

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**LOJİSTİK SEKTÖRÜNDE BULANIK MANTIK KARAR  
SÜRECİNİN UYGULANMASI**

Endüstri Mühendisi İbrahim YEL

**FBE Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Endüstri Mühendisliği Programında  
Hazırlanan**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Ali Fuat GÜNERİ**

**İSTANBUL , 2009**

## İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ .....	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
ÇİZELGE LİSTESİ .....	vii
ÖNSÖZ .....	viii
ÖZET .....	ix
ABSTRACT .....	x
1. GİRİŞ .....	1
2. LOJİSTİK.....	4
2.1 Lojistik Nedir ? .....	4
2.2 Lojistik Yönetimi .....	5
2.2.1 Lojistik Faaliyet Alanları.....	7
2.2.2 Lojistik Yönetiminde Kritik Başarı Faktörleri.....	16
2.2.3 Taşıma Sistemleri.....	19
2.2.3.1 Karayolu Taşıma Sistemi.....	19
2.2.3.2 Demiryolu Taşıma Sistemi .....	20
2.2.3.3 Denizyolu Taşıma Sistemi .....	21
2.2.3.4 Havayolu Taşıma Sistemi .....	21
2.2.3.5 Boru Hattı Taşıma Sistemi.....	22
2.2.3.6 Intermodal Taşıma.....	22
2.2.3.7 Taşıma Sistemlerinin Karşılaştırılması.....	23
2.3. Araç Rotalama .....	24
2.3.1 Araç Rotalama Prensipleri.....	26
2.3.2 Başlangıç ve Bitiş Noktalarına Göre Araç Rotalama Problemlerinin Sınıflandırılması .....	27
2.3.2.1 Başlangıç ve Bitiş Noktasının Aynı Olduğu Araç Rotalama Problemleri.....	27
2.3.2.2 Başlangıç ve Bitiş Noktası Farklı Araç Rotalama Problemleri .....	28
2.3.2.3 Birden Çok Başlangıç ve Bitiş Noktası Olan Problemler.....	29
2.3.2.3.1 Tek Depo Çok Müşterili Araç Rotalama Problemleri.....	29
2.3.2.3.1.1 Tek Araçlı Rotalama.....	29
2.3.2.3.1.2 Çok Araçlı Rotalama .....	30
2.3.2.3.2 Çok Depo Çok Müşterili Araç Rotalama Problemleri.....	31
3. WINQSB HAKKINDA GENEL BİLGİLER.....	32
3.1 Winqsb Ağ Tasarımı Modülü .....	33
4. BULANIKLIK KAVRAMI .....	36
4.1 Bulanık Teorinin Avantajları ve Dezavantajları .....	37
4.2 Bulanık Kümeler .....	38
4.3 Bulanık Mantık Kontrolcülerin Genel Yapısı.....	41
4.4 Bulanık Küme Özellikleri.....	43
4.4.1 Bulanık Kümeler Üzerinde İşlemler .....	46
4.5 Bulanık Kontrol Basamakları .....	50
4.5.1 Bulanıklaştırma Ünitesi .....	50
4.5.2 Üyelik Fonksiyonlarının Oluşturulması .....	51
4.5.3 Veri Tabanı .....	52
4.5.4 Kural Tabanı .....	53
4.5.5 Çıkarım Ünitesi .....	55
4.5.6 Durulama Ünitesi .....	56
4.6 Son Zamanlardaki Diğer Uygulamalar .....	60
4.6.1 BMK'nin Avantaj ve Dezavantajları.....	61
5. LOGİYEL PROGRAMI.....	62
5.1. Logiyel Programının Bulanık Karar Verme Süreci .....	63
5.2 Logiyel Programının Açıklanması .....	67

6. LOGİYEL PROGRAMI KULLANILARAK YAPILAN BİR UYGULAMA.....	70
7. WİNQSB GEZGİN SATICI MODÜLÜ ile LOGİYEL'İN KARŞILAŞTIRILMASI.....	77
8. UYGULAMA SONUÇLARININ ARENA PROGRAMINDA SİMÜLASYONU.....	79
8.1 Rockwell Arena Programı .....	79
8.2 Program Prosedürleri.....	80
8.3 Uygulama Sonuçlarının Simülasyonu.....	81
9. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	85
KAYNAKLAR.....	86
EKLER.....	89
EK 1 Uygulama Sonuçları.....	89
Özgeçmiş.....	92

## SİMGE LİSTESİ

$a$	Tamsayı değerleri temsil eden değişken
$b[q(a)]$	“a” mağazasının hacimsel talebinin 1-10 aralığına oranlanmış değeri
$b[z(a)]$	“a” mağazasının talebinin tonaj değerinin 1-10 aralığına oranlanmış değeri
$C(a)$	“a” numaralı aracın hacimsel olarak taşıma kapasitesi
$D(a)$	“a” numaralı aracın tonaj olarak taşıma kapasitesi
$i$	Araç sayısı
$j$	Mağaza sayısı
$k(a)$	“a” numaralı araç
$m(a)$	“a” numaralı mağaza
$M(aa')$	“a” numaralı kaynaktan “a” numaralı hedefe olan gerçek mesafe
$Max[q(a)]$	Mağazaların taleplerinin hacimsel değerlerinin maksimumu olan değer
$Max[z(a)]$	Mağazaların taleplerinin tonaj değerlerinin maksimumu olan değer
$Min[M(aa!)]$	Tüm “M(aa’)” değerleri arasından minimum olan değer
$q(a)$	“a” numaralı mağaza talebinin hacimsel olarak değeri
$X(aa')$	“a” kaynak noktasından “a” hedef noktasına olan mesafenin 1-10 aralığına oranlanmış değeri
$z(a)$	“a” numaralı mağaza talebinin tonaj olarak değeri

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	Lojistikte Fiziksel Tedarik, Malzeme Yönetimi ve Fiziksel Dağıtım.....	5
Şekil 2.2	Lojistik yönetiminin süreçleri.....	6
Şekil 2.3	Lojistik faaliyetleri arasında ulaştırmanın yeri .....	8
Şekil 2.4	Taşıma Sistemleri Karşılaştırma (Pal, N.R. ,vd.,2001).....	23
Şekil 2.5	Taşımanın yüke göre taşıma sistemlerinin karşılaştırılması.....	24
Şekil 2.6	Tek araçlı araç rotalama yöntemi .....	29
Şekil 2.7	Çok araçlı araç rotalama yöntemi. ....	30
Şekil 3.1	Winqsb gezgin satıcı problemi modülü giriş sayfası .....	34
Şekil 3.2	Düğüm matrisi .....	34
Şekil 3.3	Gezgin satıcı modeli çözüm metotları.....	35
Şekil 3.4	En yakın komşu sezgisel yöntemi ile gezgin satıcı metodu çözüm tablosu .....	35
Şekil 4.1	“3 e yakın reel sayılar kümesi” kavramının değişik üyelik fonksiyonlarıyla gösterimi .....	39
Şekil 4.2	Isı değişkeninin [0,100] aralığında aldığı alt durumların bulanık ve klasik değişkenler yardımıyla gösterilmesi.....	40
Şekil 4.3	Bulanık mantık kontrolcüsünün blok diyagramı.....	43
Şekil 4.4	Farklı $\alpha$ değerlerine karşı gelen $\alpha$ -kesim kümeleri.....	44
Şekil 4.5	Bir sabit diskin dönme hızını belirten A bulanık kümesi ve A'nın dayanak, öz ve sınır kümeleri.....	45
Şekil 4.6	Konveks olmayan normal bulanık A kümesinin üyelik fonksiyonu.....	45
Şekil 4.7	A ve B bulanık kümelerinin a) Birleşim , b) Kesişim c) A tümleyen kümelerinin üyelik fonksiyonları yardımıyla gösterimi.....	47
Şekil 4.8	Bulanık alt küme kavramının gösterimi ( $A \subseteq B$ ).....	48
Şekil 4.9	Algılayıcı okuyucu $x_0$ ile üyelik fonksiyonu $\mu(x)$ 'in $\mu(x_0)$ ' a gelmesi a) Keskin algılayıcı okuyucu b) Bulanık algılayıcı okuyucu .....	51
Şekil 4.10	Çeşitli üyelik fonksiyonları a) Monotonik b) Üçgen c) Yamuk d) Çan eğrisi ..	52
Şekil 4.11	Üyelik fonksiyonlarının max noktaları ile durulama işlemi (Wei vd. 2006)....	57
Şekil 4.12	Merkez yöntemi ile berraklaştırma işlemi .....	57
Şekil 4.13	Ağırlıklı ortalama yöntemi ile durulama işlemi.....	58
Şekil 4.14	Max noktaların ortalaması yöntemiyle durulama işlemi.....	58
Şekil 4.15	Geniş alan merkezi metodu ile berraklaştırma işlemi .....	59
Şekil 4.16	İlk veya son yükselti metodu ile durulama işlemi (Juang ve Shiu, 2008).....	59

Şekil 5.1	Değişken değerleri ve aralıkları.....	64
Şekil 5.2	Sonuç grafiği değerleri ve aralıkları.....	64
Şekil 5.3	Matlab FIS modülünde değerlere karşılık gelen sonuç kümesi değeri .....	66
Şekil 5.4	Logiyel bulanık karar verme fonksiyonunun değişken değerlerinin 5 olarak belirlenmesi ile verdiği sonuç değeri .....	66
Şekil 6.1	Konya Karatay Bölgesinde yer alan mağazaların konumları .....	70
Şekil 7.1	En yakın komşu sezgiselinin 15 numaralı araç rotası verilerine göre çıkardığı sonuç.....	77
Şekil 7.2	Dal- Sınır algoritmasına göre 15 numaralı aracın alabileceği en kısa mesafe tablosu.....	77
Şekil 7.3	16 numaralı araç rotasının Dal-Sınır ve en yakın komşu sezgiseli kullanılarak Winqs programında elde edilen sonuç .....	78

## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 4.1	BMK uygulamaları.....	60
Çizelge 5.1	Kuralların oluşturulmasında baz alınan aralıklar.....	65
Çizelge 6.1	Karatay Bölgesinde yer alan mağazaların hacim ve tonaj olarak talep değerleri ile bulanık karar süreci için 1-10 arasında oranlanmış değerleri.....	71
Çizelge 6.2	“C:\\veriler.txt” dosyasında bulunan bazı veriler.....	71
Çizelge 6.3	Mağazalar arası gerçek mesafe değerleri.....	72
Çizelge 6.4	Mağazalar arası oranlanmış mesafe değerleri.....	72
Çizelge 6.5	Logiyel programının çıktısı.....	73
Çizelge 6.6	Atama sonuçları ve döngü sayıları tablosu.....	74
Çizelge 6.7	Atama tablosu ve maliyet değerleri.....	76
Çizelge 7.1	16 numaralı aracın Logiyel tarafından belirlenen rotası ve karşıladığı mağaza talepleri.....	78
Çizelge 8.1	Mağazalar arası yolculuk zamanı tablosu.....	81
Çizelge 8.2	Araçların mağazalarda bekleme süreleri dağılımı.....	82
Çizelge 8.3	Mağazalar arası zamanlara göre değişen standart sapma aralıkları.....	82
Çizelge 8.4	Tüm sistemin simülasyonundan elde edilen ortalama günlük hizmet süresi....	82
Çizelge 8.5	Araçların hizmet süreleri açısından simülasyon sonuçları.....	83

## ÖNSÖZ

Global dünyanın pazar koşullarında işletmelerin iş süreçlerini, bütünsel bakış açısı içerisinde, sahip olunan sistemin sınırlarını gözeterek, bütün bir sistemin parçası olarak ele almasının gerekliliği bir realite haline gelmektedir. Bu bağlamda işletmeler kendi sistemlerine etki eden tüm faktörleri göz önünde bulundurarak planlarını, bu etkilerin tepkilerini de göz önüne alarak yapmaları gerekmektedir. Üretim faaliyetlerinin planlanması aşamasında, işletmelerin ürünün tedarikçiden müşteriye kadar uzanan lojistik faaliyetlerini de göz önünde bulundurmalıdır.

Büyük işletmelerin yeni bir tesis seçimi aşamasında tedarikçilere olan yakınlığa ve dağıtım-ulaşım olanaklarına olan yakınlık derecesini, önemli birer kriter olarak karar aşamasına endekslemektedir. Küçük bir işletmeden büyük işletmelere kadar tüm firmalar gerek tedarikçilerden ürün temini gerekse üretim prosesleri arasında bulunan taşımalar ve biten ürünlerin müşterilere ulaştırılması vb. çalışmalar, işletmenin maliyet bareminde küçümsenmeyecek oranda yer tutmaktadır. Bu durum işletmelere tüm taşıma/lojistik faaliyetlerini planlaması ve bu faaliyetleri iyileştirme çalışmalarına tabii tutmasını zorunlu kılmaktadır.

Ayrıca ülkemizin gelişmekte olan ve gelecek arz eden en önemli sektörlerinden birisi olarak lojistik sektörü gösterilmektedir. Taşıma faaliyetlerinde, taşıma işlemlerinde kullanılan araçların optimal olarak yüklenmesinden bu araçların rotalanmasına kadar, maliyetler üzerinde önemli etkilere sahip olduğu anlaşılmış ve bu konular üzerine birçok araştırmalar yapılmıştır.

Bu tezde taşıma araçlarını atama ve rotalama işlemi, karar aşamasında bulanık mantık metodolojisinden yararlanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamada çeşitli kriterler göz önünde bulundurularak bulanıklık yardımı ile kriterlere uygun, en optimal kararın verilmesi işlemi gerçekleştirilmiştir.

Tez üzerine çalışmalarım esnasında bana büyük yardımı dokunan danışmanım Yrd. Doç. Dr. Ali Fuat GÜNERİ hocama teşekkür ederim. Uygulamanın yapıldığı kurum olarak Adese AVM Tic. A.Ş. Depo/Sevkiyat Müdürü Mehmet Ali KURTAR'a sevkiyatla ilgili verdiği bilgiler için, uygulamanın yapıldığı bölge olan Karatay Bölgesinde, uygulamaya izin veren ve mağazaların taleplerini belirleyebilmem için 14 mağazanın haftalık satışlarını benimle paylaşan Takım Lideri Mustafa GÖKMEN Bey'e teşekkürü borç bilirim.



## **ÖZET**

Lojistik, ürünün temininden başlayarak biten ürünün dağıtımına kadar olan faaliyetleri kapsamaktadır. Bu faaliyetlerin içerisinde ise araç rotalama problemleri önemli yer tutmakta ve en çok önem verilen lojistik problemleri arasında yer almaktadır. Araç rotalama probleminin çözüm aşamasında, işletme tarafından belirlenen kriterler doğrultusunda ihtiyaçlara en iyi şekilde çözüm sunan ve bunun yanında maliyetleri, kriterleri sağladığı ölçüde, minimum seviyede tutacak çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır. Çözüm aşamasında, günlük hayatta kullanılan dilsel değişkenlerin sayısallaştırılarak karar aşamasında aktif kullanım imkanını sunan, bulanık mantık metodolojisi kullanılarak, tek dağıtım merkezli ve çok dağıtım noktalı, araç rotalama probleminin çözümü bu tezin hareket noktasıdır. Bu aşamada bulanık mantık kriterleri ile atama yapan, kendi yazılımım olan ve C++ programlama dilinde yazdığım LOGIYEL programı çözümde kullanılmış mevcut durumun simülasyonu Arena programında hazırlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler :** Bulanık Mantık, Araç Rotalama, Arena Simülasyon

## **ABSTRACT**

Logistic contains all of the actions which starts from supplying of the goods from supplier to deliver of the goods through the customers. At these actions, vehicle route problem is the most important part of logistics problems to take account by companies and academical staff. When it has been decided to solve vehicle route problem, the solver has to take care of some criterias, which are described from the unique routing problem. The solver working on the solution and that solution should have minimum costs and satisfy the criterias at optimum levels. This thesis contains using of fuzzy logic principles at the stage of routing. The problem contains of one distribution center and many distribution points. Cause of Using fuzzy logic in this thesis, is fuzzy logic uses linguistic variables and transforms these variables to mathematical terms. At the solution stage, that used the program called Logiyel which is created by me in the C++ programming language. At the end of this work, depending on the Logiyel results, a simulation has been made and compared the simulation results with the real situation.

**Key Words :** Fuzzy Logic, Vehicle Routing, Arena Simulation

## 1. GİRİŞ

Günümüzde değişiklik gösteren arz/talep dengesi, işletmeleri maliyetlerini analiz etme çalışmalarına yönlendirmektedir. Ayrıca işletmeler, maliyet kalemlerinin azaltılması ile karlılıkta artışın sağlanacağını anlamış ve müşteriye zamanında kaliteli hizmetin sunulması ile beraber bu karlılığın sürdürülebilir kazanca dönüştürülebileceğini kavramış bulunmaktadır. Lojistik faaliyetlerinde planlama işlemleri maliyeti düşürücü etki yapmaktadır. İşletmelerde lojistik faaliyetlerinin oluşturduğu maliyet, toplam maliyetlerinin %6'sı ile %20'si arasında değişkenlik göstermektedir. Müşteriye doğru zamanda, doğru miktarda ve doğru yere ürünlerin ulaştırılması ile de müşteri memnuniyetini sağlanmaktadır.

Küresel Pazar koşulları ekonomik ve endüstriyel sektörlerde yeni konseptlerin ve mekanizmaların oluşmasına sebep olmaktadır. Bu pazarda kabiliyetini artırabilen işletmeler mücadele edebilecek gücü kendisinde bulmaktadır. Bu sebeplerden dolayı işletmeler içsel ve dışsal kaynaklarını öyle planlamalıdır ki küresel ortamda kendisini ayakta tutabilecek yeteneklerini, kazanımlarını elinde tutabilsin. Bu kaynaklar arasında tedarik zincirinin kapsadığı süreçler çok önemli yer tutmaktadır.

İş dünyasındaki lojistik problemlerinde belirli sayıdaki kaynaklardan yine belirli sayıdaki varış noktalarına atama işlemi ile başa çıkılmaya çalışılmaktadır. Burada ele alınan her kaynak belirli miktarda ürünü arz ederken, her varış noktası da belirli miktarda ürünü talep etmektedir. Ana hedef ise en ucuz taşıma çözelgesini ortaya koyarken taleplerin de karşılanıyor olmasıdır. Tedarik zincirinin özünde aslında atama ve rotalama işlemleri ile ana hedefe en optimum nasıl ulaşılabileceğine cevap aranmaktadır.

Anlaşılabileceği üzere artık tek başına kaliteli, ucuz ürün imalinin yanı sıra üretilen ürünlerin müşterilere ulaştırılması, müşteri taleplerinin doğru zamanda istenilen miktardaki talebin müşteriye ulaştırılması büyük önem arz etmektedir. Ürünlerin ulaştırılması aşamasında ürün, hammadde halinden müşteriye teslimata hazır hale gelip müşteriye teslim edilene kadar devamlı surette bir hareket seyri izlemektedir. Bu hareketlerin planlanması ile birlikte ulaştırma zamanlarında ve maliyetlerinde yapılacak bir iyileştirme işletmelere büyük kazançlar sağlayabilir.

Tedarik zincirinin asıl hedefi, operasyonel etkinliği, karlılığı ve tedarik zinciri ile ilişkili konuların uyumunu en iyi değerlerde tutmaktır (Min H. ve Zhou G.,2002). Tedarik zincirinin ilişkili olduğu konular (ana süreçleri) ise tedarik, üretim planlama ve kontrol, dağıtım ve lojistikdir (Beamon B.M., 1998). Üretim planlama ve kontrol işlemlerinde; dizayn

proseslerinin yönetimi, çizelgeleme ve envanter kontrolü ele alınmaktadır. Dağıtım ve lojistik işlemlerinde, envanter satın alma, transfer ve son ürün teslimi yer almaktadır (Lee H.C. vd., 2002).

Bulanık küme teorisi son zamanlarda çeşitli disiplinlerin ilgisini çekmeyi başarmış ve kullanım alanları olarak geniş bir yelpazeye ışık tutan matematiksel bir yöntemdir. Bulanık küme teorisi hakkında sayısız çalışmalar mevcuttur. Ayrıca geleceğin üç önemli sektörü arasında gösterilen lojistik sektörü üzerinde de literatürde pek çok uygulamaya rastlamak mümkündür. Ancak bulanık küme teorisini lojistik alanında uygulamasını içeren çalışmaların sayısı azdır.

Lojistik problemlerinde bulanıklığın kullanılması Zarandi vd.(2002) tarafından ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Bu çalışmada tedarik zinciri ile ilgili literatürdeki pek çok çalışma incelenmiştir. İçerisinde bulanık küme teorisi bulunan bu çalışmalar üç ana sınıfta gruplandırılmıştır. Bu gruplar, malzeme akışı, bilgi akışı ve alıcı-tedarikçi ilişkileridir. Ayrıca bu çalışmada klasik tedarik zinciri içerisinde bulunan insan bileşeninden meydana gelen izlenimleri ve kesin olmayan değişken verileri içeren tedarik zincirinin bulanık küme prensiplerinden ayrı düşünülmemeyeceği sonucu ortaya konulmuştur. Burada üyelik fonksiyonlarının girdi-çıkıtı parametrelerinin tedarik zinciri sisteminde rahatlıkla kullanılabileceği savunulmaktadır (Zarandi vd., 2002).

Petrovic vd.(1999) , bulanık tabanlı tedarik zinciri modeli geliştirmişlerdir. Bu modelde, belirsiz talep koşullarında talep edilen envanter seviyesine göre hedef belirleme ve yarı mamullerin harici tedarikçiden tedarik edilmesi konuları yer almaktadır. Ancak bu modelde kapasite sınırı olmaksızın tek tip ürün problem olarak ele alınmıştır. Yani çalışma tek tip ürün ile sınırlandırılmıştır (Petrovic D. vd., 1999). Daha sonra bu model Petrovic tarafından geliştirilerek bulanık çalışma tabanlı olan modele, kesin olmayan yükleme zamanları da eklenmiştir (Petrovic D., 2001). Chen ve Tzeng (2000) ise Petrovic vd.(1999)'nin ortaya koymuş oldukları modelin üzerinde çalışmalar yaparak bu modelin hesaplama karmaşıklığını azaltma üzerine çeşitli çalışmalara imza atmışlardır (Chen Y.W. ve Tzeng G.H., 2000).

Ayrıca Selim vd.(2004) çok periyotlu, çok ürünlü ve çok dağıtım noktalı imalat dağıtım modelini geliştirmişlerdir. Bu model çok kriterli olarak formüle edilmiştir. Bu modelde envanter dengesini, kapasiteye göre envanter seviyesini, dağıtım ve imalat maliyetlerini minimize eden bir model ortaya konulmuştur (Selim, vd, 2004). Lopez vd.(2000) ise maliyetleri, talepleri ve diğer değişkenleri ele alan bulanık küme modelini ortaya koymuşlardır. Bu modelde probleme bağlı olarak dağıtım araçlarının en kısa rotaya sahip

olacak şekilde atama işlemlerini gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada iki düğüm arasındaki en kısa mesafeler bulunarak tüm sistemin maliyetinin minimize edilmesi amaçlanmıştır(Lopez, vd., 2000).

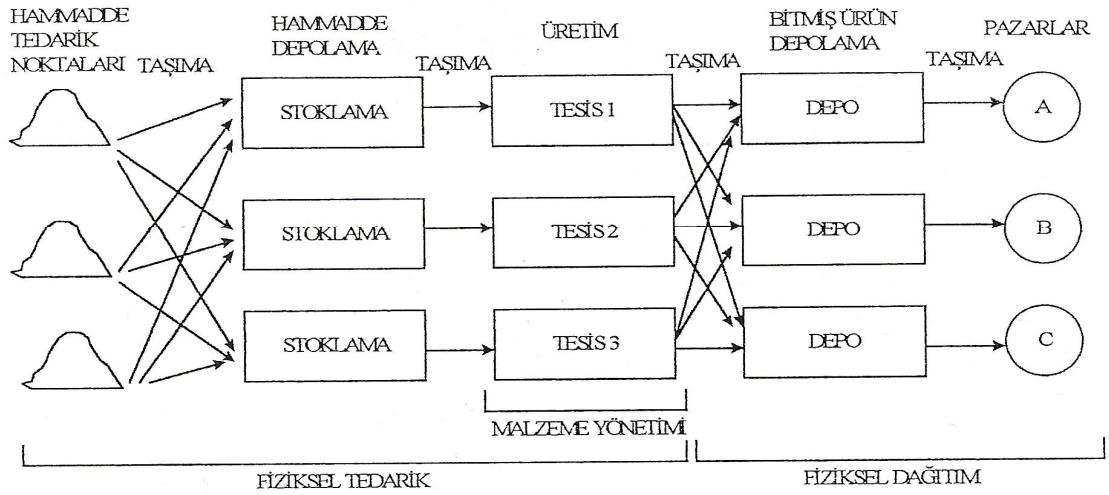
Yüksek lisans tezim olarak güncel hayatın belirsizliğini ölçümleme ve karar verme aşamasında etkin olarak kullanan bulanıklık kavramını, gelecek vaat eden en önemli sektörlerden birisi olan lojistik sektöründe kullanılması ile ilgili hazırladım. Bu çalışmada lojistiğin temel sorunlarından biri olan araç rotalama işleminde C++ programlama dilinde hazırlamış olduğum ve rotalama aşamasında bulanık küme teorisini kullanan bir program geliştirdim. Programın detayları 5. bölümde ayrıntılı olarak verilmiştir.

## 2. LOJİSTİK

### 2.1 Lojistik Nedir ?

Lojistiğin günümüzde kabul gören en geçerli tanımı The Council of Logistics Management (CLM) kuruluşu tarafından yapılmıştır. Bu tanıma göre Lojistik; “ Müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamak üzere her türlü ürünün, servis hizmetinin ve bilgi akışının, başlangıç noktasından (kaynağından) tüketildiği son noktaya (nihai tüketiciye) kadar olan tedarik zinciri içindeki hareketinin etkili ve verimli bir şekilde planlanması, uygulanması, taşınması, depolanması ve kontrol altında tutulmasıdır.” Tanımından anlaşılacağı üzere lojistik kavramı aslında imalat sektörü ile, hizmet sektörü ile ve bilgi teknolojilerinin yönetilmesinde çeşitli uygulama alanlarına sahiptir. The Council of Logistics Management (CLM) kuruluşu tarafından yapılan tanımda açıklanması gereken iki unsur bulunmaktadır, bunlar; müşteri ve tedarik zinciri. Lojistikçiler için müşteri her türlü teslim noktalarıdır. Tedarik zinciri; tedarikçilerden, üreticilerden, dağıtıcılardan, toptancılardan ve perakendecilerden meydana gelir. Lojistikçiler tedarik zinciri içerisinde malzeme ve bilgi akışını sağlayarak tedarikçi ve müşteri arasında köprü görevi üstlenirler.

Lojistik faaliyetlerini, fiziksel tedarik ve fiziksel dağıtım olarak iki bölümde incelemek mümkündür (Şekil 2.1). Fiziksel tedarik lojistik faaliyetlerinin hammaddeyle ilgili olan kısmıdır yani hammaddenin temininden üretime kadar olan süreçteki malzeme ve taşımayla ilgilidir. Fiziksel dağıtım ise, lojistik faaliyetlerinin bitmiş ürünle ilgili olan kısmıdır ve üretim sonrasında ürünün taşınması ve depolanması ile ilgilidir. Ayrıca sadece bitmiş ürünle ilgili değil pazarlama lojistiği olarak da bilinir (Coyle ve Bardi, 1980).

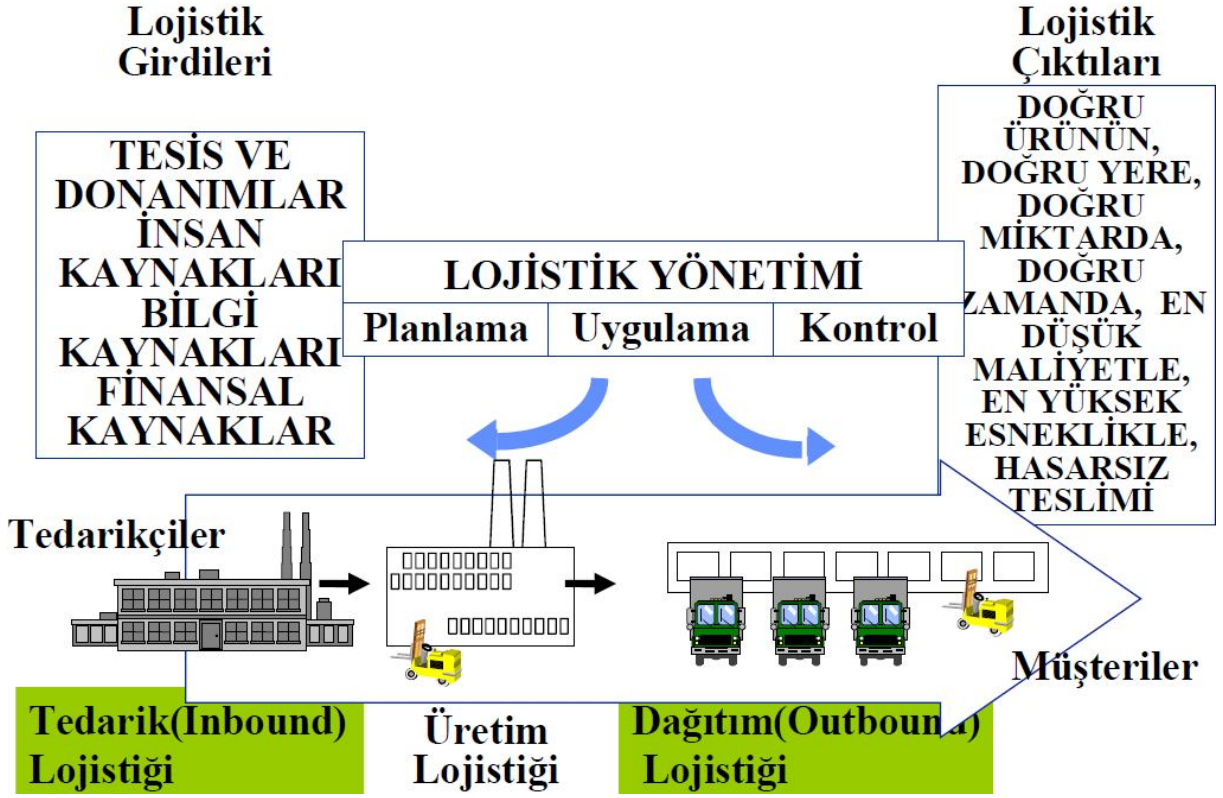


**Şekil 2.1** Lojistikte Fiziksel Tedarik, Malzeme Yönetimi ve Fiziksel Dağıtım (Coyle ve Bardi, 1980).

Burada unutulmaması gereken tek ve önemli konu lojistiğin kaynaktan son kullanıcıya kadar geniş bir hareket alanının bulunmasıdır. Bu hareket alanının içerisinde taşıma, planlama, depolama vb. gibi önemli işlemler yer almaktadır. Bu işlemleri bir sistem dahilinde inceleyecek olursak herhangi birinde meydana gelebilecek tek bir aksaklık tüm sistemin verimliliğini etkileyecek etki dalgalarını beraberinde getirmektedir. Tüm bu sistemsel yaklaşım bizleri bu sistemin bir yönetilme biçiminin olmasını ve bu biçimin sistematik olarak ele alınarak tüm faaliyetleri kapsaması gerekliliğine götürmektedir. Burada ise karşımıza “Lojistik Yönetimi” kavramı gelmektedir.

