.1 LOJİSTİK, TEDARİK ZİNCİRİ VE FİLO YÖNETİMİ

Lojistik bir işletmenin doğru müşteri için doğru ürünü; doğru kalitede, doğru yerde, doğru zamanda ve doğru maliyetlerle bulunduracağını garanti etmesidir(Ballou, 1999).

Tedarik zinciri malzemelerin tedarik edilmesi, tedarik edilen malzemelerin yarı mamül veya son ürünlere dönüştürülmesi ve son ürünlerin müşterilere dağıtım fonksiyonlarını yerine getiren tedarikçiler, fabrikalar, depolar, dağıtım merkezleri ve perakendeciler ağıdır(Lee ve Billington, 1993). Deniz ulaştırmacılığı dağıtım fonksiyonlarının yerine getirilmesinde özellikle kitle taşımacılığında maliyet açısından avantajlı bir ulaştırma alternatifidir.

Ulaştırma ya da taşıma, insan ve eşya gereksinimlerini tatmin etmek amacıyla zaman ve mekan faydası sağlanacak şekilde yer değiştirme işleminin gerçekleştirilmesidir. Ulaştırma faaliyetlerinin ekonomik, sosyal ve politik fonksiyonları vardır(Kişi, 1992). Ulaştırma faaliyetlerinin gerçekleştirilebilmesi için kullanılan araç grubuna filo denir.

Filo yönetiminin amacı, araçları temin ederken ve işletirken, sabit ve değişken maliyetlerin, hizmet düzeyini de göz önünde bulundurarak, minimum seviyeye indirilmesidir. Filo yönetiminde araç sayıları, kapasiteleri, bakım, sigorta ve amortisman giderleri, yakıt masrafları, mesafe, hız, çalışmama maliyeti vs. tüm gerekli bilgilerin sürekli olarak izlenmesi ve filodaki araç sayısının optimum düzeyde tutulması gerekmektedir.

Ulaştırma sistemlerinin ekonomik etkinliklerini belirleyen en önemli faktörler:

- 1) Hız,
- 2) Ulaşım aracının kitle taşımacılığına uygunluğu,
- 3) Ulaşım ağı kurmada uygunluğu,

- 4) Düzenlilik,
- 5) Güvenlik, konfor,
- 6) Enerji tüketimi,
- 7) Yatırım ve işletme maliyetleridir.

Deniz ulaştırmacılığı demiryolu, karayolu, hava yolu ve boru hatları ile karşılaştırıldığında yukarıda sözü edilen ölçütler açısından çoğunda avantajları olduğunu söylemek mümkündür. Hız konusunda dezavantajlı görünüyorsa da, bazı hallerde gerek karayolu, gerekse demiryolu taşımacılığına hız ve zaman kazandırma desteği sağlayabilmektedir. Örnek olarak İzmit Körfezi feribot hatları ve Van Gölü demiryolu feribot geçişi verilebilir. Deniz ulaştırması kitlesel taşıma kapasitesi en yüksek olan ulaştırma biçimidir. Bu nedenle büyük hacimli ve ağır yüklerin, dökme olarak taşınabilecek sıvı ve kuru yükün taşınmasında deniz ulaştırmacılığı en önemli yeri tutar. Taşımanın birim maliyetleri düşüktür. Ancak bu sektörün yatırım maliyetleri yüksektir. Devlettten, gerek liman ve buraların tamamlayıcı kara tesislerinin alt yapısını yapması, gerekse gemi alımında vergi muafiyetleri yoluyla sektörde sübvansiyon yapması beklenir(Kişi, 1992).

Denizyolu taşımacılığının diğer dezavantajları, taşınan yükün alıcının deposuna kadar denizyolu ile ulaşımının imkansızlığı, denizyolu taşımacılığında kullanılan gemilerin büyük yatırım gerektirmesi, tonaj tutturamama ve limanlarda yaşanan problemlerdir(Gezeravcı, 2005).

2.1.1 Deniz Ulaştırmacılığı

Deniz ulaştırmacılığı insan ve yükün bir yerden ötekine ulaştırıldığı “hizmet üretimi” dalıdır. Bu sektörde insan veya eşya limanlar/terminaller arasında tarifeli veya tarifesiz olarak taşınır.

Deniz ulaştırmacılığı, denizlerdeki hükümranlığ hakkının kullanılmasına göre biçimlenir. Bir ülkenin hükümranlığı altında bulunan deniz ya da karasularda taşıma önceliği genellikle ulusal filonundur; ülkenin hükümranlığ hakları dışında kalan ortak denizlerde ise taşımalar çokluk seyir ve/veya ticaret serbestisinden yararlanır. Böylesi

biçimlendirmede ölçüt deniz taşımacılığının uluslar arası rekabete açık tutulup tutulmayışıdır.

Deniz ulaştırıcılığı hizmet yönünden çok seçenekli bir taşıma türüdür. Hizmetin düzenlilik ve süreklilik gerektirip gerektirmeyişi, yüklerin türü, insanların gezme anlayışı, deniz ticaretinde uygulanan yasal yönlendirme ve özendirme yöntemleri gibi etmenler değişik taşıma tarzının ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Deniz taşımacılığının konusu olan eşya, hatta insan, teknik literatürde yük olarak nitelendirilmektedir.

Deniz ulaştırıcılığında amaç doğru yükün, doğru kalitede, doğru zamanda, doğru yere, doğru maliyet ile ulaştırılmasıdır. Deniz ulaştırıcılığı ister yolcu, ister yük olsun, başlıca iki ana sınıfta toplanmaktadır:

- a) kabotaj taşımacılığı
- b) açıkdeniz taşımacılığı

Gerek kabotaj, gerekse açıkdeniz taşımacılığı, hizmetin sürekliliği ve düzenli olmayışına göre iki gruba ayrılmaktadır:

- a) layner taşımacılığı
- b) tramp taşımacılığı

Yük taşımacılığı da yük türüne göre,

- a) kuruyük taşımacılığı
- b) sıvıyük taşımacılığı

olmak üzere ikiye ayrılır.

Yolcu taşımacılığı ise,

- a) tarifeli taşımacılık
- b) kruvaziyer taşımacılığı

olmak üzere iki grupta toplanmaktadır.

Tarifeli yolcu taşımacılığı, belli limanlar arasında ve belli bir tarife uyarınca yapılır. Sefer programı önceden bellidir.

Kruvaziyer taşımacılık ise, belli bir liman sırası ve belli bir süre içinde yolcusunu kalkış limanından alıp aynı limana bırakan yolcu taşımacılığı biçimidir. Kruvaziyer gemileri seyahat edecek insanların boş vakitlerini değerlendirebilecekleri bir yüzer şehir ortamı oluşturarak, uçak rekabetini ortadan kaldırmayı amaçlayan bir tür yolcu gemisidir.

Kabotaj ve açıkdeniz taşımacılığı özde, “hizmet” ve “rekabet” yönünden ayrıcalıklar gösterir. Uluslar arası rekabete kapalı olan deniz taşımacılığı türü diye tanımlanan kabotaj taşımacılığında hizmet iç piyasaya dönüktür. Oysa, açıkdeniz taşımacılığında uluslar arası rekabet söz konusu olup, taşıma hizmeti uluslararası piyasa koşullarına göre yürütülür(Akten, 1994).

2.1.2 Ekonomik Taşıma Olarak Denizyolu

Yolcu ve araç taşıma amaçlı 800 yolcu ve 135 oto kapasiteli bir feribotun ömür boyu bir değere getirilmiş birim yolcu taşıma maliyeti (\$/yolcu) ile bu maliyet içindeki yatırım (U_c), yakıt (U_f), işletme-bakım (U_m) maliyetleri ve dışsal maliyet (U_{ex}) payları tablo 2.1’de görülmektedir. Tablodan görüldüğü gibi birim yolcu başına taşıma maliyetinin %21’i yatırım, %61’i yakıt (ÖTV’siz), %16’sı işletme-bakım ve %2’si ise dışsal maliyetlerden oluşmaktadır. Bu sonuç hızlı yolcu taşımacılığında en önemli maliyet unsurunun yakıt maliyeti olduğunu göstermektedir(Ulaştırma Bakanlığı, 2006).

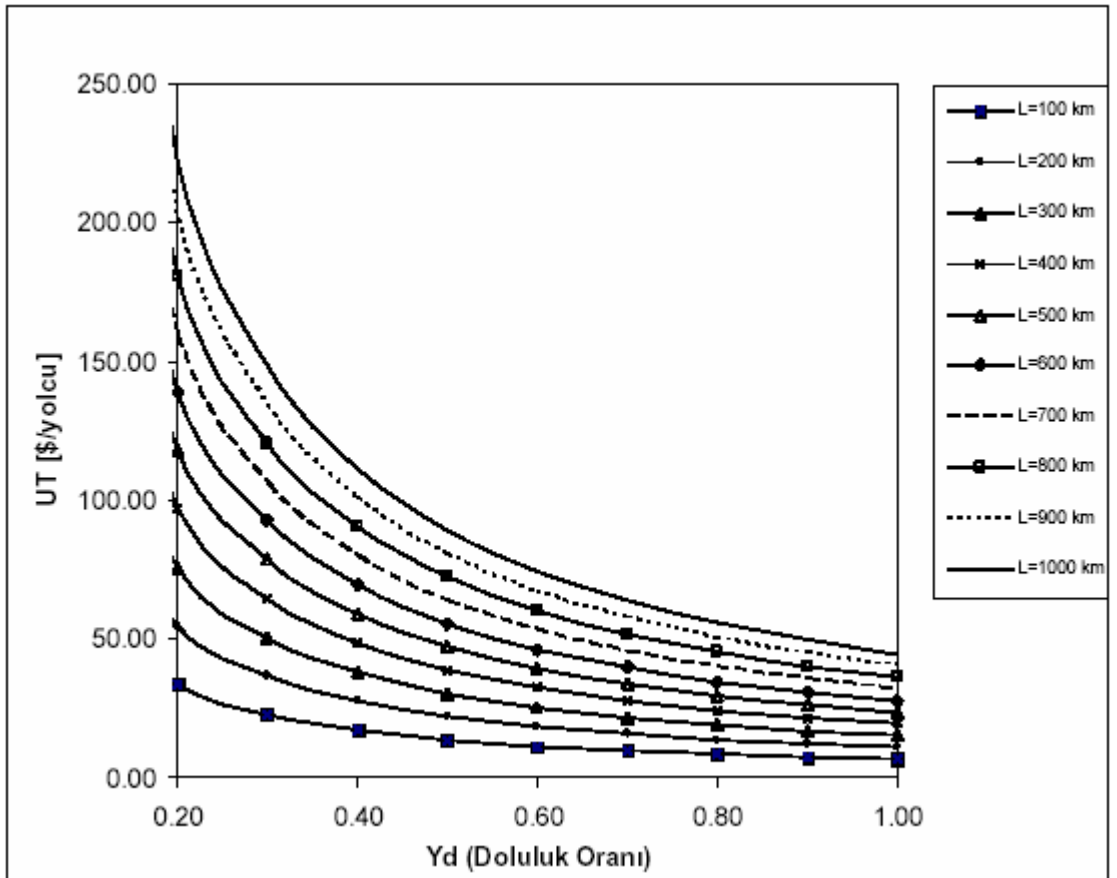
Tablo 2.1 Denizyolu Yolcu Taşımacılığında Birim Yolcu Başına Yatırım, Yakıt, İşletme-Bakım, Dışsal ve Toplam Maliyetler (L(mesafe)=1000 km.) Yd=doluluk oranı, UT=toplam maliyet(Ulaştırma Bakanlığı, 2006).

Yd	Uc	Uf	Um	Uex	UT (\$/yolcu)	UT/L
0.1	93.780	273.444	71.344	6.648	445.22	0.445
0.2	46.890	136.722	35.672	3.324	222.61	0.223
0.3	31.260	91.148	23.781	2.216	148.41	0.148
0.4	23.445	68.361	17.836	1.662	111.30	0.111
0.5	18.756	54.689	14.269	1.330	89.04	0.089
0.6	15.630	45.574	11.891	1.108	74.20	0.074
0.7	13.397	39.063	10.192	0.950	63.60	0.064
0.8	11.723	34.181	8.918	0.831	55.65	0.056
0.9	10.420	30.383	7.927	0.739	49.47	0.049
1	9.378	27.344	7.134	0.665	44.52	0.045

Hat uzunluğu ve yıllık ortalama doluluk oranının birim yolcu taşıma maliyeti (\$/yolcu) üzerindeki etkisi Tablo 2.2 ve şekil 2.1’de gösterilmiştir. Tablo ve şekilde görüldüğü gibi doluluk oranının artışı ve mesafenin azalmasıyla birim maliyet azalmaktadır.

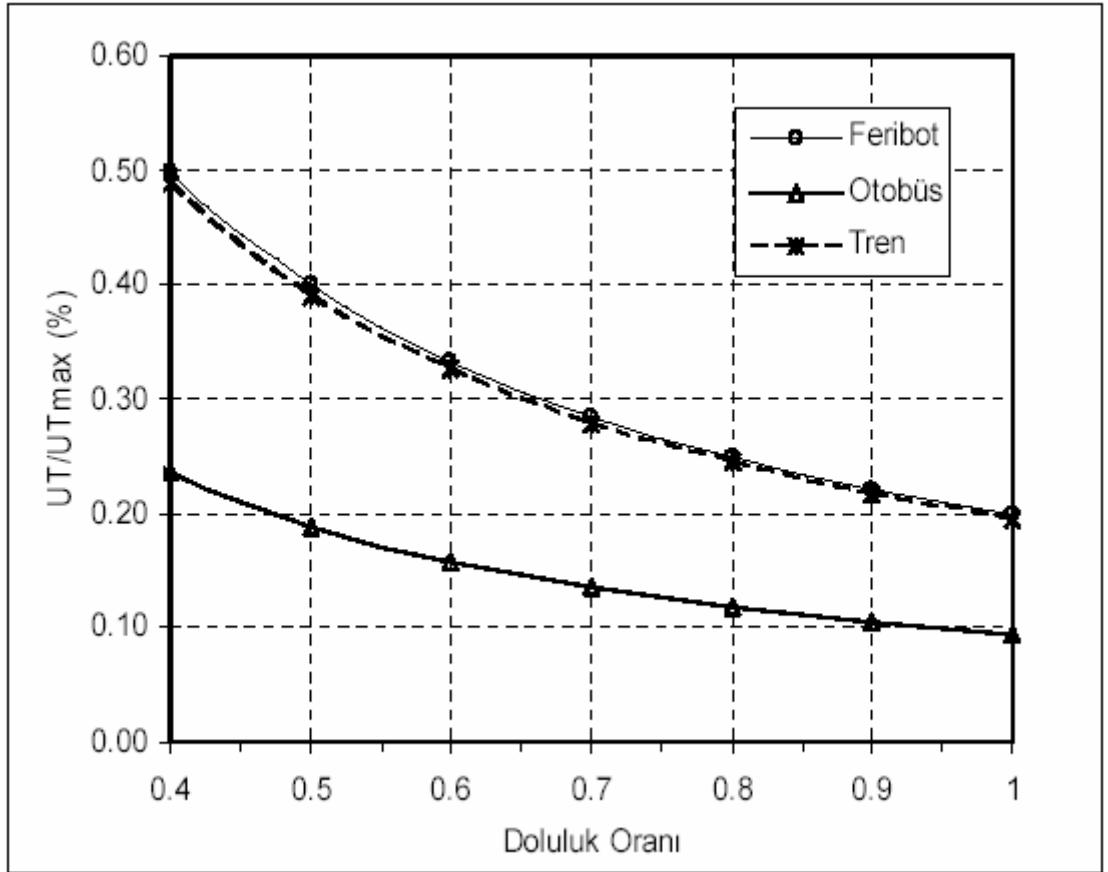
Tablo 2.2 Denizyolu Yolcu Taşımacılığında Hat Uzunluğu ve Doluluk Oranına Göre Birim Yolcu Taşıma Maliyetleri(Ulaştırma Bakanlığı, 2006).

Yd	UT (\$/yolcu)							
	L=100 km	L=200 km	L=300 km	L=400 km	L=500 km	L=600 km	L=700 km	L=800 km
0.10	67.74	109.69	151.63	193.57	235.51	277.45	319.39	361.33
0.20	33.87	54.84	75.81	96.78	117.75	138.73	159.70	180.67
0.30	22.58	36.56	50.54	64.52	78.50	92.48	106.46	120.44
0.40	16.94	27.42	37.91	48.39	58.88	69.36	79.85	90.33
0.50	13.55	21.94	30.33	38.71	47.10	55.49	63.88	72.27
0.60	11.29	18.28	25.27	32.26	39.25	46.24	53.23	60.22
0.70	9.68	15.67	21.66	27.65	33.64	39.64	45.63	51.62
0.80	8.47	13.71	18.95	24.20	29.44	34.68	39.92	45.17
0.90	7.53	12.19	16.85	21.51	26.17	30.83	35.49	40.15
1.00	6.77	10.97	15.16	19.36	23.55	27.75	31.94	36.13

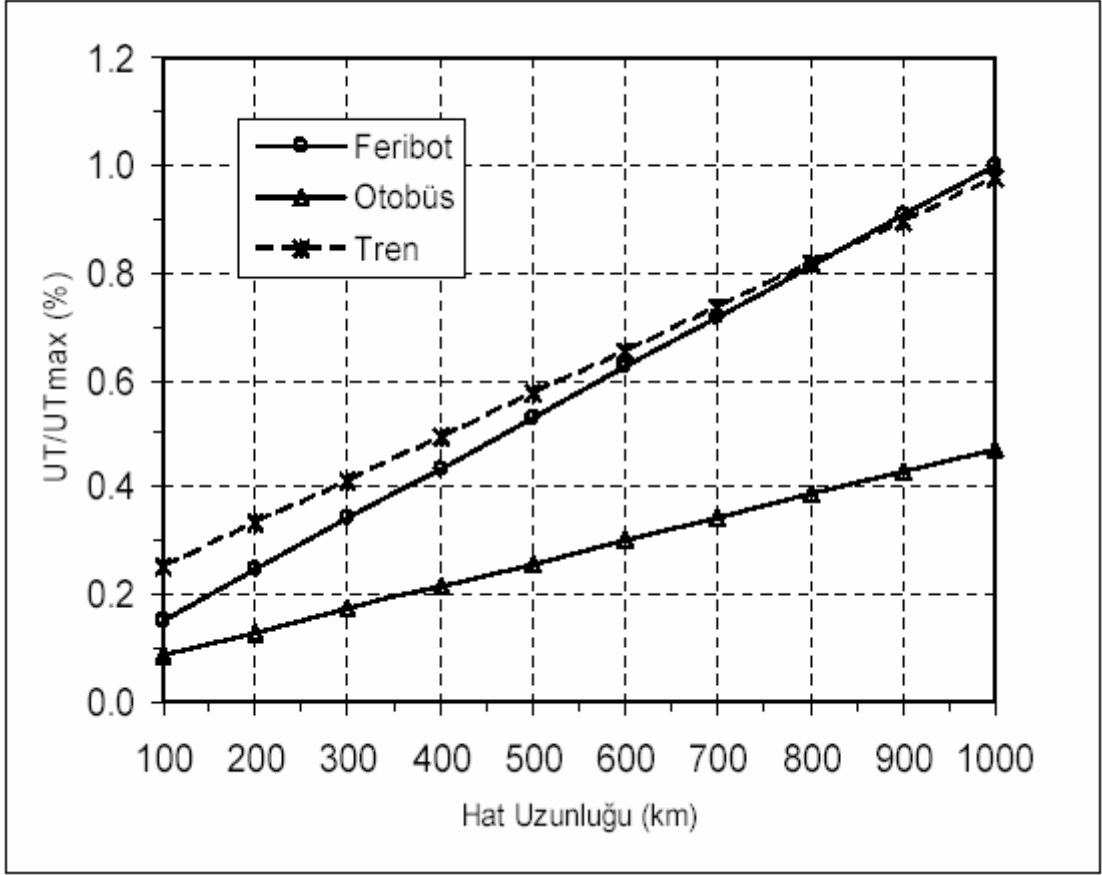


Şekil 2.1 Denizyolu Yolcu Taşımacılığında Birim Yolcu Taşıma Maliyetinin Hat Uzunluğu ve Doluluk Oranına Göre Değişimi(Ulaştırma Bakanlığı, 2006).

Şekil 2.2 ve 2.3'te demiryolu yolcu taşıma maliyeti ile karayolu ve denizyolu yolcu taşıma maliyetlerinin yıllık ortalama doluluk oranı ve hat uzunluğuna göre göreceli mukayesesi görülmektedir. Şekillerden görüleceği üzere demiryolu yolcu taşıma maliyeti, aynı hat uzunluğu ve doluluk oranı için karayolu yolcu taşıma maliyetine göre oldukça yüksek ve denizyolu hızlı yolcu taşıma maliyeti ile rekabet edecek düzeydedir(Ulaştırma Bakanlığı, 2006).



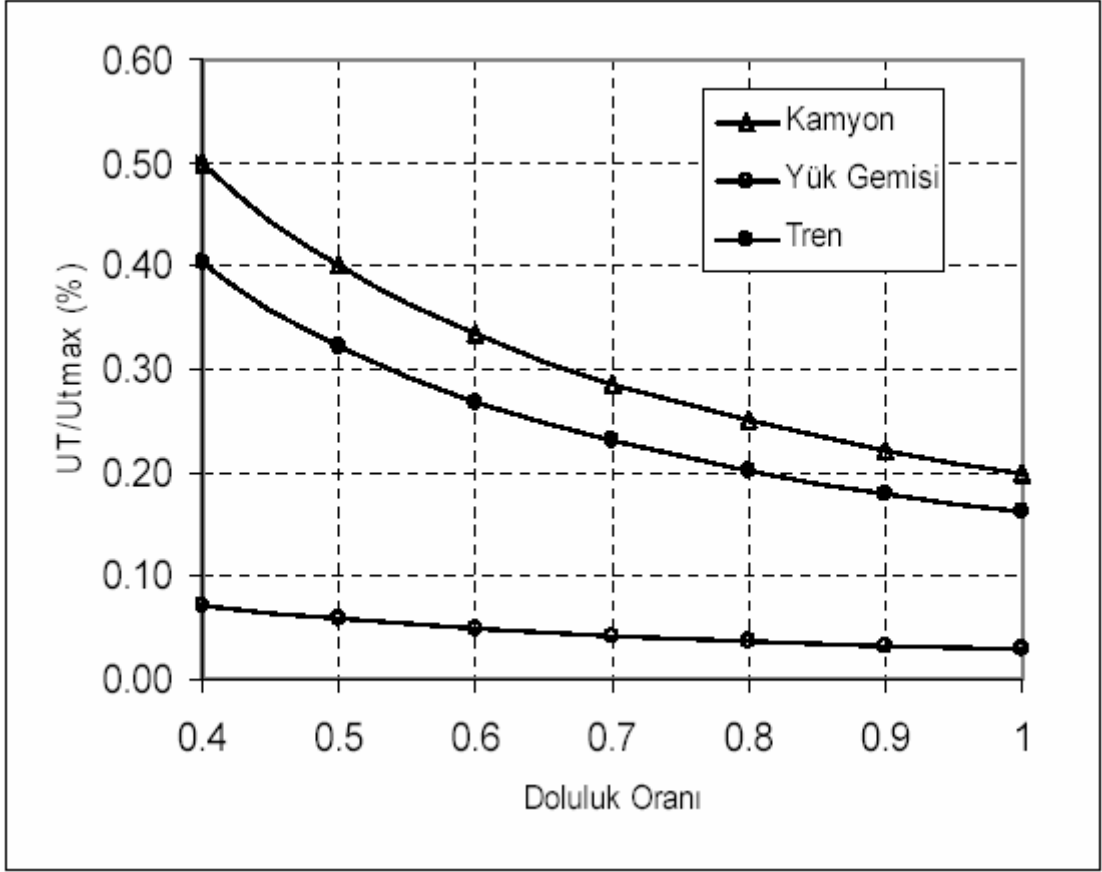
Şekil 2.2 Denizyolu, Karayolu ve Demiryolu ulaştırmasındaki doluluk oranına göre yolcu taşıma maliyetinin göreceli mukayesesi (L(mesafe)=1000 km.) (UT=toplam maliyet, UT_{maz} =en büyük toplam maliyet) (Ulaştırma Bakanlığı, 2006).



Şekil 2.3 Denizyolu, Karayolu ve Demiryolu ulaştırmasında hat uzunluğuna göre yolcu taşıma maliyetinin göreceli mukayesesi. (UT =toplam maliyet, UT_{maz} =en büyük toplam maliyet) (Ulaştırma Bakanlığı, 2006).