## 2.2 Lojistik Yönetimi

Tedarik Zinciri Yönetimi Profesyonelleri Konseyi (Council of Supply Chain Management Professionals- CSCMP) Lojistik Yönetimini şu şekilde tanımlamaktadır: “Müşteri gereksinmelerini karşılamak üzere, üretim noktası ve tüketim noktaları arasındaki mal, hizmet ve ilgili bilgilerin ileri ve geri yöndeki akışları ile depolanmalarının etkin ve verimli bir şekilde planlanması, uygulanması ve kontrolünü kapsayan tedarik zinciri süreci aşamasıdır.” Lojistik kavramı ürünün üretildiği nokta ile tüketiminin gerçekleştiği nokta arasında farklılığın olduğu her durumda karşımıza çıkmaktadır. Lojistik yönetiminin içerisinde barındırdığı lojistik süreçlerini üç ana grupta toplamak mümkündür. Bunlar; tedarikçiden üreticiye kadar olan lojistik faaliyetleri Tedarik Lojistiği, üretim içinde yer alan lojistik faaliyetleri Üretim Lojistiği ve üreticiden son kullanıcıya kadar olan lojistik faaliyetleri de Dağıtım Lojistiği olarak adlandırılmaktadır. Bu ayrımı Şekil 2.2’de incelemek mümkündür.



Şekil 2.2 Lojistik yönetiminin süreçleri

Şekil 2.2’den de anlaşılacağı üzere lojistik yönetimi, tesis ve donanımlar, insan kaynakları, bilgi kaynakları ve finansal kaynaklar gibi lojistik girdilerini dağıtım şekli, dağıtım araçları, dağıtımın çizelgelenmesi işlemlerini müşteriye doğru ürünü, doğru yere, doğru miktarda, doğru zamanda en yüksek esneklik ve olabilecek en düşük maliyet ile hasarsız teslimini gerçekleştirmek için tedarik lojistiğini, üretim lojistiğini ve dağıtım lojistiğini, planlamalı uygulamaları yakından takip ederek aksaklıkları gidermeli ve sistemin geri dönüşlerini devamlı surette kontrol ederek sistemin verimliliğini, etkinliğini arttırmalıdır.

Lojistiğin dayandığı ve beraberinde hareket ettiği temeller vardır. Bunlar;

- **Strateji:** Mevcut faaliyet maliyetinin minimizasyonu, müşteriye katma değer sağlayabilme, kontrol edilme ve ortama uyarlanabilme gibi stratejilerin belirlenmesi lojistik faktörünün temel dayanaklarından biridir.
- **Yapı:** İşletmeler arasında fonksiyonel bir bütünlük sağlanabilmesi halinde lojistik hizmetleri daha sağlam yürütülebilmektedir.
- **Kapasite:** Lojistik firmasının güçlü ve sağlam bir lojistik ağ tasarımına ve kanal sistemine sahip olması, ağın çeşitli alanlarında kilit stok seviyeleri bulundurması çok büyük önem taşır.



- **Hareket:** Malzeme, bilgi ve hizmet akışının maksimum düzeyde olması lojistik faaliyetlerinin daha hızlı ve doğru gerçekleşmesi açısından çok büyük önem taşır.
- **İnsan:** Fonksiyonel bütünleşme, organizasyonlar arası ilişki ve etkileşimde en önemli ve kilit faktördür.
- **Finansal Öğeler:** Pazar hareketlerinin takibi, zamanında müdahale ve iyi bir sermaye altyapısının önemi çok büyüktür.
- **Fiziksel Olanaklar:** İşlevsel süreçler ve işlevlerin bütünleşmesi bu faktöre örnek olarak verilebilir (Arslan 2002).

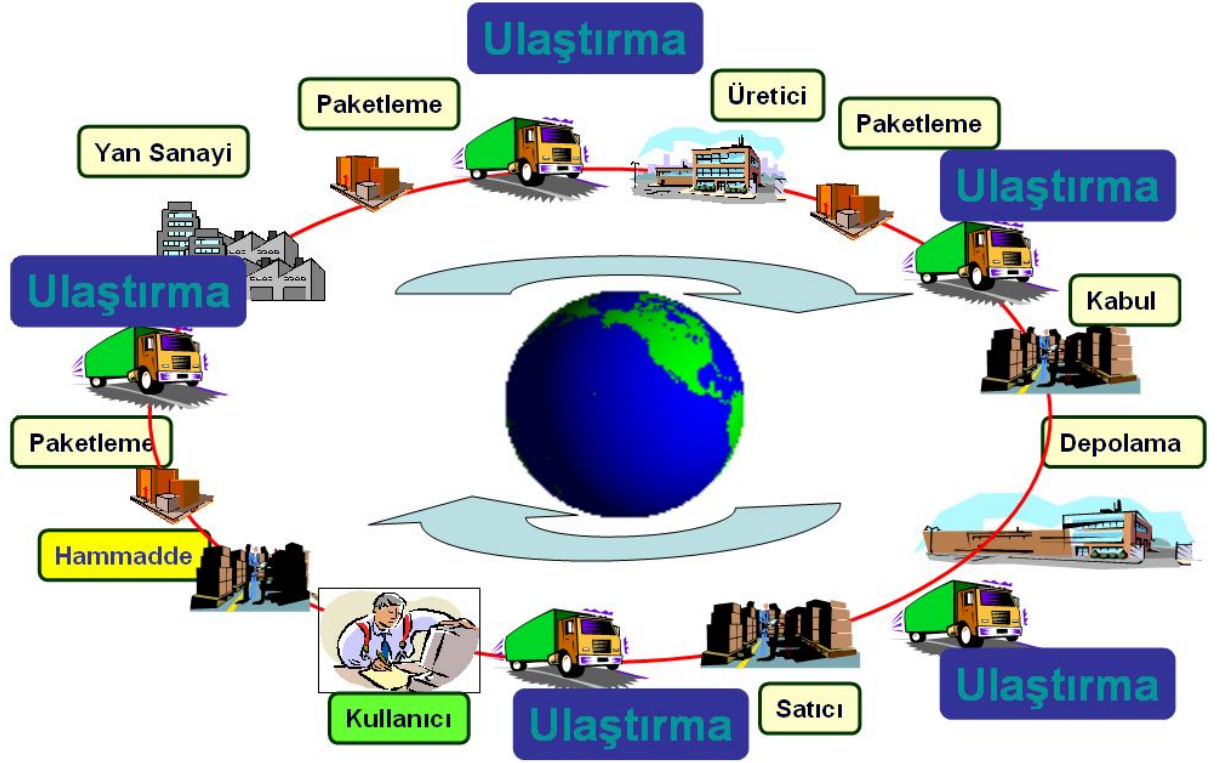
### 2.2.1 Lojistik Faaliyet Alanları

Lojistik yönetimi içerisinde üretim ve tüketimin farklı noktalarda olması ile karşılaşılan lojistik faaliyetlerinin, üretim ve tüketim faaliyetlerinin arasında etkinliğini gösterdiği alanlar bulunmaktadır. Bu alanlar ;

- Nakliye(ulaştırma)
- Stok yönetimi
- Depolama
- Paketleme
- Malzeme Yönetimi
- Sipariş işlemi
- Tahmin
- Satınalma
- Müşteri hizmeti
- Yer seçimi
- Hizmetler( parçalar, iadeler, atıklar ), olmak üzere gruplandırılmıştır (www.wikipedia.org).

**Nakliye (ulaştırma)**, lojistik faaliyet alanı olan nakliyede, taşıma işlemleri, taşıma araçları ve bu araçların rotalanması ile taşıma işlemlerinin meydana getirdiği maliyetlerin minimuma indirgenmesi çalışmaları yer almaktadır. Lojistik faaliyetleri içerisinde taşıma ve ulaştırma müşteriye ürünlerin doğru zamanda, doğru miktarda, doğru yere ulaştırılmasını sağlamaktadır.

Tüm lojistik faaliyetleri arasında nakliye işlemleri ile müşteriye ürünün teslim edilmesini içeren faaliyet alanıdır. Ulaştırma işleminin önemi Şekil 2.3'te görülmektedir.



Şekil 2.3 Lojistik faaliyetleri arasında ulaştırmanın yeri

Şekil 2.3'te görüldüğü üzere ulaştırma faaliyetleri ürünün hammadde halinden başlayarak yan sanayi dallarına dağıtımında, yan sanayi dağıtımından üreticiye aktarımında, üreticilerden depolama veya satıcı kuruluşlara gönderilmesinde ve son olarak satıcılardan da müşterilere ulaştırılmasında aktif olarak rol almaktadır.

**Stok yönetimi**, fabrikadaki ara ürünler ve bitmiş mamuller, bekleyen müşteriler, kamyonda yola çıkmış olan ürünler aslında hepsi birer stoktur. Stoklar, iş süreçleri arasındaki beklemeden ibarettir. İşletmeler, iş süreçlerini bağımsız hale getirmek, talep belirsizliklerine karşı korunmak, sipariş maliyetlerinden kaçınmak vb. gibi nedenlerden dolayı ellerinde belirli stokları tutmaktadırlar. Stoklar ürünlerin alımında sağlanabilecek olan iskontolar ile maliyetleri azaltma amacı ile oluşabilmektedir. Ayrıca işletme elinde bir miktar emniyet stoku tutarak oluşabilecek “yok satmadan” kendisini güvence altına almak istemektedir. Diğer taraftan işletmelerde belirli ürünün üretilmesinden sonra satış işlemlerinde meydana gelen bir aksaklık ile veya ürünleri satamamasından kaynaklanan stoklar bulunabilmektedir. Ek olarak enflasyonun yoğun olarak hissedildiği dönemlerde fiyat artışlarından en az etkilenmek amacı ile işletmeler stok tutabilmektedirler.

Lojistik faaliyetlerinin doğru planlanması ile işletme ihtiyaç duyduğu anda ürünleri tedarik etmiş olmakta ve teslim süresinde bitirdiği ürünleri elinde stok tutmadan müşterisine ulaştırma imkanı bulabilmektedir. Tamamen stoksuz çalışmak çok zor bir durumdur ve ayrıntılı bir plan gerektirir. Ancak günlük hayatta ve iş ortamında planlarda bazı aksaklıkların olması söz konusu olduğu için işletmeler belirli miktarlarda emniyet stokları tutmaktadır. Afyon Kocatepe Üniversitesinde Rektör Yardımcısı ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Kemalettin Çonkar'a göre işletmelerde stok miktarını etkileyen faktörleri hammadde, yarı mamul ve mamul stokları olmak üzere üç aşamada değerlendirilmelidir. Bunlar ;

#### **Hammadde Stokunu Etkileyen Faktörler:**

- Gelecek dönemde üretimi planlanan mamul miktarı: Planlanan mamul miktarı arttıkça hammadde stoku da artacaktır.
- Hammadde temininin mevsimlik oluşu (meyve suyu-şeker): Hammadde sağlamanın mümkün olduğu mevsimlerde hammadde stokları artacaktır.
- Üretimin hammadde yokluğu nedeniyle gelecek dönemlerde kesintiye uğramaması için bulundurulması gereken emniyet stoku: Emniyet stokunu etkileyen hususlar:
  - Hammaddenin belirli bir fiyattan istenildiğinde tedarik imkanı: Hammadde stoklarını azaltıcı yönde etki yapar.
  - Satıcı firmaların hammadde tesliminde gösterdikleri titizlik: Hammadde stoklarını azaltıcı yönde etki yapar.
  - Hammaddenin sağlandığı kaynak sayısı: Hammadde sağlanan kaynak sayısı arttıkça bulundurulacak hammadde stoku azalır.
  - Ulaştırma imkanların varlığı: Ulaştırma imkanlarının artması bulundurulacak hammadde stoklarını azaltır.
  - Üretimin kesintiye uğraması nedeniyle uğranılacak zararın tutarı: Bu nedenle müşteri siparişlerinin yerine getirilmesinde oluşacak aksamalar müşteri kaybı ve maliyet artışına neden olarsa, bu durum işletmeyi daha fazla hammadde stoku bulundurmaya yöneltebilir.
- Büyük alımlardan sağlanacak tasarruf (Miktar iskontosu, ulaştırma masraf tasarrufu): Bu durum daha fazla hammadde stokuyla çalışmaya neden olur.
- Hammadde fiyatları hakkında bekleyişler: Fiyat düşüşü ihtimali daha az hammadde stokuna, fiyat yükselişi beklentisi ise daha fazla hammadde stokuna yol açar.
- Satın alma ve stok kontrolünde etkinlik: Hammadde stoklarının azalmasına imkan verir.

- Hammaddenin dayanma süresi: Hammadde dayanma süresinin kısalığı daha az stoka, aksi durum daha fazla stoka yol açar.
- Stok tutma maliyeti: Stok tutma maliyetleri yükseldikçe bulundurulacak stok miktarı azalır.
- Mali imkanların genişliği ve maliyeti: Mali imkanların geniş ve maliyetinin düşük olması daha fazla stok bulundurmaya imkan verir.
- İşletmenin depolama kapasitesi: Depolama kapasitesinin büyüklüğü daha fazla stok bulundurma imkanı verir.

#### **Yarı Mamul Stokunu Etkileyen Faktörler:**

- İmalat sürecinin teknik niteliği ve uzunluğu: İmalat süreci uzadıkça bulundurulacak yarı mamul stoku artar.
- İmalat sırasında yaratılan katma değer: Yaratılan katma değer büyüdükçe yarı mamul stoku artar.
- Üretim faaliyetinin devamlılığı: Üretim faaliyetinin devamlılığının aksaması bulundurulan yarı mamul stoklarını artırır.
- Üretim miktarı: Üretim miktarı arttıkça yarı mamul stokları da artar.

#### **Mamul Stokunu Etkileyen Faktörler:**

- Satış hacmi: Uzun dönemde doğru orantılı. Kısa dönemde üretimi satışlara göre ayarlayabilme ile ilişkili.
- Talebin mevsimlik oluşu: Stoklar, talebin durgun olduğu mevsimlerde artar, canlı olduğu mevsimlerde azalır.
- Hammadde alımının mevsimlik oluşu: Hammadde alım mevsiminde üretimin çok yükselmesi gerekir. Bu da mamul stok miktarını artırır.
- Piyasadaki rekabet koşulları: Rekabetin şiddetli olması mamul stok miktarını artırır.
- Satış bölgelerinin adedi ve dağılımı: Satış bölgeleri çoğaldıkça mamul stok miktarı artar.
- Üretimin sipariş üzerine veya piyasa için yapılması: Sipariş üzerine üretimde mamul stoku ihtiyacı pek yoktur. Piyasa için üretim yapan işletmeler mamul stoku ihtiyacıdadır.
- Mamulün fiziki özellikleri ve stok tutmanın taşıdığı risk: Bozulma, moda, fiyat düşmesi gibi riskler daha az stok tutma eğilimi yaratır.

- Üretim çeşitliliği: Üretim çeşidi arttıkça mamul stokları da artar.
- Stok tutmanın maliyeti ve firmanın finansman imkanları: Maliyet yükseldikçe ve finansman imkanları daraldıkça bulundurulacak mamul stoku miktarı azalır.
- İşletmenin depolama imkanları: Depolama imkanları daraldıkça, mamul stok miktarı azalır.

**Depolama**, belirli nokta/noktalardan gelen ürünlerin/yüklerin teslim alınıp, belirli bir süre korunup, belirli nokta/noktalara gönderilmek üzere hazırlanmasıdır. Depolama süresinin uzunluğu depoları farklılaştırır. Depolama süresinin uzun olduğu yerlere depo denirken, süre kısaldıkça bu yerlere dağıtım merkezi, daha da kısaldıkça aktarma merkezi denir (www.mühendisiz.net). Depolama esas olarak kontrol, teslim alma, yerleştirme, sayım, toplama, kontrol ve gönderme faaliyetlerini kapsar.

Bu stratejide üreticiler ürettikleri ürünleri müşterilere dağıtmadan önce onları merkezi bir depoda bekletir. Malzemeler burada kontrol, paketlenme, sipariş işleme, ambalaj gibi diğer lojistik işlemlerden geçtikten sonra, uygun atamalar vasıtasıyla talepte bulunan müşterilere dağıtılır. Yani malzemeler depolarda tutulur ve buradan müşterilere dağıtım yapılır. Depolama koşulları depolanan ürünlerin niteliğine göre değişiklik göstermektedir. Sıcaktan etkilenen ürünler soğuk hava depolarında bekletilmesi buna bir örnek teşkil etmektedir. Diğer taraftan farklı ürün grupları eğer birbirlerini etkileyerek bozacak nitelikte ise bu ürün gruplarının ayrı yerlerde muhafaza edilmesi gerekmektedir. Bu duruma ise kimyasal içeren ürünler ile gıda grubu ürünlerinin ayrı ayrı depolanması gerekliliği örnek olarak gösterilebilir.

Depolama dağıtım sistemi içerisinde müşteriye teslimatın yapılmasında ulaştırma sürecinden bir önceki aşamadır. Depolama faaliyetlerinde belirli planlama sistematik ürün yerleştirme gibi unsurlar yer almaktadır. Depolama işleminin, lojistik sistemi içinde temel olarak beş fonksiyonu vardır;

- Depo, lojistik sistem içinde değer ekleme alanı görevi görür.
- Müşteri siparişlerinin ürün karışımının hazırlanmasını sağlar. Müşterinin birçok farklı üründen oluşan siparişinin hazırlanması için deponun birçok farklı alanından değişken sayıda ürün alınması gereklidir.
- Deponun üçüncü fonksiyonu hizmet sağlamaktır. Müşteri hizmetinin ne kadar önemli olduğu açıktır. Müşteri siparişini geçtiğinde, müşteriye mantıklı uzaklıkta olan bir depoda ürünün var olması, müşteriye zamanında teslimat yapılabilmesi ve müşteri tatmini ile sonuçlanacaktır ve gelecekte satışı olumlu yönde etkileyecektir.

- Depolamanın dördüncü fonksiyonu olumsuz ihtimallere karşı koruma sağlamasıdır. Nakliye gecikmeleri, satıcı stoksuzluğu, grevler gibi olumsuz durumlarda kanala depolardaki stoklardan mal verilmesi uygun olur.
- Depolamanın bir başka fonksiyonu ise üretimin ara aşamalarındaki yan ürünlerin stoklanması ile çeşitli durumlarda iş merkezlerinde meydana gelebilecek duruşlardaki kayıpların azaltılması ve üretimin tam kapasite çalışmadığı durumlarda yarı mamul stoku yapılarak çok yoğun zamanlardaki mesailerin önlenmesidir (Sağlam, 2003).

**Paketleme**, pazara hazırlanmış ürünün uygun ambalaj kaplarına doldurulması işlemine ambalajlama veya paketleme denir. Ayrıca teslimata hazırlanan ürünlerin paletlere yerleştirilmesi ve düzenli istiflenmesi işlemi de paketleme içerisine girmektedir. Taşıma işlemi esnasında meydana gelebilecek kırılma, bozulma, ambalaj yırtılması vb. gibi durumlar için koruyucu paketleme ve ambalajlama faaliyetleri ürünlerin depolarda bekleme aşamasında tamamlanmaktadır.

Lojistik açısından paketlemenin iki rolü vardır. Birincisi, ürünün nakliyesi ve depolanması esnasında dış etkilerden korunması, ikincisi ise; ürünün depolanması ve transferi esnasında kullanılacak işçi ve malzeme maliyetinin azaltılmasıdır. Ürün paketlenmediği takdirde taşıma esnasında yaşanacak zorluklar nedeniyle işçilik maliyetleri, nakliye ve depolanma esnasında üründe meydana gelebilecek hasarlar nedeniyle malzeme maliyetleri artacaktır. Genellikle ihraç edilecek malların paketlerinin daha dayanıklı olması önemlidir (Günhan, 2002).

Paketleme ve ambalajlama işlemlerinde ele alınması gereken bir diğer önemli konu ise ambalajın içerisindeki ürün hakkında bilgi vermesidir. Bu bilgi sayesinde ambalajın içeriği bilinmesi depolama faaliyetlerini kolaylaştırır ve yerleştirme aşamasında çalışanlara paketin içeriğinin ne olduğunu bildikleri için depo düzenine göre ürünü olması gerektiği yere konumlandırır. İçerisinde ne olduğunu belirtmeyen paketler, koliler ambalajlar vs. depolama faaliyetlerinde ve depolandıktan sonra teslimat için hazırlık faaliyetlerinde ek zaman kaybına ve yanlış sevk işlemlerine davetiye çıkarabilmektedir. Paketleme ürünün özelliklerini kaybetmeyecek şekilde muhafaza edilmesini sağlayacak biçimde olmalıdır. Ayrıca ambalajlama işlemlerinde çeşitli ekonomiklik analizleri ve taşıma koşulları göz önüne alınarak koli içi miktarları ve boyutları belirlenmelidir.

**Malzeme yönetimi**, bir malzemenin akışının planlanması, tedarik edilmesi, depolanması, miktar ve zaman yönlerinden kontrol edilmesidir. Hammadde ve diğer araç ve gereçlerin üretime hazır olduğu zaman ile bunlara ihtiyaç duyulan zamanın olabildiğince birbirine yakın

olmasına çalışır. Malzeme taşımanın üretim üzerine etkisi büyüktür. Malzeme taşıma süreçleri tezgahların ve onları çalıştıran işçilerin verimine, tezgahlar arasında bulunması gereken yarı mamul envanterinin miktarına, genel imalat giderlerine doğrudan etki ederler. Bu nedenle taşıma şeklinin mümkün olduğu kadar ekonomik, taşıma uzaklığının mümkün olduğu kadar kısa ve taşıma için ayrılacak tesis alanının da mümkün olduğu kadar küçük olması sağlanmalıdır.

Malzeme yönetimi mümkün olan en düşük stok seviyesinde, taşıma mesafelerini minimize etmeyi, süreç içerisindeki reel stok miktarını, malzeme tedarikinden kaynaklanan bekleme zamanlarını minimize etmeyi vb. amaçlamaktadır. Malzeme yönetimi aslında hangi üründen ne kadar üretileceğini araştırır. Üretilcek ürün ve miktarı belli olan ürünlerin üretilmesi için hangi malzemelerin gerektiğini ortaya koyar daha sonra ise gereken malzemelerin hangilerinin envantere bulunup hangilerinin sipariş verileceğini araştırır. Sipariş verilecek ürünler artık belirlenmiştir. Geriye eksik malzemelerin siparişlerinin verilmesi ve bu ürünlerin temininin öngörülen süre içerisinde gerçekleşmesi kalmaktadır. İyi bir malzeme yönetimi ile müşterinin talep ettiği ürünler ile ilgili daha sipariş alınır alınmaz hangi alt bileşenlerinin siparişlerinin verilmesi gerektiğini ortaya koyar. İyi bir malzeme yönetimi ile tedarikçilerden ürünün temininin zamanında yapılması ve siparişlerin zamanında ve gereken miktarlarda verilmesi sağlanmaktadır.

**Sipariş işlemi**, sipariş işlemlerini iki aşamada değerlendirmek yararlı olacaktır. Bunlardan birincisi tedarikçilere verilen siparişler, ikincisi ise müşterilerden alınan siparişlerdir. İşletme içerisindeki süreçleri tetikleyen müşterilerden alınan siparişlerdir. Bu siparişler verildiği andan itibaren işletme harekete geçmektedir. Siparişler alındıktan sonra işletme malzeme yönetimi sisteminin kullanılması ile birlikte hangi malzemelerin tedarikçilere sipariş verilmesi gerektiğini belirler. Üretim planlamalarından alınan veriler doğrultusunda ise tedarikçilere verilen siparişlerin ürünlerin teslimat programını aksatmayacak şekilde ne zaman ulaştırılması gerektiği de tedarikçilere bildirilmektedir. Burada önemli konulardan birisi de çalışılan mevcut tedarikçilerin isteklerimizi zamanında karşılayıp karşılayamayacağıdır. Tedarikçiler siparişleri zamanında ulaştıramazlarsa müşteriden alınan siparişin teslimatı gecikecektir. Müşteriye teslimatın gecikmemesi için de işletmeler belirli malzeme gruplarından elinde emniyet stoku bulundurmaktadırlar.

**Talep tahmini**, işletmeler içerisinde buldukları sektörlerin farklılıklarına göre belirli talep tahmin yöntemlerini kullanabilirler. Dönemsel artış gösteren talepler, sabit talepler ve belirsizlik arz eden talepler işletmenin tüm faaliyetlerini etkilemektedir. Talep tahminleri

işletmeye uzun dönemli ve kısa dönemli planlarında ışık niteliği taşımaktadır. Etkili talep tahmininin yapılabilmesi için işletmelerin sektörel haberleri, sektörel verileri ve kendisi ile ilgili olan geçmiş dönemlere ait müşteri taleplerini iyi analiz etmesi gerekmektedir. Talep tahminleri ile işletmeler tedarik edecekleri ürünlerin ekonomik miktarlarını bu ürünlerin depolama faaliyetlerini ve iç süreçlerde kullanım faaliyetlerini planladıkları bir gerçektir.

Talep tahminlerine göre üretim sorumlusu üretim esnasında kullanılacak malzeme ihtiyaçlarını belirler. Depolama işlemlerinde deponun mevcut kapasitesinin artırılması veya azaltılması çalışmaları planlanır. Lojistik faaliyetlerinde kullanılacak ekipmanların ve taşıma araçlarının yeterliliği, taşıma ekipmanlarının sayısı ve kapasitesi, lojistikte dış kaynak kullanılması vb. konular yöneticiler tarafından ayrıntılı olarak incelenir.

**Satınalma**, işletmeler ürettikleri ürünlerin tüm bileşenlerini kendilerinin üretmesi hemen hemen olanaksızdır. İşletmeler ürün üretimi söz konusu olduğunda hammaddelerden çeşitli yan ürünlere kadar belirli malzemeleri dış kaynaklardan (tedarikçilerden) karşılamak zorundadırlar. İşletmeler söz konusu tedarikçilerin seçiminde titiz davranmalıdırlar. Üretim süreçleri içerisinde tedarik edilmesi gereken ürünlerin eksiksiz ve zamanında elde edilmesi biten mamulün istenilen zamanda müşterinin eline ulaşabilmesini sağlayacaktır. Ayrıca tedarikçilerden işletmenin artan taleplerine karşılık verebilecek şekilde gelişmeye açık olmaları ve yenilikçi olmaları beklenmektedir. Büyük sanayi kuruluşları yarı mamullerini yaptırdıkları tedarikçileri kendi fabrikasının etrafında toplayabilmektedir. Ayrıca yeni bir fabrika kurulacağı zaman yan sanayilere olan yakınlığı ve bu yan sanayinin tedarik edeceği ürünleri kendi kalite standartlarına uygun olması çok önemli faktörler arasındadır.

Satınalma faaliyetleri üretilen ürünün bileşenlerinin hammadde hallerinden tedarik edilmesi ile başlar birçok ara süreçlerden geçirilerek son müşterinin eline ulaşımaya kadar devan eder. Satınalma işlemlerinde kalite, fiyat, zamanlama süreklilik vb. gibi faktörler çok önemlidir. Unutulmamalıdır ki her satınalma işleminden bir önceki safha satın alınan ürünlerin satıcıdan alıcıya ulaştırılması işlemidir. Müşterinin talep ettiği ürünün hammaddeleri veya yarı mamullerin tedariki lojistik sistemi içerisinde ele alındığında teslim zamanlarını etkilemektedir.

**Müşteri hizmetleri**, lojistik yönetimini kullanan bir işletmenin en önem verdiği konulardan biri müşteri istekleri ile paralel doğrultuda hareket ederek müşteri memnuniyetini yüksek tutmaktır. Bu yüzden lojistik yönetimi kapsamı içinde müşteri hizmetleri faaliyetlerine dikkat edilmelidir. Bu bağlamda, bir ön çalışma ile müşteri hizmetlerinin nasıl olması gerektiği, incelenir. Bütün lojistik yönetim faaliyetlerinde müşteri hizmetleri konusunda yapılan



çalışmalar bağlayıcı bir güçtür. İşletmenin pazardaki başarısını sağlamak için gerekli olan müşteri memnuniyetinin sağlanması, müşteri hizmetleri bölümünün başlıca görevidir.

Lojistik hizmetlerinde hizmet düzeyi birbirine bağımlı dört grup faktörle açıklanır;

1. Sipariş dönemi zamanı ve hız
2. Güvenilirlik (tutarlılık, her zaman aynı ve sürekli servis, doğruluk, varan malların kalitesi)
3. İletişim (beklentiler, normlardan sapmalar, siparişle ilgili uyarılar, geri bildirim, sipariştten faturaya bilgi akışı vb.)
4. Kolaylık (sipariş vermede, bilgi akışında, tarifelerde, sipariş iptallerinde, şikayet edebilmede vb.) (Sağlam, 2003).

Müşteri hizmetleri, mevcut beklentileri elde tutabilmek için bir dizi aktiviteyi kapsar. Yeni müşteriler kazanmaya çalışmaktan önce mevcut müşterilere kaliteli hizmet sunulmalıdır. Parça ve servis desteği müşteri hizmetlerinin bir parçasıdır. Satılan ekipmanların bakımı yapılmalıdır. Benzer şekilde, ihtiyaç duyulan yedek parçalar tedarik edilmelidir. Ürünlerin geri toplanması da önemli bir müşteri hizmetidir. Tüketicinin korunması hareketinin yaygınlaşmasıyla işletmeler müşterilerle daha yoğun ilgilenmeye başlamışlardır (Ölçer ve Önüt, 2002).

**Yer seçimi**, lojistik faaliyetlerinin etkilediği bir diğer alan ise yer seçimi faaliyetleridir. Yer seçimi faaliyetlerinde kurulacak olan depo, fabrika vs. için öncelikle ulaştırma faaliyetleri göz önünde tutulmaktadır. Ulaştırma faaliyetleri çalışan personelin yerleşim alanına ulaşımından son ürünün müşteriye ulaştırılmasına, hammadde ve yarı mamul tedarikinden ulaştırma olanaklarına kadar pek çok faaliyet göz önünde bulundurulmaktadır. Tedarikçilere olan uzaklık müşterilere ulaşım olanakları yer seçimlerinde önemli kriterler arasında yer almaktadır. Ulaşım faaliyetleri içerisinde otoyollara olan yakınlık, demiryollarına olan yakınlık hava alanlarına olan yakınlık limanlara olan yakınlık işletmenin ürettiği ürüne ve bitmiş olan mamulün müşterilere ulaştırma biçimine göre farklılık arz etmektedir. Kısaca yer seçimi faaliyetlerinde lojistik ve ulaştırma kriterleri önemli yer tutulmaktadır.