Şekil 2.3'te görüldüğü gibi hat uzunluğu yaklaşık olarak 820 km'yi geçtiği durumlarda feribot ile seyahat demiryolundan daha ekonomiktir. Karayolu ise demiryolu ve denizyolunun her ikisinden daha ekonomiktir.

Yük taşıma maliyetinde ise yolcu taşıma maliyetinden daha farklı bir durum görülmektedir. Denizyolu ile yük taşımacılığı karayolu ve demiryoluna göre daha ekonomiktir. Şekil 2.4'te denizyolu, demiryolu ve karayolu ulaştırmasında doluluk oranına göre yük taşıma maliyetinin göreceli mukayesesi görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi denizyolu ile yük taşımacılığında birim maliyet doluluk oranının değişimiyle kara ve demiryoluna göre daha az etkilenmektedir.



Şekil 2.4 Denizyolu, karayolu ve demiryolu ulaştırmasında doluluk oranına göre yük taşıma maliyetinin göreceli mukayesesi (L=1000 km.) (Ulaştırma Bakanlığı, 2006).

Taşımada maliyet birim yüke göre belirlenmektedir. Buna birim taşıma maliyeti de denir. Denizyolu taşımacılığında verim artışı birim kapasitenin taşıyacağı yük miktarının artırılmasıyla sağlanır. Bu da gemilerin limanda veya iskelede bekleme sürelerinin azaltılmasıyla sağlanır. Bu tezin çıkış noktası iskelede bekleme sürelerinin azaltılmasıdır.

Layner taşımacılığı rotanın çizelgeye bağlı olarak izlendiği taşımacılık türüdür. Taşıma türleri içinde en yüksek maliyetli olanıdır. Bunun sebebi bu tür taşımacılıkta, limanda bekleme süresi yüzdesi diğerlerine göre yüksek olmasıdır. Layner gemiler ömürlerinin 2/3'ünü limanda geçirmektedir. Bazı kaynaklara göre laynerlerin limanda kalış süreleri sefer süresinin %75-80'ini bulmaktadır.

Gemi işletmecileri bu sebepten dolayı gemilerini limanlarda en kısa süre tutmaya çalışırlar. Yapılan araştırmalar, gemilerin yıllık hizmet süreleri içinde limanda kalma

paylarının %19-60 arasında değiştiğini göstermektedir. Gemilerin limanda kalma süreleri ile ilgili bilgi tablo 2.3'te verilmiştir.

Tablo 2.3 Gemilere göre seyir ve liman süreleri(Akten, 1992)

Gemi türü	Seyir süresi	Liman süresi	Sefer Süresi
Tanker	290 (%81)	70 (%19)	360
Yolcu gemisi	225 (%63)	135 (%37)	360
Tramp gemi	205 (%58)	155 (%42)	360
Layner gemi	145 (%40)	215 (%60)	360

Gemilerin limanda kalma süresi ne kadar az olursa taşıma verimi o kadar yüksek olur. Bunun için yolcu taşımacılığında iskelede bekleme süresinin en aza indirgenmesi büyük önem taşımaktadır(şekil 2.5). Bu konu, çalışmanın ileriki kısımlarında detaylarıyla incelenmiştir.



şekil 2.5 İskelede beklemekte olan insanlar.

Ulaştırma araçlarındaki değişim zorunluluğu şu sebeplerden kaynaklanmaktadır:

- a) Artan maliyetler,
- b) Uluslar arası rekabet,
- c) Yüklerde ihtisaslaşma,
- d) Konfor ihtiyacı(yolcu taşımacılığında)

Deniz işletmeleri artan maliyetler karşısında çözümü, “seyir/limanda bekleme” oranını büyütmede bulmuşlardır.

Deniz işletmeleri gemileri limanlarda az tutmanın yollarını aramaktadırlar. Bu yollardan bazıları:

- a) Uğrak limanların sayısını azaltmak(sefer rasyonalizasyonu),
- b) Gemilerin elleçleme kapasitelerini yükseltmek,
- c) Yüke uygun gemilere yönelmek.

Deniz ulaştırıcılığı, bir defada çok fazla yük taşıma olanağı, güvenilirliği, sınır aşımı olmaması; mal zayıtlarının minimum düzeyde olması; havayolu, karayolu ve demiryoluna göre daha ekonomik olması sebepleriyle uluslar arası ticarete en fazla tercih edilen taşıma şeklidir(Akten, 1994).

2.1.3 Dünya’da Deniz Ulaştırıcılığı

Son yıllarda denizcilik firmaları arasında kârın en az seviyeye çekildiği şiddetli bir rekabet bulunmaktadır. Bu durum üretim sektöründeki birleşmeyle daha da güçlenmiştir. Uluslararası pazarda diğer firmalarla rekabet edebilmek için, maliyetlerin düşürülmesi gerekmektedir. Dünya ticaretinin ithal ve ihraç yüklerinin yüzde 90’lık bölümü deniz yoluyla taşınmaktadır.

Ucuz ve hızlı ulaşım hizmeti günümüzde aranan bir kavramdır. Ancak, en ucuz taşıma her zaman en kısa yoldan yapılan taşıma olmayabilir; bazen de en seri taşıma en kısa yoldan yapılan taşıma olmayabilir.

En ucuz taşıma birim maliyeti en düşük olandır. Birim taşıma maliyeti düşük taşımalar kitle taşımalarıdır. Kitle taşımacılığı 60’lı yıllardan bu yana gelişme göstermiştir. Örneklerini de denizyolu, demiryolu, içsu yolu ve boru taşımacılığı oluşturur.

Kitle taşımacılığı içinde birim taşıma maliyeti en düşük olanı, deniz yoludur. Bu nedenle de sanayileşmiş deniz ülkeleri taşımacılıkta denizyolunu tercih etmektedirler. Örneğin, Japonya'nın sanayideki ve pazarlamadaki başarısı, ulaşım evresine gerekli denetimi getirmesinde yatmaktadır. Japonyada değişik taşıma sistemlerinin kullanılma oranı, taşıma uzaklıklarına göre tablo 2.4'te gösterilmiştir.

Tablo 2.4 Japonya'da ulaşım sistemleri karşılaştırılması(%)(United Nations, sf.25)

Uzaklık(km)	Denizyolu	Karayolu	Demiryolu
1-50	0,8	97,1	2,1
51-100	7,9	73,9	18,2
101-200	16,9	43,4	39,7
201-400	33,8	16,6	49,5
401-600	42,2	12,2	45,6
601 +	59,9	3,1	37,0

Tablo 2.4'te görüldüğü gibi Japonya'nın ulaşım sisteminde kullanım oranı mesafeye göre belirgin bir şekilde değişmektedir. Uzaklık arttıkça denizyolunun kullanım oranı artmaktadır(Akten, 1994).

2.1.4 Türkiye'de Denizyolu Taşımacılığı

Hızla gelişen teknolojilere paralel olarak günümüz dünyasında deniz ve denizcilik; yük ve yolcu taşımacılığı başta olmak üzere, gemi inşa sanayi, liman hizmetleri, deniz turizmi ile bir ticaret ve hizmet dalıdır. Denizyolu ulaştırmasının faaliyet alanı uluslararası bir özellik taşımaktadır. Uluslararası siyasi, ekonomik gelişme ve koşullar deniz ulaştırmasının kural ve yöntemlerini belirlemektedir.

Bugün dünya ticaretinin büyük bir kısmı deniz yolu ile yapılmaktadır. Deniz taşımacılığının diğer taşıma türlerine göre avantajları bulunmaktadır. Deniz taşımacılığı, demiryolu ve karayolu taşımacılığına göre daha ekonomiktir. Özellikle sanayi hammaddesini oluşturan büyük miktarlardaki yüklerin bir defada bir noktadan diğer bir noktaya taşınması imkanını sağlaması deniz taşımacılığının avantajlarından(Zengin, 2006).

20. yüzyılın son çeyreğinde dünyadaki politik ve teknolojik gelişmeler Dünya Deniz Ticaretini de etkilemiş, yapısal değişimlere zorlamıştır. Teknolojik gelişmelere paralel olarak gemilerin süratlerinin ve boyutlarının artması uzaktaki pazarlara daha kolay ulaşılmasını sağlamıştır. Kara, deniz ve hava taşımacılığı bütünleşme eğilimi göstermiş ve yüklerin kapıdan kapıya taşınmasına olanak tanıyan kombine taşımacılık ve bunun yük birimi olan birim yük kavramı, özellikle konteynırların ortaya çıkması ile giderek artan bir önem kazanmıştır. Konteynır taşımacılığı günümüzde bir çığır açmıştır(Zengin, 2006).

Türk Deniz Ticaret Filosu, 2005 yılı sonu itibariyle, Milli Gemi Sicili ve Türk Uluslar Arası Gemi Siciline kayıtlı olmak üzere toplam 10.231 adet gemi, 5.800.289 GRT(Gross Register Ton=2,83 m³ büyüklüğünde hacim birimi(Denizce, 2006)) taşıma kapasitesine sahiptir(Zengin, 2006).

Filodaki, 1.308.022 GRT taşıma kapasitesine sahip 9.370 adet gemi Milli Gemi Siciline, 4.492.266 GRT'luk toplam kapasiteye sahip 860 adet gemi ise Türk Uluslararası Gemi Siciline kayıtlıdır. Milli Gemi Siciline ve Türk Uluslararası Gemi Siciline kayıtlı, 300 GRT'dan büyük gemilerin sayısı 1.060 adet, toplam taşıma kapasiteleri 5.368.640 GRT'dur. Bu kapasitenin tüm filoya göre oranı ise; adet bazında %10.4, taşıma kapasitesi (GRT) olarak ise %93 dür(Zengin, 2006).

Ülkemizin üç tarafı denizlerle çevrili, iki kıtayı birbirine bağlayan coğrafi konuma sahip olması göz önüne alındığında, dış ticaretimizin geliştirilmesi, ekonomimizin dışa açılarak dünya ekonomisi ile bütünleşmesi ve diğer bütün ekonomik hedeflerimizin gerçekleştirilmesi yolunda denizcilik sektörünün önemli bir rol üstlenmesi kaçınılmazdır. Küreselleşme süreci ve enerji kaynakları açısından da bakıldığında; Orta Asya ülkelerinin cazibe merkezi olduğu bir dönemde, önemi giderek artan Türkiye'nin Batı ile entegrasyonunda deniz taşımacılığı en önemli etken olacaktır(Zengin, 2006).

Deniz taşımacılığı en ekonomik taşıma türü olmasına rağmen Türkiye'de en az kullanılan ulaştırma sistemidir. Türkiye'de en çok kullanılan ulaştırma sistemi birim maliyeti en yüksek taşıma olan karayoludur. Türkiye'de şehirlerarası yük

taşımacılığında karayolunun mevcut ulaşım sistemlerindeki payı 1993'te %86 olarak planlanmıştır. Bu oran 1955'te %34, 70'li yılların başında %65'ti(Zengin, 2006).

Yük taşımacılığında bir kitle taşıması olan demiryolunun payı, 1993'te %7 olarak öngörülmüştür. Bu oran 1955'te %61,7, 70'li yılların başında %65 idi. Denizyolunun yük taşımacılığındaki payı 1993'te %7 olarak belirlenmiştir. Bu oran 1955'te %4, 70'li yılların başında %10'du. Karayolunun yolcu taşımalarındaki payı ise 1993'te %93.3'tür(Zengin, 2006). Kitle taşımacılığında deniz taşımacılığının avantajlarından yararlanılması için stratejik planlamaya ihtiyaç duyulmaktadır.

2.1.5 İstanbul'da Denizyolu Ulaşımı

İstanbul'da denizyolu ulaşımı vapur ağırlıklıdır. 1843 yılında kurulan Fevaid-i Osmaniye, bir devlet kuruluşu olarak, deniz işletmeciliğinin öncüsüdür. Şirket-i Hayriye adlı özel kuruluş İstanbul ulaşımına 1851 ve 1945 yılları arasında hizmet vermiştir. Cumhuriyet öncesinde İdare-i Aziziye, İdare-i Mahsusa ve Osmanlı Seyrisefain İdaresi de İstanbul ulaşımında hizmet veren kamu denizcilik kuruluşlarıdır. Cumhuriyet'ten sonra ise sırasıyla Türkiye Seyrisefain İdaresi, Denizyolları/AKAY/Fabrika ve Havuzlar İşletmeleri, Denizbank, Devlet Denizyolları İşletmesi, Devlet Denizyolları ve Limanları İşletmesi Umum Müdürlüğü, Denizcilik Bankası TAO, Türkiye Denizcilik Kurumu, Türkiye Denizcilik İşletmeleri ve İDO İstanbul Deniz Otobüsleri Sanayi ve Ticaret A.Ş. kuruluşları hizmet vermişlerdir(Akten, 1994).

İDO İstanbul Deniz Otobüsleri Sanayi ve Ticaret A.Ş. İstanbul'un deniz ulaşımına ve trafik sorununun çözümüne katkıda bulunmak amacıyla İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı tarafından 1987 yılında kurulmuştur.

İstanbul'un deniz ulaşımı, 1987 yılına kadar büyük ölçüde Türkiye Deniz İşletmeleri Şehir Hatları İşletmesi tarafından sağlanmaktaydı. Bu tarihte Büyükşehir Belediyesi tarafından İstanbul Ulaşım ve Ticaret A.Ş. kurularak deniz ulaşımını sağlayan ikinci bir kuruluş ortaya çıkmıştır. Daha sonra 1988 yılında şirkette ünvan değişikliği yapılmış ve işletme İDO - İstanbul Deniz Otobüsleri Sanayi ve Ticaret A.Ş. adını almıştır. İDO'nun kurulmasıyla İstanbul'un deniz ulaşımına ve trafik sorununun çözümüne bir ölçüde katkıda bulunulmak istenmiştir.

2005 Şubat ayında ise İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı Özelleştirme Yüksek Kurulu (ÖYK) ile bir protokol yaparak Türkiye Şehir Hatları İşletmesini devralma iradesini ortaya koymuştur. Devralma işlemleri İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı adına İDO tarafından yürütülmüştür. Devralma işlemiyle birlikte İstanbul'da deniz ulaşımından sorumlu tek otorite İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı olmuş ve bu otorite de büyük ölçüde İDO'ya devredilmiştir(İstanbul Deniz Otobüsleri A.Ş., 2006).

2.1.6 Gemi Rotalama ve Çizelgeleme

Kaynakların zamana bağlı ve kısıtlara uygun olarak, bir grup aktivite veya görevlere toplam maliyetin en aza indirildiği atama işlemine çizelgeleme denir.

Üretim çizelgeleme, bir ürünü oluşturan iş parçalarının eldeki tek veya çok sayıda makinalarda hangi sırada ve ne zaman işleneceğinin saptanmasıdır. Üretim çizelgeleme problemleri, üretim tipine göre çok farklı biçimlerde olabilir. Literatürde, üretim çizelgeleme problemleri için pekçok sınıflandırmalar yapıldığı görülür. Herhangi bir sınıflandırmanın amacı, problem sınıflarının anlaşılmasını sağlamak ve herbir sınıfın farklı özelliklerini saptamaktır. Graves, üretim çizelgeleme problemlerinin beş boyutlu bir sınıflandırmasını yapmıştır(Taşgetiren, 1996).

İlk boyut gereksinim üretmedir. Gereksinimler açık ve kapalı atelyelerde üretilir. Açık atelyede gereksinimler doğrudan doğruya müşteri siparişleriyle üretilir. Kapalı bir atelyede ise gereksinimler stoktan karşılanır ve üretim görevleri sadece mevcut stoktan sipariş vermekten ibarettir(Taşgetiren, 1996).

Gereksinim üretmeye bağlı olarak üretim çizelgeleme problemi, çok farklı biçimlerde olabilir. Açık bir atelye için en basit biçim, siparişlerin herbir makinada sıralandığı sıralama problemidir. Kapalı bir atelye için üretim çizelgeleme problemi, hem sıralama kararlarını hem de yeniden sipariş verme işlemiyle ilgili parti büyüklüğü kararlarını içerir. Şüphesiz, gerçek yaşamda, tamamıyla açık veya kapalı bir atelye ortamı

olmamasına rağmen üretim çizelgeleme problemlerinin çoğu açık veya kapalı olarak düşünülür(Taşgetiren, 1996).

İkinci boyut, işlem karmaşıklığı, her bir üretim görevleriyle ilgili işlem kademelerinin sırasıyla ilgilidir. İşlem karmaşıklığı boyutu, kademe sayısına göre dört farklı kısımda incelenebilir:

Tek-Kademe Tek-Makine problemi, en basit problem biçimidir. Burada bütün işler, tek makinada işlenmek üzere tek bir işlem kademesini gerektirir. Çivi üretimi buna bir örnektir. Bu çok basit biçim, çok karmaşık problemler için çözüm aramada başlangıç noktasıdır(Taşgetiren, 1996).

Tek-Kademe Paralel-Makine problemi, tek makine problemine benzemektedir. İkisi arasındaki fark, her bir iş paralel makinaların birisinde işlenmek üzere yine tek bir işlem kademesini gerektirir. Aynı işi yapan makine sayısı fazladır. Yine çivi üretimi buna örnek gösterilebilir. Çivi imal edilen makinadan birkaç tanesinin atelyede bulunmasıyla oluşan atelye tipidir(Taşgetiren, 1996).

Çok kademe problemleri, her bir işin işlem sırasında çok kesin bir öncelik ilişkisinin bulunduğu durumlardır. Her bir iş, makinalar grubunda öncelik ilişkisine göre işlenmeyi gerektirir. Çok kademeli problemler, akış tipi ve atelye tipi olmak üzere iki şekilde incelenebilir. Akış tipi problemde, bütün işler aynı işlem sırasıyla aynı makine grubunda işlenir. Diğer bir deyişle, işlerin makinalardaki işlem sırası(teknolojik kısıt) ve öncelik ilişkisi aynıdır. Atelye tipi problem ise, sınıflandırmadaki en genel ve en karmaşık olanıdır. Belli bir işe ait işlem kademeleri sayısı üzerine hiçbir kısıt yoktur. Başka bir deyişle, atelye tipi problemde her bir iş, farklı makinalarda işlenmek üzere kendine özgü bir işlem sırasına sahiptir(Taşgetiren, 1996).

Üçüncü boyut, çizelgeleme ölçütü, çizelgenin nasıl değerlendirileceğini gösterir. Çizelge değerlendirmede genel olarak iki ölçüt kullanılır. İlk ölçüt, çizelge maliyetidir. Belirli bir çizelgeye ait maliyet; üretim hazırlıkları ile ilgili sabit maliyetleri, değişken ve fazla mesai maliyetlerini, stok elde bulundurma maliyetlerini ve de siparişleri karşılayamama maliyetlerini kapsar. İkinci değerlendirme ölçütü, çizelge

performansdır. Çizelge performansını değerlendirmede kullanılan etkinlik ölçütleri, ya işlerin atelyede harcadığı zamanı enazlamaya yönelik ya da gecikmelerin mümkün olduğunca enazlamasını sağlayacak olan teslim tarihine dayalı ölçütlerdir. Çizelge değerlendirme, genellikle, hem maliyet hem de etkinlik ölçütlerinin karışımına dayanır(Taşgetiren, 1996).

Sınıflandırmadaki dördüncü boyut, gereksinim tanımlama, problemin parametrelerinin başka bir deyişle bütün sayısal değerlerin önceden bilinip bilinmemesiyle ilgilidir. Eğer bütün parametreler miktar olarak önceden biliniyor ve sabit ise, problem deterministik olarak tanımlanır. Aksi halde problem stokastik olarak tanımlanır. Örneğin, açık atelye için işin her bir kademesine ait işlem zamanı bilinebilir. Bu durumda atelye deterministik olarak tanımlanır. Tam tersine işlem zamanı bilinmeyebilir ve belli bir olasılık dağılımından rasgele üretilen bir değişken olabilir. Bu durumda atelye, stokastik olarak tanımlanır. Benzer şekilde kapalı bir atelye için stoktan sipariş verme kararlarına yol açan müşteri talep prosesi önceden tahmin edilebilir ve bu durumda problem, deterministik olarak tanımlanır. Yine tam tersine, proses bilinmeyebilir ve belli bir olasılık dağılımdan üretilen rastgele bir değişken olabilir; bu durumda proses stokastik olarak tanımlanır(Taşgetiren, 1996).

Beşinci boyut, çizelgeleme ortamı, üretilecek gereksinimler için gerekli girdiler üzerine varsayımlarla ilgilidir. Çizelgeleme periyodu boyunca üretilecek gereksinimlerin miktarı ve buna bağlı olarak atelye ortamına giren işlerin miktarı önceden saptanır ve atelye ortamına sonradan ek iş girişi yapılmaz ve de atelye ortamında hiçbir belirsizlik durumu sözkonusu değil ise, çizelgeleme ortamı statik olarak tanımlanır. Diğer yandan, problem çizelgeleme periyodu boyunca üretilecek gereksinimlerin miktarı ve buna bağlı olarak atelye ortamına giren işlerin miktarına sonradan ek iş girişi yapılabilecek biçimde tanımlanabilir. Başka bir deyişle, çizelgeleme periyodu boyunca atelye ortamına herhangi bir anda yeni iş girdileri olabilir ve bu durumda atelye ortamı dinamik olarak tanımlanır. Gerçekte, çizelgeleme problemleri stokastik ve dinamiktir. Ancak çoğu problem, statik ve deterministik olarak tasarlanır. Bunun nedeni, çeşitli varsayımlarla basitleştirilen statik ve deterministik modellerin iyice anlaşılması, gerçek-zamanlı modellerin ortaya konmasının ilk adımıdır. Ayrıca, mikroişlemciler ve robotlar üretim hatlarına girmekte ve dolayısıyla, işlem zamanlarında belirlilik

sağlanmaktadır(Taşgetiren, 1996). Denizyolu ile yolcu taşımacılığındaki gemi çizelgeleme problemleri insanların seyahat taleplerine bağlı olduğundan dolayı stokastiktir ve her geminin kendine has özellikleri olmasından dolayı da dinamik bir yapıya sahiptir.

Uluslar arası ticarete en fazla kullanılan nakliyat şekli denizyolu ile olanıdır. Denizyolu ile taşımacılık ve dünyadaki deniz filoları son on yıl içinde sürekli bir gelişim göstermiştir. Denizyolu taşımacılığı ile ilgili yapılan araştırmaların hava ve kara yolu taşımacılığı ile ilgili araştırmaların oldukça gerisinde kalması şaşırtıcıdır. Problem denizyolu taşımacılığının gittikçe artan önemi gözönünde bulundurularak ele alınmalıdır(Schut, 2005).

Lojistik; müşteri gereksinimlerini karşılamak amacıyla, hammaddelerin, işlenmekte olan parçaların, son ürünlerin ve bunlara ilişkin bilgilerin kaynaktan tüketileceği noktaya etkin ve ekonomik şekilde akışının ve gerektiğinde depolanmasının planlanması, uygulanması ve kontrol edilmesi sürecidir(Ronald H. Ballou, 1999). Deniz ulaştırıcılığı ürünlerin ve diğerlerinin müşterilere dağıtılması noktasında sözkonusu yerin coğrafi özelliklerine, taşınan yükün türüne ve miktarına göre maliyet açısından iyi bir alternatif oluşturabilmektedir(Bakınız Şekil 2.1, 2.2, 2.3 ve 2.4).

Deniz taşımacılığı kısa ve uzun mesafeli olmak üzere ikiye ayrılabilir. Uzun mesafe deniz lojistiğinde kıtalararası mal taşımacılığıyla ilgilenilirken, kısa mesafe deniz lojistiğinde ülke ve/veya kıta içi taşımacılıkla ilgilenilmektedir.

Uzun ve kısa mesafe gemi taşımacılığının her ikisinde de endüstriyel, tramp ve layner olmak üzere üç farklı tarz bulunmaktadır. Endüstriyel gemicilikte kargo veya geminin sahibi gemileri kontrol eder. Tramp gemileri uygun kargoları takip ederek rotalarını belirlerler, yani ticari taksiler gibi çalışırlar. Layner gemiler ise bir çizelgeye bağlı olarak rota takip ederler. Son zamanlarda endüstriyel gemicilik tramp gemiciliğine doğru kaymaktadır.

Gemi rotalama, gemiler tarafından uğranılacak iskelelerin sırasının belirlenmesi, gemi çizelgeleme ise belirlenmiş rota üzerinde iskelelere varış ve ayrılma zamanlarının belirlenmesidir.

Gemi çizelgelemede, karar destek sistemlerine olan ihtiyacın arttığını gösteren eğilimler bulunmaktadır, örnek olarak büyük deniz filolarının birleşmesi, bahsedilen endüstriyel gemicilikten gezinti gemiciliğine eğilim olması ve stratejik planlama üzerinde odaklanma verilebilir. Halen gemiler kara ve deniz yolu taşımacılığında karşılaşıldan farklı koşullar altında işletilmektedir ve farklı çözüm yaklaşımı gerektirmektedirler.

Gemi lojistiğinde geleneksel planlama seviyeleri stratejik, taktik ve operasyonel olmak üzere 3 grup altında incelenebilir. Stratejik planlama seviyesi, deniz taşımacılığının önemli rol oynadığı tedarik zincirinin pozisyonuyla ilgilenir. Deniz lojistik sistemlerinin tasarımı ve filo boyutunun belirlenmesi önemli stratejik planlama problemlerindedir. Son on yılda stratejik planlama ile ilgili çok az araştırma yapılmıştır. Taktik ve operasyonel planlamada en önemli problemler rotalama ve çizelgeleme problemleridir. Ayrıca kargoların optimum şekilde gemilere atanması ile de ilgilenilir (Brønmo ve diğ., 2006).

Şehiriçi deniz taşımacılığında iskelede bekleme sürelerinin en aza indirildiği tarifelerin oluşturulması, iskelelerden en fazla faydanın sağlanması açısından oldukça önemlidir. Yeni bir iskelenin maliyeti 1 milyon YTL'nin üzerindedir. Ayrıca iskelede bekleme sürelerinin azalması, sefer sürelerini de azaltacağından daha çok müşterinin deniz yolunu kullanmasını sağlayacaktır.

İskelede bekleme süresinin bulunmasında kullanılacak bulanık mantık uygulaması için MATLAB adlı programın Bulanık Mantık Modulu (Fuzzy Logic Toolbox) kullanılmıştır. İskelede bekleme süresi o iskelede binen ve inen yolcu sayısına göre belirlenmiştir. Kural tablosu oluşturulurken Wang-Mendel Nöro-Bulanık kural çıkarım mekanizması kullanılmıştır. İskelelerde bekleme süresinin belirlenmesi hem toplam sefer sürelerini, hem de iskele kısıtlarını etkilemektedir.

3.MALZEME VE YÖNTEM

3.1 BULANIK MODELLEME

Son birkaç yılda bulanık mantık uygulamalarının çeşitli alanlarda hızlı bir şekilde gelişimine tanık olundu. Bulanık mantığın uygulama alanları, fotoğraf makineleri, kameralar, çamaşır makineleri ve mikrodalga gibi tüketim ürünlerinden endüstriyel süreç kontrolü, tıbbi enstrümantasyon, karar destek sistemleri ve portföy seçimine kadar uzanmaktadır(Zadeh, 1995).

Bulanık mantığın gelişen uygulama alanının sebeplerini anlayabilmek için öncelikle ne anlama geldiği anlaşılmalıdır. Bulanık mantığın iki farklı anlamı vardır. Dar bir çerçevede düşünülürse, bulanık mantık çok değerli mantığın uzantısı olan bir mantıksal sistemdir. Geniş anlamda bulanık mantık keskin olmayan sınırlarla ayrılmış nesne sınıfları ile ilişkili bir teori olup bugün yaygın şekilde kullanılan bulanık küme teorisi ile aynı anlamdadır. Bulanık mantığın gündemi geleneksel çokdeğerli mantıksal sistemlerin özünden ve yapısından oldukça farklıdır(Zadeh, 1995).

Matlab Fuzzy Logic Toolbox'ta bulanık mantık geniş olan manada kullanılmıştır. Bulanık mantık altında yatan kavram onun dilsel değişken içermesi, yani değişken olarak sayılar yerine sözler kullanılmasıdır. Aslında bulanık mantığın büyük kısmı, hesaplamının sayılar yerine sözlerle yapılmasından kaynaklanan hesaplamalarla ilgilidir. Sözler sayılardan daha az doğru olmasına rağmen, insan sezgilerine daha yakındır. Ayrıca sözlerle hesaplama yapma tolerans tanıdığından çözüm maliyetini düşürmektedir(Zadeh, 1995).

Uygulamalarda esas rolü alan bulanık mantıktaki diğer kavram, bulanık eğer-ise kuralı veya daha kısa olarak bulanık kuraldır. Yapay zekada, kural tabanlı sistemler uzun yıllar kullanılıyor olmasına rağmen, bu tür sistemlerde bulanık sonuç ve/veya bulanık girdiyi dikkate alan bir sistem yoktur. Bulanık mantıkta, bu sistem bulanık kurallar hesabı ile

sağlanır. Bulanık kuralların hesaplanmasının Bulanık Bağlılık ve Komut Dili fonksiyonu vardır. Bu bağlamda bulanık mantık uygulamalarında farkına varılması gereken önemli noktalardan birisi, bulanık mantık çözümü gerçekte insan çözümünün, Bulanık Bağlılık ve Komut Dili çözümüne dönüştürülmesidir. Fuzzy Logic Toolbox insanın akıl yürütmesi ve kavram oluşturması ile bulanık kuralların kullanımının birbirine bağlanmasını sağlayan bir ticari yazılımdır(Zadeh, 1995).

Bulanık mantık kullanımındaki eğilimlerden biri, bu yöntemin yapay sinir ağları ve genetik algoritma ile birlikte kullanılmasıdır. Genel olarak bulanık mantık, yapay sinir ağları ve genetik algoritma “yapay zeka ile hesaplama”nın ana bileşenleri olarak gösterilebilir. “Geleneksel hesaplama”dan farklı olarak “yapay zeka ile hesaplama” gerçek dünyada yaygın olan belirsizliğin yerleşimi amacıyla ortaya çıkmıştır. “Yapay zeka ile hesaplama”nın önde gelen prensibi çözülebilirliğin, sağlamlığın ve düşük çözüm maliyetinin başarılabilmesi için kesinsizliğin, belirsizliğin ve kısmi doğruluğun kullanılmasıdır. Gelecek yıllarda, “yapay zeka ile hesaplama”nın, makine zekası geleneksel yöntemlerle tasarlanmış sistemlerden daha yüksek olan sistemlerin tasarımında önemli bir rol oynayacağı öngörülmektedir(Zadeh, 1995).

“Yapay zeka ile hesaplama” içindeki yöntemlerin kombinasyonlarından en belirginini yapay sinir ağları ile bulanık mantığın birlikte kullanıldığı “neuro-fuzzy” türkçe karşılığı nöro-bulanık sistemlerdir. Gözlemlerden kuralların çıkarımında bu gibi sistemler önemli bir rol üstlenirler(Zadeh, 1995). Bu çalışmada kural tabanı oluşturulurken Wang-Mendel nöro-bulanık kural çıkarım mekanizması kullanılmıştır. Bulanık mantık modellemede kural tabanı oluşturulmasında kullanılan diğer yöntemler Adaptif Nöro-Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS, Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System) (Moraga, 2002); NARA Sistemi(Moraga, 2002); Bulanık Min-Maks. Yapay Sinir Ağları (Fuzzy Min-Max Neural Networks) (Li ve diğ., 2006); Evrimsel Algoritma(Evolutionary Algorithm) (Markowska, 2005) ve Genetik Algoritmalarıdır(Wang ve Yen, 1999).

3.2 İSKELEDE BEKLEME SÜRESİNİN BELİRLENMESİNDE BULANIK MANTIK MODELİ

Denizyolu taşımacılığı, bir defada çok fazla yük taşıma olanağı, güvenilirliği, sınır aşımı olmaması; mal zayıflarının minimum düzeyde olması; hava, kara ve demiryoluna göre daha ucuz olması sebepleriyle son yıllarda en fazla tercih edilen taşıma şeklidir ve önemi her geçen gün artmaktadır(Koray, 2004).

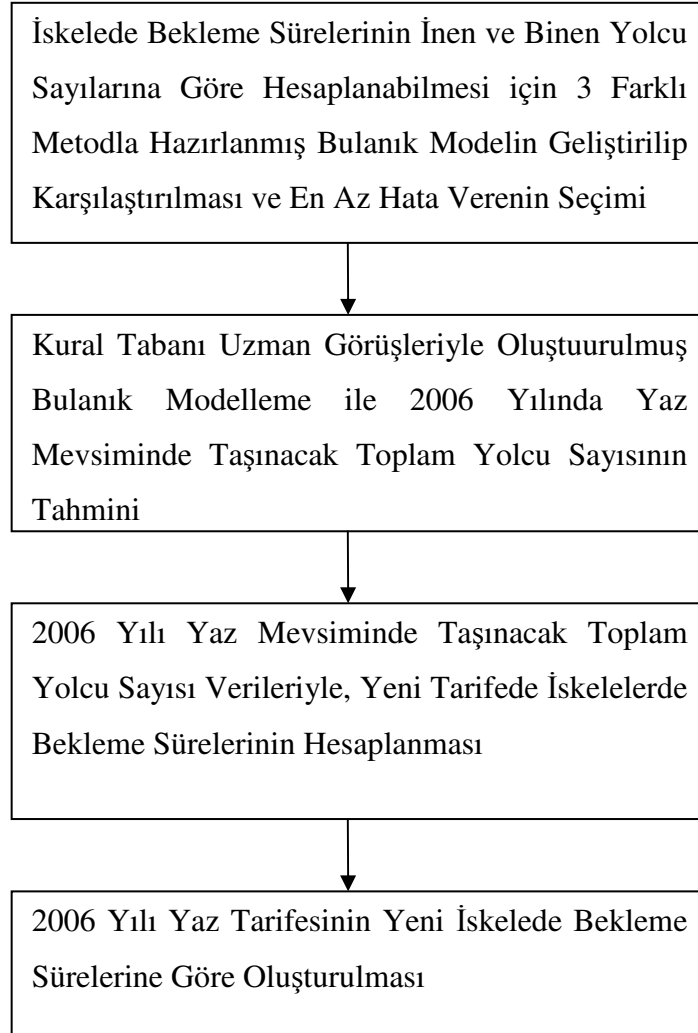
Dünyada uluslararası rekabetin artması firmaların kar oranlarını aşağılara çekmiştir. Mevcut kaynakların en verimli şekilde kullanılması tüm işletmelerde zorunlu hale gelmiştir. Bu deniz ulaştırıcılığında da geçerlidir. Gerek gemilerden, gerekse iskelelerden yüksek verim alınması ülke ekonomisini olumlu yönde etkileyecektir. Uluslararası arenada avantaj sağlamanın en etkili yolu, maliyetleri düşürmek ve kaliteye önem vermektir. Deniz taşımacılığında kaynaklardan verimin artırılabilmesi için, gemilerin iskelelerde bekleme süreleri en aza indirilmelidir(Fagerholt ve Christiansen, 2000)(Şekil 3.1).



Şekil 3.1 İskeleden gemiye binmekte olan insanlar.

Denizyolu ile taşımacılık ve dünyadaki deniz filoları son on yıl içinde sürekli bir gelişim göstermiştir. Denizyolu taşımacılığı ile ilgili yapılan araştırmaların, hava ve kara yolu taşımacılığı ile ilgili araştırmaların oldukça gerisinde kalması şaşırtıcıdır. Problem, denizyolu taşımacılığının gittikçe artan önemi göz önünde bulundurularak ele alınmalıdır(Schut, 2005). Denizyolu taşımacılığında yolcu taşınması İstanbul gibi denizlerle çevrili ve karayolu yolu trafiğinin yoğun olduğu büyükşehirlerde önemli bir ulaşım alternatifi teşkil etmektedir.

Bu çalışmada yeni tarife oluşturma aşamasına kadar yapılan tüm işlemler Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Çalışmanın aşamalarının akış şeması halinde gösterimi

3.2.1 Gemi Çizelgeleme

Gemi çizelgeleme belirlenmiş rota üzerinde iskelelere geliş ve kalkış zamanlarının belirlenmesidir. Bu çalışmada Adalar 2006 yaz tarifi bulanık modellemeden yararlanılarak oluşturulmuştur.

İskeleler arası seyahat süresi mesafeye ve gemilerin ortalama hızlarına bağlıdır. Gemilerin ortalama hızları ise rüzgarın yönü ve şiddetine, havadaki sise, geminin motor gücüne, tipine, geminin toplam ağırlığına ve diğer faktörlere bağlıdır. Bu çalışmada ele alınan iskelelerin yerleri yaklaşık olarak Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Adalar hattında kullanılan iskeleler ve yaklaşık olarak yerleri.

Herbir gemi tipi için yolcu kapasite değerleri ve ortalama seyir hızları tablo 3.1’de gösterilmiştir. Gemilerin yolcu kapasiteleri 747’den başlayıp 2100’e kadar ulaşmaktadır. Hızları ise 10-14 knot arasındadır(1 knot=1 deniz mili/saat=1,852 km/sa=0,5144m/sn(Wikipedia, 2006)).

Tablo 3.1 Gemilerin yolcu kapasitesi ve ortalama hız değerleri(Akten, 1994; İDO)

Gemi Adı(k)	Yolcu Kapasitesi Q^k	Hız (knot) H^k
Aykut Barka	2100	10
Fahri Korutürk	2100	10
Emin Kul	2100	10
Hulusi Yıldırım	2100	10
Barış Manço	2100	10
Metin Sülüş	1450	14
İlker Karker	1450	14
Hamdi Karahasan	1450	14
Aydın Güler	1450	14
Mustafa Aydoğdu	1450	14
Sarayburnu	1450	14
Bayraklı	1450	14
Karşıyaka	1450	14
Beşiktaş 1	1450	14
Mehmet Akif Ersoy	747	12
Büyükada	747	12
Rumeli Kavağı	747	12
Tuzla	747	12
Kilyos III	747	12
Anadolufeneri	747	12
Rumelifeneri	747	12

İskelelerarası seyahat süreleri tablo 3.2’te gösterilmiştir. i iskelesinde başlayıp j iskelesinde biten bir rotanın toplam süresinin uzunluğu, iskelelerarası seyahat sürelerinden başka iskelede bekleme sürelerine bağlıdır. İskelede bekleme süresi mevcut tarifede iskele kısıtlarına ve müşteri yoğunluğuna göre belli kabuller ile bulunmuştur. Oluşturulacak yeni tarifede ise inen ve binen yolcu sayısından iskelede bekleme süresini hesaplayan bir bulanık modelden yararlanılmıştır. Bulanık mantığın kullanılmasının sebebi belirsizliğin modellenmesinde başarılı olmasından kaynaklanmaktadır(Hapke ve Wesolek, 2003). Bu çalışmada inen ve binen yolcu sayısının iskelelerde bekleme süresini belirlemede belirsizlik bulunmaktadır. Aynı miktarda yolcu transferine rağmen inme ve binme süreleri değişkenlik gösterebilmektedir.

Tablo 3.2 İskeleler arası seyahat sürelerinin dakika cinsinden ifadesi

İskele	Cinarcik	Yalova	Buyukada	Heybeliada	Burgazada	Kinaliada	Bostanci	Kadikoy	Kabatas	Sirkeci	Sedef
Cinarcik	0	-	65	-	-	-	-	-	-	-	-
Yalova	-	0	55	-	-	-	-	-	-	-	-
Buyukada	65	55	0	6	-	-	-	-	50	-	10
Heybeliada	-	-	6	0	8	-	25	-	40	35	-
Burgazada	-	-	-	8	0	10	-	-	-	-	-
Kinaliada	-	-	-	-	10	0	25	30	25	40	-
Bostanci	-	-	-	25	-	25	0	-	-	-	-
Kadikoy	-	-	-	-	-	30	-	0	-	10	-
Kabatas	-	-	50	40	-	25	-	-	0	8	-
Sirkeci	-	-	-	35	-	40	-	10	8	0	-
Sedef	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	0

Bu çalışmada geliştirilmek üzere kullanılan tarife tablo 3.3'te gösterilmiştir. Bu tarifedeki değerler saat ve dakika cinsinden iskelelerden kalkış ve iskelelere varış anını göstermektedir. Tablodan görüldüğü gibi bu tarifede kalkış zamanları dakika olarak 5'in katları şeklindedir.

Tablo 3.3 Adalar hattında kullanılan mevcut tarife(İDO, 2006). Seferlerde uğranılan iskeleler soldan sağa doğru dizilmiştir. Kabataş ve Sirkeci sütunları gemilerin iskelelere varış zamanını, diğer sütunlar kalkış zamanını göstermektedir. Koyu karakterle yazılanlar sağdan sola doğru yapılan seferlerdir. Bu seferlerde Kabataş ve Sirkeci sütunları kalkış zamanını, diğer sütunlar varış zamanını göstermektedir.

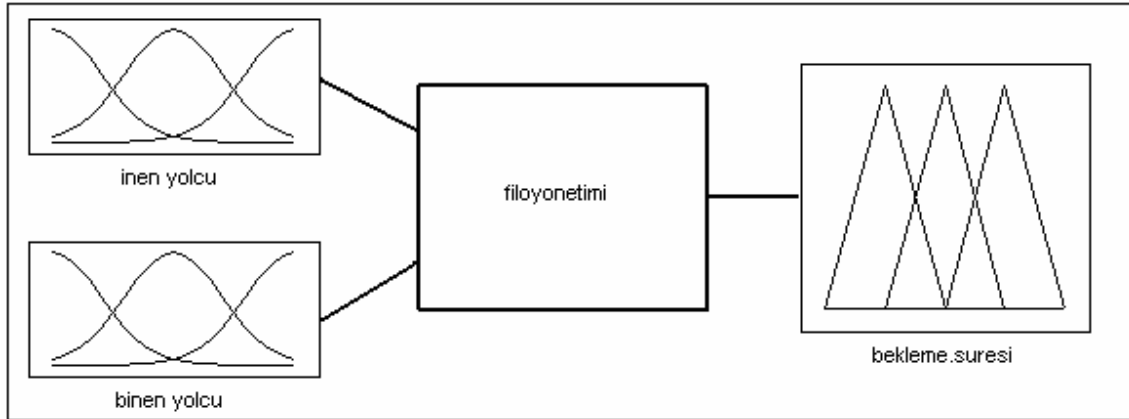
Sefer	Cinarcik	Yalova	Sedef	Buyukada	Heybeliada	Burgazada	Kinaliada	Bostanci	Kadikoy	Kabatas	Sirkeci
1				05:50	06:00	06:15	06:30				07:10
2				06:00	06:15			06:40			
3		06:10		07:15	07:30					08:20	08:30
4						06:20	06:35	07:00			
5			06:30	06:45	07:00			07:25			
6	06:30			07:45	08:00					08:50	09:00
7				06:35	06:50	07:05	07:20		07:50		08:10
8				07:25	07:45	08:00	08:15	06:55			
9				08:35	08:20	08:05	07:50		07:20		07:00
10						07:35		07:10			
11				07:30				07:55			
12				07:30	07:45	08:00	08:15			08:55	09:05
13				07:55				07:30			
14						07:40	07:55	08:20			
15				08:25	08:10			07:45			
16				08:40	08:20	08:05	07:50	09:10			
17				08:00	08:15	08:30	08:45				09:25
18				08:40	09:00	09:15	09:30	08:15			
19						09:05	08:55	08:30			
20				10:05	09:50	09:35	09:20		08:50		08:30
21				08:45	09:00	09:15	09:30		10:00	10:20	10:35
22						09:10	08:55	09:35			
23				09:15	09:30			09:55			
24				09:55	09:40			09:15			

İskelede bekleme süresi toplam rota süresini, bu da gemilerde insanların toplam bekleme sürelerini etkilemesinden dolayı oldukça önemlidir. İyi bir tarifeden beklenen insanların iskelede ve gemi içinde en az bekleme süresi öneren bir tarifedir. Bunun için bekleme süresinin hangi değişkenlere bağlı olduğu konusunda araştırma yapılmıştır. İskelede bekleme süresinin, inen ve binen yolcu sayısına bağlı olduğu anlaşılmıştır.

Karayolu trafiğinin yoğun olduğu, denizyolu taşımacılığının yaygınlaşmakta olduğu İstanbul ilinde denizyolu taşımacılığını kullanan insan sayısı gittikçe artmaktadır. Bu artış ileride yeni araçları ve yeni seferler eklenmesini gerektirecektir. Yeni bir sefer eklenirken dikkate alınması gereken hususlardan biri de iskele kısıtlarıdır. Bostancı, Yenikapı, Kabataş, Sirkeci, Kadıköy ve Büyükada hariç diğer iskelelere aynı anda iki gemi yanaşamamaktadır. Bunun için hem yolcu gemilerinin, hem de iskelelerin

kısıtlarının gözönünde bulundurulması gerekmektedir. İskelelerin verimli bir şekilde kullanılabilmesi için yolcu inen ve binen sayısına bağlı olarak hangi iskelede ne kadar beklenmesi gerektiği araştırılmalı ve çizelge buna göre hazırlanmalıdır. Her iskelede farklı zamanlarda inen ve binen yolcu sayısı farklı olacağından bekleme süresi bu yolcu transferine bağlı olarak belirlenmelidir.

İnen ve binen yolcu sayısının toplamıyla bekleme süresi arasında doğru orantı olacağı aşıkardır. Bu çalışmada denizyolu taşımacılığında iskelelerde bekleme sürelerinin doğru bir şekilde belirlenebilmesi için bulanık modellemeden yararlanılmıştır. Girdi değişkeni olarak inen ve binen yolcu sayıları, çıktı değişkeni olarak ise iskelede bekleme süresi alınmıştır(Şekil 3.4). Bulanık mantık kullanılmasının sebebi yolcu sayılarının bekleme süresini belirlemede meydana gelen belirsizliktir. İnen ve binen yolcu sayısındaki belirsizlik mevcut tarifenin belli kabullenmelerle oluşturulmasına neden olmuştur. Belirsizliğin “A iskelesinde inen yolcumuz az ancak binen yolcumuz çok fazla, dolayısıyla fazla beklemeliyiz.” gibi dilsel kavramlarla ifade edilmesi kolay olacaktır. Bulanık kümeler, bu doğal dilsel ifadelerin modellenmesi için mevcut en uygun yaklaşımdır.

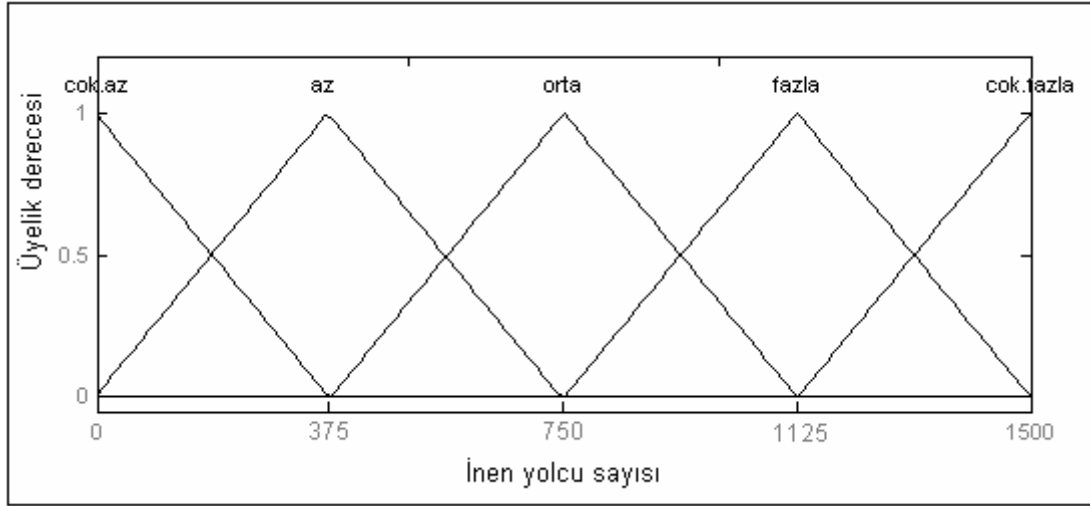


Şekil 3.4 Bulanık modelin girdi ve çıktı değişkenleri

3.2.2 Sayısal Verilerden Wang-Mendel Kural Çıkarım Mekanizması ile Bulanık Kuralların Oluşturulması

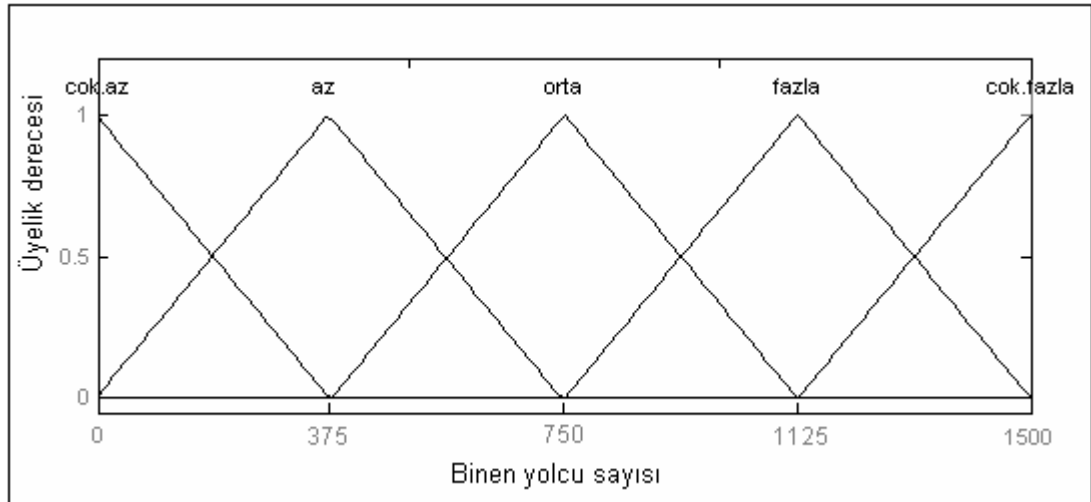
Li-Xin Wang ve Jerry M. Mendel'in (1992) geliştirdikleri nöro-bulanık kural çıkarım metodu, sayısal örneklerden ve uzman kişiler tarafından desteklenen dilsel kurallardan

üyelik fonksiyonunun, 375-1125 arası “orta” üyelik fonksiyonunun, 750-1500 arası “fazla” üyelik fonksiyonunun ve 1125-1500 arası “çok fazla” üyelik fonksiyonunun sınırlarıdır. Şekil 3.5’te inen yolcu sayısı için tanımlanmış bulanık değişkenin üyelik fonksiyonları gösterilmiştir.