**Hizmetler (parçalar, iadeler, atıklar)**, Her ürün için üretim ve lojistik süreçlerde kullanılmayan malzeme mevcuttur. Eğer bu kullanılmayan malzemeler başka ürünler için de kullanılmamakta ise, başka şekillerde değerlendirilmelidir. Lojistik süreçte her türlü artık madde veya kalıntı etkili bir şekilde değerlendirilmeli, nakledilmeli veya depolanmalıdır.

Eğer bu artık maddeler işlenmek suretiyle kullanabiliyorsa, lojistik yöneticiler bu maddeleri yeniden imal edilmesi veya işlenmesi için ilgili bölümlere sevk ederler (Günhan, 2002).

İadeler, lojistik sürecinin önemli kısmı olan geri dağıtım anlayışı ile olur. Alıcılar üründeki hata, aşırı yıpranma, hatalı ürün alımı veya başka nedenlerden dolayı ürünü satıcılara iade edebilirler. Birçok endüstride ürünün geri dönmesi sonucunda, yerine yenisi ile değiştirilmesi, onarılması, yedek parça değişimi yüksek maliyetlere neden olur. Hatalı ürünün müşteriden üreticiye olan iadesi esnasında oluşan maliyet; ürünün, üreticiden müşteriye sunulması için yapılan maliyetin yaklaşık dokuz katıdır. Genellikle iade edilen ürünün nakliyesi, ambarlaması çok kolay olamaz ve yüksek lojistik maliyetlere neden olur. Müşteri taleplerinin daha değişken ve iade politikalarının daha çok görülmesiyle geri dağıtım çok daha önemli hale gelmiştir (Günhan, 2002).

### 2.2.2 Lojistik Yönetiminde Kritik Başarı Faktörleri

Lojistik yönetimde başarıya ulaşabilmek için bazı faktörlerin ayrıntılı olarak incelenmesi gerekmektedir. Bu faktörler arasında aşağıdaki maddeler örnek olarak gösterilebilir (Tanyaş, 2009) .

- ***Maliyetlerin (Navlun, Depolama, Stokta Taşıma, vb.) Düşürülmesi:*** İşletme maliyetlerinin arasında lojistik faaliyetlerinin maliyetinin %6-%20 arasında olması depolama taşıma vs. gibi faaliyetlerin maliyetlerini yeniden planlama veya bazı ek uygulamalar ile azaltılmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır.
- ***Zamanında Teslim Oranının Arttırılması:*** Müşteri istediği ürünlerin istediği zamanda elinde olmasını arzu etmesi çok normaldir. Çünkü istediği zaman elinde olacak şekilde kendi içsel süreçlerini planlamış ve faaliyetlerini istediği ürünün istediği zaman ve istediği miktarda elinde olacak şekilde kabullenerek koordine etmiştir.
- ***Temin Süresinin (Lead Time) Azaltılması:*** Siparişin alınmasından itibaren bitmiş olan ürünün en kısa zamanda müşteriye hazır hale gelmesi hem müşterinin istediği ürüne en kısa zamanda ulaşabilmesine imkan tanımakta hem de işletmenin diğer müşterilere hizmet sunmasına olanak sağlamaktadır. Belirli zaman diliminde daha fazla müşteriye hizmet vermek için üretkenliğini arttırmak elbette getirisi olacak bir çalışmadır. Ancak unutulmamalıdır ki üretkenlik ile beraber mutlaka süreçlerde

verimliliğin de arttırılması gerekmektedir. Böylece daha kısa zamanda daha yüksek oranda fayda elde edilmiş olunacaktır.

- ***Esnekliğin Arttırılması, Seçenek Çözüm Sayılarının Arttırılması:*** Müşterilere sunulacak olan alternatiflerin arttırılması müşterinin ihtiyacına en uygun olan alternatifi seçebilmesi rakip firmalardan bir adım öne geçmenin etkili bir yoludur. Bunun yanında sunulacak olan hizmetin-ürünün kalitesinin ve fiyatının uygunluğu da önem arz etmektedir.
- ***Veri Güvenilirliğinin ve Hızlı Erişim Oranının Yükseltilmesi (Miktar, Zaman, Yer, vb.), Bilgi/Evrak Eksikliğinin En Aza İndirilmesi:*** Bütün süreçlerin ve süreçler arasında meydana gelen tüm olayların, beklemlerin, hizmet süresinin vb. analiz edilmesi, kayıt altına alınması, bilgi akışının sağlanması gibi unsurların oluşturulması analiz ve takip açısından önemlidir. Aynı şekilde bu unsurlara istenilen zamanda ulaşılması ve takibi de gerekmektedir. Bir problem oluşmuşsa veya oluşmadan önceki aşamasında analiz etmeden o problemi bulmak veya problemin oluşacağını sezmek imkansızdır. Tüm süreçlerin doğru veriler ile ve kayıt altına alınması analiz işlemlerini mükemmelleştirecek ve olası problemlerin çözümü de problem oluşmadan gerçekleştirilebilecektir.
- ***Temel Yetkinliğe (Core Competency) Odaklanmanın Sağlanması:*** Her işi yapmak yerine en iyi yaptığı işi yaparak uzmanlaşmak ideal olan yaklaşımdır. Uzmanlaşma beraberinde mükemmelliği ve yüksek faydaları getirmektedir. Bu nedenle işletmeler fayda sağlayacak her işi yapmak yerine en iyi yaptığı işi yaparak benzersiz kalite seviyesine ve beraberinde vermiş olduğu kaliteli hizmetin karşılığını da alması kazancını arttıracaktır. Kazançta istikrarın sağlanması, ürün veya hizmette kalitenin devamlı arttırılabilmesi için işletmeler sahip olduğu temel yetkinliklerinin farkına varmalı ve bu yetkinliğin üzerine yoğunlaşmalıdır.
- ***Bozulma/Hasar/Kayıp Oranının En Aza İndirilmesi:*** İşletme içerisindeki süreçlerin analiz edilmesi ile birlikte kontrol edilen bir kalite yerine üretilen bir kalite anlayışına sahip olması beraberinde azalan bozulmaları, meydana gelmeden önlenen hasarları ve fire miktarlarını minimuma indirmesi sonuçlarını doğurmaktadır. Global çevrede fiyatların müşteriler tarafından belirlenmesi ile işletmeler maliyetlerini azalttığı ölçüde kazanç sağlamaktadırlar. Bu nedenle maliyetlere etkisi olan fire, hasarlı ürün ve itibarı zedeleyici bozulmaları engellemek gerekmektedir.

- ***Tedarik Zinciri İçindeki Toplam Stokların En Aza İndirgenmesi:*** İşletmelerde elde tutulan stoklar belirli maliyetleri de beraberinde getirmektedir. Tedarik zinciri içerisindeki toplam stoklar arasında ara stoklar ve depolarda teslimatı bekleyen bitmiş ürün stoklarının getirdiği yük bulunulan sektöre göre değişkenlik gösterse de maliyetleri etkilemektedir. Bu nedenle işletmeler talep tahminlerinden tedarikçilerine ve dağıtımına kadar her süreci ayrıntılı olarak planlamalı ve kazançlarını bu süreçlerin maliyetlerini azaltarak sağlama anlayışına sahip olmaları gerekmektedir.
- ***Lojistik Faaliyetlerin Etkinlik (Planlara Uyuma) ve Verimlilik (Çıktı/Girdi) Oranlarının Artırılması:*** Lojistik faaliyetleri içerisinde birçok belirsizlikleri barındıran süreçler topluluğudur. Bu belirsizliklerin en aza indirgenbilmesi ise oluşturulacak ayrıntılı planlar ile mümkün olabilmektedir. Bu nedenle lojistik faaliyetlerinin oluşturulan planlara bağımlı olması ve bu planlara uyması ile etkin bir kontrol sağlanır. Planın yanlışlıkları veya faydaları planın doğru işlemesi ile belirlenebilir. Her zaman arzu edilen ile gerçekleşenin birbirine yakınlık derecesinin en fazla olması beklenmektedir. Ayrıca lojistik faaliyetlerinin sağlayacağı katma değer artması bu faaliyetlerin verimliliğinin artmasına sebep olacaktır. İşletmenin lojistik faaliyetleri ile ilgili kazançlarının parasal değeri ile beraber müşteri gözünde memnuniyetinin ve itibarının da artmasına sebep olmaktadır.
- ***Müşteri İlişkilerinin Geliştirilmesi, Müşteri Odaklılığın Artırılması:*** İşletmeler artık kendi ürettiği ürünün standartlarını müşterilere dayatması yerine, müşteri odaklı çalışarak müşteri ihtiyaçlarına tam cevap veren ürünlerin üretilmesi gerekliliğine inanmak zorundadırlar. Müşteriler ihtiyaçlarının karşılandığı oranda memnun kalırlar. Ayrıca unutulmamalıdır ki müşteri ihtiyaçlarına en iyi cevap veren ürün en kaliteli üründür. Bu bağlamda müşteri odaklı ürün veya hizmet üretilmeli ve müşteri ile ilişkilerde devamlı güven ve samimiyet ortamı oluşturulmalıdır.
- ***Sabit Maliyetlerin Değişken Maliyet Haline Dönüştürülmesi:*** Günümüzde bazı işletmeler kullandıkları taşıma araçlarını, yerleşim alanını kiralama yöntemine başvurmuşlardır. Böylelikle kullandıkları kadar ekipmanın parasını asıl sahiplerine ödemektedirler. Ayrıca çeşitli ek maliyetlerden ve zaman gerektiren resmi bazı işlemlerden de kurtulmuşlardır. Ayrıca perakende sektöründe büyük

alışveriş merkezleri zincirleri müşterilerine satışa sundukları bazı ürün gruplarında sattıkları kadarını tedarikçi firmaya ödemek sureti ile envanterlerini azaltarak satışları nispetinde geri ödemelerini gerçekleştirmektedirler. Bu durum tedarikçi açısından pek hoş karşılanmasa bile son kullanıcıya ulaşan ürününün parasını almaktadır. İşletme açısından ise bu durum elinde bulunan ürünlerin hepsine büyük miktarda sermayeyi bağlamak yerine sattığı kadarının parasını tedarikçisine ödeyerek artı kalan sermayesini başka faaliyetlerde değerlendirebilmesine olanak sağlamaktadır.

### **2.2.3 Taşıma Sistemleri**

Karayolu, demiryolu, denizyolu, havayolu ve boru hattı olmak üzere beş farklı taşıma sistemi mevcuttur. Yükün taşınacağı yer, taşıma zamanı, ve taşıma miktarı taşımacılık tipinin seçiminde önemli faktörlerdir. Ayrıca en az iki sistemin kullanıldığı sistemler arası (intermodal) taşımacılık da günümüzde önem kazanmaktadır. Bu sistemler karşılaştırıldığında birbirlerine göre bazı avantaj ve dezavantajları bünyelerinde barındırmaktadırlar. Her bir taşıma sisteminin kendine has teknik, operasyonel ve ticari karakteristiği vardır. Unutulmamalıdır ki taşıma sisteminin seçiminde en önemli kriter maliyettir.

#### **2.2.3.1 Karayolu Taşıma Sistemi**

Dünyanın en eski taşımacılık şekli karayolu taşımacılığıdır. Kral yolu, İpek yolu vb. güzergahlar ticaretin yoğun olarak gerçekleştiği ve uzak ülkelere giden tüccarların kullandığı stratejik öneme sahip güzergahlardır. Bu kadar eski ve halen etkin kullanılan karayolları özellikle askeri ekipman ikmallerinin hayati önem taşıdığı 2. dünya savaşından sonra gelişme göstermiştir. Tüm önemli merkezler ve merkezi yerleşim yerleri karayolları ağı ile birbirlerine bağlanmışlardır. Karayolları ile uçak, demir yolu, deniz taşımacılığı ile ulaşılamayan noktalara ulaşım sağlanmaktadır. Günümüzde en çok kullanılan taşıma sistemi karayollarıdır.

Avantajları;

- Kısa mesafelerde daha verimli ve ekonomiktir.
- Müşterilerin yükü teslim alabilecekleri yer açısından daha esneklerdir.
- Kapıdan kapıya (door-to-door) ve aktarmasız teslimata olanak verir.
- Ulaşım ağı çok geniştir.
- Hızlıdır.

- Diğer tip taşıma araçlarına göre ucuz olması kara taşımacılığı sektörüne girişi kolaylaştırır.

Dezavantajları;

- Bir kez de taşınabilen yük miktarı azdır.
- Uzak mesafeler için ekonomikliğini kaybeder.
- Kötü hava şartları bu yöntemi etkiler.
- Genel olarak enerji tüketimi yüksektir.
- Bakım onarım masrafları yüksektir.

### **2.2.3.2 Demiryolu Taşıma Sistemi**

Özellikle 1829 da buharlı lokomotiflerin keşfinden sonra hızla gelişmiştir. Ağır endüstriler geleneksel olarak tren yollarıyla bağlanmıştır. Konteynır taşımacılığının gelişmesi demir yollarına esneklikler sağlamış, demir yolları kara ve deniz yollarına bağlanmıştır. Özellikle dökme, yağma türden hacimli, yükte ağır pahada hafif mallar taşınır.

Avantajları;

- Enerji tüketimi kara taşımacılığına göre düşüktür,
- Raya bağlılık kaza riskini azaltır,
- İklim koşullarından fazla etkilenmez,
- Sinyalizasyon kullanımı bu sistemi güvenli hale getirir.

Dezavantajları;

- Kısa mesafeler için ekonomik değildir.
- Yükleme saatleri kısıtlıdır.
- Arazi eğimlerine bağlı olarak ulaşım ağı kurmak zor olabilir.
- Demiryolu yatırımları pahalıdır.
- Yol ve zaman dayanıklılığı az olan malların taşınmasında pek elverişli değildir.

### **2.2.3.3 Denizyolu Taşıma Sistemi**

Uluslararası ulaşımda %85 oran ile en fazla kullanılan taşımacılık yolu deniz yolu taşımacılığıdır. Demiryolları ve karayolları daha ziyade milli ulaştırma bakımından önem kazandığı halde, denizyolları uluslararası ticarete önemli rol oynamaktadır.

Avantajları;

- Denizyolları özellikle çok büyük miktarda ve hacimdeki yüklerin uzun mesafelere taşınmasında en elverişli sistemdir.
- Denizyolu ulaştırmasında kitlesel taşıma kapasitesi maksimum seviyededir, bu nedenle taşımanın birim maliyeti düşüktür.
- Yüksek güvenlik olanaklarına sahip olan bu sistem ayrıca enerji tüketimi açısından diğer taşıma sistemlerine göre düşük düzeydedir.

Dezavantajları;

- Su yolları taşımacılığının zayıf yönlerinden biri yavaş olmasıdır.
- Hava koşullarında da olumsuz etkilenebilir.
- Ayrıca liman, iskele gibi pahalı terminal tesisleri gerektirir.

### **2.2.3.4 Havayolu Taşıma Sistemi**

Havayolu ulaştırması, uluslar arası ve kıtalar arası taşımacılıkta önemli bir yol oynamaktadır. Malın havayolu ile gönderilmesinde malın yapısı, ambalajı , nakliye süresinin kısıllığından dolayı elde edilecek tasarruflar, alıcı ve satıcı için stoklama tasarrufları gibi etmenler dikkate alınır. Havayolu taşımacılığı diğer taşıma şekillerine kıyasla en hızlı taşımacılık türüdür.

Gerek yük ve gerekse yolcu taşıma teknolojisindeki gelişmeler, ülkelerdeki gelir düzeylerinin ve rekabetin artışı, havayolu taşımacılığının önemini ve payını giderek arttırmaktadır.

Avantajları;

- Diğer taşıma sistemlerine göre daha hızlı ve güvenlidir.
- İmalatçıların minimum stoklarla iş görmesini ve üretim planlamasını kolaylaştırır.
- Uzak yerlere en kısa yoldan ulaşımı sağlar.

- Özellikle, yedek parça, ilaç, kitap, çiçek, yaş meyve ve sebze, çabuk bozulan gıda maddeleri, canlı kümes hayvanları, moda ya bağlı mallar vb. açısından havayolunun önemi büyüktür.

Dezavantajları;

- Altyapı yatırımı nispeten pahalı sayılmaz. Ancak uçakların alımı büyük finansman gerektirir.
- Yakıt tüketimi ve işletme giderleri yüksektir.

### **2.2.3.5 Boru Hattı Taşıma Sistemi**

Boru hattı özellikle, ham petrol, benzin, fueloil, gazyağı, doğal gaz gibi sıvı ve gaz maddelerin uzak mesafelere kesintisiz taşınmasında önemli rol oynamaktadır. Ayrıca gelişmiş ülkelerde boraks, nikel, fosfat, bakır, kömür, buğday gibi katı maddelerin naklide boru hatlarından yapılmaktadır. Boru hattı taşımasının dezavantajı olarak boru döşeme, pompa ve dağıtım istasyonları vb. yatırım giderlerinin yüksek olması gösterilebilir.

Avantajları;

- En üstün yanı ucuz ve sürekli oluşudur.
- Enerji tüketimi azdır.
- Hava koşullarından pek etkilenmez.

### **2.2.3.6 Intermodal Taşıma**

Kombine ve multimodal taşımacılık olarak ta adlandırılabilen intermodal taşımacılığının en büyük avantajı kapıdan kapıya taşımacılığının gerçekleştirilmesindeki olumlu etkisidir. İhracat ve ithalatta malların birçok taşıma sistemi kullanılarak son alıcıya ulaştırılmasını sağlar. Her taşıma sistemine geçiş aşamasında gümrük kontrolü ve malların bekletilmesi gibi çeşitli prosedürlerin yaşanması zaman kaybına ve maliyetin artmasına sebep olması bu sistemin bir dezavantajıdır.

Uluslararası taşımacılıkta çok yoğun olarak kullanılan bu sistemin farklı kombinasyonları bulunmaktadır. Bunlar ;

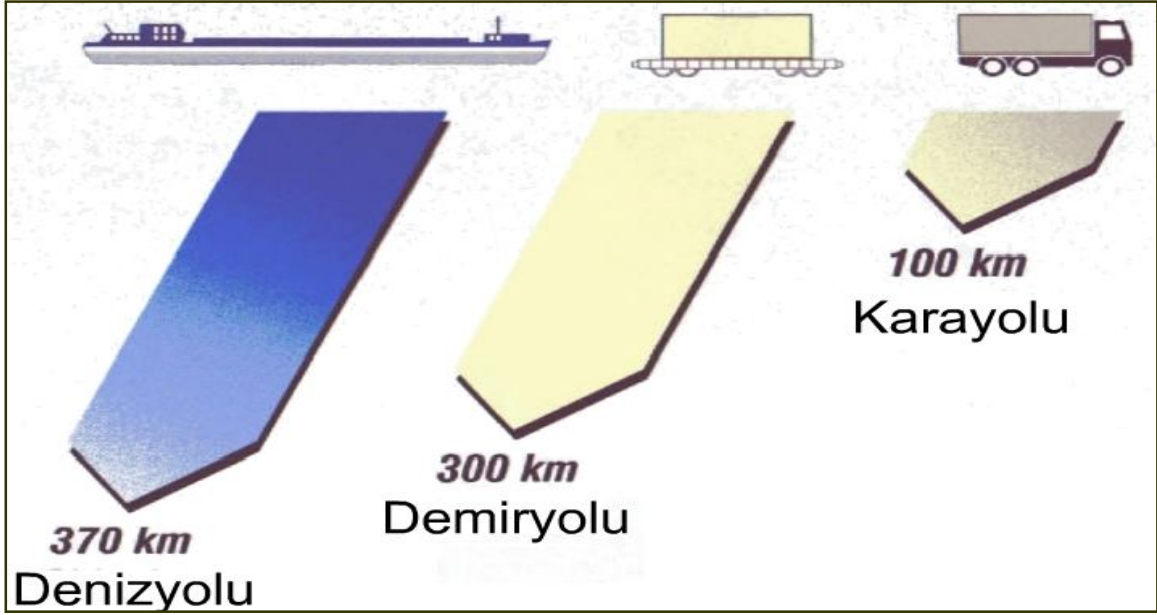
- Denizyolu – Demiryolu
- Denizyolu – Karayolu



- Demiryolu – Karayolu, olmak üzere genel olarak kullanılan üç farklı kombinasyondur.

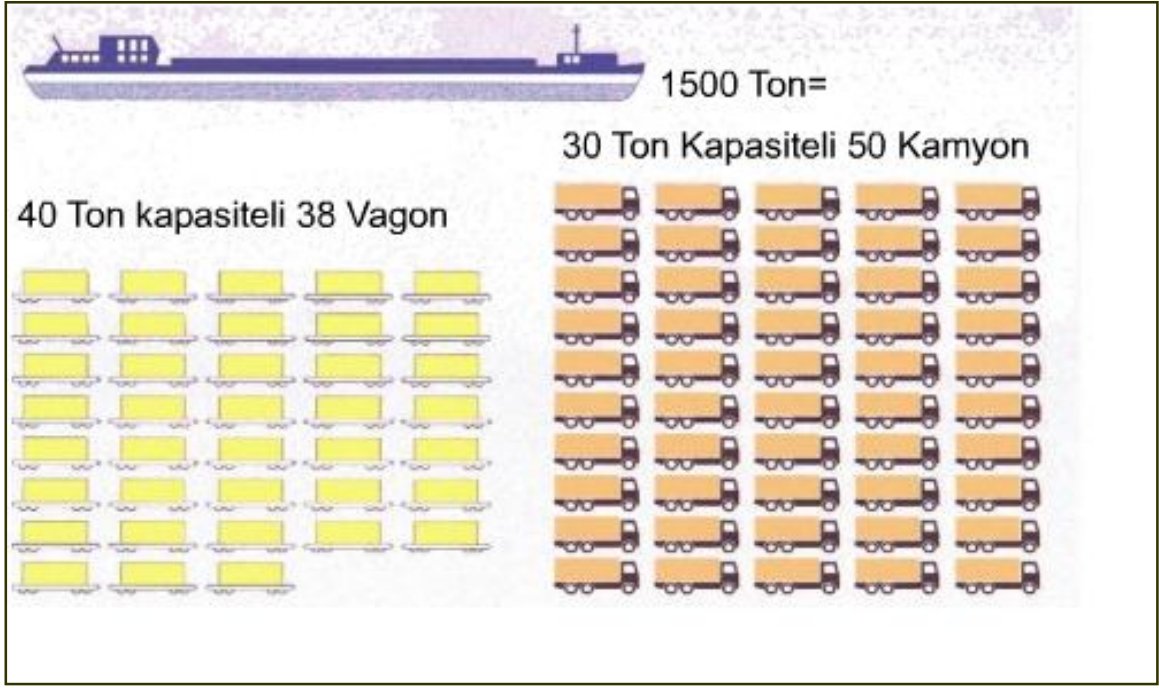
### 2.2.3.7 Taşıma Sistemlerinin Karşılaştırılması

Dünyada en fazla kullanılan taşıma sistemleri olarak karayolu, demiryolu ve denizyolu taşımacılığında aynı miktarda enerji ile en fazla yol alan taşımacılık şekli denizyolu taşımacılığıdır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 Taşıma sistemleri karşılaştırma (Pal, N.R. , vd.,2001)

Şekilden de anlaşılacağı üzere karayolunda 100 km ilerlemek için harcanan enerji miktarı ile demiryolunda 300 km denizyolunda ise 370 km yol alınabilmektedir. Bu araştırmada Şekil 2.5'te görüldüğü üzere 1500 tonluk taşıma yükü baz alınarak yapılmıştır.



**Şekil 2.5** Taşınan yüke göre taşıma sistemlerinin karşılaştırılması  
(Pal, N.R. ,vd.,2001)

### 2.3. Araç Rotalama

Lojistik yönetiminin içerisinde nakliyenin (ulaştırmanın) önemine daha önce değinmiştik. Nakliye işlemlerinin bu kadar önemli olması, nakliye işleminde büyük öneme sahip olan araç rotalama problemini çözüme kavuşturmayı önemli hale getirmiştir. Literatürde de araç rotalama problemi ile ilgili pek çok çalışmaya rastlamak mümkündür. Burada araç rotalama probleminin çeşitlerini ele alacağız.

Araç rotalama probleminin amacı taşıma maliyetlerini azaltmak ve müşteri hizmetlerini arttırmak için bir aracın takip etmesi gereken en iyi rotayı bulmaktır (Alkan, 2003). Diğer bir tanıma göre; araç rotalama problemi, coğrafi olarak dağınık müşterilere bir veya birden fazla depodan hizmet vermek üzere görevlendirilen araçların optimum dağıtım/toplama rotalarının tasarlanması problemidir. Araç rotalama probleminin çözümünde bazı kısıtlar mevcuttur. Bunlar;

1. Her bir düğüm yalnız bir defa ziyaret edilir.
2. Her bir araç rotasına aynı depoda başlar ve sonlandırır.
3. Rota sayısı ve konfigürasyonu ile ilgili kısıtlar vardır.

Bu temel kısıtlar haricindeki kısıtlar problemin özelliğine göre değişmektedir (Eryavuz ve Gencer, 2001).

Tüketim mallarının fabrikalardan toptancılara dağıtımını sorunu, araç rotalama için iyi ve kolay anlaşılır bir örnek problemdir. Burada fabrikalar arz merkezleri, toptancılar ise talep merkezleri durumundadır. Literatürde yer alan çalışmalar; farklı özellikler içeren araç rotalama problemlerinin modellenmesi, bu problemlerin optimum çözümünün araştırılmasında farklı çözüm algoritmalarının kullanılması ve gerçek hayattaki çeşitli sorunların çözümü için uygulamalar yapılması şeklindedir (Ergülen ve Güngör, 2006).

Bir araç probleminde kullanılabilecek tipik amaç fonksiyonları ise aşağıdaki gibidir (Toth ve Vigo, 2002):

- Araçların toplam gideceği mesafeyi veya seyir süresini azaltmaya çalışarak global taşıma maliyetlerinin minimize edilmesi.
- Tüm müşterilerin taleplerini karşılamak koşuluyla sistemdeki araç sayısının minimize edilmesi.
- Araç yüklemeleri veya araç seyir süreleri açısından tüm rotaların dengelenmesi.

Araç rotalama problemlerinin temel bileşenlerini; talep yapısı, taşınacak malzemenin tipi, dağıtım/toplama noktaları ve araç filosu oluşturur.

- **Talep Yapısı:** Araç rotalama problemlerinde talep statik veya dinamik olabilir. Statik talep durumunda talep önceden bilinir. Dinamik durumda ise bazı düğümlerdeki talep bilinmekte, bazıları ise araç rotasında devam ederken belirli olmaktadır.
- **Malzeme Tipi:** Araçlarda çok çeşitli malzemeler taşınmaktadır. Tehlikeli maddeler, gıda maddeleri, gazete dağıtım, çöp toplama, bütün bunlar basit paketler olarak adlandırılır ve probleme ilave bir karmaşıklık getirmezler. Diğer taraftan öğrenci servisleri; güvenlik, etkinlik, eşitlik, gibi ilave bazı amaçlardan dolayı daha karmaşık yapıya sahiptir. Tehlikeli maddeleri taşıyan araçların rotalarının belirlenmesinde ise coğrafi özellikler büyük önem taşır.
- **Dağıtım/Toplama Noktaları:** Birçok araç rotalama probleminin dağıtım noktaları müşterilerin bulunduğu yer, toplama noktaları ise depodur. Tüketim mallarının fabrikalardan toptancılara dağıtımını buna iyi bir örnektir.

Depo genellikle aracın rotasına başladığı ve geri döndüğü noktadır. Depo sayısına göre problem tek depolu veya çok depolu diye adlandırılabilir. Çok depolu problemlerde depoların her biri kendi araçlarıyla işlerini yürütebilir. Bu durumda problem birkaç bağımsız tek depolu araç rotalama problemine dönüşür. Araç bir depodan çıkıp başka

bir depoda yükleme/boşaltma yapabilir. Bu durumda problem bir bütün olarak ele alınmalıdır.

Dağıtım noktaları sabit ve önceden biliniyorsa hangi noktalara hangi araçların hizmet vereceği belirlenmelidir. Diğer durumda dağıtım noktaları potansiyel yerler arasından seçileceği için ilave bir yerleştirme kararı gereklidir.

Bazı araç rotalama problemlerinde dağıtım ve toplama noktaları aynıdır. Örneğin belediye otobüslerinde her durak inen yolcular için dağıtım noktası olurken, binen yolcular için ise toplama noktası olmaktadır.

- **Araç Filosu:** Bütün araç rotalama problemlerinde araçların kapasitesinin bilindiği ve çoğunlukla araçların aynı kapasitede olduğu varsayılır. Filo heterojen ise filodaki araçların taşıma kapasiteleri farklıdır. Bu durumda hangi araç tipin hangi rotaya hizmet vereceğinin belirlenmesi ilave bir kararı gerektirir. Araçların diğer özellikleri arasında hız, yakıt tüketimi, taşınacak malzemeye uygunluğu sayılabilir. Bu özelliklerin rotalama kararlarına doğrudan etkisi yoktur (Eryavuz ve Gencer, 2001).

Bir araç rotalama problemine genel olarak şu bilgilere ihtiyaç vardır:

- Her müşteriden diğer müşterilere ulaşım süresi veya aralarındaki mesafe
- İşletme birimlerinden her müşteriye ulaşım süresi veya aralarındaki mesafe
- Talep noktalarındaki talep miktarı
- Araç sayısı ve araç kapasite değeri
- Optimize edilmesi gereken unsur veya unsurlar (amaç fonksiyonu).

Araç rotalama problemi, hizmet sunulan müşteri sayısı ve coğrafi alan olarak büyük ölçekli bir problemdir. Müşteri sayısı arttıkça alternatif rota sayısı artmakta ve hesaplama zorlaşmaktadır. Bu nedenle araç rotalama probleminin çözümünde sezgisel algoritmalar ön olana çıkmaktadır (Eryavuz ve Gencer, 2001).

### **2.3.1 Araç Rotalama Prensipleri**

Literatürde çok sayıda araç rotalama problemleri ve bu problemlerin her biri için geliştirilmiş pek çok algoritma mevcuttur. Ancak bu algoritmaların hiç biri pratik yaşamda işletmeler için en optimum çözümü verememektedir. Bu yüzden araştırmacılar halen araç rotalama problemlerinde en etkin ve sağlıklı sonuçları verecek algoritmalar yaratmak için çalışmaktadırlar.