Şekil 3.5 İnen yolcu sayısı için “çok az, az, orta, fazla, çok fazla” üyelik fonksiyonları.

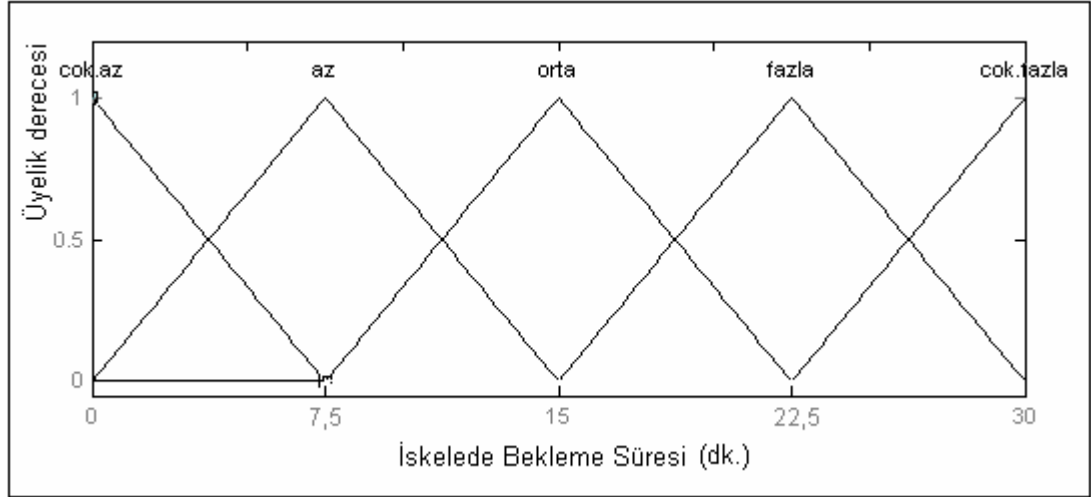
Binen yolcu sayısı için tanımlanan üyelik fonksiyonu aralıkları, inen yolcu sayısı için tanımlanan üyelik fonksiyonu aralıkları ile aynıdır. Binen yolcu sayısı için tanımlanan üyelik fonksiyonları Şekil 3.6’da gösterilmiştir.



Şekil 3.6 Binen yolcu sayısı için üyelik fonksiyonları

İskelede bekleme süresi için üyelik fonksiyonlarında 0-7,5 dakika arası “çok az” üyelik fonksiyonunun, 0-15 arası “az” üyelik fonksiyonunun, 7,5-22,5 arası “orta” üyelik fonksiyonunun, 15-30 arası “fazla” üyelik fonksiyonunun ve 22,5-30 arası ise “çok

fazla” üyelik fonksiyonunun sınırlarıdır. İskelede bekleme süresi için tanımlanan üyelik fonksiyonları şekil 3.7’de gösterilmiştir.



Şekil 3.7 İskelede bekleme süresi değişkeninin üyelik fonksiyonları

Zadeh'e göre üyelik fonksiyonları tahmin yapabilecek uzmanlar tarafından oluşturulmalıdır. Üyelik fonksiyonunun oluşturulması olasılık fonksiyonunun oluşturulmasından daha kolaydır. Değişkenlerin modellenebilmesi için, uzmanların değişkenlerin bulanık kümesine ait olup olmayacak değerlere karar vermeleri gerekmektedir(Küçükdeniz, 2004).

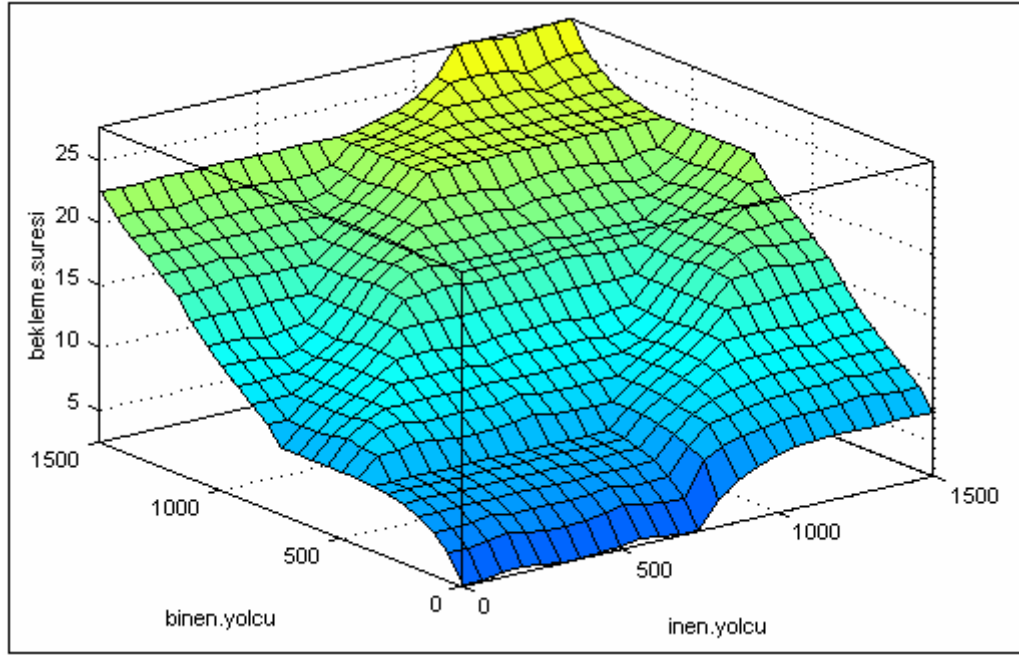
Bulanık değişkenler için kural tablosunun oluşturulması işlemi çeşitli şekillerde yapılabilir. Bunlardan birincisi tamamen uzman kişilerin deneyimlerinden faydalanarak ilgili kuralların belirlenmesidir. Uzman kişilerin deneyimlerinden faydalanarak oluşturulmuş kural matrisi tablo 3.4'te gösterilmiştir. Bu matrise Bulanık Çağrışımsal Hafıza (Fuzzy Associative Memories) matrisi ya da kısaca FAM matrisi denir. Satır ve sütunların kesiştiği hücrelerde iskelelerde bekleme süresi ile ilgili bulanık küme yer almaktadır.

Tablo 3.4 İskelede bekleme süresinin bağlı olduğu değişkenleri ve kuralları gösteren ve uzman görüşleriyle oluşturulmuş FAM matrisi

		İnen yolcu sayısı				
		Çok az	Az	Orta	Fazla	Çok fazla
Binen yolcu sayısı	Çok az	Çok az	Çok az	Çok az	Az	Az
	Az	Az	Az	Az	Orta	Orta
	Orta	Az	Orta	Orta	Orta	Fazla
	Fazla	Orta	Orta	Fazla	Fazla	Fazla
	Çok fazla	Fazla	Fazla	Fazla	Çok fazla	Çok fazla

Tablo 3.4'teki kural matrisine bakıldığında binen yolcu sayısının iskelede bekleme süresini etkilemesi inen yolcu sayısına göre daha fazladır. Örnek olarak inen yolcu sayısı “çok fazla” ve binen yolcu sayısı “çok az” iken önerilen bekleme süresi “az”dır. Fakat binen yolcu sayısı “çok fazla” ve inen yolcu sayısı “çok az” iken önerilen bekleme süresi ise “fazla”dır. Yapılan zaman ölçümlerine göre yolcuların iskelelere binme süresi inme süresinin yaklaşık 3 katıdır.

Tablo 3.4'teki kural matrisi ile Fuzzy Logic Toolbox yardımıyla bulanık model oluşturulmuştur. Tabloda görüldüğü gibi 2 girdi ve 1 çıktı değişkeni bulunmaktadır. İskelede bekleme süresinin inen ve binen yolcu sayılarına bağlılığını gösteren grafik Şekil 3.8'de gösterilmiştir.



Şekil 3.8 İskelede bekleme süresinin inen ve binen yolcu sayılarına bağlılığını gösteren grafik.

Şekil 3.8’de görüldüğü gibi inen ve binen yolcu sayısının artmasıyla iskelede bekleme süresi artmaktadır. Bu artış bazı bölgelerde doğrusal ve bazılarında doğrusal değildir. Grafiğe bakıldığında binen yolcu sayısının 0 ve inen yolcu sayısının 0-750 arasında olduğu bölgede bekleme süresi 0 dakikadır. Bu tutarlı değildir.

Adım 2-Veri Çiftlerinden Bulanık Kuralların Oluşturulması

Bulanık kurallar tablo 3.5’deki gerçek verilerden çıkarılmıştır.

Tablo 3.5 İskelede bekleme süresi ile ilgili gerçek veriler

İnen Yolcu Sayısı	Binen Yolcu Sayısı	Yolcuların Gemiye İnmeleri ve Binmeleri İçin Geçen Toplam Zaman(dk.)
102	173	4,5
95	86	3,7
311	503	7,47
524	352	6,2
759	640	10,9
723	834	13,95
854	1056	18,16
1204	950	18,69
1106	1305	23,71
1255	1403	26,3

Model davranış verisinin her bir satırı model için girdi ve çıktı bilgisi içermektedir. Model davranış verisindeki satırlar şu şekilde yazılabilir:

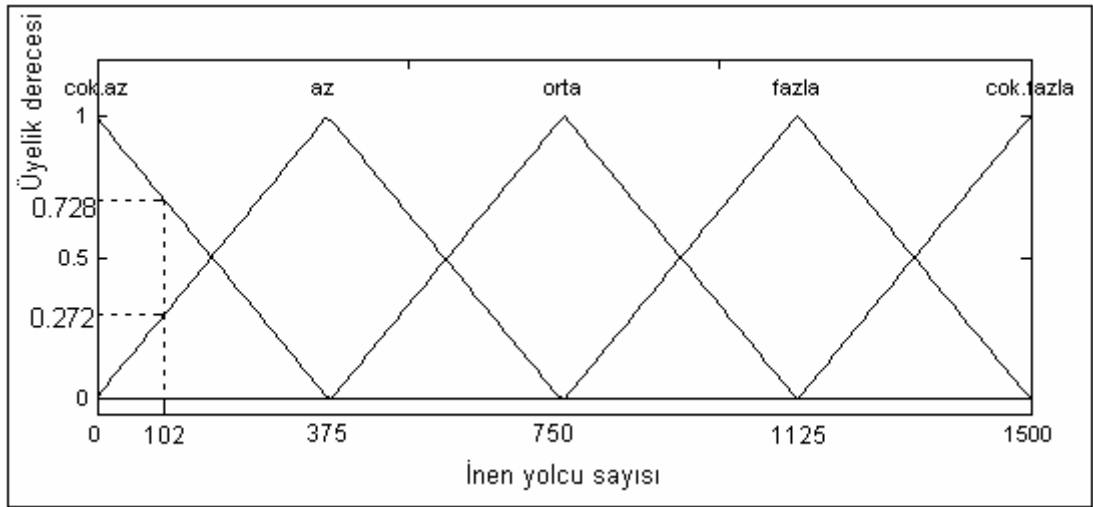
Eğer inen yolcu sayısı orta ve binen yolcu sayısı fazla ise bekleme süresi fazla'dır.

Veri değerleri kurala dahil edilecek bulanık kümenin hangisi olacağını belirlemektedir. Kural çıkarımının bu aşaması, her bir veri değeri için o değişkenin bulanık küme setinden en iyi uyan kümenin bulunması ile her bir satır için geçici kurallar ortaya çıkarır(Küçükdeniz, 2004).

Verilerin üyelik dereceleri belirlendikten sonra, veriler değerlerinin maksimum üyelik derecesine sahip olduğu bölgeye atanmıştır. Tablo 3.5'nin ilk satırına bakalım:

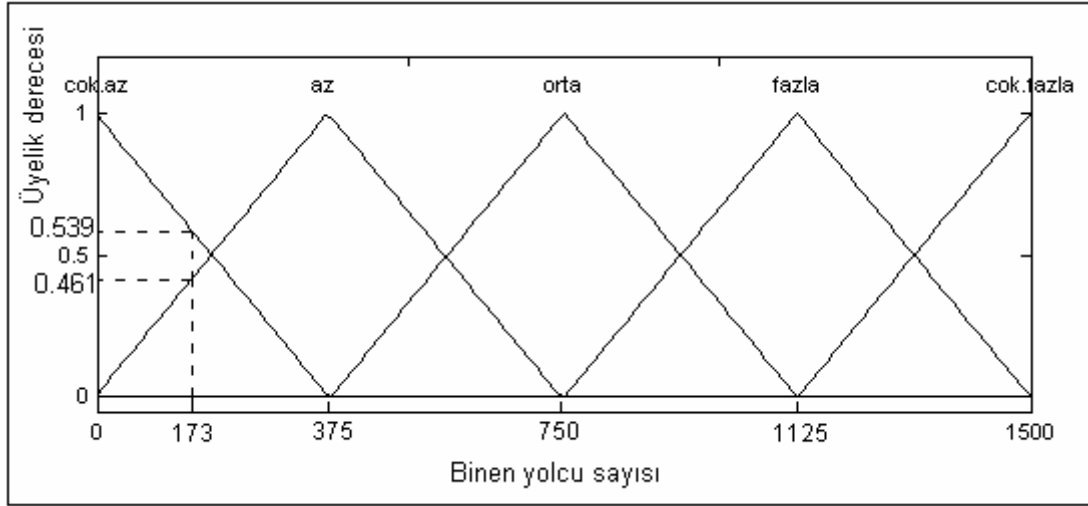
<u>İnen Yolcu Sayısı</u>	<u>Binen Yolcu Sayısı</u>	<u>Bekleme Süresi</u>
102	173	4,5 dk.

İnen yolcu sayısı değişkenininin 102 değerinin “çok az” ve “az” kümesine üyeliği şekil 3.9'da gösterilmiştir. 102'nin “çok az” kümesine üyeliği 0.728 iken “az” kümesine üyeliği 0.272'dir. Dolayısıyla inen yolcu sayısı değişkeni için en iyi uyan değer elde edildiği küme “çok az”dır.

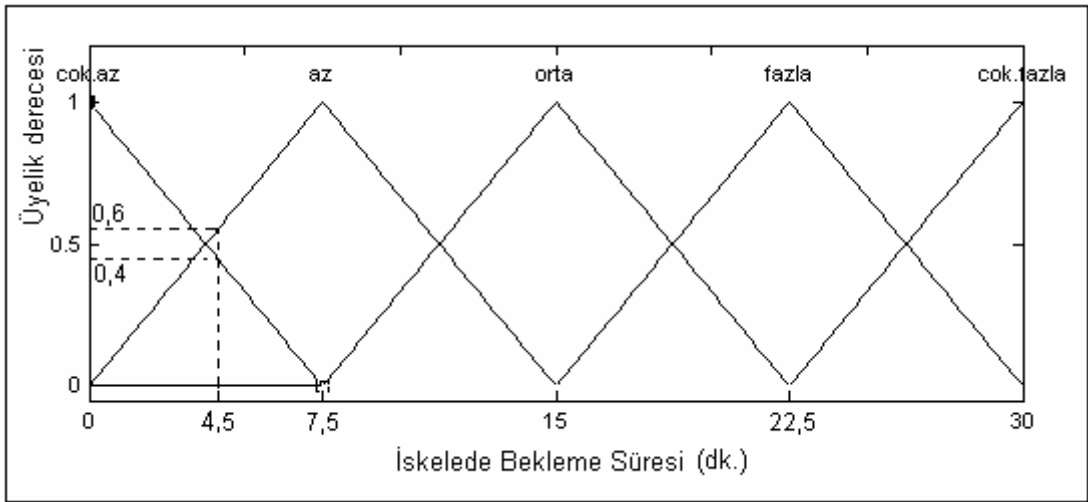


Şekil 3.9 İnen yolcu sayısının maksimum üyelik derecesine sahip olduğu bölgeye atanması

Binen yolcu sayısının 173 değerinin “çok az” ve “az” kümesine üyeliği şekil 3.10’da gösterilmiştir. 173’ün “çok az” kümesine üyeliği 0.539 iken “az” kümesine üyeliği 0.461’dir. Dolayısıyla binen yolcu sayısı değişkeni için en iyi uyan değer elde edildiği küme “çok az”dır.



Şekil 3.10 Binen yolcu sayısının maksimum üyelik derecesine sahip olduğu bölgeye atanması. Çıktı değişkeni olan bekleme süresinin 4,5 değerinin “çok az” ve “az” kümesine üyeliği şekil 3.11’de gösterilmiştir. 4,5’in “çok az” kümesine üyeliği 0.4 iken “az” kümesine üyeliği 0.6’dur. Dolayısıyla iskelede bekleme süresi değişkeni için en iyi uyan değer elde edildiği küme “az”dır.



Şekil 3.11 İskelede bekleme süresinin maksimum üyelik derecesine sahip olduğu bölgeye atanması

Sonuç olarak geçici kural matrisinin ilk satırı şu cümleyle ifade edilebilir:

Eğer inen yolcu sayısı çok az ve binen yolcu sayısı çok az ise bekleme süresi azdır.

Benzer yaklaşımla tablo 3.5'deki tüm satırlar için maksimum üyelikler hesaplanıp tablo 3.6'de gösterilmiştir. Tablonun tamamı Ek-A'dadır.

Tablo 3.6 İskelede bekleme süresi ile ilgili gerçek verilerin ilk 10 satırı ve geçici kural matrisi satırları.

Satır No	İnen Yolcu Sayısı	Binen Yolcu Sayısı	İskelede Bekleme Süresi(dk.)	Geçici kural matrisi satırı (İYS=İnen yolcu sayısı; BYS=Binen yolcu sayısı; İBS=İskelede bekleme süresi)
1	102	173	4,5	Eğer İYS çok az ve BYS çok az ise İBS azdır.
2	95	86	3,7	Eğer İYS çok az ve BYS çok az ise İBS çok azdır.
3	311	503	7,47	Eğer İYS az ve BYS az ise İBS azdır.
4	524	352	6,2	Eğer İYS az ve BYS az ise İBS azdır.
5	759	640	10,9	Eğer İYS orta ve BYS orta ise İBS azdır.
6	723	834	13,95	Eğer İYS orta ve BYS orta ise İBS ortadır.
7	854	1056	18,16	Eğer İYS orta ve BYS fazla ise İBS ortadır.
8	1204	950	18,69	Eğer İYS fazla ve BYS fazla ise İBS ortadır.
9	1106	1305	23,71	Eğer İYS fazla ve BYS fazla ise İBS fazladır.
10	1255	1403	26,3	Eğer İYS fazla ve BYS çok fazla ise İBS çok fazladır.

Adım 3-Her bir Kurala Derece Atanması

Genellikle veri çifti sayısının -bu çalışmada 50 tanedir- fazla olmasından ve her satırın bir kural oluşturmasından dolayı bazı kurallar birbiriyle çelişmektedir. Örneğin 5. satırda inen yolcu sayısının orta ve binen yolcu sayısının orta olduğu durumda, iskelede bekleme süresi az iken, 6. satırda iskelede bekleme süresi orta çıkmıştır. Benzer şekilde 8 ve 9. satırda da çelişki bulunmaktadır. Bu çelişkilerden kurtulmak ve kuralların model davranışını ifade edebilme gücüne göre elenebilmesi için her satırda derecelendirme yapılmıştır. Çelişen kurallar arasından sadece en yüksek dereceye sahip olanı seçilmiştir. Kuralların derecelendirilmesi için

$$D(kural) = \bigvee_{i=0}^N \mu_p(x_i) \mu_c(y) \quad (3.2)$$

formülü kullanılmıştır. Şimdi örnek olarak 1. satırın derecelendirilmesini ele alalım. 1. satırın kuralı şudur:

Eğer inen yolcu sayısı çok az ve binen yolcu sayısı çok az ise iskelede bekleme süresi azdır.

3.2 formülüne göre bu kuralın derecelendirmesi:

$$D(kural1)=\mu_{\text{çok az}}(102)\mu_{\text{çok az}}(173)\mu_{\text{az}}(4,5)$$

$$=0.728*0.539*0.6=0.235$$

0.235 değeri kuralın doğruluğunun derecesini göstermektedir. Tablo 3.7’de tüm kuralların derecelendirilmesi görülmektedir. 5. ve 6. satırlardaki çelişkinin ortadan kaldırılması için en yüksek etkiye sahip kural yani 6. kural seçilir. Böylelikle çelişkide olan kurallar ortadan kaldırılmış olur. Kural derecelendirmesi, kurallar arasındaki çatışmayı önleyen, yalnızca en yüksek etkiye sahip kuralın sürece dahil edilmesini sağlayan bir yöntemdir.

Tablo 3.7 Kuralların derecelendirilmeleri(İlk 10 satır verilmiştir, tüm satırlar Ek-A bölümündedir)

Satır No	İnen Yolcu Sayısı			Binen Yolcu Sayısı			İskelede Bekleme Süresi			Kural Derecesi
	İYS	$\mu(\text{İYS})$	Bölge	BYS	$\mu(\text{BYS})$	Bölge	İBS	$\mu(\text{İBS})$	Bölge	
1	102	0,728	Çok az	173	0,539	Çok az	4,5	0,6	Az	0,235
2	95	0,747	Çok az	86	0,771	Çok az	3,7	0,507	Çok az	0,292
3	311	0,829	Az	503	0,659	Az	7,47	0,996	Az	0,544
4	524	0,603	Az	352	0,939	Az	6,2	0,827	Az	0,468
5	759	0,976	Orta	640	0,707	Orta	10,9	0,547	Az	0,377
6	723	0,928	Orta	834	0,776	Orta	13,95	0,86	Orta	0,619
7	854	0,723	Orta	1056	0,816	Orta	18,16	0,579	Orta	0,341
8	1204	0,789	Fazla	950	0,533	Fazla	18,69	0,508	Orta	0,213
9	1106	0,949	Fazla	1305	0,52	Fazla	23,71	0,839	Fazla	0,414
10	1255	0,653	Fazla	1403	0,741	Çok fazla	26,3	0,507	Çok fazla	0,245

Katkı Derecesi

Kural derecesi geçici kural tablosunda her kuralın doğruluğunu göstermektedir. Bazı durumlarda eğer karar verici kuralların güvenilirliğini veya deneyimini yansıtmak isterse

$$KD(Kural)=D(Kural).G(Kural) \quad (3.3)$$

formülünü kullanmalıdır. Bu formülde KD katkı derecesini, D kural derecesini ve G kuralın güvenilirliğini göstermektedir. Katkı derecesi kuralın doğruluğuna uzman görüşünün de katılmış halidir. Güvenilirlik arttıkça G'nin değeri 1'e daha da yaklaşmaktadır. Böylelikle, kural matrisi oluşturulurken uzmanların deneyimi ve görüşleri de etkiye sahip olmaktadır. İnsan faktörünün etkisi ortadan kaldırılmak istenirse G değeri 1'e eşit kabul edilebilir. Wang-Mendel kural çıkarım sürecinde eğer bir güvenilirlik indeksi belirtilmemiş ise bu değer 1 olduğu varsayılır.

Adım 4. Birleştirilmiş Bulanık Kural Tabanının Oluşturulması

Geçici kural matrisindeki satırlarda tablo 3.8'da görüldüğü gibi modelin girdi ve çıktı değişkenleri, kural dereceleri ve katkı dereceleri bulunmaktadır. Kuralların güvenilirlikleri 1 kabul edilmiştir.

Tablo 3.8 Geçici kural matrisi

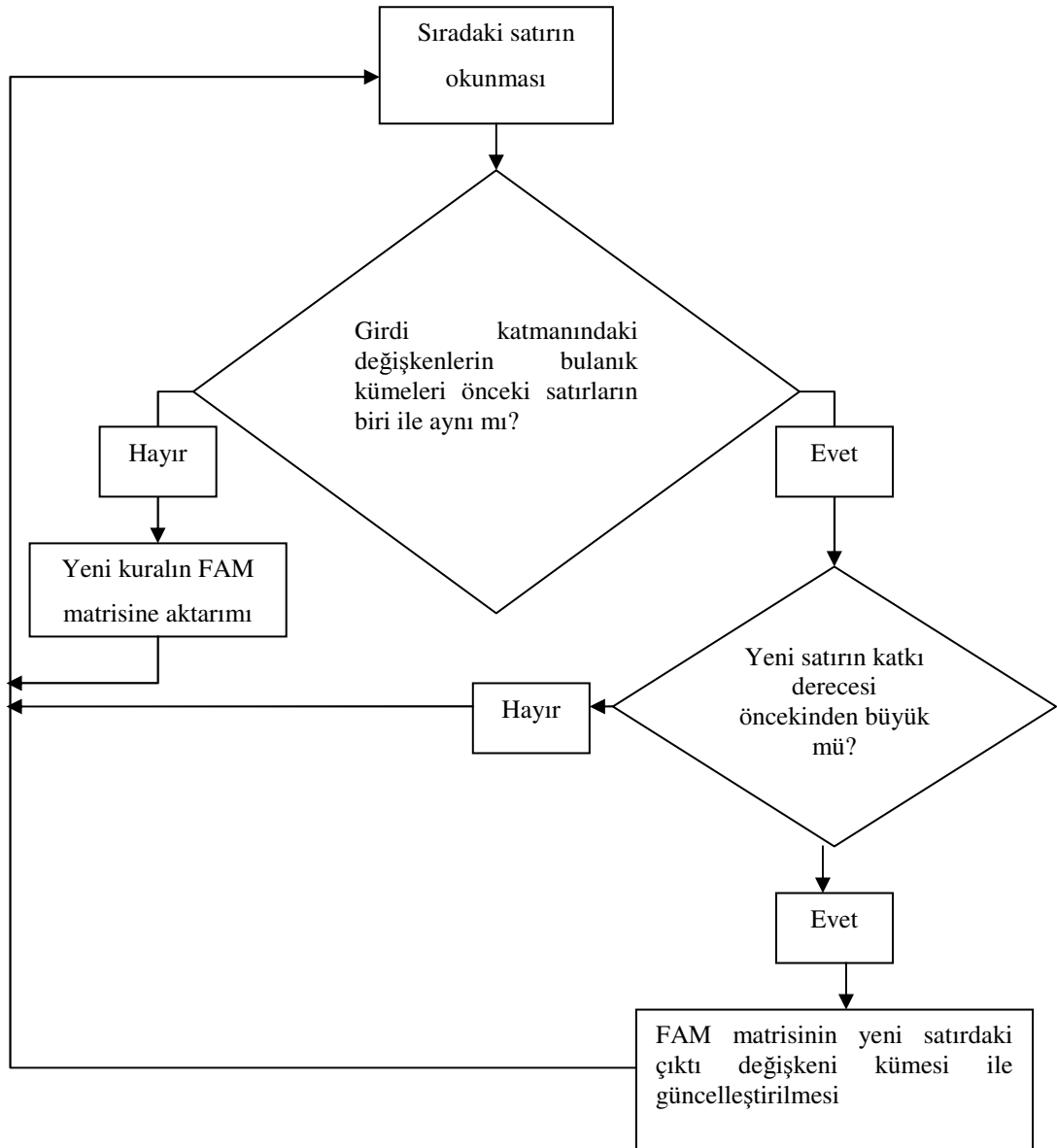
Satır no	İnen yolcu sayısı	Binen yolcu sayısı	Bekleme süresi	Kural Derecesi	Katkı Derecesi
1	102	173	4,5	0,235	0,235
2	95	86	3,7	0,292	0,292
3	311	503	7,47	0,544	0,544
4	524	352	6,2	0,468	0,468
5	759	640	10,9	0,377	0,377
6	723	834	13,95	0,619	0,619
7	854	1056	18,16	0,341	0,341
8	1204	950	18,69	0,214	0,214
9	1106	1305	23,71	0,414	0,414
10	1255	1403	26,3	0,245	0,245

Geçici kural matrisindeki bazı kurallar birbiriyle çatışmaktadır. Çatışan ve tekrarlayan kuralların elenmesi modeldeki kural sayısını azaltacak ve anlaşılabilirliği artacaktır. Bu eleme işlemi en büyük katkı derecesine sahip olan kuralın geçerli sayılması ile gerçekleştirilir ve FAM matrisi elde edilir. FAM matrisinin oluşturulması sürecinde 50 satırlık gerçek veriler kullanılmıştır. FAM matrisinin son hali tablo 3.9'da, elde edilme süreci şekil 3.12'de gösterilmiştir. Kural sayısı 50'den 25'e düşürülmüştür. FAM

matrisi oluşturulması sırasında Microsoft Excel programı içinde Visual Basic dilinde makro yazılmıştır, Ek-B bölümündedir.

Tablo 3.9 Wang-Mendel Nöro-Bulanık Kural Çıkarım Metoduyla elde edilmiş FAM matrisi

		İnen yolcu sayısı				
		Çok az	Az	Orta	Fazla	Çok fazla
Binen yolcu sayısı	Çok az	Çok az	Az	Az	Az	Az
	Az	Az	Az	Az	Az	Orta
	Orta	Az	Orta	Orta	Orta	Orta
	Fazla	Orta	Orta	Fazla	Fazla	Fazla
	Çok fazla	Fazla	Fazla	Fazla	Çok fazla	Çok fazla



Şekil 3.12 FAM matrisinin oluşturulma süreci(Küçükdeniz, 2004).

Adım 5. Birleştirilmiş Kural Tabanından Eşlemenin Oluşturulması

Verilen (x_1, x_2) girdileri için y çıktı değerlerinin belirlenmesinde şu netleştirme süreci takip edilmiştir: İlk olarak her (x_1, x_2) girdi değerleri için çarpma işlemi ile çıkış kontrolü derecesinin hesaplanması için $m_{O_i}^i$ değerleri bulunmuştur.

$$m_{O_i}^i = m_{I_1^i}(x_1)m_{I_2^i}(x_2), \quad (3.4)$$

Bu denklemde O^i i kuralının çıktı bölgesini, ve I_j^i i. kuralının j. bileşeninin girdi bölgesini göstermektedir. Örnek olarak 1. kural için:

$$m_{az}^1 = m_{\text{çokaz}}(x_1)m_{\text{çokaz}}(x_2) \quad (3.5)$$

Daha sonra çıkışın belirlenmesi için aşağıdaki ağırlık merkezi netleştirme formülü kullanılmıştır:

$$y = \frac{\sum_{i=1}^K m_{O_i}^i \bar{y}^i}{\sum_{i=1}^K m_{O_i}^i} \quad (3.6)$$

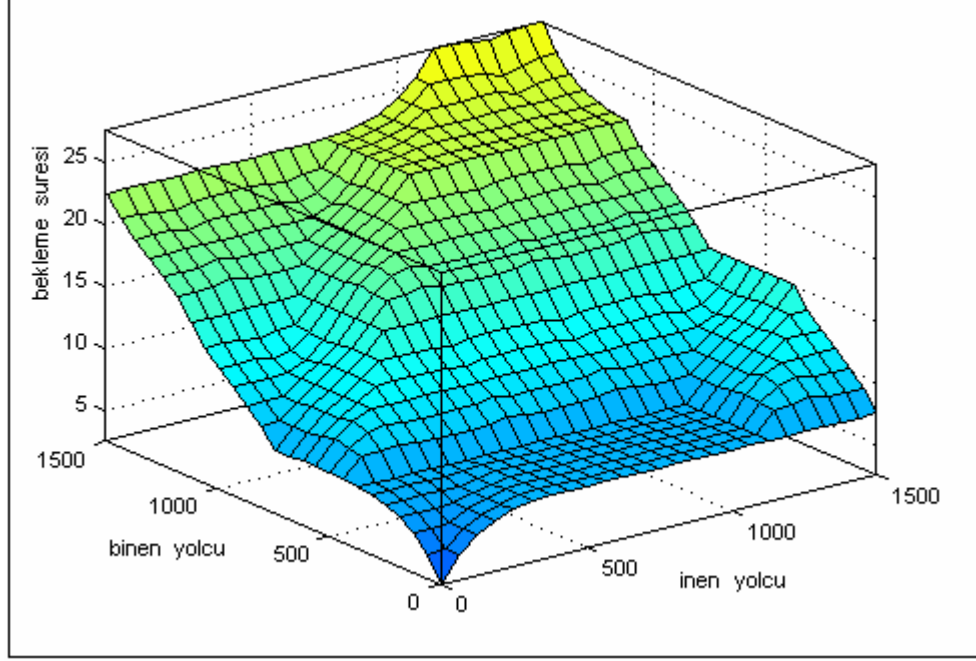
3.6 denkleminde \bar{y}^i O^i bölgesinin merkez değeridir (Bir bulanık bölgenin merkezi üyelik fonksiyonun söz konusu bölgede üyeliğinin 1 olduğu ve en küçük mutlak değere sahip olduğu yerdir.) ve K birleştirilmiş bulanık kural tabanındaki bulanık kural sayısıdır (25). Ele alınan problemde 50 satırlık gerçek veri bulunmaktaydı. Bu verilerin herbiri için y hesaplanmıştır, Ek-C'de diğer yorumlama mekanizmaları ile karşılaştırması gösterilmiştir.

5 adımdan oluşan bu yaklaşım zaman gerektiren öğrenme süreci içermediğinden ve bir defada yapıldığından basittir ve hızlı bir şekilde uygulanmıştır.

3.2.3 Wang-Mendel Kural Çıkarım Mekanizması ile Elde Edilmiş FAM matrisinin Mamdani Yorumlama Mekanizması ile Netleştirilmesi

Tablo 3.9'da Wang-Mendel kural çıkarım metoduyla elde edilmiş FAM matrisi görülmektedir. Bu kurallar MATLAB adlı programın Fuzzy Logic Toolbox adlı paketi yardımıyla programa işlenerek bulanık model kurulmuştur. Bu defa Mamdani'nin yorumlama mekanizması ile netleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir (Esnaf, 2005). Çıktı

değişkeni olan iskelede bekleme süresi değerinin, girdi değişkenleri olan inen ve binen yolcu sayısına bağlılığı grafik olarak Şekil 3.13'te gösterilmiştir.

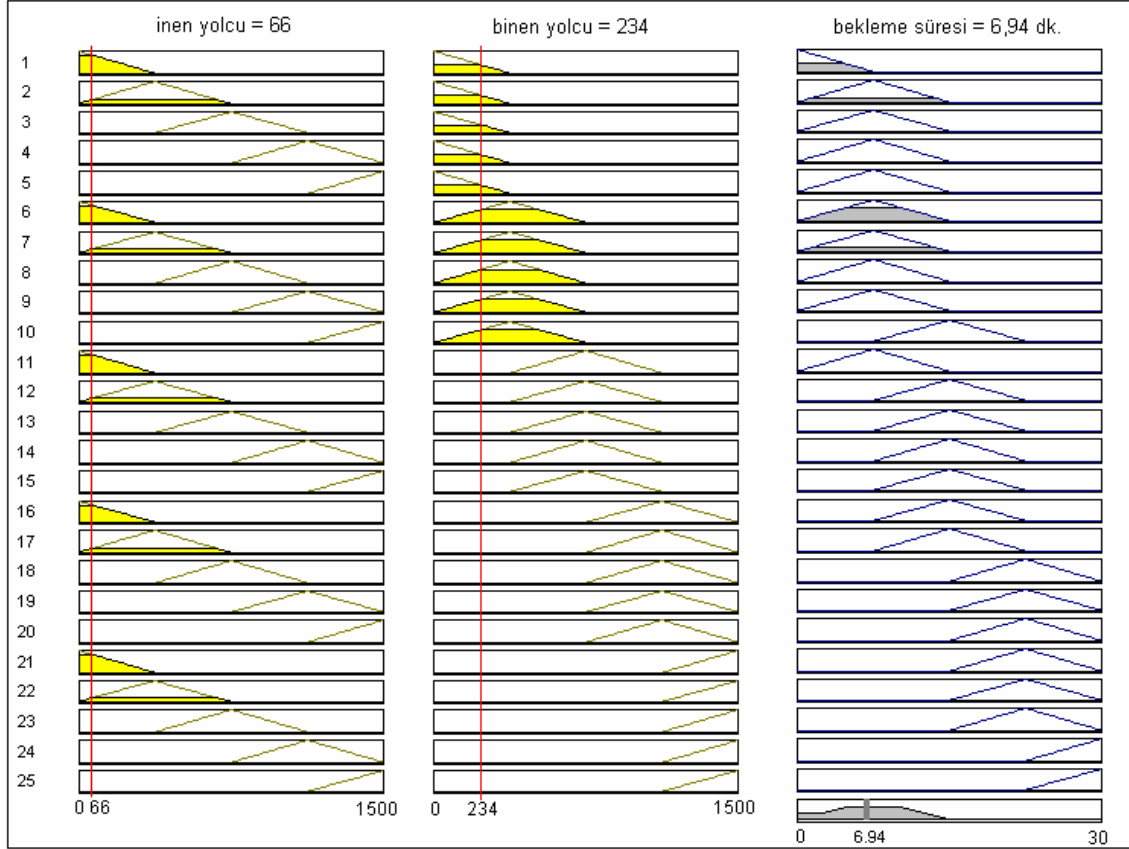


Şekil 3.13 İskelede bekleme süresinin inen ve binen yolcu sayısına göre değişimini gösteren grafik

Grafikte görüldüğü gibi inen ve binen yolcu sayısının artmasıyla iskelede bekleme süresi artmaktadır, bu artış bazı yerlerde doğrusal iken bazı bölgelerde doğrusal değildir. Binen yolcu sayısının 0 olduğu bölgedeki tutarsızlık ortadan kalktığından dolayı Wang-Mendel kural çıkarım mekanizması ile elde edilmiş ve Mamdani ile yorumlanmış bulanık model, uzman görüşleriyle oluşturulmuş bulanık modelden daha başarılıdır. Tablo 3.10'da bu iki modelin karşılaştırması görülmektedir.

Bulanık olan bilgilerin kesin sonuçlar haline dönüştürülmesi için yapılan işlemlerin tümüne birden durulaştırma veya netleştirme denir. Çalışmanın bu kısmında netleştirme sürecinde Mamdani ve ağırlık merkezi(centroid) yöntemi kullanılmıştır. İnen yolcu sayısı 66 ve binen yolcu sayısı 234 olduğu zaman iskelede bekleme süresi 6,94 dakika olduğu şekil 3.14'te görülmektedir. Bu anda inen yolcu sayısı değişkeninin 1, 2, 6, 7, 11, 12, 16, 17, 21 ve 22 nolu kuralları tetiklediği, binen yolcu sayısı değişkeninin ise 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 nolu kuralları tetiklediği görülmektedir. Girdi değişkenleri arasında “ve” bağlacı kullanıldığı için, çıktı değişkeninde 1, 2, 6 ve 7. kural aktif haldedir(Şekil 3.14). Çıktı değişkeninin altındaki 1, 2, 6 ve 7 nolu kuralların bulunduğu

üyelik fonksiyonlarının taralı kısımlarının ağırlık merkezi 6,94 değerini vermektedir. Benzer şekilde girdi değişkenlerinin diğer değerleri için bekleme süreleri hesaplanmıştır, Ek-C’de tablo halinde gösterilmiştir.



Şekil 3.14 Kural tablosu Wang-Mendelin sayısal verilerden bulanık kural çıkarım mekanizması ile oluşturulmuş ve Mamdani ve ağırlık merkezi yöntemi ile yorumlanmış bulanık mantık modelin netleştirme süreci.

Buraya kadar yapılan işlemler kısaca özetlenecek olursa, öncelikle Wang ve Mendel’in geliştirdikleri nöro-bulanık kural çıkarım mekanizması ile sayısal verilerden bulanık kuralların çıkarımı işlemi adımlarıyla ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır. Bu anlatım sırasında sadece uzman görüşleriyle oluşturulmuş FAM matrisi ve bunun sonuç grafiği de gösterilmiştir. Wang ve Mendel’in yorumlama mekanizmasından sonra Mamdani’nin yorumlama mekanizması denenmiştir. Sonuçlar özet olarak tablo 3.10’da, tamamı ise Ek-C’de gösterilmiştir.

Tablo 3.10 Soldan Sağa Sırasıyla Wang&Mendel ve Mamdani'nin Yorumlama Mekanizması, Uzman Görüşleriyle Oluşturulmuş Bulanık Modelin ve Wang&Mendel'in Geliştirdikleri Sayısal Verilerden Bulanık Kural Çıkarım Mekanizmasının Hatalarının Karşılaştırılması

	İBS(Wang&Mendel ve Mamdani'nin Yorumlama Mekanizması)	İBS(Uzman Görüşleriyle Oluşturulmuş Bulanık Kural Tabanı)	İBS(Wang-Mendel Nöro-Bulanık Kural Çıkarım Mekanizması)
Toplam Hata(dk.)	83,624	105,297	72,228
Ortalama Hata(dk.)	1,672	2,106	1,445

Tablo 3.10'daki sonuçlara bakıldığında Wang ve Mendel'in nöro-bulanık kural çıkarım mekanizmasının diğer yöntemlerden daha az hatalı sonuç elde ettiği görülmektedir. Bundan dolayı iskelede bekleme süresinin hesaplanmasında Wang ve Mendel'in geliştirdikleri sayısal verilerden bulanık kural çıkarımı yöntemi kullanılmıştır.

Mevcut tarifede iskelede bekleme süreleri iskele kısıtları ve diğer kısıtlar gözönünde bulundurularak düzenlenmiştir. Oysa iskelede gerektiği kadar beklemek, kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlayacaktır. Mevcut iskelelerin çoğuna aynı anda sadece bir gemi yanaşabildiğinden iskelede bekleme süresinin optimize edilmesinin büyük önemi vardır. Ayrıca toplam seyahat süresi belli bir oranda kısalmıştır.

3.3.YENİ TARİFE OLUŞTURULMASI

Buraya kadar, inen ve binen yolcu sayısından iskelede bekleme süresini öngören bir nöro-bulanık mantık modeli oluşturulmuştur. Bu bölümde yeni tarife hazırlama işlemine geçilmektedir.

Yeni tarife oluşturulurken amaç, hem iskelelerden hem de gemilerden en yüksek verimde yararlanılmasıdır. Yeni bir iskelenin yatırım maliyeti oldukça yüksektir. Birçok iskelede ancak bir gemi yanaşabilmektedir. Bunun için gemilerin iskelede bekleme sürelerinin belirlenmesinin büyük önemi vardır. Gemi işletmecilerinin gemilerini limanda az ve seyirde çok tutmaları gerekmektedir. Taşınan yolcu sayısı azaltılmadan, limanda veya iskelede gemiler ne kadar az tutulursa o kadar verimli kullanılmış olur. Bu çalışmada iskelede bekleme süreleri o iskelede inen ve binen yolcu sayısı ile iskele kısıtlarına göre hesaplanmıştır.

3.3.1 Bulanık Modelleme ile Talep Tahmini

Yeni tarife oluşturulmadan önce, 2006 yaz sezonunun müşteri taleplerinin belirlenmesi için, son 6 yıla ait taşınan toplam yolcu sayısı, Fatih Sultan Mehmet Köprüsünden geçen toplam araç sayısı(Fatih Sultan Mehmet Köprüsü Bakım İşletme Başmühendisliği, 2006) ve İDO A.Ş.'nin(2006) yapmış olduğu müşteri memnuniyeti anketi sonuçları kullanılarak talep tahmini yapılmıştır(Tablo 3.11). Oluşturulacak yeni tarife yaz mevsimi boyunca geçerli olacaktır.

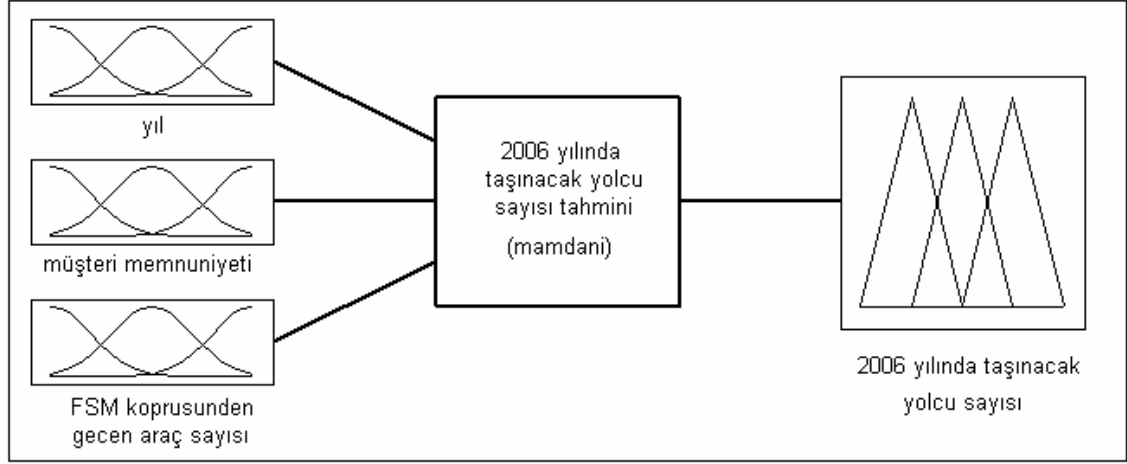
Tablo 3.11 Son 6 yıl içinde F.S.M. köprüsünden geçen araç sayıları, müşteri memnuniyeti sonuçları ve yaz mevsiminde Adalar hattında taşınan toplam yolcu sayıları.
(F.S.M.=Fatih Sultan Mehmet)

Yıl	F.S.M. Köprüsünden Geçen Araç Sayısı	İDO A.Ş. Müşteri Memnuniyeti Anketi (%)	Taşınan Yolcu Sayısı
2000	62574704	-	7372545
2001	56734864	-	7014256
2002	55175824	-	7734817
2003	59388150	67	8168167
2004	66537676	66	11076822
2005	70567388	70	13890654
2006	?	?	?

Taşınan yolcu sayısına bakıldığında her yıl artış görülmektedir. 2006 yaz sezonunda taşınacak toplam yolcu sayısının tahmin edilebilmesi için bulanık modelleme kullanılmıştır. Girdi değişkeni olarak yıl ve o yılda F.S.M. köprüsünden geçen araç sayısı, müşteri memnuniyeti anketi sonuçları; çıktı değişkeni olarak ise 2006 yılında yaz mevsiminde denizyolunda taşınacak toplam yolcu sayısı bulunmaktadır. F.S.M. köprüsünden geçen araç sayısının kullanılmasının nedeni İstanbul'da Anadolu ile Avrupa yakası arasında yolcu geçiş talebinin denizyolu kullanımı ile ilintisinin olmasıdır. İDO A.Ş. müşteri memnuniyeti sonuçları da yine taşınacak toplam yolcu sayısı ile bağlantılıdır, müşteriler denizyolu ile seyahatten ne kadar memnun olursalar, o kadar sık kullanacaklardır.

2006 yılında F.S.M. köprüsünden geçen araç sayısının ve müşteri memnuniyeti tahmini için trend analizi yöntemi kullanılmıştır. 2006 yılı araç sayısı tahmini sonucu 69188186,

müşteri memnuniyeti sonucu ise %71 olarak bulunmuştur. 2006 yılı yaz mevsiminde denizyolu ile taşınacak yolcu sayısının tahmininde kullanılan bulanık modelin şeması şekil 3.15'te gösterilmiştir.