Araştırmacılar ve uygulayıcılar, araştırmalar ve uygulama esnasında daha başarılı ve uygulanabilir rotaların oluşturulması için araç rotalama çalışmalarında aşağıdaki 8 prensibin göz önünde bulundurulmasını vurgulamışlardır (Ballou, 1999):

1. Noktalar arasında en yakın olanlar seçilmelidir. Bu sayede toplam gidilen yolun kısalması sağlanır.
2. Farklı günlerdeki dağıtımlar birleştirilmelidir. Bu şekilde benzer noktalardaki dağıtımlar birleştirilerek, aynı rotaların yakın tarihlerde tekrar gidilmesi engellenir.
3. Rotalara, mümkün olan en uzak noktaya uğrayarak başlanmalıdır.
4. Yapılacak olan rotalamaların şekli, gözyaşı şeklinde olmalıdır. Bu sayede uzak noktalara ulaşımda kazanç elde edilmiş olur.
5. Mümkün olan en yüksek kapasiteli araçlar seçilmelidir. Bu sayede toplam maliyetler azalacak ve avantaj elde edilecektir.
6. Eğer yapılabiliyorsa dağıtım ve tedarik aynı araçlar ile yapılmalıdır. Bu sayede toplam maliyet ve gereken zaman azalacaktır.
7. Rota dışındaki noktalara ulaşılmasında küçük araçlar kullanılmalıdır.
8. Gerekirse dağıtımların ve tedariklerin zamanları tekrar kararlaştırılarak zaman tasarrufu sağlanmalıdır.

### **2.3.2 Başlangıç ve Bitiş Noktalarına Göre Araç Rotalama Problemlerinin Sınıflandırılması**

1. Başlangıç ve bitiş noktasının aynı olduğu problemler
2. Başlangıç noktası ile bitiş noktasının farklı olduğu problemler
3. Birden çok başlangıç ve bitiş noktası olan problemler

#### **2.3.2.1 Başlangıç ve Bitiş Noktasının Aynı Olduğu Araç Rotalama Problemleri**

Taşıma araçları özel olduğu zaman aynı başlangıç ve bitiş noktası olan problemlerle sıkça karşılaşılır. Dağıtım kamyonlarının depodan perakendecilere dağıtım yapıp dönmesi, nakliye araçlarının depodan müşteriye oradan tekrar depoya dönmesi veya okul otobüsleri, gazete dağıtım araçları veya çöp araçlarının hareketleri de bu problem tipindedir. Bu tip problemler, farklı başlangıç ve hedef noktası olan problemlerin farklı bir türüdür. Amaç, noktaların en az

ulaşma süresi ve toplam mesafeyle ziyaret edilmesini sağlayacak sırayı bulmaktır (Alkan, 2003).

Başlangıç ve bitiş noktalarının aynı olduğu bu tarz problemler genellikle “Gezgin Satıcı Problemleri” adı altında işlenir. Bu konu ile ilgili bir kaç metot geliştirilmiştir. Ancak çok sayıda uğrak noktasının olduğu durumlarda optimum bir rota belirlemek çok kolay olmamaktadır. Gerçekçi problemlerin bilgisayar ortamında çözümlenmesi için uzun zaman aldığından, sezgisel metotlar bu tür problemler için iyi alternatifler oluştururlar.

Başlangıç ve bitiş noktasının aynı olduğu problemlerde her rota bir işletme biriminde başlatılıp, aynı işletme biriminde bitirilmelidir. Literatürdeki araştırmaların çoğu başlangıç ve bitiş noktası aynı olan problemler ile ilgilidir.

### **2.3.2.2 Başlangıç ve Bitiş Noktası Farklı Araç Rotalama Problemleri**

Bu tip problemlerde rotalar merkez depo ile başlamakta, talep noktası ile sona ermektedir. Sonuç açık uçlu rotalar doğuracaktır.

Tek bir başlangıç noktası ve bundan farklı tek bir bitiş noktası olan problemlerin çözümleri için pek çok metot geliştirilmiştir. Ancak bu tür bir araç rotalama problemini çözmek için geliştirilmiş en basit ve kolay metot “En Kısa Yol Metodu”dur. Bu metotta üzerinde durulan yaklaşım şu şekildedir; Elimizde düğümler ve bağlantılardan oluşan bir ağ vardır ve bu ağda “n” adet düğüm birbirlerine bağlantılar ile bağlanmıştır. Düğümler bağlantı noktalarını, linkler ise bağlantı noktaları arasındaki maliyetleri (zaman, uzaklık vs. cinsinden) ifade eder. İlk etapta tüm düğümler çözülmemiş olarak düşünülür ve çözülmüş her düğümün rotaya eklenmesi kararlaştırılır. Amaç orijin noktasından varış noktasına bu düğümleri kullanarak en kısa yoldan ulaşmaktır. Bu amaçla ilk olarak orijin noktasına en yakın düğüm seçilir. Seçilen bu düğüm çözülmşler içine eklenir ve kalan çözülmüş düğüme bakılır. En son seçilen düğümün bağlantıda bulunduğu çözülmüş düğümlerden en kısa yolunu seçilerek varış noktasına kadar ulaşılır. Böylece sonuçta orijinden (depo olabilir) varış noktasına (müşteri olabilir) en kısa mesafe ile ulaşılmış olur (Ballou, 1999).

### 2.3.2.3 Birden Çok Başlangıç ve Bitiş Noktası Olan Problemler

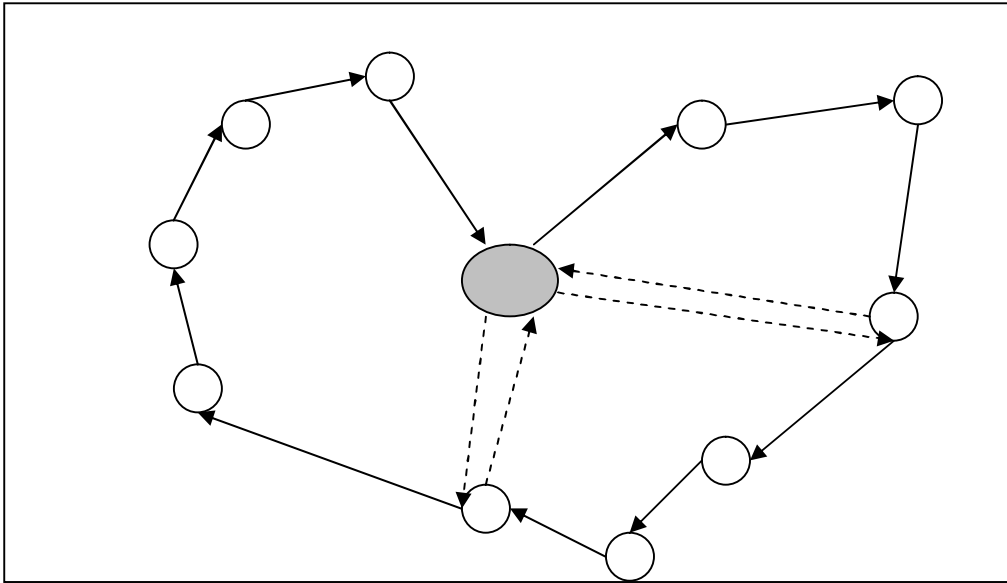
#### 2.3.2.3.1 Tek Depo Çok Müşterili Araç Rotalama Problemleri

Tek orijin noktası ve çok sayıda varış noktası olan bir şebeke içerisinde araç rotalama iki şekilde yapılabilmektedir. Bunlar tek araçlı rotalama ve çok araçlı rotalama yöntemleridir.

Tek depolu araç rotalama problemlerini çözmek için kullanılan başlıca yöntemler dal ve sınır teknikleridir. Ancak geniş tabanlı problemlerin çözülebilmesi için sadece sezgisel yöntemler uygundur.

##### 2.3.2.3.1.1 Tek Araçlı Rotalama

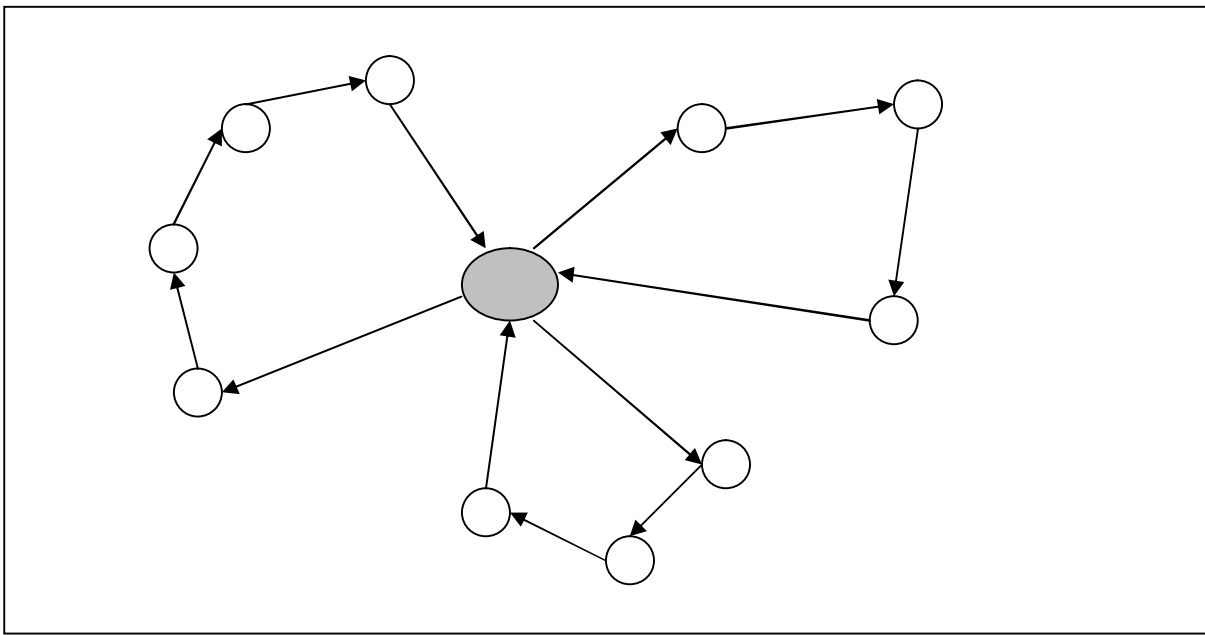
Tek araçlı rotalama yönteminde şebekede bulunan tüm müşterilerin ihtiyaçları sadece bir araç kullanılarak karşılanmaya çalışılmaktadır. Araç kendi kapasitesini dolduracak kadar yüklendikten sonra birinci rota başlar ve belirlenen rota üzerindeki tüm müşterilere uğradıktan sonra tekrar depoya döner. Şebekede talebi karşılanmayan diğer müşterilerin talepleri aynı yöntemle aracın kapasitesine uygun bir şekilde tekrar araca yüklenir ve araç ikinci rotasına çıkar. Bu şekilde şebeke içindeki müşterilerin ihtiyaçları karşılanıncaya kadar araç rotalama devam edilir. Tek araçlı araç rotalama örneği Şekil 2.6'da gösterilmiştir.



Şekil 2.6 Tek araçlı araç rotalama yöntemi

### 2.3.2.3.1.2 Çok Araçlı Rotalama

Bu yöntemde şebekede bulunan müşterilerin ihtiyaçları çok sayıda araç kullanılarak karşılanmaya çalışılır. Şebekede müşterilerin talepleri araç kapasitelerine uygun olarak yüklendikten sonra araçlar aynı anda belirlenen rota üzerindeki noktalara uğrayarak talepleri karşılarlar ve tekrar depoya geri dönerler. Araçlar ikinci bir rota için yüklenmezler. Çok araçlı araç rotalamanın tek araçlı araç rotalamadan farkı, şebeke içerisindeki rota sayısı kadar araca ihtiyaç duyulmasıdır. Bu yöntem diğer yöntemlere göre talepleri daha hızlı karşılamaktadır. Bu amaçla, zaman kısıtının önemli olduğu durumlarda geçerli olur. Çok araçlı rotalama örneği Şekil 2.7’de görülmektedir.



Şekil 2.7 Çok araçlı araç rotalama yöntemi.

Bu problemler içine zaman kısıtı katılarak zaman pencereli araç rotalama problemleri adı altında genişletilebilir. Ancak standart araç rotalama problemleri için geliştirilmiş bazı çözüm stratejileri aşağıdaki gibidir:

- Önce Gruplandırma-Sonra Rotalama Teknikleri ile müşteriler arasında önce uygun gruplandırmalar oluşturulur daha sonra bu müşteriler içerisinde en ekonomik rotalama yapılır.
- Önce Rotalama-Sonra Gruplandırma Teknikleri ilk tekniğin tersi durumunda çalışır. Genelde farklı yapılarıdaki araçların söz konusu olduğu problemlerde kullanılır.
- Tasarruf ve Ekleme Tekniklerinde her adımda bir öndeki adımın oluşturduğu çözüm yetersiz kalmaktadır.
- İyileştirme ve Değiştirme Teknikleri, genellikle dal değiştirme sezgiseli olarak bilinir



ve daima fizibilite ve optimalliğe yakınlık sağlar. Diğer iyileştirme teknikleri, geliştirme algoritmalarında mesafeyi kısaltacak şekilde yolculuk geliştirilir (Ballou, 1999).

#### **2.3.2.3.2 Çok Depo Çok Müşterili Araç Rotalama Problemleri**

Çok sayıda müşteriye hizmet götürecek birden fazla kaynak noktası bulunduğu, her kaynağa atanacak müşteriler ile bu müşteriler arasındaki en uygun rotanın bulunması problemi ile karşılaşmaktadır. Bu problem genelde birden fazla tedarikçi, fabrika yada deponun aynı ürünü birden fazla müşteriye ulaştırma çabası şeklinde günümüzde uygulama alanı bulmaktadır. Şu haliyle bile çözülmesi zor olan bu problem, her kaynaktan çıkacak olan ürün sayısının toplam müşteri talebi ile sınırlandırılması halinde oldukça kompleks bir hal almaktadır. Bu tip problemler genellikle doğrusal programlama algoritmaları içindeki “Transportasyon Metodu” ile çözülmektedir (Ballou,1999).

Bu problemde birden çok sayıda depoya dağıtılmış m adet taşıt burada depolanmış olan ürünleri talep noktalarına dağıtmaktadır. Buna göre her taşıt öyle bir güzergah izlemelidir ki toplam kat edilen mesafe en aza indirgenirken tüm talepler karşılanmış ve taşıtlar depolarına dönmüş olmalıdır.

Depolarda bulunan “m” adet araç, her rotadaki toplam talebi karşılamak zorundadır Rotalama kararı her aracın, hangi rotayı izlemesi gerektiğini belirleme işlemini içinde barındırır. Bu belirleme, toplam uzaklığın minimizasyonu, taleplerin karşılanması, her hedefin yalnızca bir defa ziyaret edilmesi, araçların depolara geri dönmesi gibi kriterler dikkate alınarak yapılır.

Çok depolu araç rotalama probleminde araçlar birden fazla depoda konuşlanabilir ve toplam maliyeti minimize edecek ve toplam talepler karşılanacak şekilde araç sayısı minimize edilmeye çalışılır. Akış tipi homojendir yani tüm araçlar aynıdır. Talepler deterministiktir. Problem dağıtım ve toplama operasyonlarına uyarlanabilir.

### 3. WINQSB HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Genel WinQSB paket programı bir bilgisayar destekli öğrenme aracıdır. İçinde kavramsal ve teknik olarak pek çok örneği hazır olarak bulabileceğimiz iyi bir kaynaktır.

WinQSB Yih-Long Chang tarafından geliştirilmiştir. Bu yazılım paketi Yöneylem Araştırması ve Yönetim Biliminin problem çözme algoritmalarının çok geniş bir kullanımını içerir.

WinQSB'nin özellikleri aşağıda özetlenmiştir:

- Kullanımı kolay ve anlaşılması basittir.
- Veri girişi program tablolarıyla yönlendirilmiştir.
- Kapsamlı yardım dosyasıyla desteklenmektedir.

İçindeki Modüller aşağıda verilmiştir:

- Kabul Örnekleme Analizi
- Toplam Üretim Planlama
- Karar Analizi
- Dinamik Programlama
- Tesis Tasarım ve Planlama
- Talep Tahmini
- Hedef Programlama
- Stok Teorisi ve Sistemi
- İş Programı
- Doğrusal ve Tamsayılı Programlama
- Markov Süreçleri
- Malzeme İhtiyaç Planlaması
- Ulaştırma Modelleri
- Doğrusal Olmayan Programlama
- PERT – CPM
- Kuadratik Programlama

- Kalite Kontrol Çizelgeleme
- Kuyruk Analizi
- Kuyruk Sistemi Simülasyonu

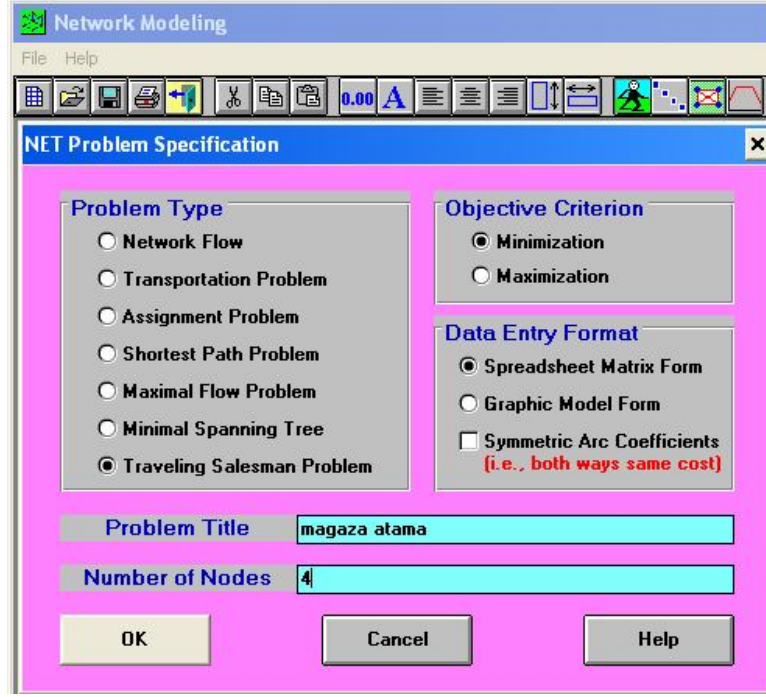
Biz Winqsb programının içerisinde bulunan “Network Modeling” modülünü kullanacağız. Bu modülün karşılığı “Ağ tasarımı” olarak verilebilir. Ağ tasarımı modülü içerisinde uygulamada kullanılan yöntem olan “Traveling Salesman Problem” yani “Gezgin Satıcı Problemi” incelenecektir.

### **3.1 Winqsb Ağ Tasarımı Modülü**

Winqsb ağ tasarım modülünde birçok alt çözüm tekniğine yer verilmiştir. Bu modeller aşağıda sıralanmışlardır.

- Ağ Akışı
- Taşıma Problemi
- Atama Problemi
- En Kısa Yol Problemi
- Maksimum Akış Problemi
- Minimum Kapsayan Ağaç
- Gezgin Satıcı Problemi

Yukarıda sözü edilen yedi adet çözüm tekniği arasında probleme uygunluğu bakımından kullanılan çözüm tekniği “Gezgin Satıcı Problemi”dir. Bu modülde gezgin satıcı düğüm sayısının girilmesi ile kaç adet düğüme sırası ile uğrayacağını en kısa yolu gözeterek belirlemektedir.



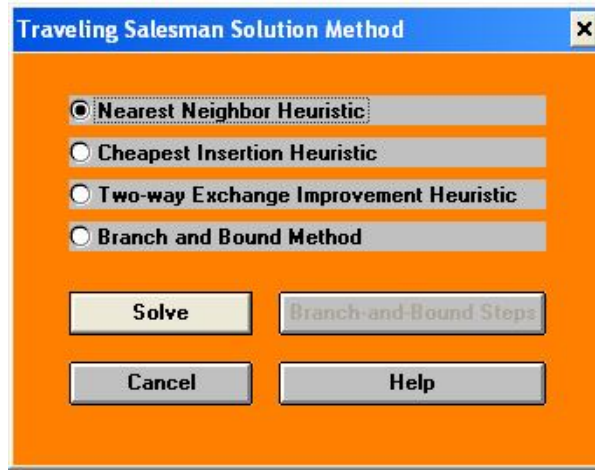
Şekil 3.1 Winqsb gezgin satıcı problemi modülü giriş sayfası

Şekil 3.1’den de anlaşılacağı üzere amaç kriteri minimizasyon olarak seçildiği takdirde gezgin satıcı girilen 4 adet düğüme en kısa yolu gözeterek uğrayacak ve en son düğümden başlangıç düğümüne geri dönüş yapacaktır. Problem başlığı ve düğüm sayısı belirtildikten sonra “ok” tuşuna basılarak Şekil 3.2 karşımıza gelecektir.

From \ To	Node1	Node2	Node3	Node4
Node1	0	4	5	2
Node2	4	0	3	8
Node3	5	3	0	1
Node4	2	8	1	0

Şekil 3.2 Düğüm matrisi

Şekil 3.2’de programa tanıtılan 4 adet düğümün birbirlerine olan uzaklıklarını girmemizi sağlayan “from-to” tablosu karşımıza gelmektedir. Bu tablo hazırlandıktan sonra çözüm düğmesine bastığımızda karşımıza çözüm modelleri gelmektedir.



**Şekil 3.3** Gezgin satıcı modeli çözüm metotları

Wingsb gezgin satıcı çözüm metotlarına bakıldığında dört adet metodun olduğu Şekil 3.3'ten de anlaşılacağı üzere görülmektedir. Bu metotlar;

- En Yakın Komşu Sezgiseli
- En Ucuz Ekleme Sezgiseli
- İki Yönlü Değişim ile İyileştirme Sezgiseli
- Dal ve Sınır Metodu,

olmak üzere sıralandırılmışlardır.

Çözüm için seçilecek metot işaretlendikten sonra program bizlere Şekil 3.4'te görüldüğü üzere satıcının hangi düğümden başlayarak hangisinde bittiğini ve sırası ile hangi düğümlerden bir başkasına gittiğini gösteren tabloyu vermektedir. Ayrıca bu tabloda algoritma bizlere yukarıda bahsedilen dört adet çözüm yönteminden hangisinin seçildiğini ve alınan toplam uzaklık veya maliyet bilgisini kullanıcıya sunmaktadır.

04-28-2009	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	Node1	Node4	3.38	3	Node2	Node3	0.34
2	Node4	Node2	1.4	4	Node3	Node1	4.49
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	9.61
	(Result	from	Nearest	Neighbor	Heuristic]		

**Şekil 3.4** En yakın komşu sezgisel yöntemi ile gezgin satıcı metodu çözüm tablosu

#### 4. BULANIKLIK KAVRAMI

Bulanık mantık (Fuzzy Logic) kavramı ilk kez 1965 yılında California Berkeley Üniversitesinden Prof. Lotfi A.Zadeh'in bu konu üzerinde ilk makalesini (Zadeh, 1965) yayınlamasıyla duyuldu. O tarihten sonra önemi gittikçe artarak günümüze kadar gelen bulanık mantık, belirsizliklerin anlatımı ve belirsizliklerle çalışılabilmesi için kurulmuş katı bir matematik düzen olarak tanımlanabilir. Bilindiği gibi istatistikte ve olasılık kuramında, belirsizliklerle değil kesinliklerle çalışılır ama insanın yaşadığı ortam daha çok belirsizliklerle doludur. Bu yüzden insanoğlunun sonuç çıkarabilme yeteneğini anlayabilmek için belirsizliklerle çalışmak gereklidir.

Bulanık mantık ile klasik mantık arasındaki temel fark bilinen anlamda matematiğin sadece aşırı uç değerlerine izin vermesidir. Klasik matematiksel yöntemlerle karmaşık sistemleri modellemek ve kontrol etmek işte bu yüzden zordur, çünkü veriler tam olmalıdır. Bulanık mantık kişiyi bu zorunluluktan kurtarır ve daha niteliksel bir tanımlama olanağı sağlar. Bir kişi için 38,5 yaşında demektense sadece orta yaşlı demek bir çok uygulama için yeterli bir veridir. Böylece azımsanamayacak ölçüde bir bilgi indirgenmesi söz konusu olacak ve matematiksel bir tanımlama yerine daha kolay anlaşılabilen niteliksel bir tanımlama yapılabilecektir.

Bulanık mantıkta fuzzy kümeleri kadar önemli bir diğer kavramda dilsel değişken kavramıdır. Dilsel değişken sıcak veya soğuk gibi kelimeler ve ifadelerle tanımlanabilen değişkenlerdir. Bir dilsel değişkenin değerleri fuzzy kümeleri ile ifade edilir. Örneğin oda sıcaklığı dilsel değişken için sıcak, soğuk ve çok sıcak ifadelerini alabilir. Bu üç ifadenin her biri ayrı ayrı fuzzy kümeleri ile modellenir.

Bulanık mantığın uygulama alanları çok geniştir. Sağladığı en büyük fayda ise insana özgü tecrübe ile öğrenme olayının kolayca modellenebilmesi ve belirsiz kavramların bile matematiksel olarak ifade edilebilmesine olanak tanınmasıdır. Bu nedenle lineer olmayan sistemlere yaklaşım yapabilmek için özellikle uygundur.

Bulanık mantık konusunda yapılan araştırmalar Japonya'da oldukça fazladır. Özellikle "fuzzy process controller" olarak isimlendirilen özel amaçlı bulanık mantık mikroişlemci çipi'nin üretilmesine çalışılmaktadır. Bu teknoloji fotoğraf makineleri, çamaşır makineleri, klimalar ve otomatik iletim hatları gibi uygulamalarda kullanılmaktadır. Bundan başka uzay araştırmaları ve havacılık endüstrisinde de kullanılmaktadır. Bulanık mantık, İngilizcesi ile fuzzy logic, adından anlaşılacağı gibi mantık kurallarının esnek ve bulanık bir şekilde uygulanmasıdır. Klasik (boolean) mantıkta bildiğiniz gibi, "doğru" ve "yanlış" yada "1" ve "0"lar vardır, oysa

bulanık mantıkta, ikisinin arasında bir yerde olan önermeler ve ifadelere izin verilebilir ki, gerçek hayata baktığımızda hemen hemen hiçbir şey kesinlikle doğru veya kesinlikle yanlış değildir. Gerçek hayatta önermeler genelde kısmen doğru veya belli bir olasılıkla doğru şeklinde değerlendirilir. Bulanık mantığa da zaten klasik mantığın gerçek dünya problemleri için yeterli olmadığı durumlar dolayısıyla ihtiyaç duyulmuştur.

Bulanık mantığın sistemi şu şekildedir. Bir ifade tamamen yanlış ise klasik mantıkta olduğu gibi 0 değerindedir, yok eğer tamamen doğru ise 1 değerindedir. Ancak bulanık mantık uygulamalarının çoğu bir ifadenin 0 veya 1 değerini almasına izin vermezler, veya sadece çok özel durumlarda izin verirler. Bunların dışında tüm ifadeler 0 dan büyük 1 den küçük reel değerler alırlar. Yani değeri 0.32 olan bir ifadenin anlamı %32 doğru %68 yanlış demektir.

Bulanık mantığın uygulama alanları kontrol sistemlerinin de ötesine uzanmaktadır. Geliştirilen son teoremler bulanık mantığın ilke olarak, ister mühendislik, ister fizik, ister biyoloji yada ekonomi olsun, her türlü konuda sürekli sistemleri modellemek üzere kullanılabileceğini göstermektedir. Çoğu alanda, bulanık mantıklı sağduyu modellerinin standart matematik modellerinden daha yararlı yada kesin sonuçlar verdiği görülmektedir.

#### **4.1 Bulanık Teorinin Avantajları ve Dezavantajları**

##### **Bulanık Teorinin Avantajları**

1. İnsan düşünme tarzına yakın olması,
2. Uygulanışının matematiksel modele ihtiyaç duymaması,
3. Yazılımın basit olması dolayısıyla ucuza mal olması.
4. Bulanık Mantık eksik tanımlı problemlerin çözümü için uygundur
5. Uygulanması oldukça kolaydır.

##### **Bulanık Teorinin Dezavantajları**

1. Uygulamada kullanılan kuralların oluşturulmasının uzmana bağlılığı,
2. Üyelik fonksiyonlarının deneme - yanılma yolu ile bulunmasından dolayı uzun zaman alabilmesi,
3. Kararlılık analizinin yapılmasının zorluğu (benzeşim yapılabilir).
4. *Bulanık Mantık* Sistemleri öğrenemez yada öğretilemez oluşu.

## 4.2 Bulanık Kümeler

Klasik kümeler üye olma ve üye olmama ilişkisi çerçevesinde geliştirilmiştir. Bu tür kümeleri ifade etmek için özel bir fonksiyon tanımlanabilir ve bu fonksiyona karakteristik fonksiyon denilir. Karakteristik fonksiyon her bir elemana 1 ve 0 değerlerinden birini üyelik durumuna göre atayarak evrensel küme üzerinde tanımlanan ve bizim ilgilendiğimiz özelliğe sahip olan elemanların oluşturduğu kümeyi belirler (Mikut vd., 2008).

Örneğin;  $X$  evrensel kümesi üzerinde belirli bir özelliği taşıyan elemanları ayırtarak oluşturduğumuz  $A$  kümesini karakteristik fonksiyon yardımıyla;

$$\forall x \in X, \quad X_A(x) = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases} \quad (4.1)$$

şeklinde verilir. Fonksiyon  $A$  kümesine ait elemanlara 1 değerini, ait olmayan elemanlara ise 0 değerini atamaktadır.

Bu fonksiyon evrensel kümenin elemanlarına belirli bir aralıkta olmak üzere ve gözlem altındaki kümenin elemanlarının üyelik derecelerini ifade edecek biçimde genelleştirilebilir. Daha yüksek değerler üyelik derecesinin yüksekliğini gösterir. Bu fonksiyona üyelik fonksiyonu ve bu fonksiyonun oluşturduğu kümeye bulanık küme denir.

$X$  boş olmayan bir küme olsun.  $X$ 'deki bir Bulanık  $A$  kümesi

$$\forall x \in X \text{ için; } A: X \rightarrow [0,1] \quad (4.2)$$

fonksiyonu ile verilir.

$A$ 'ya bulanık kümeye karşılık gelen üyelik fonksiyonu adı verilir. Bulanık  $A$  kümesi ise  $X$  deki her elemanın üyelik derecesiyle birlikte oluşturduğu kümedir.  $x$ 'in  $A$ 'ya ait olma veya üyelik derecesi  $A(x)$  olarak okunur. ( $\mu_A$  olarak da gösterilebilir)

Üyelik fonksiyonunun değer aralığı için yaygın olarak  $[0,1]$  aralığı kullanılır. Bu durumda, her üyelik fonksiyonu bir klasik evrensel kümenin elemanlarını bu aralıktaki bir sayıya karşılık getiren bir fonksiyondur.