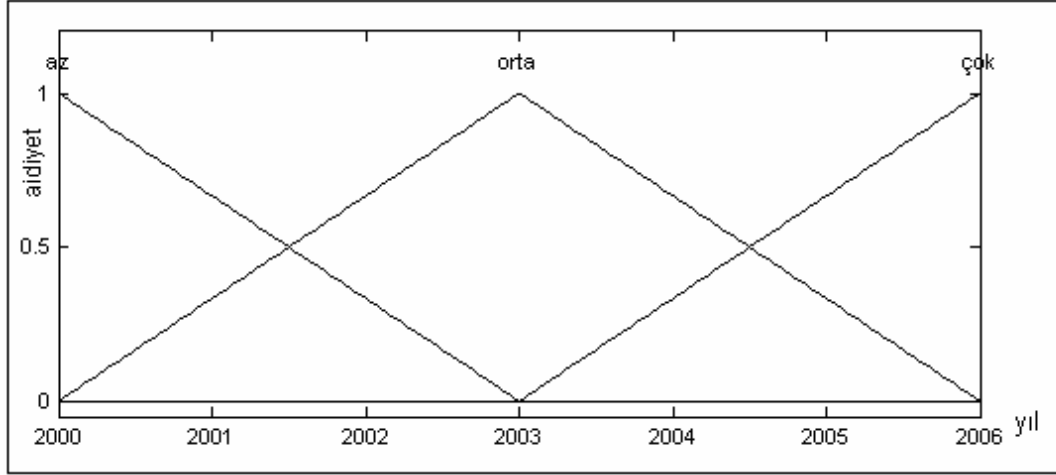
Şekil 3.15 2006 yılında yaz sezonunda denizyolu ile taşınacak yolcu sayısı tahmininde kullanılan bulanık mantık modeli.

Şekil 3.15'te gösterilen bulanık mantık modeli için uzman görüşleriyle tanımlanan kurallar tablo 3.12'de gösterilmiştir. Tablodan görüldüğü gibi girdi değişkenlerinin tümü taşınacak yolcu sayısı ile doğru orantılıdır.

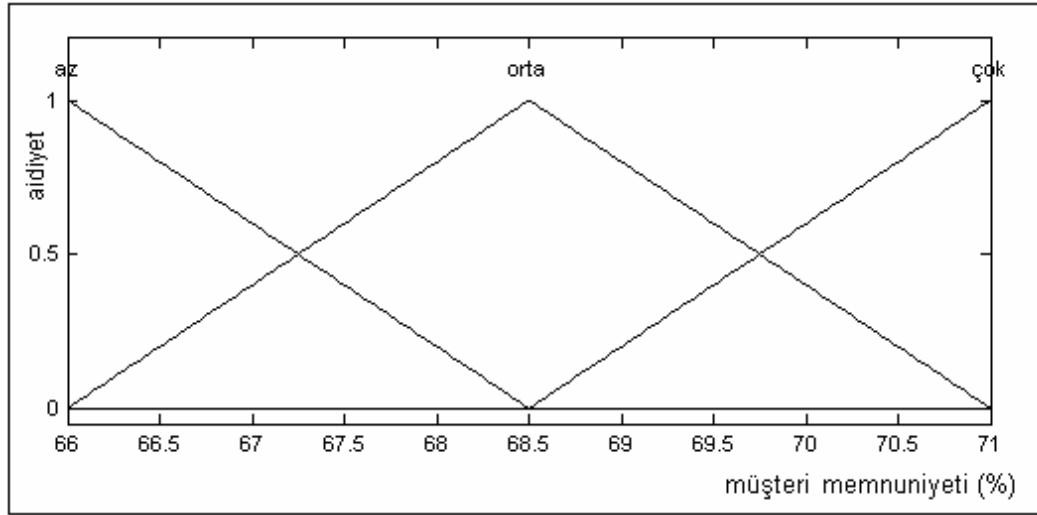
Tablo 3.12 Uzman görüşleriyle oluşturulmuş FAM matrisi.

Girdi Değişkenleri			Çıktı Değişkeni
Yıl	Memnuniyet	Araç Sayısı	Taşınacak Yolcu Sayısı
Az	Az	Çok az	Çok az
Az	Az	Az	Az
Orta	Orta	Orta	Orta
Orta	Orta	Fazla	Fazla
Çok	Çok	Çok fazla	Çok fazla

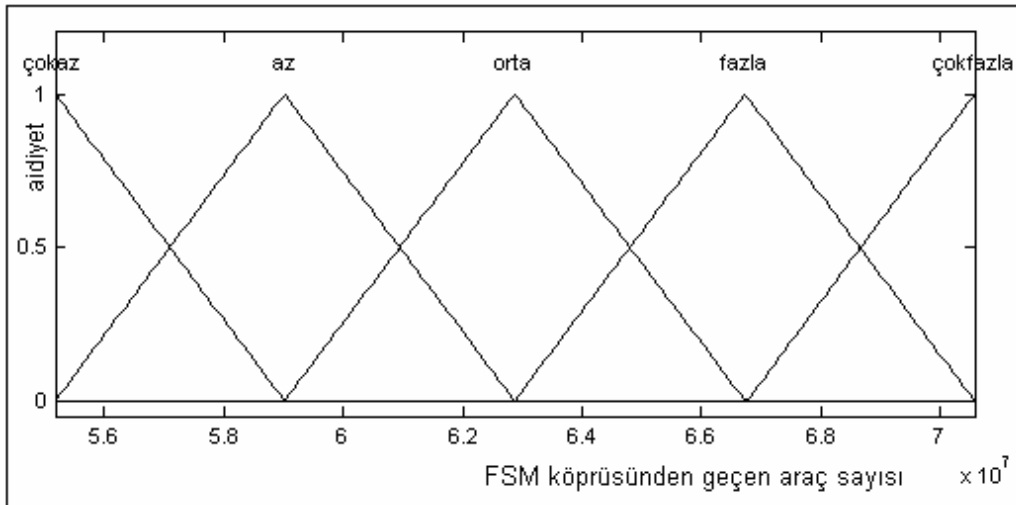
Girdi değişkenleri olan yıl, müşteri memnuniyeti sonuçları ve F.S.M. köprüsünden geçen araç sayıları için tanımlanan üyelik fonksiyonları sırasıyla şekil 3.16, 17 ve 18'de gösterilmiştir. Girdi değişkenlerinden "yıl" için aralık 2000 ile 2006 arası alınmıştır. Bunun sebebi eldeki verilerin bu yılları içermesindedir.



Şekil 3.16 Girdi değişkeni olan “yıl” için tanımlanan üyelik fonksiyonları.

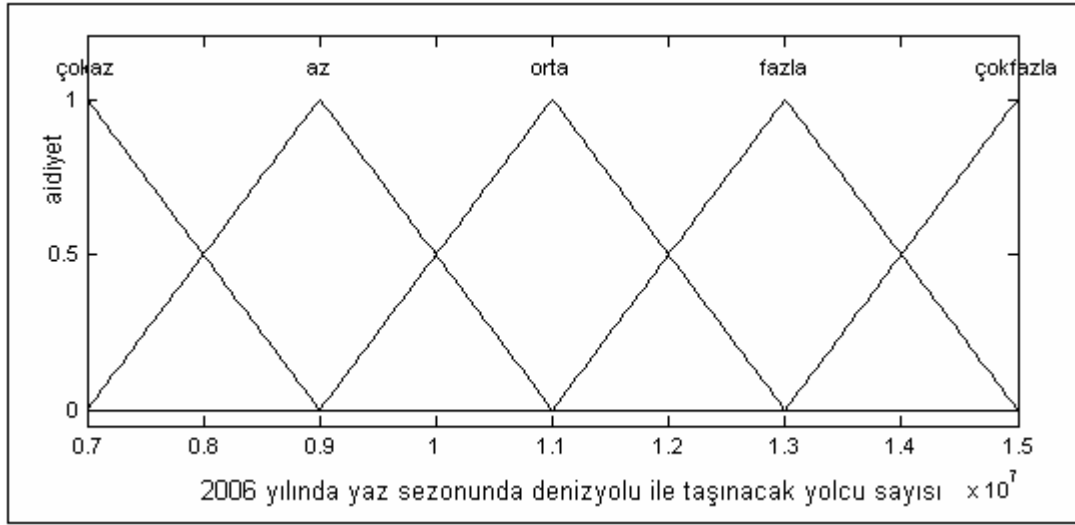


Şekil 3.17 Girdi değişkeni olan “müşteri memnuniyeti” için tanımlanan üyelik fonksiyonları



Şekil 3.18 Girdi değişkeni olan “FSM köprüsünden geçen araç sayısı” için tanımlanan üyelik fonksiyonları.

Şekil 3.19'da çıktı değişkeni olan 2006 yılında yaz sezonunda denizyolu ile taşınacak yolcu sayısı için tanımlanan üyelik fonksiyonları görülmektedir.

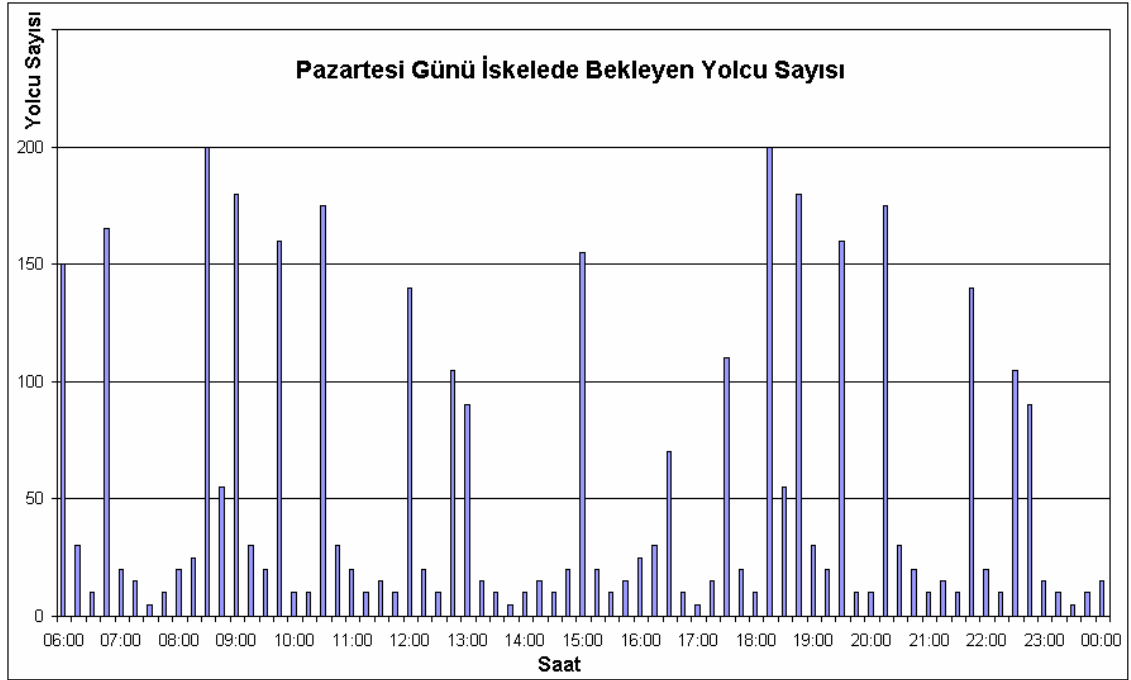


Şekil 3.19 2006 yılında yaz sezonunda denizyolu ile taşınacak yolcu sayısı için tanımlanan üyelik fonksiyonları

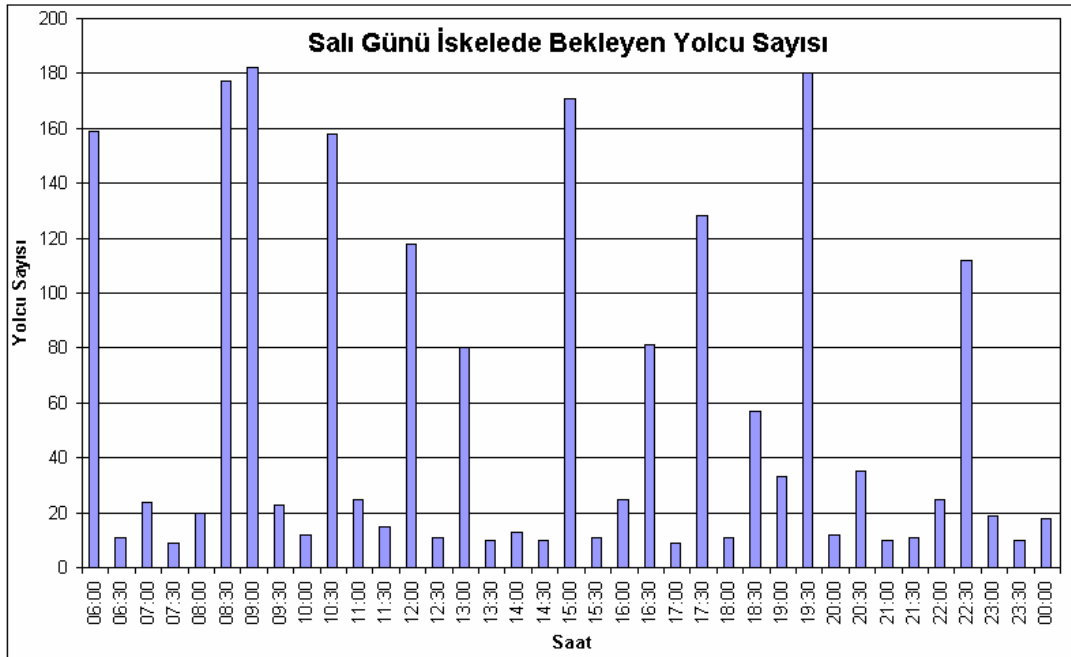
Oluşturulan bulanık modelin girdi değişkenlerinden yıl 2006, araç sayısı 69188186 ve müşteri memnuniyeti değeri %71 olarak girilmiş ve sonuç olarak 2006 yılında yaz mevsiminde taşınacak yolcu sayısı 14290000 olarak tahmin edilmiştir. Bu değer 2005 yılında taşınmış yolcu sayısından %2.87 daha fazladır. Dolayısıyla 2006 yılına ait tarife oluşturulurken 2005 yılında taşınan yolcu sayıları 1.0287 ile çarpılmıştır.

3.3.2 Müşteri Taleplerinin Günlük Dağılımı

Müşteri talep verilerine bakıldığında farklı günlerde, aynı iskeleye, aynı saatte farklı sayıda müşterilerin geldiği görülmektedir. Hafta sonu ise çok daha farklı miktarda müşteri talebi bulunmaktadır. Şekil 3.20 ve 3.21'deki grafikte, bir iskele için Pazartesi ve Salı günlerinde, saat kaçta, kaç müşterinin beklediği görülmektedir.



Şekil 3.20 Pazartesi günü 06:00-00:00 arası iskelede bekleyen toplam yolcu sayıları.



Şekil 3.21 Salı günü 06:00-00:00 arası iskelede bekleyen toplam yolcu sayıları.

Herhangi bir iskelede, farklı günde aynı saatlerde bekleyen yolcu sayıları farklıdır. Örnek olarak Pazartesi günü 06:00'da A iskelesinde bekleyen yolcu sayısı 150 iken, Salı günü aynı saatte bu değer 160'tır. Geliştirilen nöro-bulanık mantık modelinde, iskelede bekleme süresi binen yolcu sayısına da bağlı olduğu için, modelden aynı saat için hafta içi farklı günlerde farklı bekleme süreleri çıkacaktır. Bu da hergün için farklı

bir tarife oluşması anlamına gelir ki, istenmeyen bir durumdur. Hergün için farklı kalkış zamanları yolcuların tarifeyi hatırlamalarını zorlaştıracaktır. Bundan dolayı iskelede bekleme süreleri bulanık model ile hesaplandıktan sonra, hafta içi aynı seferde aynı saatlerde inen ve binen yolcu sayıları için bekleme sürelerinin en büyük değeri alınmıştır, bu işlemler tablo 3.13'te gösterilmiştir. Tablo 3.13'te sadece 1. sefer için düzenlemeler bulunmaktadır. Diğer seferler için yapılan işlemler Ek-D'dedir.

3.3.3 Yeni Tarife Oluşturulması

2006 yılı yaz sezonu Adalar yeni tarifesi için iskelelerde bekleme süreleri hesaplanmadan önce, 2005 yılında taşınan yolcu sayıları bulanık mantık modeli ile talep tahmini sonucundan çıkan 1.0287 katsayısı ile çarpılarak 2006 yılı müşteri talepleri oluşturulmuştur. Tablo 3.13'te haftaiçi günler sütunundaki inen ve binen yolcu sayısı değerleri yapılan talep tahminine göre 2006 yaz sezonu müşteri taleplerini göstermektedir. Örnek olarak Tablo 3.13'te Pazartesi günü sabah saat 05:40 ile 05:50 arasında Büyükada'dan gemiye binen yolcu sayısı 320'dir. Bu değer 2005 yılı yaz tarifesinin bulanık mantık model ile yapılan tahmin sonucu ile çarpılarak bulunmuştur.

Tablo 3.13 Haftaiçi talep dalgalanmasından dolayı iskelelerde bekleme sürelerinin en büyüğünün alınması işlemi.

Adalar Mevcut Tarife 1. Sefer			P.tesi	Salı	Çarş.	Perş.	Cuma	İBS**
Çınarcık	Geliş		İYS					(YENİ TARİFE)
	Kalkış		BYS					
			İBS					0
Yalova	Geliş		İYS					
	Kalkış		BYS					
			İBS					0
Sedef	Geliş		İYS					
	Kalkış		BYS					
			İBS					0
Büyükada	Geliş	05:40	İYS	0	0	0	0	
	Kalkış	05:50	BYS	320	315	311	317	310
			İBS	6,4	6,22	6,2	6,34	6,2
Heybeliada	Geliş	05:56	İYS	55	53	57	50	52
	Kalkış	06:00	BYS	160	157	161	155	150
			İBS	3,83	3,76	3,87	3,69	3,62
Burgazada	Geliş	06:08	İYS	127	125	120	115	117
	Kalkış	06:15	BYS	272	280	275	273	270
			İBS	6,14	6,23	6,14	6,08	6,06
Kınalıada	Geliş	06:25	İYS	88	75	80	83	77
	Kalkış	06:30	BYS	181	180	184	176	173
			İBS	4,53	4,38	4,49	4,4	4,29
Bostancı	Geliş		İYS					
	Kalkış		BYS					
			İBS					0
Kadıköy	Geliş		İYS					
	Kalkış		BYS					
			İBS					0
Kabataş	Geliş		İYS					
	Kalkış		BYS					
			İBS					0
Sirkeci	Geliş	07:10	İYS	663	679	674	673	657
	Kalkış	07:18	BYS	0	0	0	0	0
			İBS	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Sefer Süresi (Dk.)			98					
Gemilerin İskelelerde								
Toplam Bekleme Süreleri			34					31
* İYS(jnen yolcu sayısı) ve YYS(binlen yolcu sayısı) değerleri talep tahminine göre 2006 yaz sezonunda o saatte gelecek müşteri sayısıdır.								
**İBS(iskelede bekleme süresi)								

Tablo 3.13'ün soldan üçüncü sütununda mevcut Adalar tarifesinde 1. seferde geminin iskelelere geliş ve kalkış zamanları görülmektedir. Gemiler tablodaki iskelelere yukarıdan aşağıya doğru uğrayarak gitmektedir. Haftaiçi günler sütunlarında o gün 1. seferde kaç müşterinin geleceği tahminleri bulunmaktadır. Bu tahmin değerleri, bulanık

modelleme ile bulunan katsayı(1.0287) ile 2005 yılı talep verileri çarpılarak bulunmuştur. Böylelikle değişen müşteri talepleri de gözönüne alınarak en doğru sonuca ulaşmak hedeflenmiştir. Tablodaki iskelede bekleme süreleri değerleri Wang-Mendel'in geliştirdikleri nöro-bulanık model ile hesaplanmıştır. Tabloda haftaiçi günler sütununda gri renkle gösterilen hücreler haftaiçi iskelede bekleme sürelerinin en yüksek değerini göstermektedir. Tablonun en sağındaki sütunda yeni tarifede kullanılacak olan iskelede bekleme sürelerinin son hali bulunmaktadır. Bu sütunda küsuratlı çıkan değerler, sürenin yeterli olması için, bir üst tamsayıya yuvarlanmıştır.

Sonuç olarak yeni tarifede kullanılacak olan bekleme süreleri her sefer ve iskele için hesaplanmıştır. Yeni tarife oluşturulurken yolcuların gidecekleri yerlere önceki tarifeye göre en az sapma ile gitmeleri hedeflenmiştir.

Yeni tarifede tablo 3.13 ve Ek-D'deki tablolarda bulunan bekleme süreleri kullanılmıştır. Yeni tarifeye 1. seferden başlanarak sırasıyla ilk 7 sefer tablo 3.14'e yerleştirilmiştir. Yeni tarifede her seferin alt satırında, toplam sefer süresi kısalması ve gemilerin iskelelerde bekleme süresinin kısalması dakika ve yüzde olarak gösterilmiştir.

Tablo 3.14 Yeni tarifede gemilerin iskelelere geliş-kalkış zamanları, toplam sefer ve iskelelerde bekleme süreleri.

Adalar Yeni Tarife		Sefer 1	Sefer 2	Sefer 3	Sefer 4	Sefer 5	Sefer 6	Sefer 7
Çınarcık	Geliş						06:30	
	Kalkış						06:38	
Yalova	Geliş			06:10				
	Kalkış			06:18				
Sedef	Geliş					06:25		
	Kalkış					06:32		
Büyükada	Geliş	05:43	05:54	07:13		06:42	07:43	06:33
	Kalkış	05:50	06:02	07:21		06:47	07:51	06:41
Heybeliada	Geliş	05:56	06:08	07:27		06:53	07:57	06:47
	Kalkış	06:00	06:15	07:34		07:00	08:05	06:54
Burgazada	Geliş	06:08			06:12			07:02
	Kalkış	06:15			06:20			07:08
Kınalıada	Geliş	06:25			06:30			07:18
	Kalkış	06:30			06:35			07:23
Bostancı	Geliş		06:40		07:00	07:25		
	Kalkış		06:48		07:08	07:33		
Kadıköy	Geliş							07:53
	Kalkış							08:00
Kabataş	Geliş			08:14			08:45	
	Kalkış			08:22			08:52	
Sirkeci	Geliş	07:10		08:30			09:00	08:10
	Kalkış	07:18		08:38			09:08	08:18
Eski Tarifede Sefer Süresi (Dakika)		98	58	158	58	73	168	113
Yeni Tarifede Sefer Süresi (Dakika)		95	54	148	56	68	158	105
Sefer Süresinde Azalma (Dakika)		3	4	10	2	5	10	8
Sefer Süresinde % Azalma		3,06	6,9	6,33	3,45	6,85	5,92	7,08
Eski Tarifede Gemilerin İskelelerde Toplam Bekleme Süreleri (Dakika)		34	27	49	23	32	49	49
Yeni Tarifede Gemilerin İskelelerde Toplam Bekleme Süreleri (Dakika)		31	23	39	21	27	39	41
Gemilerin İskelelerde Toplam Bekleme Sürelerinde Azalma (Dakika)		3	4	10	2	5	10	8
Gemilerin İskelede Bekleme Sürelerinde % Azalma		8,82	14,81	20,41	8,7	15,63	16,33	16,33

Tablo 3.14'e bakıldığında her sefer için varış süreleri değişmeden toplam sefer süreleri kısaltıldığı görülmektedir. Sefer sürelerindeki kısalma gemilerin iskelelerde bekleme sürelerinin azaltılmasıyla sağlanmıştır. 3 nolu seferde iskelede toplam bekleme süresinde %20,41'lik bir kısalma sağlanmıştır. İskelelerin kullanım süreleri taşınan yolcu sayısından ödün vermeden minimize edilmiştir. Geliştirilen nöro-bulanık model ileride tarife güncelleştirme işlemlerinde de başarıyla kullanılabilir.

4.BULGULAR

Bu çalışmada, Adalar hattı için şehirhatları vapurları 2006 yılı yaz sezonu hafta içi tarifesi oluşturulmuştur. Yeni tarife oluşturulurken eskisi üzerinde, seferlerin son noktasına varış anı değiştirilmeden iskelede bekleme süreleri azaltılarak toplam sefer süreleri kısaltılmıştır. Eski tarifenin kullanılmasının nedeni, geçmiş yıllardaki müşteri taleplerinden yararlanılmak istenmesidir.

Oluşturulan yeni tarifenin eskisinden farkı, iskelede bekleme sürelerinin inen ve binen yolcu sayılarına göre hesaplanmış olmasıdır. Yeni tarife oluşturulurken, iskelede bekleme süresi hesaplanması sürecinde, kural tabanı uzman görüşleriyle oluşturulmuş bulanık model, Wang ve Mendel'in geliştirdikleri sayısal örneklerden bulanık kural çıkarımı yöntemi ve Wang-Mendel'le birlikte Mamdani'nin yorumlama mekanizması yöntemleri uygulanmıştır. Kullanılan bu yöntemler içinde en az hata veren Wang ve Mendel'in geliştirdikleri sayısal örneklerden bulanık kural çıkarımı yöntemi olduğu için, yeni tarifede iskelede bekleme sürelerinin hesaplanmasında bu metod kullanılmıştır. Böylelikle gerçek verilerden yararlanılarak gerçeğe çok yakın bir model kurulmuştur.