Bulanık küme kavramının temsili için genel olarak;

$$A: X \rightarrow [0,1]$$

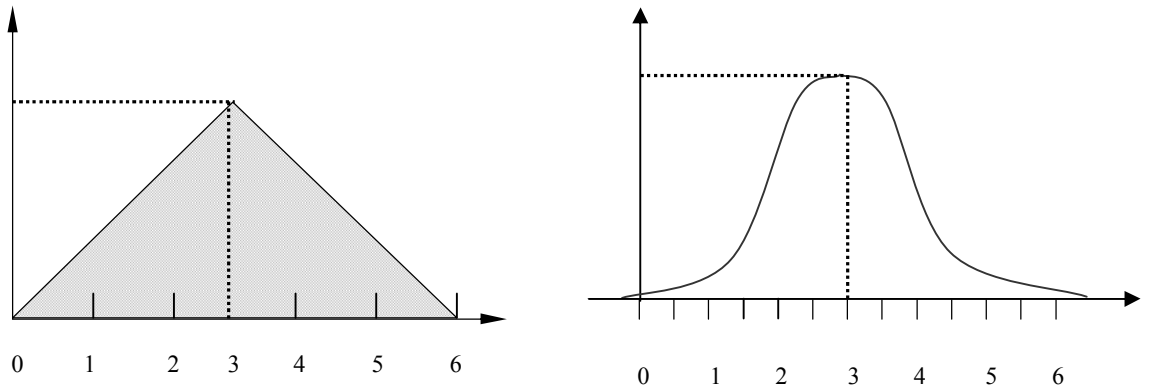
$$\mu_A: X \rightarrow [0,1] \quad (4.3)$$



gösterimlerinden biri kullanılır. Her bir bulanık küme tamamıyla ve tek olarak özel bir üyelik fonksiyonu tarafından belirlenir. Bu itibarla gösterimler arasında da bir karışıklık doğmaz.

Bulanık kümeler daha önce de ifade edildiği üzere doğal dildeki belirsiz ve bulanık kavramları temsil edilmesine ve onları matematiksel olarak ifade edilmesini mümkün kılarlar. Bu temsil işlemi sadece kavramın kendisine değil kavramın kullanıldığı alana da bağlıdır. Örneğin; “yüksek ısı” kavramı hava olayları için kullanıldığında oluşturulabilecek bulanık kümeyle, bir nükleer reaktör içindeki ısıyı ifade etmede kullanıldığında oluşturulabilecek bulanık küme birbirinden tamamıyla farklı olması gerektiği açıktır. Hatta aynı alan içerisinde ki aynı kavramın farklı bulanık kümelerle ifade edilebileceği durumların olması imkan dahilindedir. Fakat, böylesi durumlarda bu farklı kümelerin bazı temel nitelikler bakımından birbirine benzemesi gerekir.

Üyelik fonksiyonları bir çok farklı şekillerde olabilir. Özel bir şeklin uygun olup olmayacağını tespit etmek çalışılan uygulama alanı tarafından elde edilen verilerle belirlenir. Fakat, birçok uygulama bu tür şekil değişikliklerine karşı çok fazla duyarlılık göstermezler. Hesaplama açısından getirdiği kolaylıklar göz önüne alınarak istenilen şekilde üyelik fonksiyonunun seçilmesi, bulanık küme teorisinin esnekliğini yansıtmada öne çıkan bir durumdur. Çoğu durumda, üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonları işimizi görecektir niteliklere sahiptir.



**Şekil 4.1** “3 e yakın reel sayılar kümesi” kavramının değişik üyelik fonksiyonlarıyla gösterimi

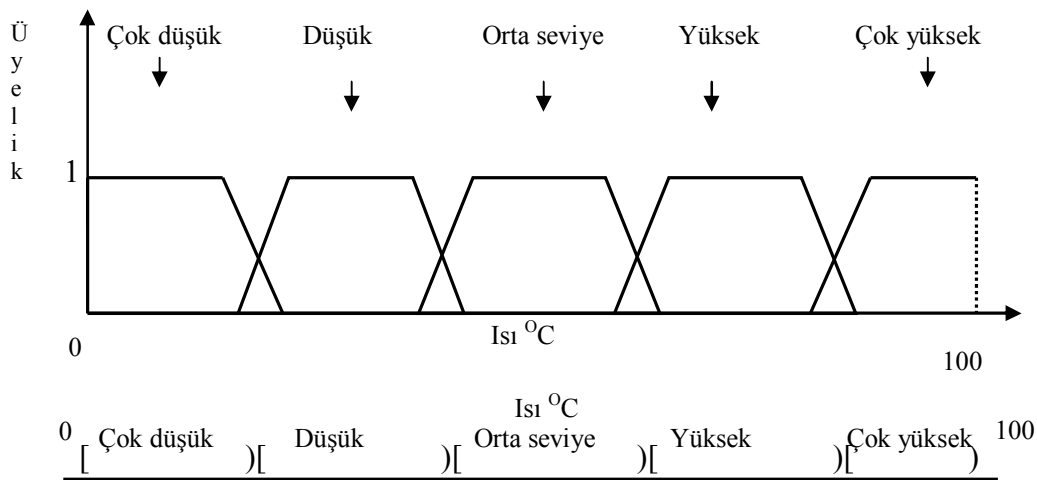
Yukarıda, “3 e yakın reel sayılar kümesi” kavramını temsil eden üyelik fonksiyonuna ait iki örnek vardır. Açıkça görülmektedir ki bulanık kümelerin kullanışlılığı büyük oranda bizim, farklı kavramlara uygun üyelik derecesi fonksiyonlarını oluşturabilme becerimize dayanmaktadır. Bu fonksiyonlar analitik olarak;

$$A_1(x) = \begin{cases} (3-x)/3 & ,0 \leq x < 3 \\ (6-x)/3 & ,3 \leq x < 6 \\ 0 & ,\text{diğer haller} \end{cases} \quad A_2(x) = \frac{1}{1+10(x-3)^2} \quad (4.4)$$

olarak verilir.

Şekillerden de görüleceği üzere fonksiyonlar 3 de en yüksek üyelik derecesini almakta ve 3 ün her iki tarafında simetrik bir vaziyettedir. Bu kavramı ifade eden diğer fonksiyonlarında bu özellikleri taşıması gerektiği açıktır.

Günlük kullanım diline ait olan düşük, orta seviye, yüksek ve bunun gibi kavramları temsil eden çeşitli bulanık kümeler bir değişkenin durumlarını tanımlamak amacıyla kullanılırlar. Bu değişkenlere bulanık değişkenler ve onun alt durumlarına da bulanık terimler denilir. Örneğin “ısı” kavramı kendi içinde çok düşük, düşük, orta seviye, yüksek ve çok yüksek gibi durumlarla nitelenebilen bulanık bir değişken olarak alınabilir. Bu durumda, [0,100] aralığında ki ısı değerlerine karşılık gelecek uygun bulanık kümeler aşağıdaki şekildeki gibi seçilebilirler.



**Şekil 4.2** Isı değişkeninin [0,100] aralığında aldığı alt durumların Bulanık ve klasik değişkenler yardımıyla gösterilmesi

Isı değişkenini klasik kümeler yardımıyla tanımlamaya çalışsaydı bir tarafı açık aralıklar üzerinde tanımlı fonksiyonlar elde edilecekti. Şekil 4.2’de bu durumu göstermektedir.

Bulanık değişkenlerin önemi kavrama ait bu durumlar arasındaki geçişi yansıtabilmesindeki kolaylıkta yatar. Bu durumda da belirsizlik altında yapılan yöntem ve ölçümlerle ilgilenme ve onları ifade etme, diğer yöntemlerden daha başarılı sonuçlar verir. Geleneksel klasik

değişkenler ise bu kapasiteden yoksundurlar. Bir durumun klasik değişkenler yardımıyla tanımlanması matematiksel olarak doğru olduğu halde, kaçınılmaz ölçüm hataları karşısında gerçeğe uygunluk göstermezler. Her biri klasik değişkenlerle kesin yani belirsizlik taşımayan bir şekilde tanımlanmış bu durumların arasındaki sınırların civarındaki değerler için yapılacak bir ölçüm sadece durumların birini destekleyici bir gözlem olarak alınır. Böylesi bir karar kaçınılmaz olarak belirsizlik içerse dahi matematiksel tanımlamalar ve hesaplamalar buna göre yapılır. Herhangi bir ölçümün sınırın her iki tarafındaki durular içinde destekleyici bir gözlem olarak kabul edilmesi gerektiği yer olan bu değerler de belirsizlik en yüksek düzeye ulaşır. Fakat, klasik değişkenler yoluyla işlemler yapılırken bu durumlar dahi görmezlikten gelinir ve ihmal edilir. Yapılan şey, durumlar arası sınır değerini keyfi matematiksel tanımlamalarla sadece tek bir duruma aitmiş gibi göstermek ve deneysel ölçümlerde bu değer tek bir duruma ait destekleyici bir değer olarak kabul edilmesidir.

Bulanık değişkenler, belirsizlikleri deneysel verilerin bir parçası olarak ele aldıklarından dolayı, gerçeğe daha uygundurlar ve bize olgular hakkında klasik değişkenler dayanan bilgilerden daha doğru bilgiler verirler. Ünlü fizikçi Einstein bu durumu şu şekilde ifade etmiştir: “Matematiğin kavramları kesin oldukları sürece gerçeği yansıtmazlar, gerçeği yansıttıkları sürece de kesin değillerdir.”

Bulanık kümeler üzerine kurulan matematiksel yapı, klasik matematikten daha fazla açıklayıcı bir güce sahip olmasına rağmen kullanılabilirliği uygulama alanlarında karşımıza çıkan kavramlar için uygun üyelik fonksiyonlarının inşa edilmesine bağlıdır. Fakat, bu işlemin tatmin edici düzeyde gerçekleşmesi bir çok ek araştırma gerektirir.

### **4.3 Bulanık Mantık Kontrolcülerin Genel Yapısı**

Bulanık mantık, endüstriyel süreçleri denetlerken kesin ve tam sayısal kurallardan ziyade dilsel kuralları içine alır. Bulanık mantık kontrolcülerini, klasik ve modern kontrol teorisinde olduğu gibi kesin ve tam matematik modellere ihtiyaç duymaz. Çoğu sistemde benzer model ölçümleri belirtmek oldukça zordur. Denetlemesi zor olan karmaşık süreçlerde (çimento ocakları, çelik fırınları, çöp işleme fabrikaları gibi), bulanık mantık denetimini kullanmak zorunlu hale gelmektedir.

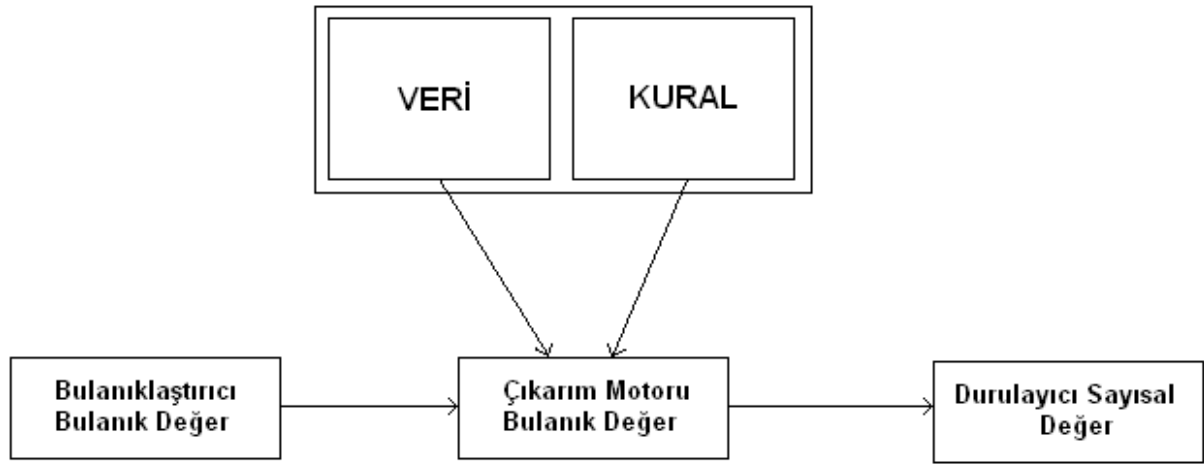
Bulanık mantık kontrolcüleriniyle daha az bir çabayla daha fazla iş yapılabilir. Deneyimler etkin bir şekilde kullanılarak fiziksel bir sistemin kontrolü, aşağıdaki dört unsur dikkate alınarak yapılmaktadır.

1. Mikro denetleyicilerle çıkarım işlemcisini kademeli (cascade) bağlayıp beraber çalıştırmak,
2. Yazılım kontrolcüsü kullanmak,
3. Bilgisayar tabanlı uygulamalarda ise; kural tabanı, veri tabanı, bulandırıcı, çıkarım motoru ve berraklaştırıcı olarak yazılım kullanmak ve paralel iletişimle kontrol sistemini tasarlamak,
4. İçinde RAM, EPROM, I/O birimlerinin yanı sıra bulandırıcı, çıkarım motoru ve durulatici bölümlerinin de bulunduğu tüm devre şeklinde bulanık işlemciler kullanarak fiziksel sistemlerin kontrolünü sağlamak mümkün olacaktır.

Bulanık mantık kontrolcülerin dayandığı temel nokta; uzman bir sistem operatörünün bilgi deneyim sezgi ve kontrol stratejisini, kontrolcü tasarımında bilgi tabanı olarak oluşturmaktadır. Kontrol işlemleri bilgi ve deneyime dayanan sözel kurallarla gerçekleştirilir. Örneğin bir uzman, sistem için gerekli olan kontrol davranışlarını “küçük”, “hızlı”, “yavaş” gibi sözel terimlerle tanımlarsa, “EĞER-ÖYLEYSE ” (IF-THEN) komutlarıyla oluşturulacak kurallarda sözel terimler kullanılarak elde edilecektir.

Şekil 4.3’de bir bulanık mantık kontrolcününün iç yapısı görülmektedir. Bu kontrolcü, genel olarak dört ana kısımdan oluşur.

1. **Bulanıklaştırma ünitesi (Fuzzifier):** Bu bölüm giriş değişkenlerini ölçer, onlar üzerinde bir ölçek değişikliği yaparak bulanık kümelerle dönüştürür. Yani onlara bir etiket vererek, dilsel bir ölçek değişikliği yaparak bulanık mantık kümelerine dönüştürür.
2. **Çıkarım motoru (Inference engine):** Bu ünite, kurallar bulanık mantık kurallarını uygulayarak bulanık çıkışlar verir. Burada insanın düşünüş şeklinin benzetimi yapılmaya çalışılmıştır.
3. **Veri tabanı (Data Base):** Çıkarım motoru, kural tabanında kullanılan bulanık kümeleri bu bölümden alır.
4. **Kural tabanı (Rule Base):** Kontrol amaçlarına uygun dilsel denetim kuralları buradan bulunur ve çıkarım motoruna verilir.
5. **Durulama ünitesi (Defuzzifier):** Çıkarım motorunun bulanık küme üzerinde yapmış olduğu ölçek değişikliklerini, sayısal değerler dönüştürür.



**Şekil 4.3** Bulanık mantık kontrolcüsünün blok diyagramı

#### 4.4 Bulanık Küme Özellikleri

Bu bölümde bulanık kümeleri ilgilendiren bazı basit kavramlar üzerinde durulacaktır. Bu kavramların en başında bulanık kümelerle klasik kümeler arasında ilişki kurmamızı sağlayan  $\alpha$ -kesimi ve kuvvetli  $\alpha$ -kesimi kavramı vardır.

$X$  klasik kümesi üzerinde tanımlı bulanık  $A$  kümesinin  $\alpha$ -kesimi ve kuvvetli  $\alpha$ -kesimi

$${}^{\alpha}\mathbf{A} = \{ x \mid A(x) \geq \alpha \} , \alpha \in [0,1]$$

$${}^{\alpha+}\mathbf{A} = \{ x \mid A(x) > \alpha \} , \alpha \in [0,1] \quad (4.5)$$

Bulanık bir  $A$  kümesinin  $\alpha$ -kesimi, klasik  $X$  kümesinin  $A$  bulanık kümesi içerisindeki  $\alpha$  sayısından büyük veya eşit üyelik derecesine sahip elemanların oluşturduğu klasik bir kümedir.  $\alpha$ -kesimi ve kuvvetli  $\alpha$ -kesimi kavramının doğrudan tanımdan elde edilecek önemli özelliklerinden biri,  $\alpha$ 'nın artmasıyla beraber ona karşılık gelen  $\alpha$ -kesim kümesinin küçülmesidir. Dolayısıyla,  $A$  bulanık bir küme ve

$\alpha_1, \alpha_2 \in [0,1]$  ve  $\alpha_1 < \alpha_2$  olmak üzere

$${}^{\alpha_1}\mathbf{A} \supseteq {}^{\alpha_2}\mathbf{A} \text{ ve } {}^{\alpha_1+}\mathbf{A} \supseteq {}^{\alpha_2+}\mathbf{A} \text{ olduğu açıktır.} \quad (4.6)$$

Ayrıca herhangi bir  $\alpha$ -kesimi aşağıdaki özellikleri de yukarıda belirtilen özellikten dolayı sağlar;

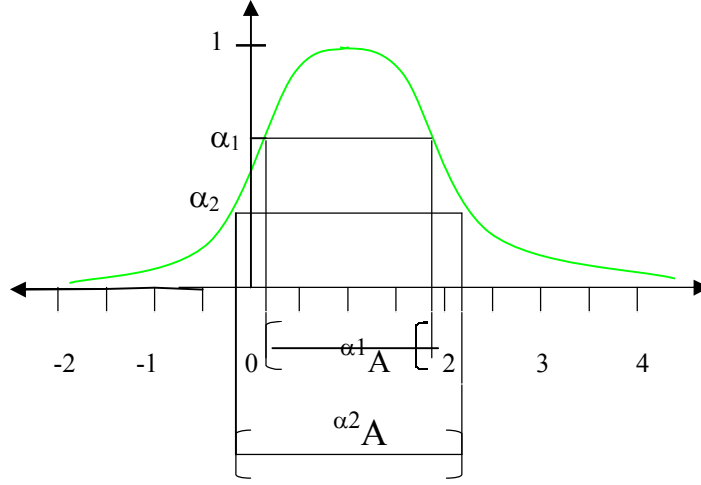
$${}^{\alpha_1}\mathbf{A} \cap {}^{\alpha_2}\mathbf{A} = {}^{\alpha_1}\mathbf{A} \text{ ve } {}^{\alpha_1+}\mathbf{A} \cap {}^{\alpha_2+}\mathbf{A} = {}^{\alpha_1+}\mathbf{A}$$

$${}^{\alpha_1}\mathbf{A} \cup {}^{\alpha_2}\mathbf{A} = {}^{\alpha_1}\mathbf{A} \text{ ve } {}^{\alpha_1+}\mathbf{A} \cup {}^{\alpha_2+}\mathbf{A} = {}^{\alpha_1+}\mathbf{A} \quad (4.7)$$

Yani,  $\alpha$ -kesimleri yuvalanmış aralıklardan oluşan klasik kümeler meydana getirirler.

A bulanık kümesinin farklı  $\alpha$ -kesimlerini temsil eden bütün  $\alpha$  düzeylerinin kümesine A'nın düzey kümesi denir ve

$$\Lambda(A) = \{\alpha \mid A(x) = \alpha, \exists x \in X\} \text{ şeklinde verilir.} \quad (4.8)$$



Şekil 4.4 Farklı  $\alpha$  değerlerine karşı gelen  $\alpha$ -kesim kümeleri

A bulanık kümesinin dayanağı, X evrensel kümesinin A bulanık kümesi içerisinde üyelik derecesi 0 dan büyük bütün elemanlarının oluşturduğu kümedir. Dayanak kümesi  $\alpha$ -kesimi yardımıyla da yazılabilir.

$${}^{0+}A = \mathbf{day}(A) = \{x \mid A(x) > 0\} \text{ olarak yazılır.} \quad (4.9)$$

$${}^1A = \mathbf{öz}(A) = \{x \mid A(x) = 1\} \quad (4.10)$$

kümesine de A'nın özü denir. A bulanık kümesinin öz kümesi, üyelik dereceleri 1'e eşit olan elemanların oluşturduğu kümedir. A içerisinde üyelik derecesi 1'den büyük bir eleman olmadığından dolayı gösterim olarak  ${}^1A$   $\alpha$ -kesimi de seçilebilir. A'nın 0 ile 1 arasında kalan üyelik derecelerini alan elemanların oluşturduğu kümeye de A'nın sınırı denir.

$$\mathbf{Sınır}(A) = \{x \mid 0 < A(x) < 1\} \quad (4.11)$$

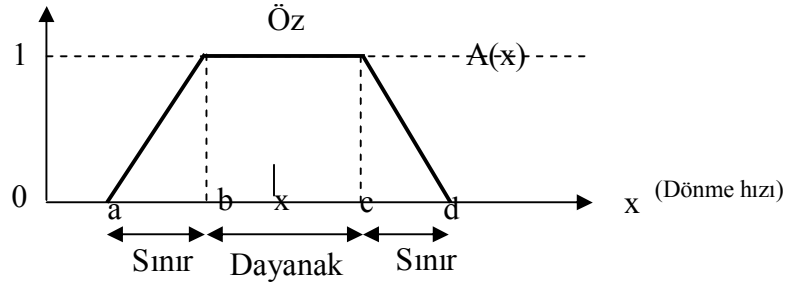
ile verilir. En yüksek üyelik derecesine A'nın yüksekliği denir ve formel olarak

$$h(A) = \sup_{x \in X} A(x) \quad (4.12)$$

şeklinde gösterilir. Eğer A'nın en büyük üyelik derecesi 1, yani  $h(A)=1$  ise A ya normal bulanık küme, aksi takdirde normal olmayan bulanık küme denir. Normalleştirilmek istenilen bir bulanık küme, küme içerisindeki bütün üyelik derecelerinin  $h(A)$ 'ya bölünmesiyle elde edilir.

Bu tanımları bir örnekle özetlemek mümkündür:  $x$  bir sabit disk'in bir dakikadaki dönme hızı olarak kabul edilsin. Elde bulunan ölçme aletlerinin yetersizliği dolayısıyla  $x$  hiçbir zaman kesin bir şekilde ölçülemeyeceğini kabul ediyoruz. Bu durumda şu önermeyi yapmak daha gerçekçi olur: "Sabit diskin dönme hızı nerdeyse tam olarak  $x$  'e eşittir."

Eğer sabit diskin işlevi hakkında istatistiksel veriler mevcutsa, olasılık teorisi yaklaşımları ile bilinen hata hesaplamaları kullanılarak yukarıdaki önerme modellenmelidir. Fakat elde modellemeyi yapacak ölçüde bir veri yoksa yada yeterince kesin ve hassas değerler bulunmuyorsa dönme hızı kavramı bulanık kümelerle yoluyla ifade edilebilir. Elde veri bulunmasa dahi bulanık kümelerle dönme hızını tanımlamak mümkündür.



**Şekil 4.5** Bir sabit diskin dönme hızını belirten A bulanık kümesi ve A'nın dayanak, öz ve sınır kümeleri

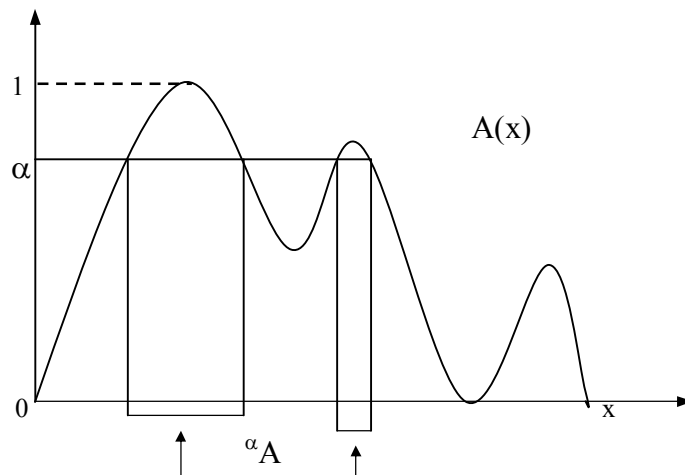
Araştırmacı dönme hızını tanımlamak için yukarıdaki gibi bir A bulanık kümesini seçebilir. Bu durumda dönme hızının a'dan küçük ve d'den büyük olamayacağı ve b ile c arasında herhangi bir değer almasının nerdeyse kesin olacağı düşünülmüştür. Bu nedenle [a,d] aralığı kümenin *desteği (support)* ve [b,c] aralığıda *özü (core)* olarak adlandırılır.

Bulanık kümelerin konvekslik şartı aşağıdaki eşitsizlikle belirlenir;

$\forall x_1, x_2 \in R$  ve  $\lambda \in [0,1]$  olmak üzere R üzerinde tanımlı A bulanık kümesinin elemanları

$$A(\lambda \cdot x_1 + (1-\lambda)x_2) \geq \min(A(x_1), A(x_2)) \quad (4.13)$$

Sağlıyor ise bu durumda A bulanık kümesine konvektir denir.



**Şekil 4.6** Konveks olmayan normal bulanık A kümesinin üyelik fonksiyonu

Bu özellik klasik kümelerin konvekslik kavramının bir genelleştirmesi olarak görülebilir. Tutarlı bir genelleştirmenin yapılabilmesi, konveks bir bulanık kümenin  $\alpha \in [0,1]$  değerlerini alan bütün  $\alpha$ -kesimlerinin konveks olmasıyla mümkündür. Bulanık kümenin konvekslik

özelliğinin olmadığı  $\alpha$ -kesim kümelerinden herhangi birinin konveks olmadığı gösterilerek ispatlanabilir.

#### 4.4.1 Bulanık Kümeler Üzerinde İşlemler

Klasik kümeler üzerinde tanımlanan üç temel işlem olan tümleyen alma, birleşim ve kesişim işlemlerinin bulanık kümeler üzerine genişletilmesi işlemini birden fazla yolla yapmak mümkündür. Uygulama alanının getirdiği özelliklere göre yeni işlemler tanımlanabilir. Bulanık kümelerin bu yönü, klasik kümelerden ayrıldığı önemli noktalardan biridir. Fakat, genelde standart bulanık küme işlemleri olarak adlandırılan özel bir genişletme işlemi bulanık küme teorisinde daha ayrıcalıklı bir yer tutar.

Standart tümleyen alma işlemi,  $X$  kümesi üzerinde tanımlı bulanık  $A$  kümesinin üyelik fonksiyonu yardımıyla;

$$\forall x \in X, \neg A(x) = 1 - A(x) \quad (4.14)$$

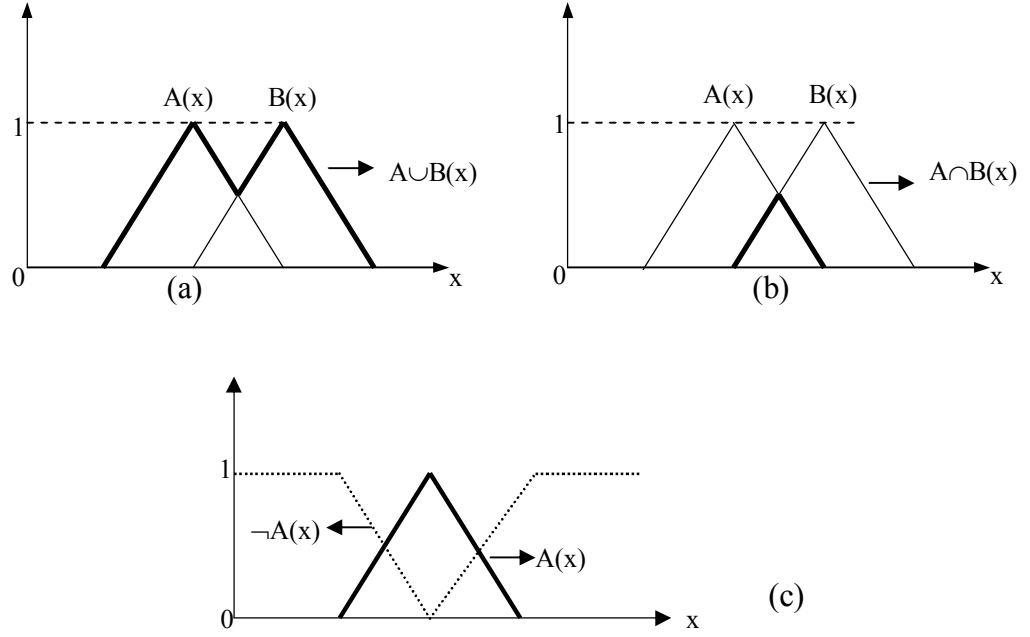
olarak tanımlanır.

Kesişim ve birleşim için standart işlemler, verilen iki bulanık  $A$  ve  $B$  kümesinin üyelik fonksiyonları yardımıyla;

$$\begin{aligned} \forall x \in X, (A \cap B)(t) &= \min[A(t), B(t)] = A(t) \wedge B(t) \\ \forall x \in X, (A \cup B)(t) &= \max[A(t), B(t)] = A(t) \vee B(t) \end{aligned} \quad (4.15)$$

olarak verilir. Kesişim işlemindeki min operatörü kümenin aynı elemana ait üyelik derecelerinden küçük olanının alınması gerektiğini belirtirken, birleşim işlemi için tanımlı max operatörü büyük üyelik derecesine sahip olan elemanın üyelik derecesinin atandığını gösterir. Min ve max operatörlerinin birleşme özelliği dolayısıyla bu tanımlar herhangi sayıda bulanık küme üzerine de genişletilebilirler.





**Şekil 4.7** A ve B bulanık kümelerinin **a)** Birleşim , **b)** Kesişim **c)** A tümleyen kümelerinin üyelik fonksiyonları yardımıyla gösterimi

Daha öncesinde konveks veya normal olan bulanık bir kümenin bu işlemler esnasında özelliklerinden bazılarını kaybetmesi mümkündür. Yukarıdaki şekillerden görüleceği üzere A ve B bulanık kümeleri işlem öncesinde normal ve konveks oldukları halde, sonuçta ortaya çıkan  $A \cup B$  kümesi konveks olmayan bir küme,  $A \cap B$  kümesi de normal olmayan bir küme oluştururlar. A'nın tümleyeni ise sadece konvekslik özelliğini kaybetmiştir.

Klasik kümeler teorisinden bildiğimiz küme işlemlerinin özellikleri bulanık kümeler için de geçerlidir. İspatsız verilecek bu özellikler arasında çelişmezlik ilişkisi veya ortanın dışlanması olarak adlandırılan özellik, üçüncü şıkkın olanaksızlığı ilkesi bulanık küme teorisinin en önemli ayırt edici karakteristiğini ortaya koyarlar. Bu ilkeler;

$$A \cup \neg A = X$$

$$A \cap \neg A = \emptyset \quad (4.16)$$

olup bulanık kümeler için geçerli değildirler. Geçerli olan özellikler den bir kısmı aşağıda sıralanmıştır;

A, B ve C, X evrensel kümesi üzerinde tanımlı bulanık kümeler olmak üzere

$$1- A \cup B = B \cup A, A \cap B = B \cap A$$

$$2- (A \cup B) \cup C = A \cup (B \cup C), (A \cap B) \cap C = A \cap (B \cap C)$$

$$3- A \cap A = A, A \cup A = A$$

$$4- \neg \neg A = A$$

$$5- A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C),$$

$$A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C)$$

$$6- \neg(\neg A) = A$$

$$7- \left. \begin{array}{l} \neg(A \cap B) = \neg A \cup \neg B \\ \neg(A \cup B) = \neg A \cap \neg B \end{array} \right\} \text{De'Morgan Kuralları}$$

X kümesi üzerinde tanımlı bütün bulanık kümeleri içine alan kümeye bulanık kuvvet kümesi denir ve  $F(X)$  ile gösterilir.

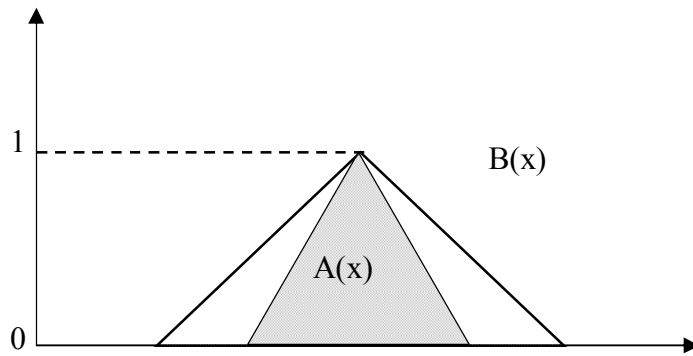
Verilen  $A, B \in F(X)$  bulanık kümeleri için  $A \subseteq B$  özelliği ancak ve ancak

$$A(x) \leq B(x) \quad (4.17)$$

olması durumunda gerçekleşir. Yani, A'nın B kümesinin alt kümesi olması, A'daki elemanlara karşı gelen bütün üyelik derecelerinin B deki üyelik derecelerinden küçük olması gereklidir. Ayrıca bu durum geçerli olduğunda, standart küme işlemleri altında;

$$A \cup B = B$$

$$A \cap B = A \text{ sağlanır.} \quad (4.18)$$



**Şekil 4.8** Bulanık alt küme kavramının gösterimi ( $A \subseteq B$ )

Sonlu veya sayılabilir bir evrensel X kümesinin üzerinde tanımlı A bulanık kümesinin gösterimi sırasıyla;

$$A = \left\{ \frac{A(x_1)}{x_1} + \frac{A(x_2)}{x_2} + \dots + \frac{A(x_n)}{x_n} \right\}$$

$$A = \left\{ \sum_{i=1}^{\infty} \frac{A(x_i)}{x_i} \right\} \quad (4.19)$$

X evreni sayılamayan sayıda elemana sahipse bu durumda da;

$$A = \left\{ \int_x A(x) \right\} \quad (4.20)$$

şeklindedir.

Elemanlarla üyelik dereceleri arasındaki bölüm işareti ve toplama işareti gerçek kullanımındaki anlamında değildir. Sadece elemanlar arası ilişkileri ve elemanlarla üyelik derecesi arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için kullanılırlar. Sayılamayan kümeler için kullanılan integral işareti de yine kümenin süreksizliğini göstermek için kullanılır.

Standart işlemlerin üyelik derecelerinin alacağı değerler  $\{0,1\}$  değerlerine kısıtlandığı takdirde klasik küme işlevi görürler. Yani, standart bulanık işlemler onlara karşılık gelen klasik küme işlemlerinin bir genelleştirmesidir. Fakat, şu anda daha iyi anlaşıldığı üzere bunlar mümkün olan tek işlemler değildirler. Her bir bulanık küme işlemi için klasik işlemleri de içeren geniş bir işlem sınıfı bulunmaktadır.

Klasik kümelerin tersine, bulanık kümelerin yapısal olarak sahip olduğu bu esneklikten dolayı, uygulama alanının farklılığına göre bu işlemleri temsil etmek için daha uygun farklı fonksiyonların tanımlanması mümkündür. Yani, bulanık küme teorisi üzerine kurulan matematiksel analiz çerçevesinde, sadece bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları değil, onlar arasında gerçekleşecek işlemlerde çalışılan alanla yakından ilişkilidir. Uygun üyelik fonksiyonu tanımlama ve anlamlı işlemleri belirleme kapasitesi, bulanık küme teorisinin pratik faydasını artıran en önemli yönlerinden biridir.

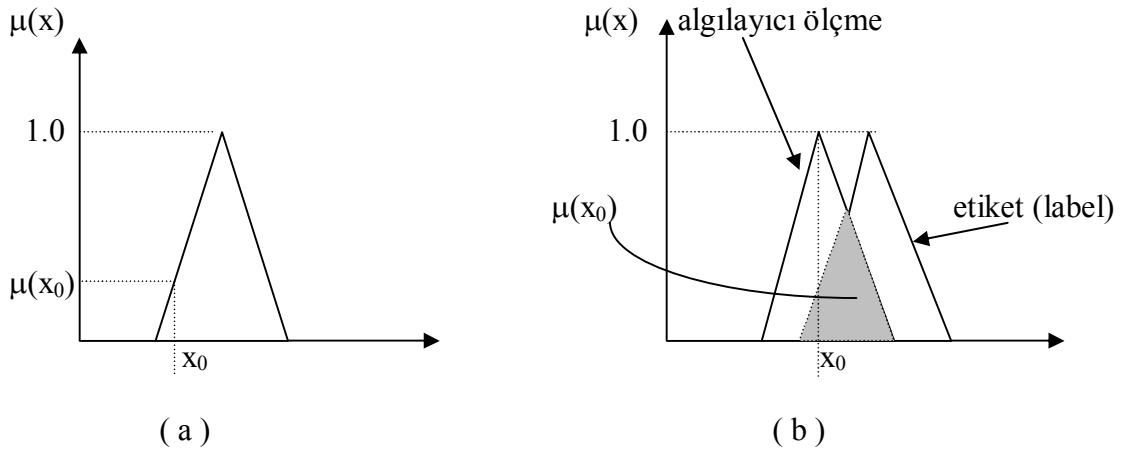
## 4.5 Bulanık Kontrol Basamakları

### 4.5.1 Bulanıklaştırma Ünitesi

Fiziksel giriş bilgilerinin, dilsel niteleyicilerle ifade edebileceğimiz bulanık mantık bilgileri şekline çevirme işlemine bulanıklaştırma (fuzzification) adı verilir. Ancak bu bilgilerin tamamının mutlaka kesin bilgiler olması söz konusu değildir. Bulanıklaştırma işlemi önemli ölçüde kesin olmayan bilgiyi de içine alır ve bulanıklaştırır. Bulanıklaştırma sonucu elde edilen değişkenlere dilsel değişkenler (linguistic variables) denir ve işlemle birlikte tüm giriş değişkenlerinin değerleri, üyelik derecesi olarak buraya atanır.

Eğer algılayıcı kesin bir değer olursa, o zaman şekil 4.9 (a)' da görüldüğü gibi bulanıklaştırma aşamasında dilsel etiketin üyelik fonksiyonuyla algılayıcı ölçme karşılaştırılması gerektirir. Eğer algılayıcı okuyucusunda gürültü var ise, üçgenin tepesi, algılayıcı ölçülerinin veri kümesinin değeri anlamında baş vurulan üçgen üyelik fonksiyonu kullanılarak modellenmiş olabilir ve bilgi tabanı standart sapma fonksiyonuna başvurur. Bu örnek, bulanıklaştırma üyelik fonksiyonunun etiketinin kesişme noktasının araştırılıp öğrenmesine başvurur ve şekil 4.9 (b)' de görüldüğü gibi anlamlandırılmış veri için dağıtır. Bununla beraber geniş çapta kullanılan bulanıklaştırılma metodu algılayıcı okuyucunun kesin olduğu örnektir.

Bulanıklaştırma işlemi göreceli olarak bu kadar kolay olmasına karşın, daha önce de değinildiği gibi uzman sistem kalıplarından dolayı bu işlemlerin yapılması büyük ölçüde deneyime dayanmaktadır. Operatörün sistemde çalışırken gösterdiği davranışlar, sistemin matematiksel modelinden daha önemlidir. Dolayısıyla bulanıklaştırma aşamasına gelinebilmesi için gerekli süre bazen çok uzun olabilir. Bununla birlikte kesin olmayan bilgileri kullanılabilmesi, sürecin matematiksel bir modeline gereksinim duyulmaması ve uygulamaya çabucak geçilebilmesi, bütün bunlardan sonra da yüksek derecede verim alınabilmesi bulanık mantığın önemini açıkça ortaya koymaktadır.



**Şekil 4.9** Algılayıcı okuyucu  $x_0$  ile üyelik fonksiyonu  $\mu(x)$ 'in  $\mu(x_0)$ ' a gelmesi

**a)** Keskin algılayıcı okuyucu **b)** Bulanık algılayıcı okuyucu

#### 4.5.2 Üyelik Fonksiyonlarının Oluşturulması

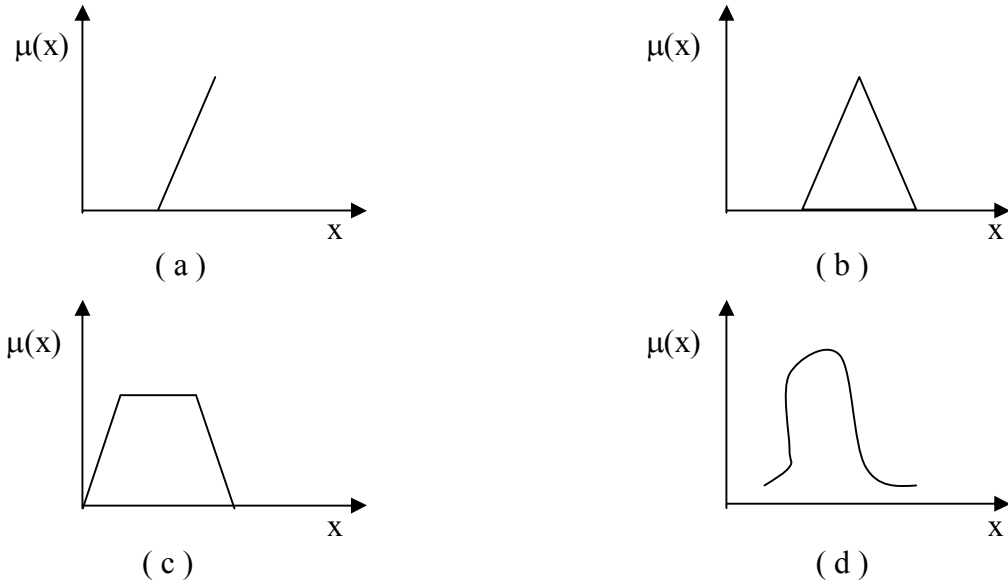
Bulanık mantıkta, dilsel ifadelerle anılan bölgelerin sınırlarını belirtmede ve giriş bilgilerine ait üyelik ağırlıklarının tespit edilmesinde kullanılmak üzere uygun üyelik fonksiyonlarının belirlenmesi gerekir.

Bulanıklaştırma stratejileri arasında yer alan bulanık teklikte bulanıklaştırılmış ifadenin tek bir değeri verir. Bulanık sayıda ise sistemden alınan bilgiler bulanık sayılarla ifade edilebilir. Fonksiyonun tasarımcıya bağlıdır. Karma bulanık rassal sayı bulanıklaştırma stratejisinde ise, süreçten alınan bilgilerin bir kısmı kesin bir kısmı istatistikî bilgiler olabilir. Bu durumda bir kontrol istenirse bu strateji seçilir. Sistemin performansının iyi olması için sistem giriş-çıkış değişkenlerinin en uygun şekilde tanımlanması işlemleri işte bu bulanıklaştırma stratejileri kullanılarak yapılır.

Üyelik fonksiyonunun tespiti, çok önemli bir basamaktır ve sistemin hassasiyetini belirler. Üyelik fonksiyonlarını oluşturmada özel bir kural yoktur. Fakat öncelikle, dilsel olarak ifade edilecek olan bölgelerin, sayıları tespit edilmelidir. Çünkü bu, sistemin en kaba haliyle hassasiyetini belirler. Örneğin bir koşul kümesindeki dilsel niteleyiciler {küçük, büyük, orta} bazı alanlarda yeterli olmayabilirler. O zaman {çok küçük, küçük, orta, büyük ve çok büyük} beş koşul ünitesi kullanılması gerekebilir. Daha sonraki hassasiyet ise, üyelik fonksiyonlarının şekilleriyle arttırılır. En kullanışlı üyelik fonksiyonu elde edilinceye kadar birçok denemeler yapılır. Örneğin bu bölümün giriş kısmında da bahsedildiği gibi Japonya Sedai metrosunun bulanık kontrolü için 300.000 benzetim çalışması ve 3.000 insansız

uygulama gerçekleştirilmiştir. Üyelik fonksiyonu tespiti, uzman kişinin deney ve tecrübesi sonucu çok çeşitli şekillerde olabilir.

Üyelik fonksiyonları sistem parametrelerini tanımlar. Üyelik fonksiyonlarının sayısına ve şekline ait hiçbir kısıtlama yoktur. Tamamıyla tasarımcının istek ve tecrübesine bağlıdır. Bu zamana kadar yapılmış olan çalışmalarda en çok üçgen, yamuk, çan eğrisi şeklinde üyelik fonksiyonları kullanıldığı görülmektedir. Yine de bu fonksiyonlar, kontrolü yapılan sisteme göre çok değişiklik gösterebilir. Şekil 4.10'de çeşitli üyelik fonksiyonları gösterilmiştir.



**Şekil 4.10** Çeşitli üyelik fonksiyonları  
a) Monotonik b) Üçgen c) Yamuk d) Çan eğrisi

#### 4.5.3 Veri Tabanı

Üyelik fonksiyonlarının tespit edilmesi için yapılan ön çalışmalar ile, son hali belli olmuş üyelik fonksiyonlarının sınır ve eğim bilgilerini içeren veri tabanını ayrı düşünmek gerekmektedir. Bir bulanık kontrol sisteminde, Basic, Pascal, C gibi üst düzey dilleri kullanan bir bilgisayar veya Assembly dilini kullanan bir mikroişlemci kullanılmış olabilir. Her iki şekilde de üyelik fonksiyonu bilgilerinin, program olarak oluşturulması gerekmektedir. Bir veya birden fazla üyelik fonksiyonunun sınırladığı olduğu bir alan, dilsel olarak ifade edilen bir bölgeyi oluşturur. Bu bölgelerin, bir program dilinde oluşturulabilmesi için, her bir bölgeyi sınırlandıran üyelik fonksiyonların başlangıç, bitiş noktaları ve fonksiyon denklemlerinin bilinmesi gerekmektedir.

Teorik çalışmalarda üyelik fonksiyonları grafik olarak izah edildiği ve gözle takip edilebildiği için veri tabanı grafiklerden ibaret kalmakta ve bazı çalışmalarda yüzeysel olarak

anlatılmaktadır. Fakat uygulamalı bir bulanık kontrol çalışmasında, üyelik fonksiyonlarıyla oluşturulan bölge bilgilerinin, çalışmanın yapıldığı programlama dilinde oluşturulması, programlamanın önemli bir kısmını oluşturmaktadır.

Veri tabanı oluştururken evrensel kümenin ayrıklaştırılması yani analog bilgilerin dijitalle çevrilmesi ve normalizasyonu ve giriş-çıkış aralıklarının bulanık olarak bölümlendirilmesine dikkat edilmelidir. Normalizasyon sisteme esneklik kazandırmak için yapılır.

#### 4.5.4 Kural Tabanı

Kural tabanında, sistemin bilgi girişlerinin alabileceği çeşitli değerlere göre mantıki olarak uygunluk gösteren sistem çıkış değerleri, kural satırları haline getirilerek, kural tabanı oluşturulur. Örneğin bir klima kontrolünde “içerisi az sıcak ise az soğut, çok sıcak ise çok soğut” şeklinde bir ilişki kurulabilir. Kural tabanında değerlendirilecek giriş bilgileri birden fazla olabileceği gibi, kontrol çıkışı da birden fazla olabilir.

Aslında “sıcak”, “soğuk” gibi dilsel ifadeler sistemin girişinde ve çıkışındaki değer uzayını aralıklara ayırmaktadır. Kural tabanı bu şekliyle klasik sayısal kontrolleri andırmaktadır, fakat bölge bilgisinin yanında girişlere ait üyelik ağırlıklarının da dikkate alınıyor olması bulanık kontrolü, uzman sistemlerden ve diğer kontrollerden ayırmaktadır.

Basit olarak bir sistem için kural tabanı geliştirdiğimizde, sistem çıkışını etkileyebilecek ölçülebilen giriş değerleri tespit edilmelidir. Giriş bilgisine ait değer uzayı, üyelik fonksiyonları ile bölgelere ayrılarak, dilsel ifadelerle isimlendirilir ve aynı zamanda her giriş değeri için bir üyelik ağırlığı tespit edilmiş olur. Böylece her giriş değerinin, ait olduğu bir bölgesi ve bir üyelik ağırlığı olur. Kural tabanı, her birisi bir bölgeyi temsil eden dilsel ifadelerle düzenlenir. Örneğin “1. giriş sıcak, 2. giriş normal ise, çıkış yüksektir.” gibi bir kural satırında görüldüğü gibi, kural tabanını oluşturan bilgiler, tamamen dilsel ifadelerdir. Fakat her kural satırındaki, tespit edilmiş olan çıkış değeri, birim fonksiyonlarla oluşturulmuş ise, sayısal değerlerle de ifade edilebilir. Bu durumda oluşturulacak kural satırları “1. giriş sıcak. 2. giriş normal ise, çıkış 1.5’tir.” şeklinde bir kuralın benzeri olabilir. Kural satırları birbirlerine “veya” bağlacı ile bağlanır ve her kural satırında girişler ve çıkışlar arasında “ve” bağlacı kullanılır.

Kural tabanında, giriş değerleri ve kontrol çıkışı değerlerinin birbirleri arasında “ve” ifadesi, ayrı davranışları ifade eden kural kümeleri arasında “veya” ifadesi kullanılır. Kontrol tabanını oluşturan kurallar aşağıdaki özelliklere sahiptir.

1. Her kural bağımsız bilgi parçasını içerir.

2. Yeni kurallar diğer kurallardan bağımsız olarak kural tabanına eklenebilir.
3. Eski kurallar diğer kurallardan bağımsız olarak değiştirilebilir.
4. Kontrol sisteminin kararlarını ve çözümlerini içerir .

Bir bulanık kontrolcünün gerçekleşmesinde, denetlenecek sistemin bir matematiksel modelinden daha çok, o sistemi çalıştıracak operatörün sistem davranışı konusunda sahip olduğu bilgiler daha önemlidir. Tasarım sırasında genellikle bu tür bilgilerden yararlanır. Böyle bir yaklaşım, uzun yıllar boyunca kazanılan deneyimlerin kontrolcü içerisine, yorumlanmış halde kolaylıkla yerleştirilebilmesine olanak sağlar. Bu yararın yanında getirdiği sakınca, kontrolcü tasarımında belirli bir otomasyon elde edilememesidir. Buna rağmen, bulanık kontrolcünün en önemli kısmını oluşturan kural tabanının oluşturulması için kullanılacak çeşitli yaklaşımlar şunlardır :

- Kontrol kuralları doğrudan doğruya uzman kişinin bilgi ve deneyiminden yararlanılarak elde edilir.
- Operatörünün kontrol davranışları gözlenir ve kontrolcü bu davranışlardan bulanık model oluşturur.
- Kontrol kuralları sistemin karakteristiklerinin bulanık şekilde ifade edilmiş modellerden elde edilebilir.
- Kendi kendine organize etme/öğrenme.

Yukarıdaki metotlar arasındaki birinci metot geniş çapta çokça kullanılır. Bu metot uzman operatörlerin sezgilerine yada bilgi tabanı anlatırken etkindir. Bunlar yukarıdaki formun kurallarının şartlarında yöntemin kontrol edilmesinde uzman operatörlerce kullanılırlar. Uygulama iş kontrolünde geliştirilmiştir .

Yukarıdaki ikinci metot operatörün kontrol hareketlerinin hemen modellenmesidir. Operatörün görüşlerini almak yerine operatörler tarafından kontrol hareketlerinin tipleri modellenir. Takagi ve Sugeno (1985), park edilen bir arabadaki sürücünün kontrol hareketlerinin modellenmesinde bu metodu kullanmışlardır.

Üçüncü metot, sistemin olası aşamalarını tamamlayan işlemlerin kullanılmasıyla konfigüre edilen sistemin yaklaşık modellenmesi yani bulanık modellenmesiyle ilgilidir. Bu metotta bir model geliştirilir ve bulanık kontrolcü kontrol teorisindeki geleneksel yaklaşıma benzer bir yaklaşımla bulanık modelin kontrolünü yapar. Bu nedenle yapı teşhis yöntemlerine ihtiyaç vardır.



Sonuncu metotta ise ana tema kuralların gelişimidir. Bu kurallar kontrolcünün performansını daha iyi olması için zaman içerisinde düzeltilebilir. Bu metot bir bulanık mantık kontrolcüsünün bilgi tabanının tasarımında yapay sinir ağlarının çalışmasına çok benzer.

Bulanık kontrol kurallarını üretmek için kullanılan yaklaşımlar ise;

1. Tecrübeye dayalı metot
2. Deterministik metot

Tecrübeye dayalı metotta, bulanık kontrol kurallarını üretmek için uzman bilgisini ve kontrol edilen sürecin davranışının analizi kullanılmaktadır.

Deterministik metotta ise, bulanık modelleme ile kontrol kurallarının yapısı ve parametreleri belirlenmektedir.

#### 4.5.5 Çıkarım Ünitesi

Bu ünite, bulanıklaştırma biriminden gelen bulanık değerleri, kural tabanındaki kurallar üzerinde uygulayarak bulanık sonuçlar üretmektedir. İlk olarak, her bir giriş değerinin ne oranda hangi üyelik kümesine ait olduğu saptanmaktadır. Bu değerler kural tablosuna yerleştirilerek uygun çıkışlar elde edilmektedir. Bulanık mantık kuralları kural içerisindeki bileştiricilerin anlamlarının yorumlanması ile hesaplanmaktadır. Bu kurallar çıkarım işlemi süresince genelleştirilmiş “modus ponens” yöntemi kullanılmaktadır. X ve Y evrenlerinde girişi A, çıkışı B ile temsil eden iki bulanık küme tanımlansın. Bu iki bulanık küme arasındaki kural ise “Eğer A ise B” şeklinde verilsin. Bu ifadelerin oluşturduğu kural tabanı, X ve Y evrenindeki bir “ $R_{A \rightarrow B}$ ” bulanık ilişkisiyle yorumlanır. Bu şekilde verilen bir bulanık ilişki; cebri çarpım, aritmetik kural, minimum ilişki gibi değişik yöntemler kullanılarak elde edilmektedir.  $R_{A \rightarrow B}$  verilen bulanık ilişki minimum ilişki yöntemiyle aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$\mu_R(x,y) = (\mu_A(x) \wedge \mu_B(y)) \quad (4.21)$$

“Eğer A’ ise B” şeklinde verilen bir kural, “Eğer A ise B” şeklindeki bir kurala uygulanırsa elde edilecek B’ çıkışı, A’ ile R’ nin kompozisyonu alınarak bulunmaktadır.

$$B' = A' \circ R \quad (4.22)$$

Yukarıdaki “o” işlemi bir bileşimi göstermekte olup bulanık yorumlama kuralları kullanılarak elde edilmektedir. Bu işlem, max - min yöntemiyle yorumlanırsa aşağıdaki gibi elde edilmektedir(Cheng vd., 2007).

$$\mu_{B'}(y) = \max[\mu_{A'}(x) \wedge \mu_R(x,y)] \quad (4.23)$$

$\mu_{R'}$  nin değeri (4.23)' de yerine yazılırsa;

$$\begin{aligned} \mu_{B'}(y) &= \max[\mu_{A'}(x) \wedge (\mu_A(x) \wedge \mu_B(y))] \\ &= \max[\mu_{A'}(x) \wedge \mu_A(x) \wedge \mu_B] \end{aligned} \quad (4.24)$$

$\alpha = \max(\mu_{A'}(x) \wedge \mu_A(x))$  ise

$$\mu_{B'}(y) = \alpha \wedge \mu_B(y) \quad (4.25)$$

Bulanık kontrolcüsü sistemlerinde n tane kural birbirine “veya” bağlacı ile bağlanır. “n” adet kuraldan oluşan bir kural tabanında bir çok kural aktif hale gelebilmektedir. Bu durumda minimum ilişki yöntemiyle tespit edilen kurallar, kendi arasında tekrar değerlendirmeye tabi tutulmaktadır.

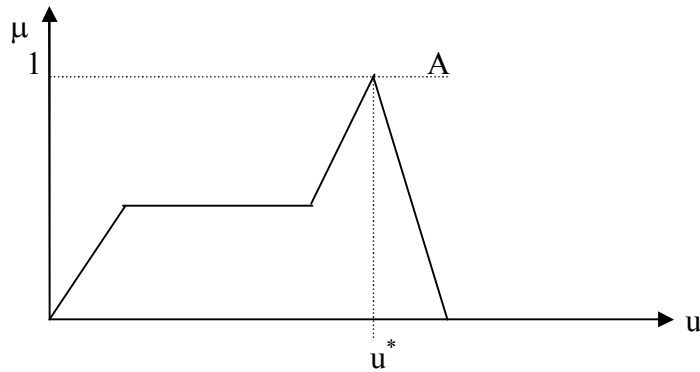
Minimum ilişki yöntemi kullanılarak elde edilen çıkarım sonuçları, “ve” bağlacı kullanılarak yorumlanmaktadır. Bulanık mantıkta “veya” bağlacı max işlemine karşılık gelmektedir. İlk olarak girişler arasında minimum işlemi uygulanarak, her bir kuralın çıkış üzerinde ne kadar etkili olacağı bulunur. Sonra çıkışlar üzerinde max işlemi uygulanarak bulanık sonuç elde edilmektedir. Eğer kurallar arasında aynı çıkışı veren kurallar mevcut ise bunların en büyüğü seçilerek diğer kural iptal edilmektedir (Plamen vd., 2004).

#### 4.5.6 Durulama Ünitesi

Bu ünite, çıkarım ünitesinden gönderilen kontrol işaretinin fiziksel ve kesin sayılara getirilmesini sağlamaktadır. Durulayıcı, bu işlemi aşağıda kullanılan yöntemlerden birini kullanarak yapmaktadır.

**Üyelik Fonksiyonunun Max Noktası (Max - Membership Principle):** Bu yöntemden “yükseklik yöntemi” olarak da söz edilmektedir. Aktif olan kuralların en büyük üyelik derecesi sayısal kontrol işareti olarak alınmaktadır. (Şekil 4.11)

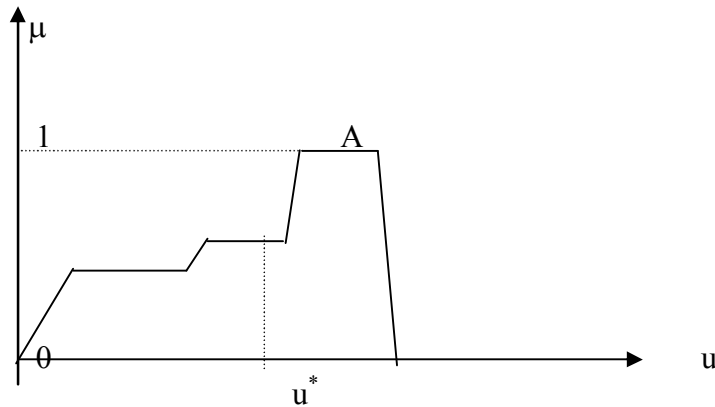
$$\mu_A(u^*) \geq \mu_A(u)$$



Şekil 4.11 Üyelik fonksiyonlarının max noktaları ile durulama işlemi (Wei vd. 2006)

**Merkez Yöntemi (Centroid Method):** Alan merkezi yada ağırlık merkezi de denilen bu yöntem, durulama yöntemi olarak en çok kullanılan yöntemlerden biridir ve ağırlık merkezi hesaplanarak yapılmaktadır. ( Şekil 4.12 )

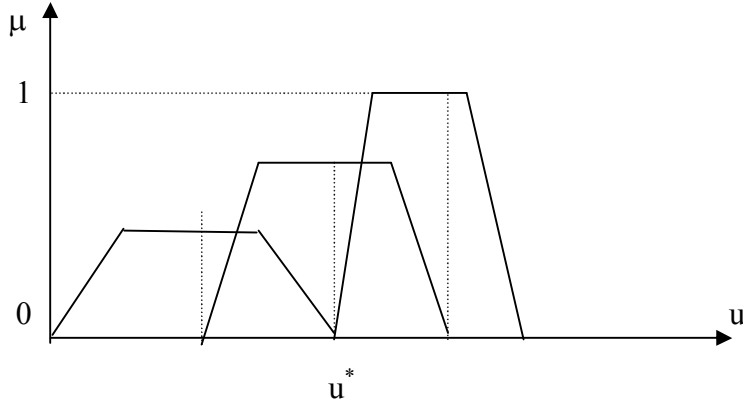
$$U^* = \frac{\int \mu(u).u.dU}{\int \mu(u).dU} \quad (4.26)$$



Şekil 4.12 Merkez yöntemi ile berraklaştırma işlemi

**Ağırlıklı Ortalama Yöntemi (Weighted Average Method):** Bu yöntem yalnızca simetrik çıkışlı üyelik fonksiyonları için kullanılmaktadır. Her bir simetrik üyelik değerinin tepe noktası değeri belirlenerek, ortalamaların alınmasıyla yapılmaktadır.(Şekil 4.13)

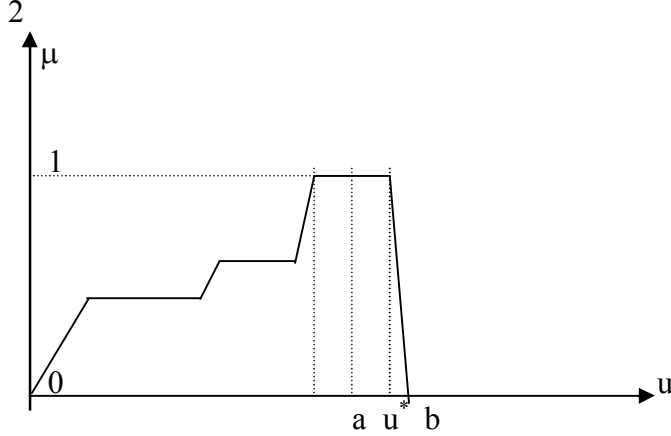
$$U^* = \frac{\sum \mu(u).u}{\sum \mu(U)} \quad (4.27)$$



Şekil 4.13 Ağırlıklı ortalama yöntemi ile durulama işlemi

**Üyelik İşlevinin Max Noktalarının Ortalaması (Mean - Max Membership=MOM):** Yüksek noktaların ortası da denilen bu yöntem, ilk yöntemle aşağı yukarı benzemektedir. Ancak üyelik işlevinin en yüksek noktası burada tek değildir. Şekil 4.14'te görüldüğü gibi bir dörtgen olabilmektedir.