Yeni tarifede iskelelerde bekleme süresi hesaplanırken, esas olarak o iskelede inen ve binen yolcu sayıları dikkate alınmıştır. İnen ve binen yolcu sayılarının tahmin edilmesinde ise trend analizi yöntemi ve kural tabanı uzman görüşleriyle oluşturulmuş bulanık modelleme kullanılmıştır. Yapay sinir ağları ya da Wang-Mendel'in geliştirdikleri sayısal örneklerden bulanık kural çıkarımı yöntemi kullanılmamasının sebebi, mevcut verilerin sadece son 6 yıla ait olmasıdır. Veri sayısı az olduğu zaman öğrenme gerçekleşmemektedir. Taşınacak yolcu sayısının tahmininde kullanılan bulanık modelin girdi değişkeni olarak son üç yıl içinde denizyolu yolcuları arasında yapılmış müşteri memnuniyeti anket sonuçları ve altı yıl içinde Fatih Sultan Mehmet köprüsünden geçen araç sayısı alınmıştır. Kural tabanı oluşturulurken müşteri memnuniyeti ve araç sayısı değerlerinin taşınacak yolcu sayısı ile doğru orantılı olduğu

gözönüne alınmıştır. Yapılan tahmin sonucunda 2006 yılında denizyolu yolcu taşımacılığında 2005 yılına göre yaklaşık %2.8'lik bir artış öngörülmüştür. 2006 yılı yaz sezonuna ait tarife oluşturulurken, 2005 yılında taşınan yolcu sayısı, tahmin sonucuna göre artırılmıştır. Böylelikle hatanın en aza indirilmesi hedeflenmiştir.

Haftaiçi günlerde müşteri taleplerinin hergün değişken olmasından dolayı, 2005 yılı yaz sezonu tarifesi boyunca her iskele için 5 ayrı günün bekleme sürelerinden en yükseği alınarak, tüm yolcuların gemilere binme ve inme süreleri garantiye alınmıştır. Yeni tarife oluşturulurken iskele kısıtları da gözönüne alınmıştır.

Yeni tarife oluşturmanın amacı, iskelelerde gerektiği kadar beklenme yapılabilmesi, sonuç olarak da hem iskelelerin hem de gemilerin en yüksek verimde kullanılmasıdır. Bu çalışma, ileride yeni tarifelerin güncelleştirilmesinde kullanılabilir, ayrıca yeni sefer konulmasında yardımcı olacaktır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Karayolu trafiği problemlerinin gün geçtikçe daha da arttığı, üç tarafı denizlerle çevrili İstanbul ilinde denizyolu ile yapılan yolculuklar önemli bir ulaşım alternatifi teşkil etmektedir. Denizyolu taşımacılığı birim taşıma maliyeti düşük olan toplu taşıma sistemlerinden biridir. İstanbul’da denizyolu taşımacılığından daha verimli bir şekilde yararlanabilmek için tarife oluşturulmasında karar destek sistemlerine ihtiyaç vardır.

Denize kıyısı olmayan ülkelerin bile denizlerde faaliyet gösterdiği günümüzde iki yarımadadan oluşan Türkiye için hem iç, hem de dış ticaret açısından, deniz ulaştırıcılığının kitlesel taşımacılık sunmasının ve ekonomik olmasının büyük önemi vardır. Hem iskelelerden hem de gemilerden yüksek verim alabilmek için yük ve yolcu taşımacılığında, tarife oluştururken, limanlarda veya iskelelerde bekleme süresinin belirlenmesinin büyük önemi vardır.

Denizyolu ile yolcu taşımacılığındaki gemi çizelgeleme problemleri insanların seyahat taleplerine bağlı olduğundan dolayı stokastiktir ve her geminin kendine has özellikleri olmasından dolayı da dinamik bir yapıya sahiptir. Gemi çizelgelemede dikkate alınması gerekenler iskelelerde inen ve binen yolcu sayıları, iskele kısıtları, gemilerin yolcu kapasitesi ve gemilere özgü kısıtlardır. Yeni bir iskele maliyeti oldukça yüksek ve birçok iskeleye sadece bir gemi yanaşabildiğinden, mevcut filodaki herhangi bir geminin iskelede bekleme süresinin belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu çalışmada rotası belli olan bir deniz filosu için yeni bir tarife oluşturulmuştur. Yeni tarifede mevcut bir seferin son noktasına varış anı değiştirilmeden, sadece o iskeleye gelene kadar uğranılan iskelelerdeki bekleme süreleri azaltılarak toplam sefer süresi kısaltılmıştır. Bazı iskelelerde bekleme süresinin zaten minimum değerde olduğu görülmüştür. Eski tarife iskele kısıtlarına göre uzman kişiler tarafından yapılmıştır. Yeni tarifede ise iskelede bekleme süreleri söz konusu iskelede gemiden inen ve gemiye binen yolcu sayısına ve iskele kısıtlarına göre belirlenmiştir.

Oluşturulacak yeni tarife ileriye dönük olduğu için taşınacak yolcu sayıları belirlenirken talep tahmini yapılmıştır. Eldeki verilerin sayı olarak az olmasından dolayı yapay sinir ağları veya Wang-Mendel'in geliştirdikleri sayısal örneklerden bulanık kural çıkarımı yöntemi kullanılmamıştır. Taşınacak yolcu sayısının tahmininde trend analizi ve bulanık modelleme yöntemleri birlikte kullanılmıştır, böylelikle hata payının en aza indirilmesi hedeflenmiştir.

İskelede bekleme süresinin inen ve binen yolcu sayısına bağlılığında çeşitli belirsizlikler olmasından dolayı, bulanık modelleme kullanılmıştır. Girdi değişkenleri olan inen ve binen yolcu sayısının bekleme süresine bağlılığının anlaşılabilmesi için zaman ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen bu gerçek veriler Wang-Mendel Nöro-Bulanık Kural Çıkarım Metodu ile işlenerek iskelede bekleme süresini hesaplayan bir model üretilmiştir. Bu modelle tüm iskeleler için ayrı ayrı bekleme süreleri hesaplanmıştır. Elde edilen yeni bekleme süreleri ile yeni bir tarife oluşturma yoluna gidilerek hem iskelelerden hem gemilerden daha verimli bir şekilde yararlanılması amaçlanmıştır.

Elde edilen yeni tarifede, birçok seferde, sefer süresi kısaltılmıştır. İskelede toplam bekleme sürelerinde %20'yi aşan kısaltmalar elde edilmiştir. Böylelikle, toplam seyahat süresi kısaldığı için daha çok insan denizyolunu kullanacaktır. Ayrıca iskelelerde yapılan beklemeler azaltıldığı için ileride yeni bir sefer eklenmesi söz konusu olduğu zaman, iskele kısıtları da azalmış olacaktır.

KAYNAKLAR

AKTEN, N., 1992, *Liman Planlaması*, Yüksek Lisans, İstanbul.

AKTEN, N., 1994, *İstanbul Ulaşımında Denizden Yararlanma*, Renk Ajans, İstanbul, Yayın No:1994-29.

ALI, Y.M.; ZHANG, L., 2001, A Methodology For Fuzzy Modeling of Engineering Systems, *Fuzzy Sets and Systems*, 118(2001), 184.

BALLOU, R. H., 1999, *Business Logistics Management: Planning*, Prentice Hall; 4th Bk&Cdr edition, 0137956592.

BRØNMO, G.; CHRISTIANSEN, M.; FAGERHOLT, K.; NYGREEN, B.; Baskıda, A Multi-Start Local Search Heuristic For Ship Scheduling—A Computational Study, *Computers&Operations Search*, 1-2.

COX, E., 2000, *Fuzzy Logic for Business and Industry with Disk*, Delmar Thomson Learning, 1886801010.

DENİZCE, 2006, *Denizci Dili* [online], <http://www.denizce.com/denizdil.asp?harf=G> [Ziyaret Tarihi 21.06.2006]

ESNAF, Ş., MANİSALI, E., KÜÇÜKDENİZ, T., 2004, Simulation of a Fuzzy Periodic Review Inventory Control System, 4th International Symposium on Intelligent Manufacturing Systems, Sakarya University , 6-8 September, 2004.

ESNAF, Ş, 2001, Simulation of a Fuzzy Continuous Review Inventory Control System, 3rd International Symposium on Intelligent Manufacturing Systems, Sakarya University , August 30-31, 2001.

ESNAF, Ş, 2005, Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Ders Notları, 54.

ESNAF, Ş, 2006, Yapay Zeka ve Uzman Sistemler Ders Notları.

FAGERHOLT, K.; CHRISTIANSEN, M., 2000, A Travelling Salesman Problem with Allocation, Time Window and Precedence Constraints – an Application to Ship Scheduling, *International Transactions in Operational Research*, 7 (2000), 233.

FATİH SULTAN MEHMET KÖPRÜSÜ BAKIM İŞLETME BAŞMÜHENDİSLİĞİ, 2006.

GEZERA VCI, M., 2005, *Türkiye'nin Dış Ticaretinde Yük Türlerine Göre Tercih Edilen Taşımacılık Şekilleri*, Lisans, İstanbul Üniversitesi Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Bölümü.

HAPKE, M.; WESOLEK, P., 2003, Handling Imprecision And Flexible Constraints In Vehicle Routing Problems: Fuzzy Approach[online], Institute of Computing Science, Poznań University of Technology, Poland, www.cs.put.poznan.pl/pwesolek/pubs/hapke03handling.pdf, [Ziyaret Tarihi 21.06.2006].

İDO, 2006, *Deniz Otobüsü ve Hızlı Feribot 2006 Yaz Tarifesi Adalar Seferleri*[online], İDO İstanbul Deniz Otobüsleri A.Ş., <http://www.ido.com.tr/index.cfm?page=SubPage&kapsam=223&textid=402&ln=TR> [Ziyaret Tarihi 21.06.2006].

İDO, 2006, *Tarihçe*[online], İDO İstanbul Deniz Otobüsleri A.Ş., <http://www.ido.com.tr/index.cfm?page=SubPage&textid=6&kapsam=1&ln=TR>. [Ziyaret Tarihi 07.06.2006]

İDO, 2006, *Faaliyet Raporu 2005*, İstanbul Büyükşehir Belediyesi.

KİŞİ, H., 1992, *Türkiye'de Deniz Ulaştırmacılığında Başlıca Kara Tesis, Kurum ve Kuruluşlarının Rolü*, Doktora, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

KORAY, N., 2004, *Lojistik Sektöründe Denizyolu Taşımacılığının Önemi ve Limanlar*[online], Ekol Lojistik, www.ekol.com/pressMedia_08_tr.html, [Ziyaret Tarihi 08.06.2006].

KÜÇÜKDENİZ, T., 2004, *Tedarik Zinciri Yönetiminde Bulanık Modelleme*, Yüksek Lisans, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

LEE, H. L., ve BILLINGTON C., 1993. Material Management in Decentralized Supply Chains, *Operations Research*, 41, 5, 835-847.

LI, G., YANG, J., YE, C. ve GENG D., 2006, Degree Prediction of Malignancy In Brain Glioma Using Support Vector Machines, *Computers in Biology and Medicine*, Cilt 36, Bölüm 3, 313-325.

MARKOWSKA, U. ve TRELAK, W., 2005, Fuzzy Logic and Evolutionary Algorithm—Two Techniques In Rule Extraction From Neural Networks, *Neurocomputing*, Cilt 63, 359-379.

MORAGA, C., 2002, *Neuro-Fuzzy Systems For Rule Extraction*[online], University of Dortmund, www.icsc-naiso.org/conferences/nf2002/Tutorialmoraga.doc, [Ziyaret Tarihi: 20 Temmuz 2006].

MUNRO-SMITH, R, 1975, *Transport Costs per Tonne-mile*, Merchant Ship Types, Londra, 104.

SCHUT, M., 2005, *Distributed Ship Scheduling with Partially Known Time Windows*, www.few.vu.nl/~schut/downloads/2005-compit.pdf, Vrije Universiteit, Amsterdam, Hollanda, [Ziyaret Tarihi 20/04/2006].

TAŞGETİREN, F., 1996, *Atelye Tipi Çizelgeleme Problemi İçin Bir Uzman-Yapay Sinir Ağı Modeli*, Doktora, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

ULAŞTIRMA BAKANLIĞI VERİLERİ, *Ulaştırma Sistemlerinin Taşıma Maliyeti Analizi ve Çevresel Etkileri*, cilt:9, sf. 15,16,17,31,32.

UNITED NATIONS, *Transport Nodes and Technologies for Development*, Tablo 3, s. 25.

WANG, L. ve YEN, J., 1999, Extracting Fuzzy Rules For System Modeling Using A Hybrid Of Genetic Algorithms and Kalman Filter, *Fuzzy Sets and Systems*, Cilt 101, Bölüm 3, 353-362.

WANG, L. X. ve MENDEL, J. M., 1992, Generating fuzzy rules by learning from examples, *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern.*, vol. 22, sf. 1414–1427.

WIKIPEDIA, 2006, Knot, <http://tr.wikipedia.org/wiki/Knot>, [Ziyaret Tarihi 13.06.2006].

ZADEH, L., 1995, *Fuzzy Logic Forward*, Fuzzy Logic Toolbox V6.0 Yardım Dökümanı, Berkeley, ABD.

ZENGİN, S., 2006, www.denizcilik.gov.tr/evrakbilgi/pictures/Sedat%20ZENGİN.doc, [Ziyaret Tarihi: 8.6.2006].

EKLER

EK-A WANG-MENDEL KURAL ÇIKARIMI SÜRECİNDE GEÇİCİ KURAL MATRİSİNİN OLUŞTURULMASINDA KULLANILAN EXCEL TABLOSU

Wang-Mendel Nöro-Bulanık kural çıkarım sürecinde aşağıdaki tablolardaki veriler işlenmiştir. Toplam 50 satırlık gerçek veri bulunmaktadır. Bulanık modelin girdi ve çıktı değişkenleri için tüm üyelik fonksiyonları Microsoft Excel programında tanımlanmıştır. Girdi değişkeni olan inen yolcu sayısının üyelik fonksiyonlarının tanımlanmasında aşağıdaki cümleler kullanılmıştır:

İnen Yolcu Sayısı	Komut(1. satır için)
$\mu_{\text{çok az}}(\text{İYS})$	=EĞER(VE(B3<=375;0<=B3);(375-B3)/375;0)
$\mu_{\text{az}}(\text{İYS})$	=EĞER(VE(B3<=375;B3>0);B3/375;EĞER(VE(B3>375;B3<=750);(750-B3)/375;0))
$\mu_{\text{orta}}(\text{İYS})$	=EĞER(VE(B3<=750;B3>375);(B3-375)/375;EĞER(VE(B3>750;B3<=1125);(1125-B3)/375;0))
$\mu_{\text{fazla}}(\text{İYS})$	=EĞER(VE(B3<=1125;B3>750);(B3-750)/375;EĞER(VE(B3>1125;B3<=1500);(1500-B3)/375;0))
$\mu_{\text{çok fazla}}(\text{İYS})$	=EĞER(VE(B3<=1500;B3>1125);(B3-1125)/375;0)
MAX	=MAK(C3;G3)
Bölge	=EĞER(KAÇINCI(H3;C3;G3;0)=1;1;EĞER(KAÇINCI(H3;C3;G3;0)=2;2;EĞER(KAÇINCI(H3;C3;G3;0)=3;3;EĞER(KAÇINCI(H3;C3;G3;0)=4;4;5))))

Yukarıdaki tabloda B3 inen yolcu sayısının girildiği hücredir. C3, D3, E3, F3 ve G3 hücreleri sırasıyla “çok az”, “az”, “orta”, “fazla” ve “çok fazla” kümelerine aidiyeti göstermektedir. H3 hücresi aidiyetlerin maksimumudur. Girdi değişkeninin değeri en çok hangi üyelik fonksiyonuna aitse bölge sütunu o bölgeyi gösterir.

Binen yolcu sayısının üyelik fonksiyonlarının tanımlanmasında aşağıdaki cümleler kullanılmıştır:

Binen Yolcu Sayısı	Komut(1. satır için)
$\mu_{\text{çokaz}}(\text{BYS})$	=EĞER(VE(J3<=7,5;0<=J3);(7,5-J3)/7,5;0)
$\mu_{\text{az}}(\text{BYS})$	=EĞER(VE(J3<=7,5;J3>0);J3/7,5;EĞER(VE(J3>7,5;J3<=15);(15-J3)/7,5;0))
$\mu_{\text{orta}}(\text{BYS})$	=EĞER(VE(J3<=15;J3>7,5);(J3-7,5)/7,5;EĞER(VE(J3>15;J3<=22,5);(22,5-J3)/7,5;0))
$\mu_{\text{fazla}}(\text{BYS})$	=EĞER(VE(J3<=22,5;J3>15);(J3-15)/7,5;EĞER(VE(J3>22,5;J3<=30);(30-J3)/7,5;0))
$\mu_{\text{çokfazla}}(\text{BYS})$	=EĞER(VE(J3<=30;J3>22,5);(J3-22,5)/7,5;0)
MAX	=MAK(K3:O3)
Bölge	=EĞER(KAÇINCI(P3;K3:O3;0)=1;1;EĞER(KAÇINCI(P3;K3:O3;0)=2;2;EĞER(KAÇINCI(P3;K3:O3;0)=3;3;EĞER(KAÇINCI(P3;K3:O3;0)=4;4;5))))

Yukarıdaki tabloda J3 binen yolcu sayısının girildiği hücredir. K3, L3, M3, N3 ve O3 hücreleri sırasıyla “çok az”, “az”, “orta”, “fazla” ve “çok fazla” kümelerine aidiyeti göstermektedir. P3 hücresi aidiyetlerin maksimumudur. Girdi değişkeninin değeri en çok hangi üyelik fonksiyonuna aitse bölge sütunu o bölgeyi gösterir.

Çıktı değişkeni olan iskelede bekleme süresinin üyelik fonksiyonlarının tanımlanmasında aşağıdaki cümleler kullanılmıştır:

İskelede Bekleme Süresi	Komut(1. satır için)
$\mu_{\text{çokaz}}(\text{İBS})$	=EĞER(VE(R3<=7,5;0<=R3);(7,5-R3)/7,5;0)
$\mu_{\text{az}}(\text{İBS})$	=EĞER(VE(R3<=7,5;R3>0);R3/7,5;EĞER(VE(R3>7,5;R3<=15);(15-R3)/7,5;0))
$\mu_{\text{orta}}(\text{İBS})$	=EĞER(VE(R3<=15;R3>7,5);(R3-7,5)/7,5;EĞER(VE(R3>15;R3<=22,5);(22,5-R3)/7,5;0))
$\mu_{\text{fazla}}(\text{İBS})$	=EĞER(VE(R3<=22,5;R3>15);(R3-15)/7,5;EĞER(VE(R3>22,5;R3<=30);(30-R3)/7,5;0))
$\mu_{\text{çokfazla}}(\text{İBS})$	=EĞER(VE(R3<=30;R3>22,5);(R3-22,5)/7,5;0)
MAX	=MAK(S3:W3)
Bölge	=EĞER(KAÇINCI(X3;S3:W3;0)=1;1;EĞER(KAÇINCI(X3;S3:W3;0)=2;2;EĞER(KAÇINCI(X3;S3:W3;0)=3;3;EĞER(KAÇINCI(X3;S3:W3;0)=4;4;5))))

Yukarıdaki tabloda R3 iskelede bekleme süresinin girildiği hücredir. S3, T3, U3, V3 ve W3 hücreleri sırasıyla “çok az”, “az”, “orta”, “fazla” ve “çok fazla” kümelerine aidiyeti göstermektedir. X3 hücresi aidiyetlerin maksimumudur. Girdi değişkeninin değeri en çok hangi üyelik fonksiyonuna aitse bölge sütunu o bölgeyi gösterir.

St.	İnen						Yolcu						Samsi(V/S)	Binen						Yolcu						Samsi(B/S)	İskelede						Bekleme						Suresi(ki)(İBS)						Kurali Drc.	G.	Kalki Drc.
	İVS	µçaz	jaz	porta	µfaz	µç.t.	MAX	B.	BVS	µçaz	jaz	porta		µfaz	µç.t.	MAX	B.	İBS	µçaz	jaz	porta	µfaz	µç.t.	MAX	B.		İBS	µçaz	jaz	porta	µfaz	µç.t.	MAX	B.	İBS	µçaz	jaz	porta	µfaz	µç.t.	MAX	B.	İBS	µçaz			
1	102	0,728	0,272	0	0	0,728	1	173	0,539	0,461	0	0	0	0,539	1	4,5	0,4	0,8	0	0	0	0	0	0,8	2	0,235	1	0,235																			
2	95	0,747	0,253	0	0	0,747	1	86	0,771	0,229	0	0	0	0,771	1	3,7	0,507	0,483	0	0	0	0	0	0,507	1	0,292	1	0,292																			
3	311	0,171	0,829	0	0	0	2	503	0	0,659	0,341	0	0	0,659	2	7,47	0,004	0,996	0	0	0	0	0	0,996	2	0,544	1	0,544																			
4	524	0	0,603	0,397	0	0	2	362	0,061	0,939	0	0	0	0,939	2	6,2	0,173	0,827	0	0	0	0	0	0,827	2	0,468	1	0,468																			
5	789	0	0	0,976	0,024	0	3	640	0	0,293	0,707	0	0	0,707	3	10,9	0	0,547	0,453	0	0	0	0	0,547	2	0,377	1	0,377																			
6	723	0	0,072	0,928	0	0	3	834	0	0	0,776	0,224	0	0,776	3	13,95	0	0,14	0,86	0	0	0	0,86	3	0,619	1	0,619																				
7	854	0	0	0,723	0,277	0	3	1066	0	0	0,194	0,806	0	0,806	4	18,16	0	0	0,579	0,421	0	0	0	0,579	3	0,341	1	0,341																			
8	1204	0	0	0	0,789	0,211	4	950	0	0	0,467	0,533	0	0,533	4	18,69	0	0	0,508	0,492	0	0	0	0,508	3	0,214	1	0,214																			
9	1106	0	0	0,051	0,949	0	4	1305	0	0	0,52	0,48	0,52	0,48	4	23,71	0	0	0,839	0,161	0,839	4	0,414	1	0,414																						
10	1255	0	0	0	0,653	0,347	4	1403	0	0	0,259	0,741	0,741	0,741	5	26,3	0	0	0,463	0,507	0,507	5	0,245	1	0,245																						
11	127	0,661	0,339	0	0	0,661	1	252	0,328	0,672	0	0	0	0,672	2	5	0,333	0,667	0	0	0	0	0,667	2	0,293	1	0,293																				
12	132	0,648	0,352	0	0	0,648	1	518	0	0,619	0,381	0	0	0,619	2	7,5	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0,401	1	0,401																			
13	113	0,699	0,301	0	0	0,699	1	736	0	0,037	0,963	0	0	0,963	3	11,06	0	0,525	0,475	0	0	0	0	0,525	2	0,353	1	0,353																			
14	92	0,755	0,245	0	0	0,755	1	728	0	0,059	0,941	0	0	0,941	3	10,73	0	0,559	0,431	0	0	0	0	0,559	2	0,404	1	0,404																			
15	78	0,792	0,208	0	0	0,792	1	1057	0	0	0,181	0,819	0	0,819	4	15,98	0	0	0,869	0,131	0,869	3	0,584	3	0,584	1	0,584																				
16	86	0,771	0,229	0	0	0,771	1	1308	0	0	0,512	0,488	0,512	0,488	4	20,05	0	0	0,327	0,673	0	0,673	4	0,266	1	0,266																					
17	104	0,723	0,277	0	0	0,723	1	1466	0	0	0,117	0,883	0,883	0,883	5	22,66	0	0	0,979	0,021	0,979	4	0,624	1	0,624																						
18	303	0,192	0,808	0	0	0,808	2	88	0,755	0,245	0	0	0	0,755	1	4	0,467	0,533	0	0	0	0	0,533	2	0,33	1	0,33																				
19	290	0,227	0,773	0	0	0,773	2	72	0,808	0,192	0	0	0	0,808	1	4,4	0,413	0,587	0	0	0	0	0,587	2	0,367	1	0,367																				
20	359	0,048	0,957	0	0	0,957	2	652	0	0,261	0,739	0	0	0,739	3	10	0	0,667	0,333	0	0	0	0,667	2	0,471	1	0,471																				
21	357	0	0,968	0,032	0	0,968	2	805	0	0	0,853	0,147	0	0,853	3	12,5	0	0,333	0,667	0	0	0	0,667	3	0,551	1	0,551																				
22	402	0	0,928	0,072	0	0,928	2	970	0	0	0,413	0,587	0	0,587	4	15,26	0	0	0,965	0,035	0	0,965	3	0,528	1	0,528																					
23	411	0	0,904	0,096	0	0,904	2	1203	0	0	0,792	0,208	0,792	0,208	4	19,05	0	0	0,46	0,54	0	0,54	4	0,387	1	0,387																					
24	405	0	0,92	0,08	0	0,92	2	1474	0	0	0,069	0,931	0,931	0,931	5	23,45	0	0	0,873	0,127	0,873	4	0,748	1	0,748																						
25	703	0	0,125	0,875	0	0,875	3	157	0,581	0,419	0	0	0	0,581	1	5,5	0,267	0,733	0	0	0	0	0,733	4	0,373	1	0,373																				
26	722	0	0,075	0,925	0	0,925	3	254	0,323	0,677	0	0	0	0,677	2	6,3	0,16	0,84	0	0	0	0	0,84	2	0,526	1	0,526																				
27	757	0	0	0,901	0,099	0	3	421	0	0,877	0,123	0	0	0,877	2	7,34	0,021	0,979	0	0	0	0	0,979	2	0,774	1	0,774																				
28	806	0	0	0,851	0,149	0	3	1109	0	0	0,043	0,957	0	0,957	4	18,77	0	0	0,467	0,503	0	0,503	4	0,409	1	0,409																					
29	812	0	0	0,835	0,165	0	3	1426	0	0	0,197	0,803	0,803	0,803	5	23,92	0	0	0,811	0,189	0,811	4	0,543	1	0,543																						
30	1015	0	0	0,293	0,707	0	4	103	0,725	0,275	0	0	0	0,725	1	6,75	0,1	0,9	0	0	0	0	0,9	2	0,461	1	0,461																				
31	1024	0	0	0,289	0,731	0	4	172	0,541	0,459	0	0	0	0,541	1	7,3	0,027	0,973	0	0	0	0	0,973	2	0,385	1	0,385																				
32	1104	0	0	0,056	0,944	0	4	352	0,061	0,939	0	0	0	0,939	2	8,9	0	0,813	0,187	0	0	0	0,813	2	0,721	1	0,721																				