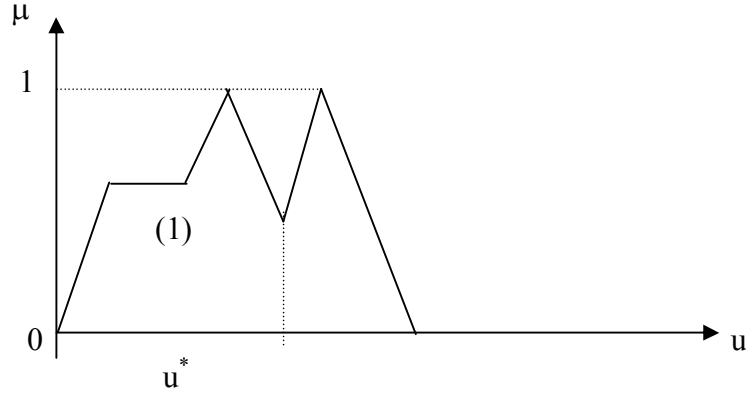
$$U^* = \frac{a + b}{2} \quad (4.28)$$



Şekil 4.14 Max noktaların ortalaması yöntemiyle durulama işlemi

**Geniş Alan Merkezi (Center of Largest Area =COA):** Eğer bulanık çıkarımlar en az iki tane dışbükey üyelik elamanından oluşuyorsa bu yöntem kullanılabilir. Bu yöntemde dışbükey olmayan üyelik değerlerinin bileşkeleri parçalanarak durulanır. Burada  $A_k$  durulanmış geniş bir parçadır. Zaten  $A_k$  dışbükey olsaydı, yöntem tamamıyla merkez yöntemiyle aynı olacaktı. Şekil 4.15'de görüldüğü gibi belirlenmiş olan geniş alan ele alınmaktadır ki bu alan dışbükeydir.

$$U^* = \frac{\int \mu_{A_k}(u) \cdot u \cdot dU}{\int \mu_{A_k}(u) \cdot dU} \quad (4.29)$$



Şekil 4.15 Geniş alan merkezi metodu ile berraklaştırma işlemi

**İlk veya son Yükselti (First or last of maxima):** Bu yöntem tüm bulanık çıkışlarda uygulanabilecek bir yöntemdir. Bileşkedeki en yüksek değer

$hgt(A_k) = \sup \mu_{A_k}(u)$  olmak üzere;

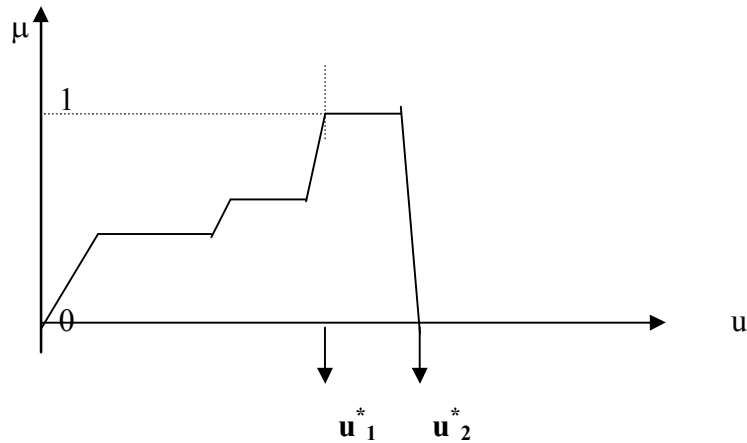
$(u \in U)$  ilk yükselti,

$$u^* = \inf \{u \in U \mid \mu_{A_k}(u) = hgt(A_k)\} \quad (4.30)$$

ya da son yükselti,

$$u^* = \sup \{u \in U \mid \mu_{A_k}(u) = hgt(A_k)\} \quad (4.31)$$

burada  $\sup$  (supremum), en düşük yüksek sınırı ve  $\inf$  (infimum) da en yüksek düşük sınırı göstermektedir. Şekil 4.16'da görüldüğü gibi ilk yükselti çözümü  $u_1^*$  veya son yükselti çözümü ise  $u_2^*$ 'dir.



Şekil 4.16 İlk veya son yükselti metodu ile durulama işlemi (Juang ve Shiu, 2008)

#### 4.6 Son Zamanlardaki Diğer Uygulamalar

Diğer uygulamalar arasında bulanık mantık kontrolü ev halkı için gerekli gereçlerin uygulamaları için kullanılmıştır. Bunlardan bazıları şunlardır: Mitsubishi firmasının hava temizleyicisi, Matsushita ve Hitachi' nin çamaşır makinesi , Sanyo ve Matsushita' nın VCD , Matsushita' nın elektrik süpürgesi, Sony' nin avuç içi bilgisayarı , Toshiba, Sharp ve Hitachi' nin mikro dalga fırın ve Canon' un fotoğraf makinesi ve daha bir çok uygulamaları.

Aşağıdaki tabloda ise günümüz bazı bulanık kontrol uygulamaları ve BMK(bulanık mantık kontrolcülerini) fonksiyonları verilmiştir.

**Çizelge 4.1** BMK uygulamaları

UYGULAMA	BMK FONKSİYONLARI
Video kaydedicisi	Resimdeki hareketlerdeki en iyi odaklama ve ışık ayarlamasını sağlar.
Çamaşır makinası	Kumaşın cinsine ve miktarına göre yıkama zamanını düzenler.
Televizyon	Mükemmel bir görüntü için resmin parlaklığını, rengini ve kontrastını düzenler.
Motor kontrolü	Beklenmeyen durumlarda hareket sırasını kontrol eder ve doğruluğu artırır.
Elektrik süpürgesi	Zeminin özelliğine, toz ve kirin miktarına göre elektrik süpürgesinin motor gücünü ayarlar.
Su ısıtıcısı	Kullanılacak suyun miktarı ve sıcaklığına göre rezistansın sıcaklık gücünü ayarlar.
Helikopter kontrolü	Pilotla ve rüzgâr hızı ve yönünü kapsayan uçuş durumlarıyla en iyi operasyon hareketlerini ayarlar.
Asansör denetimi	Yolcu trafiğini değerlendirir, böylece bekleme zamanını azaltır.
SLR fotoğraf makinası	Ekranda birkaç obje olması durumunda en iyi odak ve aydınlatmayı belirler.
Otomobil aktarma organı	Araba kullanım stilini ve yükünü sezerek en iyi dişli oranını seçer.
ABS fren sistemi	Tekerlerin kilitlemeden frenlenmesini sağlar.
Tansiyon aleti	Tansiyon ölçer.
El bilgisayarı	El yazısı ile veri ve komut girişine olanak tanır.
Hisse senedi alım-satım programı	Hisse senedi portfolyosunu idare eder.
Üretim planlaması	Üretim planlamasında bulanık mantık kullanır.

#### **4.6.1 BMK'nin Avantaj ve Dezavantajları**

Bu bölümde bir bulanık mantık kontrolcüsünün geleneksel kontrolcüye göre avantaj ve dezavantajları belirtilmiştir.

##### **Avantajları**

1. Giriş ile çıkış arasında kolayca anlaşılabilir bağlantı kurar.
2. Hızlı orijinal modellemeye izin verir, çünkü sistemi dizayn edenin sistem kurulmadan önce sistem hakkında her şeyi bilmesine gerek yoktur.
3. Ucuzdur, çünkü dizaynı kolaydır.
4. Sistemin sağlamlılığını artırır.
5. Kazanılmış ve temsil edilen bilgiyi kolaylaştırır.
6. Bazı kurallar çok büyük zorluklara yol gösterir.
7. Daha az osilasyon ve tepkime ile sonuçlanır.
8. Daha kısa zamanda sabit durumda başarıyla bitirilebilir.

##### **Dezavantajlar**

1. Bir bulanık sistemden model geliştirmek zordur.
2. Modellemeden önce ince ayar ve sıcaklık simülasyonu gerektirir
3. Daha öncede söz edildiği gibi bulanık kelimesi (en azından batı dünyası için) kötü bir çağrışım yapar. Mühendisler ve insanların çoğu kesinliğe (crispness) alışkındırlar ve bulanık kontrolden ve bulanık karar verme işlemlerinin yapılmasından çekinirler.

## 5. LOGİYEL PROGRAMI

Logiyel, yüksek lisans tezime olan lojistik sektöründe bulanık mantık karar sürecinin uygulanması konusunda C++ programlama dilinde hazırlamış olduğum araç atama problemini bulanık mantık prensipleri kullanarak çözüme kavuşturan programın ismidir. Programda kullanılacak olan veriler “.txt” formatı ile algoritmanın okuyabileceği dosya içerisine ve dosya adına kayıt edildikten sonra program bu verileri yorumlayarak araçların hangi dağıtım noktalarına hangi sıra ile ve her dağıtım noktasına ne kadarlık talebi götüreceği sonucunu yine “.txt” formatında belirlenen dosyanın içerisine kayıt etmektedir. İşlemler sırasında kullanıcıdan hiçbir şekilde veri girmesi istenmemektedir. Kullanıcı sadece gerekli verileri kayıt ederek programın çıktılarını ulaşmaktadır.

Logiyel programı C++ programlama dilinde “source file” olarak hazırlamış olduğum 3522 satırdan oluşan ve içerisinde çeşitli hesaplamalar için kullanılan 1 adet ana fonksiyon olmak üzere 8 adet fonksiyonu kullanan yazılımdır. Program “C:\\” klasörünün içerisine kayıt edilen “veriler.txt” dosyasından kendisi için gerekli olan verileri okumakta ve bu verileri yorumlayarak “i” adet aracı “j” adet mağazaya atamakta ve “k(i)” aracının “m(j)” mağazasına “C(i)” veya “q(j)” kadar ürünlerin hacimsel değerini taşıdığını bildiren sonucu “C:\\” klasörü içerisinde “sonuclar.txt” isimli dosyaya kayıt altına almaktadır. “sonuclar.txt” dosyasında kayıt altına alınan verileri “Office Excel” programında altı sütunlu olarak açılabilmesi için belirli çıktıların arasına “;” işaretini koymaktadır. Dolayısıyla veriler “.txt” dosyası açılmadan direkt olarak “Office Excel” programında açılarak atama işlemleri için daha kolay ve anlaşılır şekilde sonuç tablosu görüntülenebilmektedir. Programda atama işlemleri yapılırken bazı kabuller yapılmıştır. Bunlar;

- Araçlar dağıtım merkezinden çıktıktan sonra rotasını tamamlarlar ve tekrar dağıtım merkezine geri dönerler.
- Her araç dağıtım merkezinden çıktığında %100 tam kapasite ile yüklenmiş olmaktadır.
- Her araç bir atama çizelgesinde yalnız tek rota izleyebilmektedir.
- Araçlar dağıtım noktalarındaki geri götürmesi gereken iade vs. gibi ürünleri araçta boş olan hacim kapasitesi kadarını alabilirler.
- Araçlar yükleme esnasında en son varacakları mağazanın ürünleri ilk sırada araca yüklerler ve kapıya en uzak noktadan kapıya en yakın noktaya doğru yükleme işlemi gerçekleştirilir.



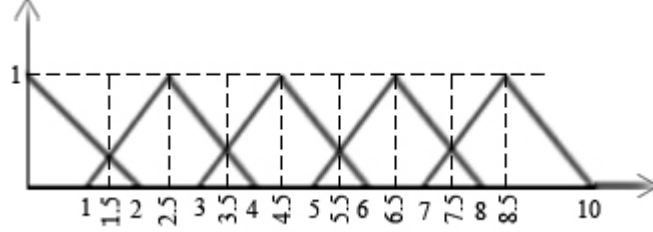
- Araçlar 80x120 ebatlarında 7 adet palet taşıma kapasitelerine sahiptir. Her palet en fazla 146 cm yüksekliğinde olabilir.
- Tüm araçların kapasiteleri eşit olmakla beraber hacim kısıtları 9,8 m<sup>3</sup>, Tonaj kısıtları ise 3.50 ton olarak sabitlenmiştir.
- Ürünler sadece koli ve/veya kasalarda olacak şekilde paketlenmiş olarak sevk edilmektedir.
- Problem çözüm kümesi içerisindeki mağazalar belirli bölgelerde gruplanmış mağazalardan oluşmaktadır. Farklı bölgelerde bulunan mağazalar aynı çözüm kümesi içerisinde yer alamazlar.
- Program tek dağıtım merkezi ile 120 adet dağıtım noktasına kadar hizmet verebilecek şekilde tasarlanmıştır.
- Programda atamalar taleplerin %66'lık oranda öncelik tanınmasına karşın, mesafe hesaplamalarında en yakın komşuya ulaşma amacı ile beraber %33'lük öncelik tanınmaktadır.

Programın çalışma biçimini aktarmadan önce programda kullanılan bulanık mantık karar verme sürecini aktarmak yerinde olacaktır.

### **5.1. Logiyel Programının Bulanık Karar Verme Süreci**

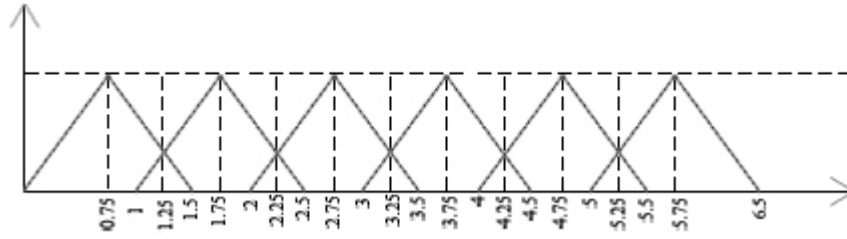
Logiyel programında kullanılan bulanık karar verme fonksiyonu üç adet değişken değer yorumlanarak 1 adet sonuç değeri vermesi şeklinde özetlenebilmektedir. Bu aşamada C++ diline kodlanmış olan bulanık karar verme fonksiyonunda değişkenlerin üçünün de Şekil 5.1'de görüldüğü üzere 0 ile 10 arasında değişkenlik göstermektedir. Bu değişkenlerin sahip olduğu bu beş aralık soldan sağa doğru "Çok Kötü, Kötü, Orta, İyi, Çok İyi" olarak sıralanmışlardır. Bu aşamada programda kullanılan veriler dilsel değişkenliklere sahip olduğu takdirde rahatlıkla algoritmaya sahip olduğu bulanık karar verme fonksiyonu sayesinde adapte edilebilirler. Ayrıca programda kullanılan üç adet değişken mağazalar arası mesafe, mağazaların hacimsel olarak talebi ve mağazaların tonajsal olarak talebidir. Programda kullanılan 0-10 arasındaki değerlere uyarlanan mesafe, talep ve hacim değerlerinin bu iki değer arasına alınması değişken aralıklarının Şekil 5.1'de görüldüğü gibi tasarlanmasından kaynaklanmaktadır. Taleplerin hacimsel değerlerinin ve tonajsal değerlerinin ayrı ayrı değerlendirilmesinin ana amacı mağazalara atanmanın yapılmasında mesafe değerlerine %33, en fazla talebin önce karşılanması gerekliliğine de %66 oranında önem verilmesinden

kaynaklanmaktadır. Önemli olan mesafe maliyetlerinin yanında mevcut talepler içerisinde en yüksek değere sahip olan mağazalara öncelik tanınması gerekliliği böyle bir uygulamanın mevcudiyette doğru olacağına inanılmasından kaynaklanmaktadır.



**Şekil 5.1** Değişken değerleri ve aralıkları

Programda kullanılan üç adet değişken programda çıktılarının belirtildiği altı adet aralığa sahip olan ve değerleri 0 ile 6,5 arasında değişkenlik gösteren sonuç değerleri Şekil 5.2’de görülmektedir. Burada bulunan altı adet aralığa, üç adet farklı değişken tanımlı olan ve her biri 0 ile 10 değerleri arasında yer alabilecek olan değişkenlerin atanması problemi bizlere kuralların, değişkenlerin tüm olası değerleri için cevap verebilirliğinin sağlanmasının zorunlu olduğunu hatırlatmaktadır. Bu bağlamda kural kombinasyonlarını ele almakta fayda bulunmaktadır.



**Şekil 5.2** Sonuç grafiği değerleri ve aralıkları

Elimizde üç adet değişkeni temsil eden, üç adet kutu bulunduğunu varsayalım. Bu kutulardan her birinin değeri elimizdeki üç adet değişkenin değerine göre farklılık gösterebilir. Bu değişkenlerin değerlerine göre de bizler her bir kutudan, sonuç değişkeninin aralıkları kadar, altı farklı sonuç elde edebiliriz. Altı adet farklı sonucu birbirinden bağımsız olarak üç adet kutudan elde etmeyi düşünersek, bulanık küme mantığında bizlerin her kombinasyon için toplamda 216 adet kurala ihtiyacımızın olduğu sonucuna varırız. Yani değişken değerleri ne olursa olsun altı adet aralıkta sonuç üretecektir. Bu nedenle Logiyel programının bulanık karar verme fonksiyonunda  $6*6*6=216$  adet kural bulunmaktadır.

Kural bloğunun kaç adet kuraldan oluşması gerektiğinden söz ettikten sonra programın kullandığı kuralların nasıl oluşturulduğundan söz edebiliriz. Dilsel değişkenleri matematiksel

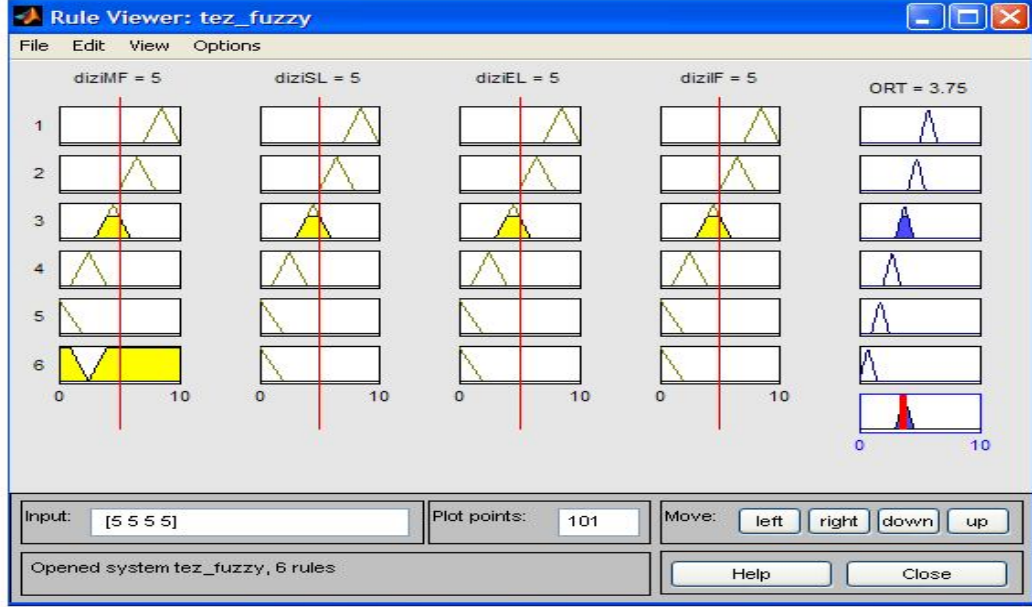
olarak ifade eden bulanıklık kavramını matematiksel ifade edilen mesafe, hacim, tonaj gibi ölçütlerle programa yerleştirdiğimizden dolayı kural bloklarını oluşturma işlemini şu şekilde tanımlayabiliriz. Değişken aralıklarının 1-10 arasında değiştiğinden söz etmiştik ve bu değişkenler Şekil 5.1'den de anlaşılacağı üzere beş adet aralıktan oluşmaktadır. Buna göre değişkenlerin aldıkları aralık değerlerin aritmetik ortalamasının 5 üzerinden 4'ten büyük olanlarını sonuç değerler kümesinde 5-6,5 arasında olan en iyi çözümü temsil eden aralığa göndermekteyiz. Burada diğer aralıkların şekillendirilmesi Çizelge 5.1'de gösterilmektedir.

**Çizelge 5.1** Kuralların oluşturulmasında baz alınan aralıklar

Alt Sınır	Değer	Üst Sınır	Yönlendirilen Sonuç Aralığı	Sonuç Aralığı Değerleri
4<	ortalama	<=5	6. aralık	5-6.5
3<	ortalama	<=4	5. aralık	4-5.5
2<	ortalama	<=3	4. aralık	3-4.5
1<	ortalama	<=2	3. aralık	2-3.5
1=	ortalama		2. aralık	1-2.5
	ortalama	<1	1. aralık	0-1.5

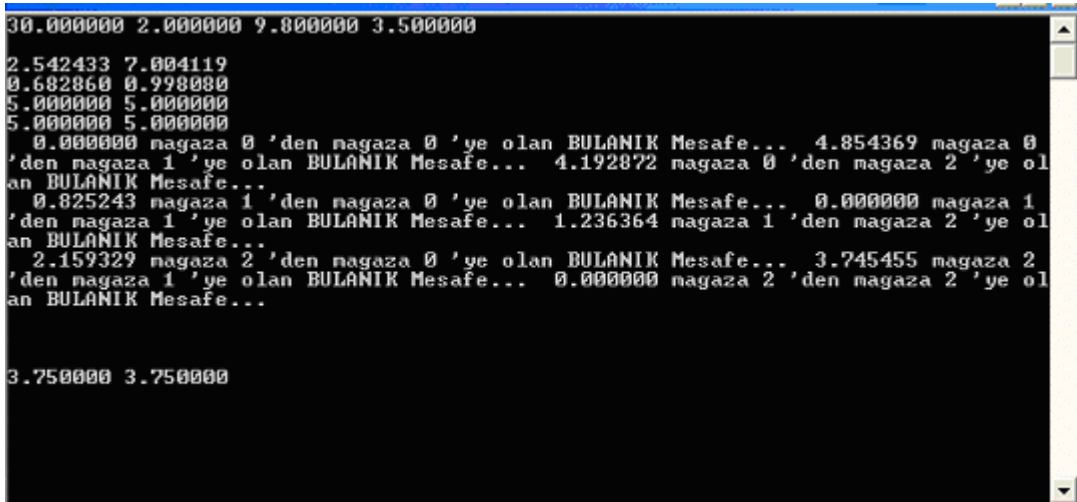
Programda üyelik fonksiyonları değer aralıklarındaki grafikten elde edilmektedir. Bu aşamada değişkenler eğer iki aralığın kesişim noktasında bulunuyorsa maksimum değeri alacak şekilde aralık sınırları daha büyük olan eğriye yönlendirilip üyelik değerlerini kazanmaktadırlar (fuzzyfication). Üyelik değerleri kuralların süzgecinden geçtikten sonra yönlendirildikleri sonuç aralıklarında ise minimum değere sahip olan iki tanesi çözüme girmekte ve bizlere bu iki değer hangi aralıklara yönlendirilmişlerse o aralıkların defuzzy edilmesinden meydana gelen iki adet gerçek değer ortalaması alınarak bulanık karar verme süreci tamamlanmaktadır. Üç adet değişkenden oluşan her değer kümesi için aynı işlemler yapılarak mevcut veriler arasından en uygununun seçim işlemi Logiyel programında bulunan ana fonksiyon tarafından seçilmektedir. En uygun değere sahip olan mağazaya atama işlemi gerçekleştirilmekte ve "C:\\sonuclar.txt" dosyasına kayıt edilmektedir.

Algoritmanın doğruluğunu test etmek amacı ile Matlab programının FIS(Fuzzy Interface System) modülünde, algoritma sonucu ile, Matlab sonucunun karşılaştırılması ile elde edilmiştir. Şekil 5.3'te FIS modülünün sonucu değişken değerlerinin her biri beş olduğu zaman 3,75 sonucunu verdiği gözlenmektedir.



Şekil 5.3 Matlab FIS modülünde değerlere karşılık gelen sonuç kümesi değeri

Diğer taraftan bulanık karar verme fonksiyonuna değişkenlerin değerlerini Şekil 5.3'te olduğu gibi 5 değerini verecek olursak bizlere 3,75 sonucunu verecektir. Bu sonuç Şekil 5.4'te gösterilmektedir.



Şekil 5.4 Logiyel bulanık karar verme fonksiyonunun değişken değerlerinin 5 olarak belirlenmesi ile verdiği sonuç değeri

## 5.2 Logiyel Programının Açıklanması

Program yürütüldüğü zaman ilk olarak verileri edindiği “C:\\veriler.txt” dosyasının var olup olmadığını kontrol eder. Eğer böyle bir dosya belirtilen adreste mevcut değilse "dosya adi, uzantisi yada kayıtlı olduğu yer yanlış" biçiminde bir uyarı mesajı göstererek hata vermektedir. Eğer belirtilen adreste dosya adı doğru olan bir “.txt” formatında dosyaya rastlarsa o dosyanın içerisine girerek verileri sırasıyla okumaya başlar. Burada her veriyi ilgili dizinin adresine bir karakter boşluğu bulana kadar hafızasına alır. Bir karakterlik boşluğa rastladığı anda boşluğa kadar olan sayısal ifadeleri ilgili değişkene atama işlemini gerçekleştirmektedir. Program ilgili dosyadan araç sayısını(i), mağaza sayısını(j), aracın hacim kısıtını (C(i)), aracın tonaj kısıtını (D(i)), her mağaza talebinin hacimsel değerini (q(a);a=1,2,...,j ), her mağaza talebinin tonajsal değerini ( z(a); a=1,2,...,j ), her mağaza talebinin hacimsel değerlerinin en küçüğü 0 en büyüğü ise 10 olacak şekilde,

$$a=1,2,\dots,j \text{ için } b[q(a)]=10*q(a)/\max[q(a)] \quad (5.1)$$

formülü ile önceden hesaplanmış değerini, her mağaza talebinin tonajsal değerlerinin en küçüğü 0 en büyüğü ise 10 olacak şekilde,

$$a=1,2,\dots,j \text{ için } b[z(a)]=10*z(a)/\max[z(a)] \quad (5.2)$$

formülü yardımı ile önceden hesaplanmış olan değerini, son olarak ise mağazalar arası mesafeleri en küçüğü 0 en büyüğü ise 10 olacak şekilde,

$$a=0,1,2,\dots,j \text{ ve } a'=0,1,2,\dots,j \text{ için } X_{aa'}=10*\min[M(aa')] / M(aa') \quad (5.3)$$

formülü yardımı ile bulunan değerleri okumaktadır. Bu değerleri her bir değişken tipine uygun olarak tanımlanmış olan dizilere atamasını otomatik olarak yapmaktadır. Yani mağaza sayısının artması ile artacak olan programda kullanılan veriler, tablo halinde “Office Excel” programında hazırlanarak, aralarında birer boşluk bırakılmak sureti ile tek bir hücrede birleştirilip “C:\\veriler.txt” dosyasına kaydedilirse kullanıcı verilerini kolaylıkla programın anlayabileceği ve kolaylıkla programın kendi hafızasına kayıt edebileceği bir formatta verileri hazırlamış olmaktadır. Başlangıç verilerinin hesaplanmasında yukarıda verilen formüllere gerçek hacimsel talep değerlerinin, gerçek tonajsal talep değerlerinin ve mağazalar arası gerçek uzaklıkların “Office Excel” programında tablo haline getirilip gereken hücrelere yukarıdaki (5.1), (5.2) ve (5.3) numaralı formüllerin uygulanması kullanıcının işini kolaylaştıracaktır. Logiyel programının tasarımında kendisi için gerekli olan verilerin “Office Excel” programından yararlanılarak elde edilebilirliği göz önünde bulundurulmuştur.

Verilerin okunması esnasında her mağaza için veriler okunmaya başladığında ilk veriye 1 numarası atanmaktadır. Bu atama son a'inci mağazaya "a" numarasını ataması ile bitmektedir. Yani mağazalar ile ilgili olan verilerin sıralaması daha sonra sonuçları incelerken önemini gösterecektir. Çünkü program atama işlemlerinde mağazaların isimleri yerine atanan mağazaları sıra numaraları ile belirtmektedir.

Dosyadan aldığı verileri aklında tutarak 216 adet kuralın yer aldığı bulanık mantık çözüm fonksiyonuna gönderir. Burada veriler hangi koşulları sağlıyorsa hangi kurala uygunluk gösteriyorsa o kurala göre yorumlanarak atama işlemi gerçekleştirilir. Atama işleminden sonra program seçilen m(a) mağazasının q(a) hacimsel talep değeri ile bu mağazaya ataması yapılan k(i) aracının sahip olduğu C(i) hacim kısıdını karşılaştırmaktadır. Karşılaştırma sonucunda eğer mağaza talebinin hacimsel değeri aracın hacimsel kısıntı aşıyorsa program aşağıdaki hesaplamaları yerine getirerek yeni değerleri tekrar bulanık karar verme fonksiyonuna karar verilmesi için gönderir.

$$k(i)=k(i+1); \quad (5.4)$$

$$q(a)=q(a)-C(i) \text{ hesaplanmasından sonra } C(i)=0; \quad (5.5)$$

$$z(a)=z(a)-D(i) \text{ hesaplanmasından sonra } D(i)=0; \quad (5.6)$$

$$X(aa')=X(0j!); \quad (5.7)$$

$$\text{Eğer } q(a)=C(i) \text{ ise, } j=j-\{a\} \text{ değilse } j=j; \quad (5.8)$$

Hesaplamaları algoritma tarafından gerçekleştirilir. Ancak yapılan karşılaştırma sonucunda  $C(i) > q(i)$  ise, bu durumda algoritma aşağıdaki hesaplamaları yapacaktır.

$$k(i)=k(i); \quad (5.9)$$

$$C(i)=C(i)-q(a) \text{ hesaplanmasından sonra } q(a)=0; \quad (5.10)$$

$$D(i)=D(i)-z(a) \text{ hesaplanmasından sonra } z(a)=0; \quad (5.11)$$

$$X(aa')=X(aa'); \quad (5.12)$$

$$j=j-\{a\}; \quad (5.13)$$

Unutulmaması gereken asıl nokta ise bu hesaplamalar ilgili aracın sahip olduğu değerler ile ilgili mağazanın sahip olduğu değerler üzerinde gerçekleştirilirler. Bu hesaplamalardan sonra artık "a" mağazasının talebinin hacimsel değerleri iki durumda da değiştiği biçimde bir sonraki iterasyonda veya daha sonraki iterasyonlarda mağazaya atama yapılan kadar aynı kalmaktadır. Programda atamaların yani iterasyonların bitmesi sadece ve sadece tüm

mağazaların taleplerinin karşılanması ile mümkün olmaktadır. Program böylece taşıma aracını tam doldururken, taşıma aracı kapasitesinden maksimum yararlanmamızı garanti ederken, bulanık karar verme fonksiyonu ile bizlere mevcut kriterlerde en uygun atamayı sunmakta ve tüm mağazaların taleplerinin karşılanması ile sona erdiği için tüm taleplerin karşılandığından emin olarak atamalarını gerçekleştirmektedir.