St	Inen				Yolu				Sayısı(V/S)				Binen				Yolu				Sayısı(B/S)				İskelede				Bekleme				Suresi(dk.)(İBS)				Kuralı	G. Drc.	Kağı	G. Drc.
	µgaz	µaz	µorta	µfaz	µgt	MAX	B.	BVS	µgaz	µaz	µorta	µfaz	µgt	MAX	B.	İBS	µgaz	µaz	µorta	µfaz	µgt	MAX	B.	µgaz	µaz	µorta	µfaz	µgt	MAX	B.	µgaz	µaz	µorta	µfaz	µgt	MAX				
33	1439	0	0	0	0,963	0,037	0,963	4	384	0	0,976	0,024	0	0	0,976	2	9,46	0	0,74	0,26	0	0	0,74	2	0,895	1	0,895													
34	1210	0	0	0	0,773	0,227	0,773	4	414	0	0,896	0,104	0	0	0,896	2	10	0	0,667	0,333	0	0	0,667	2	0,462	1	0,462													
35	1204	0	0	0	0,789	0,211	0,789	4	748	0	0,019	0,981	0	0	0,981	3	15,32	0	0	0,667	0,043	0	0	0,667	3	0,742	1	0,742												
36	1246	0	0	0	0,677	0,323	0,677	4	776	0	0	0,931	0,069	0	0,931	3	16,11	0	0	0,862	0,148	0	0	0,862	3	0,537	1	0,537												
37	1283	0	0	0	0,579	0,421	0,579	4	813	0	0	0,832	0,168	0	0,832	3	16,81	0	0	0,769	0,241	0	0	0,769	3	0,366	1	0,366												
38	908	0	0	0	0,579	0,421	0	0,579	3	1462	0	0	0,928	0,072	0,928	4	19,97	0	0	0,337	0,663	0	0	0,663	4	0,366	1	0,366												
39	1483	0	0	0	0,846	0,154	0,846	4	1462	0	0	0,101	0,899	0,899	5	26,86	0	0	0	0,419	0,581	0,581	5	0,442	1	0,442														
40	1362	0	0	0	0,396	0,604	0,604	5	161	0,571	0,429	0	0	0	0,571	1	9,1	0	0,767	0,243	0	0	0,767	2	0,272	1	0,272													
41	1384	0	0	0	0,309	0,691	0,691	5	193	0,466	0,544	0	0	0,544	2	9,3	0	0,76	0,24	0	0	0	0,76	2	0,27	1	0,27													
42	1412	0	0	0	0,236	0,764	0,764	5	397	0	0,941	0,059	0	0	0,941	2	11,5	0	0,467	0,533	0	0	0,533	3	0,384	1	0,384													
43	1428	0	0	0	0,192	0,808	0,808	5	743	0	0,019	0,981	0	0	0,981	3	16,27	0	0	0,831	0,169	0	0	0,831	3	0,669	1	0,669												
44	1488	0	0	0	0,085	0,915	0,915	5	1145	0	0	0,947	0,053	0,947	4	22,86	0	0	0	0,652	0,048	0,952	4	0,824	1	0,824														
45	1487	0	0	0	0,036	0,964	0,964	5	1264	0	0	0,666	0,344	0,666	4	24,68	0	0	0	0,709	0,291	0,709	4	0,449	1	0,449														
46	1443	0	0	0	0,162	0,838	0,838	5	1429	0	0	0,189	0,811	0,811	5	27,42	0	0	0	0,344	0,656	0,656	5	0,461	1	0,461														
47	1482	0	0	0	0,021	0,979	0,979	5	1485	0	0	0,013	0,987	0,987	5	28,72	0	0	0	0,171	0,829	0,829	5	0,801	1	0,801														
48	1482	0	0	0	0,048	0,952	0,952	5	1483	0	0	0,046	0,954	0,954	5	29,01	0	0	0	0,132	0,868	0,868	5	0,789	1	0,789														
49	1483	0	0	0	0,019	0,981	0,981	5	1486	0	0	0,011	0,989	0,989	5	29,93	0	0	0	0,009	0,991	0,991	5	0,962	1	0,962														
50	1490	0	0	0	0,027	0,973	0,973	5	1473	0	0	0,072	0,928	0,928	5	29,82	0	0	0	0,024	0,976	0,976	5	0,882	1	0,882														

EK-B FAM MATRİSİNİN GÜNCELLEŞTİRİLMESİ İÇİN GELİŞTİRİLEN VISUAL BASIC KODU

Option Explicit

Private Sub DENEME()

Dim satir As Integer
satir = 50

Dim fam_matris(5, 5, 1) As Integer
Dim fam_matris_katki(5, 5, 1) As Integer

'okuma
Dim i As Integer
Dim iys As Integer
Dim bys As Integer
Dim ibs As Integer
Dim katkı As Single

For i = 0 To satir
iys = Cells(i + 2, 2)
bys = Cells(i + 2, 3)
ibs = Cells(i + 2, 4)
katki = Cells(i + 2, 5)

If fam_matris(iys, bys, 1) <> ibs Then
If fam_matris_katki(iys, bys, 1) < katkı Then
fam_matris(iys, bys, 1) = ibs
fam_matris_katki(iys, bys, 1) = katkı
End If
End If

Next i

Dim j As Integer
For i = 1 To 5
For j = 1 To 5
Cells(2 + i, 8 + j) = fam_matris(i, j, 1)
Next j
Next i

End Sub

EK-C KURAL MATRİSİ UZMAN GÖRÜŞLERİYLE OLUŞTURULMUŞ BULANIK MODELİN, WANG VE MENDEL'İN GELİŞTİRDİKLERİ SAYISAL VERİLERDEN BULANIK KURAL ÇIKARIM MEKANİZMASININ VE WANG&MENDEL İLE BİRLİKTE MAMDANI'NİN YORUMLAMA MEKANİZMASININ KARŞILAŞTIRILMASI

Aşağıdaki tabloda hata sütunlarında hangi satırda ne kadar hata olduğunun görsel olarak hızlı bir şekilde ifade edilebilmesi için, hatanın büyüklüğüne bağlı olarak koyu renk kullanılmıştır. Hata 0 ile 1 arasında ise beyaz, 1 ile 2 arasında ise açık gri, 2 ile 3 arasında ise gri, 3 ile 4 arasında ise koyu gri ve 4'ün yukarısında ise hücre siyah ile renklendirilmiştir.

IYS	BYS	İBS (Gerçek)	İBS(Wang Mendel Mamdani)	Hata	İBS (uzman)	Hata	İBS(Wang Mendel)	Hata	Bölge (IYS_BYS)	
102	173	4,5	6,373	1,873	6,373	1,873	3,855	0,645	1	1
95	86	3,7	5,285	1,585	5,083	1,383	3,18	0,52	1	1
311	503	7,47	10,278	2,808	10,278	2,808	10,055	2,585	2	2
524	352	6,2	7,5	1,3	7,471	1,271	10,297	4,097	2	2
759	640	10,9	12,534	1,634	12,534	1,634	15,128	4,228	3	3
723	834	13,95	16,986	3,036	16,986	3,036	16,557	2,607	3	3
854	1056	18,16	20,746	2,586	20,746	2,586	21,12	2,96	3	4
1204	950	18,69	18,95	0,26	18,95	0,26	19,02	0,33	4	4
1106	1305	23,71	23,393	0,317	23,393	0,317	25,91	2,2	4	4
1255	1403	26,3	24,583	1,717	24,583	1,717	28,052	1,752	4	5
127	252	5	7,064	2,064	7,0641	2,064	5,873	0,873	1	2
132	518	7,5	10,449	2,949	10,449	2,949	8,492	0,992	1	2
113	736	11,06	10,087	0,973	10,087	0,973	9,673	1,387	1	3
92	728	10,73	9,711	1,019	9,711	1,019	9,228	1,502	1	3
78	1057	15,98	13,312	2,669	13,312	2,669	13,925	2,055	1	4
86	1308	20,05	18,678	1,372	18,678	1,372	18,637	1,413	1	4
104	1456	22,66	21,276	1,384	21,276	1,384	21,622	1,038	1	5
303	88	4	7,344	3,344	5,074	1,074	6,398	2,398	2	1
290	72	4,4	7,293	2,893	4,758	0,358	6,124	1,724	2	1
359	652	10	12,751	2,751	12,751	2,751	12,802	2,802	2	3
387	805	12,5	15,352	2,852	15,352	2,852	15,035	2,535	2	3
402	970	15,26	15,877	0,617	15,877	0,617	15,316	0,056	2	4
411	1203	19,05	16,869	2,181	16,869	2,181	17,129	1,921	2	4
405	1474	23,45	21,783	1,667	21,783	1,667	22,022	1,428	2	5
703	157	5,5	7,5	2	6,182	0,682	7,01	1,51	3	1
722	254	6,3	7,5	1,2	7,083	0,783	7,499	1,199	3	2
787	421	7,34	8,695	1,355	8,695	1,355	8,422	1,082	3	2
806	1109	18,77	22,037	3,267	22,037	3,267	22,177	3,407	3	4
812	1426	23,92	22,625	1,295	22,625	1,295	23,35	0,57	3	5
1015	103	6,75	7,5	0,75	9,496	2,746	7,499	0,749	4	1

1024	172	7,3	7,5	0,2	10,664	3,364	7,499	0,199	4	1	
1104	352	8,9	7,5	1,4	14,323	5,423	7,5	1,4	4	2	
1139	384	9,45	7,9	1,55	15,261	5,811	7,951	1,499	4	2	
1210	414	10	9,505	0,495	16,072	6,072	9,805	0,195	4	2	
1204	743	15,32	14,787	0,533	16,889	1,569	14,887	0,433	4	3	
1246	776	16,11	15,788	0,322	17,659	1,549	15,516	0,594	4	3	
1283	813	16,81	16,801	0,009	18,276	1,466	16,26	0,55	4	3	
908	1152	19,97	22,537	2,567	22,537	2,567	22,727	2,757	3	4	
1183	1462	26,86	26,134	0,726	26,134	0,726	29,242	2,382	4	5	
1352	161	9,1	10,824	1,724	10,824	1,724	7,501	1,599	5	1	
1384	193	9,3	11,338	2,038	11,338	2,038	10,17	0,87	5	2	
1412	397	11,5	12,937	1,437	15,643	4,143	13,342	1,842	5	2	
1428	743	16,27	14,789	1,481	20,75	4,48	14,972	1,298	5	3	
1468	1145	22,86	22,519	0,34	22,52	0,34	22,897	0,037	5	4	
1487	1254	24,68	22,971	1,709	22,971	1,709	25,08	0,4	5	4	
1443	1429	27,42	25,296	2,124	25,296	2,124	28,582	1,162	5	5	
1492	1495	28,72	27,378	1,342	27,378	1,342	29,902	1,182	5	5	
1482	1483	29,01	26,893	2,117	26,893	2,117	29,662	0,652	5	5	
1493	1496	29,93	27,422	2,509	27,422	2,509	29,678	0,252	5	5	
1490	1473	29,82	26,534	3,286	26,534	3,286	29,46	0,36	5	5	
				Toplam Hata	83,624	Toplam Hata	105,297	Toplam Hata	72,228		
				Ortalama Hata	1,672	Ortalama Hata	2,106	Ortalama Hata	1,445		

Aşağıdaki tabloda soldan sağa sırasıyla Wang ve Mendel ile birlikte Mamdani'nin yorumlama mekanizmasının, kural matrisi uzman görüşleriyle oluşturulmuş bulanık modelin ve Wang&Mendel'in geliştirdikleri sayısal verilerden bulanık kural çıkarım mekanizmasının hata sıralamasında hangi satırlarda 1. 2. ya da 3. olduğunu gösteren karşılaştırma görülmektedir. En az hata veren yöntem 1. olarak gösterilmiştir. En alt üç satırda hangi yöntemin kaç defa 1. 2. ve 3. oldukları belirtilmiştir.

Satır	Wang-Mendel ve Mamdani	Uzman	Wang-Mendel
1	2	2	1
2	3	2	1
3	2	2	1
4	2	1	3
5	1	1	2
6	2	2	1
7	1	1	2
8	1	1	2
9	1	1	2
10	1	1	2
11	2	2	1
12	2	2	1
13	1	1	2
14	1	1	2

15	2	2	1
16	1	1	2
17	2	2	1
18	3	1	2
19	3	1	2
20	1	1	2
21	2	2	1
22	2	2	1
23	2	2	1
24	2	2	1
25	3	1	2
26	3	1	2
27	2	2	1
28	1	1	2
29	2	2	1
30	2	3	1
31	2	3	1
32	1	2	1
33	2	3	1
34	2	3	1
35	2	3	1
36	1	3	2
37	1	3	2
38	1	1	2
39	1	1	2
40	2	2	1
41	2	2	1
42	1	3	2
43	2	3	1
44	2	2	1
45	2	2	1
46	2	2	1
47	2	2	1
48	2	2	1
49	2	2	1
50	2	2	1
Birinci	16	17	30
İkinci	29	24	19
Üçüncü	5	9	1

EK-D YENİ TARİFE OLUŞTURMA TABLOLARI

Adalar Mevcut Tarife 2. Sefer			P.tesi	Salı	Çarş.	Perş.	Cuma	İBS**
Çınarcık	Geliş		İYS*					(YENİ TARİFE)
	Kalkış		BYS					
			İBS					0
Yalova	Geliş		İYS					
	Kalkış		BYS					
			İBS					0
Sedef	Geliş		İYS					
	Kalkış		BYS					
			İBS					0
Büyükada	Geliş	05:50	İYS	0	0	0	0	
	Kalkış	06:00	BYS	360	365	370	362	360
			İBS	7,2	7,3	7,4	7,24	7,2
Heybeliada	Geliş	06:06	İYS	135	145	143	141	130
	Kalkış	06:15	BYS	280	286	277	283	275
			İBS	6,28	6,41	6,29	6,35	6,19
Burgazada	Geliş		İYS					
	Kalkış		BYS					
			İBS					0
Kınalıada	Geliş		İYS					
	Kalkış		BYS					
			İBS					0
Bostancı	Geliş	06:40	İYS	505	506	504	504	505
	Kalkış	06:48	BYS	0	0	0	0	0
			İBS	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Kadıköy	Geliş		İYS					
	Kalkış		BYS					
			İBS					0
Kabataş	Geliş		İYS					
	Kalkış		BYS					
			İBS					0
Sirkeci	Geliş		İYS					
	Kalkış		BYS					
			İBS					0
Sefer Süresi (Dk.)			58					
Gemilerin İskelelerde								
Toplam Bekleme Süreleri			27					23

* İYS(inen yolcu sayısı) ve BYS(binen yolcu sayısı) değerleri talep tahminine göre 2006 yaz sezonunda o saatte gelecek müşteri sayısıdır.

**İBS(iskelede bekleme süresi)

Adalar Mevcut Tarife 4. Sefer			P.tesi	Salı	Çarş.	Perş.	Cuma	İBS**
Çınarcık	Geliş		İYS*					(YENİ TARİFE)
	Kalkış		BYS					
			İBS					0
Yalova	Geliş		İYS					
	Kalkış		BYS					0
			İBS					0
Sedef	Geliş		İYS					
	Kalkış		BYS					
			İBS					0
Büyükada	Geliş		İYS					
	Kalkış		BYS					0
			İBS					0
Heybeliada	Geliş		İYS					
	Kalkış		BYS					0
			İBS					0
Burgazada	Geliş	06:10	İYS	0	0	0	0	
	Kalkış	06:20	BYS	375	360	370	368	362
			İBS	7,5	7,2	7,4	7,36	7,24
Kınalıada	Geliş	06:30	İYS	80	95	87	92	90
	Kalkış	06:35	BYS	185	183	175	190	192
			İBS	4,51	4,63	4,43	4,71	4,72
Bostancı	Geliş	07:00	İYS	480	448	458	466	464
	Kalkış	07:08	BYS	0	0	0	0	0
			İBS	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Kadıköy	Geliş		İYS					
	Kalkış		BYS					0
			İBS					0
Kabataş	Geliş		İYS					
	Kalkış		BYS					0
			İBS					0
Sirkeci	Geliş		İYS					
	Kalkış		BYS					0
			İBS					0
Sefer Süresi (Dk.)		58						
Gemilerin İskelelerde								
Toplam Bekleme Süreleri		23						21
<p>* İYS(inen yolcu sayısı) ve BYS(binene yolcu sayısı) değerleri talep tahminine göre 2006 yaz sezonunda o saatte gelecek müşteri sayısıdır.</p> <p>**İBS(iskelede bekleme süresi)</p>								

Adalar Mevcut Tarife 5. Sefer			P.tesi	Salı	Çarş.	Perş.	Cuma	İBS**
Çınarcık	Geliş		İYS*					(YENİ TARİFE)
	Kalkış		BYS					
			İBS					0
Yalova	Geliş		İYS					
	Kalkış		BYS					0
			İBS					0
Sedef	Geliş	06:20	İYS	0	0	0	0	
	Kalkış	06:30	BYS	310	317	311	320	315
			İBS	6,2	6,34	6,2	6,4	6,22
Büyükada	Geliş	06:40	İYS	70	80	67	85	62
	Kalkış	06:45	BYS	200	204	195	197	202
			İBS	4,65	4,81	4,54	4,75	4,61
Heybeliada	Geliş	06:51	İYS	75	78	85	70	80
	Kalkış	07:00	BYS	300	286	304	310	295
			İBS	6,3	6,09	6,4	6,44	6,24
Burgazada	Geliş		İYS					
	Kalkış		BYS					0
			İBS					0
Kınalıada	Geliş		İYS					
	Kalkış		BYS					0
			İBS					0
Bostancı	Geliş	07:25	İYS	665	649	668	672	670
	Kalkış	07:33	BYS	0	0	0	0	0
			İBS	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Kadıköy	Geliş		İYS					
	Kalkış		BYS					0
			İBS					0
Kabataş	Geliş		İYS					
	Kalkış		BYS					0
			İBS					0
Sirkeci	Geliş		İYS					
	Kalkış		BYS					0
			İBS					0
Sefer Süresi (Dk.)		73						
Gemilerin İskelelerde								
Toplam Bekleme Süreleri		32						27
<p>* İYS(inen yolcu sayısı) ve BYS(binene yolcu sayısı) değerleri talep tahminine göre 2006 yaz sezonunda o saatte gelecek müşteri sayısıdır.</p> <p>**İBS(iskelede bekleme süresi)</p>								

Adalar Mevcut Tarife 6. Sefer			P.tesi	Salı	Çarş.	Perş.	Cuma	İBS**
Çınarcık	Geliş	06:20	İYS*	0	0	0	0	(YENİ TARİFE)
	Kalkış	06:30	BYS	370	362	367	350	8
			İBS	7,4	7,24	7,34	7	7,1
Yalova	Geliş		İYS					
	Kalkış		BYS					0
			İBS					0
Sedef	Geliş		İYS					
	Kalkış		BYS					0
			İBS					0
Büyükada	Geliş	07:35	İYS	152	174	165	168	170
	Kalkış	07:45	BYS	336	345	340	350	342
			İBS	7,04	7,18	7,11	7,22	7,14
Heybeliada	Geliş	07:51	İYS	167	155	162	175	171
	Kalkış	08:00	BYS	351	344	339	362	336
			İBS	7,23	7,14	7,09	7,36	7,07
Burgazada	Geliş		İYS					
	Kalkış		BYS					0
			İBS					0
Kınalıada	Geliş		İYS					
	Kalkış		BYS					0
			İBS					0
Bostancı	Geliş		İYS					
	Kalkış		BYS					0
			İBS					0
Kadıköy	Geliş		İYS					
	Kalkış		BYS					0
			İBS					0
Kabataş	Geliş	08:40	İYS	275	265	273	271	264
	Kalkış	08:52	BYS	141	130	132	145	140
			İBS	6,25	6,06	6,18	6,22	6,11
Sirkeci	Geliş	09:00	İYS	604	587	578	593	568
	Kalkış	09:08	BYS	0	0	0	0	0
			İBS	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Sefer Süresi (Dk.)			168					
Gemilerin İskelelerde								
Toplam Bekleme Süreleri			49					39

* İYS(inen yolcu sayısı) ve BYS(binene yolcu sayısı) değerleri talep tahminine göre 2006 yaz sezonunda o saatte gelecek müşteri sayısıdır.

**İBS(iskelede bekleme süresi)

Adalar Mevcut Tarife 7. Sefer			P.tesi	Salı	Çarş.	Perş.	Cuma	İBS**
Çınarcık	Geliş		İYS*					(YENİ TARİFE)
	Kalkış		BYS					0
			İBS					0
Yalova	Geliş		İYS					
	Kalkış		BYS					0
			İBS					0
Sedef	Geliş		İYS					
	Kalkış		BYS					0
			İBS					0
Büyükada	Geliş	06:25	İYS	0	0	0	0	
	Kalkış	06:35	BYS	356	354	366	341	362
			İBS	7,12	7,08	7,32	6,82	7,24
Heybeliada	Geliş	06:41	İYS	68	70	74	69	65
	Kalkış	06:50	BYS	295	302	305	298	296
			İBS	6,19	6,31	6,38	6,24	6,19
Burgazada	Geliş	06:58	İYS	57	53	62	48	52
	Kalkış	07:05	BYS	271	266	259	275	267
			İBS	5,74	5,63	5,56	5,76	5,64
Kınalıada	Geliş	07:15	İYS	80	92	90	87	95
	Kalkış	07:20	BYS	185	190	192	175	183
			İBS	4,51	4,71	4,71	4,43	4,63
Bostancı	Geliş		İYS					
	Kalkış		BYS					0
			İBS					0
Kadıköy	Geliş	07:50	İYS	295	280	276	284	286
	Kalkış	08:00	BYS	116	110	120	124	117
			İBS	6,39	6,16	6,15	6,28	6,28
Kabataş	Geliş		İYS					
	Kalkış		BYS					0
			İBS					0
Sirkeci	Geliş	08:10	İYS	723	727	740	725	727
	Kalkış	08:18	BYS	0	0	0	0	0
			İBS	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Sefer Süresi (Dk.)			113					
Gemilerin İskelelerde								
Toplam Bekleme Süreleri			49					41
* İYS(inen yolcu sayısı) ve BYS(binen yolcu sayısı) değerleri talep tahminine göre 2006 yaz sezonunda o saatte gelecek müşteri sayısıdır.								
**İBS(iskelede bekleme süresi)								

ÖZGEÇMİŞ

Volkan Müjdat Tiryaki 1981 yılında Beyoğlu-İstanbul'da doğmuştur. İlk öğrenimini Konya'da, lise öğrenimini ise İskenderun'da tamamlamıştır. 2003 yılında İstanbul Üniversitesi Elektronik Mühendisliği bölümünden mezun olmuştur. Aynı yıl İstanbul Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünde yüksek lisans öğrenimine başlamıştır. 2004 yılı Eylül ayından beri Endüstri Mühendisliği bölümünde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.