Bu açıklamalardan sonra örnek uygulama üzerinden programın çıktılarının incelenmesi ve bu çıktıların mesafe değişkeni bazında Winqsb gezgin satıcı problemi ile, zaman bazında ise Arena Simulation programında hazırlanan simülasyon çıktıları ile ele alınmasından söz etmemiz yerinde olacaktır.

## 6. LOGİYEL PROGRAMI KULLANILARAK YAPILAN BİR UYGULAMA

Yapılan uygulama halen Yönetici Adayı olarak görev yapmakta olduğum Adese AVM Tic. A.Ş. bünyesinde Konya Karatay Bölgesinde hizmet vermeye devam eden 14 adet Adesem mağazası uygulama için uygun görülmüştür. İşletme coğrafi yakınlık derecelerini ve bulunulan ilçe sınırlarını göz önüne alarak sayısı artmaya devam eden 130 adet mağazasını gruplandırmıştır.

Mağazaların Konya'nın Karatay İlçesinde yer aldıkları konumlar ve uygulamada dağıtım merkezi olarak ele alınan Merkez Deponun konumları Şekil 6.1'de gösterilmektedir.



Şekil 6.1 Konya Karatay Bölgesinde yer alan mağazaların konumları

Uygulamanın yapıldığı bölgede yer alan mağazaların taleplerinin hacim olarak ve tonaj olarak değerleri Çizelge 6.1'de verilmektedir.



**Çizelge 6.1** Karatay Bölgesinde yer alan mağazaların hacim ve tonaj olarak talep değerleri ile bulanık karar süreci için 1-10 arasında oranlanmış değerleri

MGZ NO	MAĞAZA ADI	HACİMSEL TALEP	ORANLANMIŞ HACİM	TALEBİN TONAJ DEĞERİ	ORANLANMIŞ TONAJ
1	İSTANBULYOLU	2.5	1.2	0.7	2.5
2	BUHARA	7.0	3.3	1.0	3.6
3	MUSALLABAGLARI	10.0	4.7	1.3	4.9
4	ERENLER	10.5	4.9	1.4	5.0
5	HAVALOJMANLARI	12.9	6.1	2.6	9.3
6	ŞEHİTLİK	13.5	6.4	2.0	7.3
7	FENNİFİRİN	13.6	6.4	1.8	6.4
8	ŞERAFETTİN	13.9	6.6	2.0	7.4
9	SEMS	15.5	7.3	2.1	7.5
10	FETİHKENT	15.7	7.4	2.1	7.5
11	BÜYÜKSINAN	16.4	7.7	2.2	8.0
12	SULTANŞAH	16.5	7.8	2.0	7.2
13	OSMANGAZİ	17.1	8.1	2.3	8.4
14	ANKARAYOLU	21.1	10.0	2.8	10.0

Ayrıca program ilk açıldığı zaman algoritmanın okuduğu ilk veriler arasına Çizelge 6.1’de yer alan oranlanmış hacim ve oranlanmış tonaj sütunları da yer almaktadır. Ayrıca bu aşamada algoritma Çizelge 6.2’de bulunan verileri de hafızasına almaktadır.

**Çizelge 6.2** “C:\\veriler.txt” dosyasında bulunan bazı veriler

DEĞİŞKEN	DEĞER	BİRİM
Araç Sayısı	30	Adet
Mağaza Sayısı	14	Adet
Araç Hacim Kısıtı	9.8	Metreküp
Araç Tonaj Kısıtı	3.5	Ton

Ayrıca program açıldığında mağazalar arası reel mesafelerin 1-10 arasında oranlanmış değerleri de program tarafından “.txt” formatından okunarak çözüm aşamasının bulanık karar verme fonksiyonunda kullanılmaktadır. Buna göre mağazalar arası gerçek mesafeler “Google Earth” programında bulunan iki nokta arası gerçek mesafeleri ölçüm aracı yardımı ile belirlenmiştir. Uzaklıklar iki nokta arasında kuş uçuşu mesafesini belirtmektedir. Bu mesafeler Çizelge 6.3’te verilmektedir. Ayrıca bu mesafelerin oranlanmış değerleri de Çizelge 6.4’te verilmektedir. Gerçek mesafeler program atamasını yaptıktan sonra maliyet hesaplamalarında kullanılacaktır. Belirtilmesi gereken önemli bir nokta ise program içerisinde gerçek mesafe değerlerinin kullanılmamasıdır. Bunun yerine bulanık karar verme sürecinde kullanılan oranlanmış mesafe değerleri Logiyel programında kullanılmaktadır.

**Çizelge 6.3** Mağazalar arası gerçek mesafe değerleri

KM	MGZ 0	MGZ 1	MGZ 2	MGZ 3	MGZ 4	MGZ 5	MGZ 6	MGZ 7	MGZ 8	MGZ 9	MGZ 10	MGZ 11	MGZ 12	MGZ 13	MGZ 14
MGZ 0	0.0	4.1	4.8	3.2	2.0	3.0	3.9	4.2	4.5	4.7	3.4	2.3	4.7	5.1	3.1
MGZ 1	4.1	0.0	2.8	1.7	2.4	1.9	0.9	0.4	0.3	0.6	1.4	2.4	0.7	3.8	1.8
MGZ 2	4.8	2.8	0.0	4.1	4.1	4.2	3.6	2.4	2.8	3.0	1.8	4.5	3.3	1.0	4.1
MGZ 3	3.2	1.7	4.1	0.0	1.2	0.2	0.9	2.0	2.0	2.1	2.3	0.9	1.9	4.9	0.1
MGZ 4	2.0	2.4	4.1	1.2	0.0	1.1	2.0	2.7	2.8	3.0	2.4	0.6	2.9	4.8	1.1
MGZ 5	3.0	1.9	4.2	0.2	1.1	0.0	1.1	2.2	2.2	2.3	2.4	0.6	2.1	5.0	0.1
MGZ 6	3.9	0.9	3.6	0.9	2.0	1.1	0.0	1.3	1.1	1.2	2.0	1.7	1.0	4.6	1.0
MGZ 7	4.2	0.4	2.4	2.0	2.7	2.2	1.3	0.0	0.4	0.7	1.2	2.7	0.9	3.4	2.1
MGZ 8	4.5	0.3	2.8	2.0	2.8	2.2	1.1	0.4	0.0	0.3	1.6	2.7	0.5	3.8	2.1
MGZ 9	4.7	0.6	3.0	2.1	3.0	2.3	1.2	0.7	0.3	0.0	1.9	2.9	0.3	4.1	2.2
MGZ 10	3.4	1.4	1.8	2.3	2.4	2.4	2.0	1.2	1.6	1.9	0.0	2.6	2.1	2.7	2.3
MGZ 11	2.3	2.4	4.5	0.9	0.6	0.6	1.7	2.7	2.7	2.9	2.6	0.0	2.7	5.2	0.7
MGZ 12	4.7	0.7	3.3	1.9	2.9	2.1	1.0	0.9	0.5	0.3	2.1	2.7	0.0	4.3	2.0
MGZ 13	5.1	3.8	1.0	4.9	4.8	5.0	4.6	3.4	3.8	4.1	2.7	5.2	4.3	0.0	5.0
MGZ 14	3.1	1.8	4.1	0.1	1.1	0.1	1.0	2.1	2.1	2.2	2.3	0.7	2.0	5.0	0.0

Mağazalar arası gerçek mesafelerin bulunduğu Çizelge 6.3'te her sütun için minimumunun hesaplanarak ve bu değer satırda yer alan her hücre için aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanarak oranlanmış değerler tablosu elde edilmektedir (Çizelge 6.4).

$$\text{Oranlanmış Değer} = 20 * \text{Min}(\text{Satır Değerleri}) / \text{Bulunulan hücre değeri} \quad (7.1)$$

**Çizelge 6.4** Mağazalar arası oranlanmış mesafe değerleri

	MGZ 0	MGZ 1	MGZ 2	MGZ 3	MGZ 4	MGZ 5	MGZ 6	MGZ 7	MGZ 8	MGZ 9	MGZ 10	MGZ 11	MGZ 12	MGZ 13	MGZ 14
MGZ 0	0.0	4.9	4.2	6.3	10.0	6.7	5.2	4.7	4.5	4.2	5.9	8.5	4.3	3.9	6.4
MGZ 1	0.8	0.0	1.2	2.0	1.4	1.8	3.7	8.5	10.0	5.5	2.4	1.4	5.0	0.9	1.9
MGZ 2	2.2	3.7	0.0	2.5	2.5	2.5	2.8	4.3	3.7	3.4	5.7	2.3	3.2	10.0	2.5
MGZ 3	0.4	0.8	0.3	0.0	1.1	6.1	1.6	0.7	0.7	0.7	0.6	1.6	0.8	0.3	10.0
MGZ 4	2.9	2.4	1.4	4.8	0.0	5.5	3.0	2.2	2.1	1.9	2.5	10.0	2.0	1.2	5.3
MGZ 5	0.4	0.6	0.3	4.8	1.0	0.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	1.7	0.5	0.2	10.0
MGZ 6	2.3	9.4	2.4	10.0	4.5	7.9	0.0	6.6	7.6	7.3	4.3	5.1	9.0	1.9	8.7
MGZ 7	0.9	10.0	1.7	2.0	1.5	1.8	3.1	0.0	9.3	5.4	3.3	1.5	4.3	1.2	1.9
MGZ 8	0.7	9.4	1.2	1.6	1.1	1.5	2.8	7.4	0.0	10.0	2.0	1.2	6.4	0.8	1.6
MGZ 9	0.6	4.8	1.0	1.5	1.0	1.3	2.5	4.1	9.4	0.0	1.6	1.0	10.0	0.7	1.4
MGZ 10	3.6	8.6	6.6	5.3	5.1	5.1	6.0	10.0	7.5	6.3	0.0	4.6	5.8	4.6	5.2
MGZ 11	2.5	2.4	1.3	6.7	10.0	9.1	3.4	2.2	2.1	2.0	2.2	0.0	2.2	1.1	7.8
MGZ 12	0.6	4.4	0.9	1.6	1.1	1.4	3.1	3.3	6.0	10.0	1.4	1.1	0.0	0.7	1.5
MGZ 13	2.0	2.7	10.0	2.1	2.1	2.1	2.2	3.0	2.7	2.5	3.9	2.0	2.4	0.0	2.1
MGZ 14	0.4	0.6	0.3	7.9	1.0	10.0	1.1	0.5	0.5	0.5	0.5	1.5	0.6	0.2	0.0

Tüm bu veriler program tarafından hafızaya alındıktan sonra çeşitli hesaplamalar ve atamaları gerçekleştirmekte ve kullanıcı için “C:\\sonuclar.txt” dosyasına aşağıda bulunan Çizelge 6.5’te görülen sonuçları vermektedir. Ayrıca atama sonuçları sayfa 89’da bulunan EK 1’de verilmiştir.

**Çizelge 6.5** Logiyel programının çıktısı

ARAÇ NO	AÇIKLAMA	MAĞAZA NO	AÇIKLAMA	HACİM MİKTARI	AÇIKLAMA
1	numarali aracimiz	13	magazasına atanmistir.	9.8	miktarındaki hacimsel talebini karsilamistir.
1	numarali aracimiz	13	Magazasinin		
1	numarali aracta kalan hacim miktarı	0	kadardir.		
....	....	....	....	....	....
....	....	....	....	....	....
....	....	....	....	....	....
19	numarali aracimiz	13	magazasına atanmistir.	4.517141	miktarındaki hacimsel talebini karsilamistir.
19	numarali aracimiz	13	Magazasinin		
19	numarali aracimiz	6	magazasına atanmistir.	3.715626	miktarındaki hacimsel talebini karsilamistir.
19	numarali aracimiz	6	Magazasinin		
19	numarali aracimiz	7	magazasına atanmistir.	1.567234	miktarındaki hacimsel talebini karsilamistir.
19	numarali aracimiz	7	magazasinin		
19	numarali aracta kalan hacim miktarı	0	kadardir.		

Çizelge 6.5 incelendiğinde numaralandırılmış araçların hangi mağazaya gideceği ve rotasında bulunan mağazanın ne kadarlık talebini karşılayacağı bildirilmektedir. Tablonun anlamı şudur; 19 numaralı araç öncelikle 13 numaralı mağazaya (Osmangazi Mağazası , bkz. Çizelge 6.1) atanmış ve bu mağazanın 4,5171 metreküplük talebini karşılamıştır. Daha sonra araç kapasitesi olan 9,8 m<sup>3</sup> değerinden karşılanan talep 4,5171 m<sup>3</sup> daha düşük olduğu için, 19 numaralı araç 13. mağazadan sonra 6. Mağazaya (Şehitlik Mağazası, bkz. Çizelge 6.1) atanmış ve bu mağazanın da 3,7156 m<sup>3</sup>’lük talebini karşılamıştır. Araçta halen 9,8-4,5171-3,7156=1,567 m<sup>3</sup>’lük boş alanın olması 19 numaralı aracı başka mağazaya yönlendirilmesi gerektiği algoritma tarafından algılanmakta ve son olarak araç 6 numaralı mağazadan 7 numaralı mağazaya (Fenni Fırın Mağazası, bkz. Çizelge 6.1) 1,567 m<sup>3</sup>’lük talebini karşılamak için yönlendirilmiştir. En son araçta kalan hacim kapasitesi sıfırlandığında algoritma araç numarasını bir arttırmakta ve kalan mağazalar arasından seçim yapmak için

kalan mağazaların verilerini kullanarak bulanık karar verme fonksiyonuna giderek yeni değerleri hesaplamaktadır.

Problemimiz için araç sayısı Çizelge 6.1’de yer alan taleplerin hacimsel değerlerinin toplamı olan 186,2196 metreküplük toplam talebin 9,8 metreküp değerinde olan bir aracın hacimsel kapasitesine bölünmesi ile 19 değeri elde edilmektedir. Atama sonuçları incelendiğinde ise algoritma bizlere 19 adet aracın atandığını söylemektedir. Şunu da belirtmek gerekmektedir ki algoritma matematiksel olarak 20. aracı 7. mağazanın 0,019 metreküplük kalan talebini karşılamak için atamaktadır. Ancak bu atama işleminde talep değerinin çok küçük olmasından dolayı çözümün içerisine dahil edilmemiştir.

Tüm bunlara ek olarak algoritma içerisine yerleştirmiş olduğum sayaçlar vasıtası ile programın çözüm aşamasında kaç adet döngü işlemi gerçekleştirdiği hangi aracın hangi mağazaya hangi sırada atandığını sadece sayılar ile belirten bir sonuç tablosu daha oluşturmaktadır. Bu tablo program sonuçlandığında “C:\\atama sonuc.txt” dosyasına program tarafından kayıt edilmektedir. Çizelge 6.6’da görüldüğü üzere araç numarası mağaza numarası ve döngü numarası tablo biçiminde gösterilmiştir. Burada döngü numaraları için söylenmesi gereken bir nokta vardır, o da program içerisinde çözüme ulaşıncaya kadar toplamda 34 kere bulanık karar verme fonksiyonunun kullanılmış olmasıdır.

**Çizelge 6.6** Atama sonuçları ve döngü sayıları tablosu

ARAÇ NO	MAĞAZA NO	DÖNGÜ NO
1	13	1
2	11	2
2	14	3
3	14	4
4	4	5
5	8	6
....	....	....
....	....	....
....	....	....
16	12	25
17	12	26
17	8	27
17	7	28
....	....	....
....	....	....
19	13	31
19	6	32
19	7	33
20	7	34

Yukarıdaki sonuçlara göre araçların mağazalara atanmasını gösteren tablo Çizelge 6.7’de bulunmaktadır. Bu tabloda yer alan bilgileri kullanıcı “Office Excel” programında kendisi uygulayacaktır. Programın kullanımı Çizelge 6.5 ile Çizelge 6.6’yı oluşturması ile son bulmaktadır. Maliyet hesaplanırken, araçların mağazalara atanması sıraları göz önüne alınarak toplam mesafe hesaplanmaktadır. Ayrıca 1 litre yakıt ile araçların 3 kilometre yol aldıkları düşünülerek maliyet hesaplaması şu şekilde olmaktadır;

$$\text{Maliyet} = (\text{Alınan Toplam Yol})/3*(1 \text{ lt Yakıt Parası}) \quad (7.2)$$

Bu aşamada örneğin 15 numaralı aracın maliyeti şu şekilde hesaplanmıştır;

15 numaralı araç 0-10-1-8-0 rotasını izlemektedir. Burada 0 ile belirtilen nokta merkez dağıtım noktası olan depoyu simgelemektedir. Rotayı açıklayacak olursak, depodan kalkan araç önce Fetihkent mağazasına sonra İstanbul Yolu mağazasına buradan da Şerafettin mağazasına uğrayarak geri depoya dönmektedir. Bu çevrimde aracın aldığı toplam mesafe (Çizelge 7.3)  $(3.38+1.4+0.34+4.49)=9,61$  km olmaktadır. 1 lt yakıt parasını 2,54 TL olarak belirlersek, değerleri maliyet formülünde yerine koyduğumuzda 15 numaralı araç rotasını izlediği taktirde işletmeye yüklediği yakıt kullanımından ileri gelen maliyet 8,13 TL olmaktadır.

Atama işlemlerinin ve maliyet hesaplamalarının bulunduğu tablo Çizelge 6.7’de görüldüğü gibidir. Çizelge 6.7’de tüm atamaların maliyetleri hesaplanarak toplamda bizlere 14 mağazanın bir haftalık talebinin karşılanması 132,6557 TL tutarında maliyet getirmektedir.

Çizelge 6.7 Atama tablosu ve maliyet değerleri

NO	MAĞAZALAR	araç 1	araç 2	araç 3	araç 4	araç 5	araç 6	araç 7	araç 8	araç 9	araç 10	araç 11	araç 12	araç 13	araç 14	araç 15	araç 16	araç 17	araç 18	araç 19	TALEP	
1	İSTANBULYOLU	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	
2	BUHARA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	0.0	7.0	
3	MUSALLABAĞLARI	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	
4	ERENLER	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.5	
5	HAVALOJMANLARI	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0	0.9	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	12.9	
6	ŞEHİTLİK	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	13.5
7	FENNİFİRİN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	1.6	13.6
8	ŞERAFETTİN	0.0	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	2.8	0.0	0.0	13.9	
9	SEMS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0	0.0	15.5	
10	FETİHKENT	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	15.7	
11	BÜYÜKSİNAN	0.0	9.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.4	
12	SULTANŞAH	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	4.9	0.0	0.0	16.5	
13	OSMANGAZİ	9.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	4.5	17.1	
14	ANKARAYOLU	0.0	0.0	9.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.8	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.1	
	ARZ	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	186.2
	MALİYET	8.6	4.0	5.2	3.4	7.6	7.1	5.4	8.0	6.5	5.7	7.9	5.1	5.2	5.6	8.1	8.7	8.3	9.2	12.9		
	TOPLAM MALİYET	132.7																				

## 7. WİNQSB GEZGİN SATICI MODÜLÜ ile LOGİYEL'İN KARŞILAŞTIRILMASI

Programın algoritması gereği, hareket noktasından hedef noktasını belirlerken, kendisine en yakın komşuyu, eğer mevcut komşuların talep değerleri birbirlerine yakın değerler ise, seçmektedir. Nitekim 15 numaralı aracı ele alalım aracın rotası Logiyel tarafından 0-10-1-8-0 olarak belirlenmiştir. Bu rotanın mesafesi ise 9,61 km olarak bulunmuştur. Burada aynı rotanın mesafesel uzaklıklarını Winqsb gezgin satıcı modülünde en yakın komşu sezgisel yöntemi ile sonuçlandırdığımızda karşımıza Şekil 7.1 gelmektedir.

04-28-2009	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	Node1	Node4	3.38	3	Node2	Node3	0.34
2	Node4	Node2	1.4	4	Node3	Node1	4.49
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	9.61
	(Result	from	Nearest	Neighbor	Heuristic)		

Şekil 7.1 En yakın komşu sezgiselinin 15 numaralı araç rotası verilerine göre çıkardığı sonuç

Görüldüğü üzere Logiyel ile algoritma rota üzerinde bulunan mağazaların talepleri birbirine yakın olduğu için aynı sonucu vermektedirler. Ayrıca en yakın komşu sezgiseli ile aynı mantıkta mesafeleri değerlendiren Logiyel, Winqsb ile aynı değerleri vermektedir. Ancak aynı düğümler dal ve sınır algoritmasında çözümlendiklerinde Winqsb bizlere Şekil 7.2’de yer alan 9.46 km olarak bulmaktadır. Buradaki farklılıkta her düğümü atadıktan sonra o düğüme geri dönmeyen Logiyel algoritması, tüm olası düğüm kombinasyonlarını karşılaştıran dal ve sınır algoritması ile farklı sonuçlar ortaya koyabilmektedir.

03-23-2009	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	Node1	Node4	3.38	3	Node3	Node2	0.34
2	Node4	Node3	1.62	4	Node2	Node1	4.12
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	9.46
	(Result	from	Branch	and	Bound	Method)	

Şekil 7.2 Dal- Sınır algoritmasına göre 15 numaralı aracın alabileceği en kısa mesafe tablosu

Diğer taraftan 16 numaralı aracın rotasına bir göz atalım. Araç Logiyel programının sonuçlarına göre rotasını tamamladığı zaman toplamda 10.27 km yol almaktadır. Ancak Winqsb programında hem dal-sınır algoritmasında hem de en yakın komşu sezgiselinde 16 numaralı aracın rotasında yer alan düğümler çözümlendiğinde karşımıza 16 numaralı aracın 10,09 km'lik yol alabildiği sonucu ortaya çıkmaktadır (Şekil 7.3).

03-23-2009	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	Node1	Node2	3	3	Node4	Node3	0.3
2	Node2	Node4	2.08	4	Node3	Node1	4.71
	<b>Total</b>	<b>Minimal</b>	<b>Traveling</b>	<b>Distance</b>	<b>or Cost</b>	<b>=</b>	<b>10.09</b>
	<b>(Result</b>	<b>from</b>	<b>Branch</b>	<b>and</b>	<b>Bound</b>	<b>Method]</b>	

**Şekil 7.3** 16 numaralı araç rotasının Dal-Sınır ve en yakın komşu sezgiseli kullanılarak Winqsb programında elde edilen sonuç

Peki nasıl oluyor da 15 numaralı araç rotasında en yakın komşu sezgiseli ile Logiyel aynı değeri çıkarmasına karşın 16 numaralı aracın rotasında farklı değerler ortaya çıkıyor. Bu sorunun cevabı, düğümlerde bulunan mağazaların talep değerleri ile verilebilir. 16 numaralı aracın düğüm noktalarındaki talep değerleri ile Logiyel tarafından belirlenen rota Çizelge 7.1'de görülmektedir.

**Çizelge 7.1** 16 numaralı aracın Logiyel tarafından belirlenen rotası ve karşıladığı mağaza talepleri

0	MERKEZ DEPO	ARAÇ 16	Birim
1	HAVALOJMANLARI	2.2	M <sup>3</sup>
2	SEMS	5.7	M <sup>3</sup>
3	SULTANŞAH	1.8	M <sup>3</sup>
	ROTA	<b>0-1-2-3-0</b>	

Winqsb programı sadece mesafeleri göz önüne aldığı için 16 numaralı aracın rotasını 0-2-3-1-0 şeklinde belirlemektedir. Ancak Logiyel programı hem mesafeleri hem de karşılanması gereken talebi göz önünde bulundurduğu için aracın rotasını 0-1-2-3-0 şeklinde belirlemektedir. Bu sonuçlardan anlaşılmaktadır ki Logiyel programı gerçekte en kısa mesafeyi bularak en düşük maliyetli çözümü bizlere sunamaz. Ancak taleplerin en verimli şekilde karşılanmasını sağlarken, araçların tüm kapasitesinden yararlanırken bizlere en ekonomik çözümü sunmaktadır.



## 8. UYGULAMA SONUÇLARININ ARENA PROGRAMINDA SİMÜLASYONU

### 8.1 Rockwell Arena Programı

Simülasyon, gerçek bir sistemin modelini tasarlama süreci ve sistemin işlemesi için sistemin davranışlarını anlamak ve değişik stratejileri değerlemek amacıyla bu model üzerinde denemeler yapmaktır.

Arena programı, Siman'ı da piyasaya süren Systems Modeling Corporation adlı bir firmanın geliştirdiği Windows ara yüzüne sahip popüler bir simülasyon programıdır. Arena programı, başarılı bir simülasyon için gerekli olan animasyon, giren ve çıkan verinin analizi gibi fonksiyonları ayrıntılı ve kapsamlı bir şekilde içermektedir.

Arena, bir program modeli oluştururken oluşturulmuş modeli çalıştırırken Siman komutlarını kullanır. Fakat bu programın özelliği komut bilgisine neredeyse hiç ihtiyaç duymamasıdır. Arena'da, şablonlarda kısa yolları verilmiş modülleri program sayfanıza ekleyerek ve bu modülleri çift tıklattığınızda açılan pencereye istenen bilgileri (geliş zamanı, yığın boyutu, bir sonraki istasyon adı v.b) girmek suretiyle model programınızı oluşturabilirsiniz.

Arena, Windows altında çalıştığı için araç çubukları, menüler ve pencerelerle çalışmak konusunda büyük kolaylıklar sağlar. Arena model sisteminin gücü üretim, sağlık sektörü, akış hatları, bilgisayar ağları gibi ortamlarda özel uygulamalara imkan vermesinden ileri gelmektedir.

Dosya işlemleri normal bir Windows penceresinde olduğu gibi çalışır. Yeni bir dosya açmak için "File/New" menüsü seçilebileceği gibi "Ctrl+N" tuş kombinasyonu da kullanılabilir. Mevcut bir model "File/Open" komutu ile açılır. Gerekli ise doğru klasörü seçip gerekli dosyayı bulduktan sonra o dosyayı açabilirsiniz. Modellerin kayıt edilmesi ise "File/Save" veya "File/Save As" komutu ile olur. "File/Print" komutu ile modellerin çıktısı alınabileceği gibi "File/Print Preview" ile ön izleme yapılabilir.

Bazı gerekli noktalar:

- Arena'nın nesne temelli çizim sisteminde, öncelikle bir nesne seçilmeli sonra da gerekli işlemler yapılmalıdır.
- Nesnelerin özelliklerinin değiştirilebilmesi için "Undo (File/Undo)" ve "Redo (File/Redo)" komutları vardır.
- Arena'da "mouse" ile yapılan işlemlere sağ tıklamak da dahildir. Verdiğiniz en son komutun tekrar verilmesi durumunda tekrar aynı komut emrini vermek yerine sağ tıklayarak bu işlemi yapabilirsiniz. Ayrıca sağ tıklamak mevcut fonksiyondan kurtulmayı da sağlar.
- Çizim yaparken "Shift" tuşuna basılı tutmak bazı yapılan işlemlere özellikler kazandırır. Bu özellikler çizilen şekle göre değişir. Çizgiler yatay, dikey veya 45° açı ile; dikdörtgen çizimi kare ile; elipsler de daire ile çizilecek şekilde ayarlanır.

- Birden fazla açık arena penceresi ile çalışmak durumunda iseniz “Ctrl+Tab” tuşu ile bu pencereler arasında geçiş yapabilirsiniz.
- Klavyedeki “Insert” tuşuna basmak veya “Ctrl+D” tuş kombinasyonuna basmak model içinde ne seçili durumda ise o nesnenin kopyasını yaratır. Böylece yeni nesneyi taşıyabilir veya gerekli işlerinizi yapabilirsiniz.

## 8.2 Program Prosedürleri

Arena'nın içerisinde 5 adet program prosedürü bulunmaktadır. Bunlar:

- **Input Analyzer:** Veri girdisinin analizini yapar. Simülasyon yapmak için ihtiyaç duyduğumuz gelişler arası zaman, servis zamanı gibi bilgiler analiz edilir. Örneğin gelişler arası zaman şöyle ölçülmüştür: 1. parçanın gelişinden 2. parçanın gelişine kadar geçen zaman=5, 2. parça gelişinden 3. parça gelişine kadar geçen zaman=6 vs... Bu rakamlar not defterinde 5 6 4 6 5 7 7.4 6.3 şeklinde birer boşluk bırakılarak yazılır. Daha sonra bu “text” dosyasına bir isim verilerek kaydedilir ve program kapatılır. Daha sonra “Input analyzerda” “file>yeni” butonuna basarak yeni bir dosya açılır. Sonra yine “file” menüsünde bulunan “Data File>Use existing” sekmesine basılır ve açılan pencereden daha önce yapmış olduğunuz “text” dosyası seçilir. “Fit” menüsünde bulunan “Fit All” sekmesine basarak verilerinizin en uygun olduğu dağılım ve ilgili veriler bulunur.
- **Arena:** Model programının oluşturulduğu ve bu programın çalıştırılması suretiyle simülasyonun yapıldığı ana programdır. Bu programdan elde edilen veriler “Output Analyzerda” işlenir.
- **Output Analyzer:** Arena programında yapılan simülasyonun sonuçlarının analiz edildiği, birbirleriyle karşılaştırıldığı, çeşitli grafikler vasıtasıyla simülasyon sonuçlarının kolay anlaşılması için görselliğin sağlandığı programdır.
- **Scenario Manager:** Siman veya Arena’da, Siman kodlarıyla oluşturulmuş programların derlenmesinde ve link edilmesinde kullanılır. İlk önce model program, Siman komutları kullanılarak yazılır ve “Scenario Manager”da derlenir ve “program.m” dosyası elde edilir. Sonra deneysel program yazılır ve derlenerek “program.e” elde edilir. Daha sonra model program ve deneysel program link edilir (birleştirilir) eğer bir hata yoksa “program.p” elde edilir. Bu da Arena’da çalıştırılarak simülasyon yapılır. “Scenario Manager”ın avantajı “Dos” ortamına göre derleme ve link etme işleminin daha kolay yapılabilmesi ve ortaya çıkan hataların daha kolay “debug (hata ayıklama)” edilmesidir.
- **Arena Viewer:** Ana programda hazırlanmış model programın çalıştırılıp sonuçlarının alınmasında kullanılır. Bu programın yaptığı işlevin daha fazlası zaten Arena'nın ana programında “run” menüsünde yapılmaktadır. “Arena Viewer”ın avantajı ise lisans

istemeden her türlü bilgisayara yüklenip ana programda yapılmış simülasyonların çalıştırılmasıdır. Bu program sadece yapılmış programları çalıştırdığı için hard-diskte fazla yer kaplamaz. Ana programda hazırlanmış simülasyonlar, “file” menüsünde bulunan “Pack and Go” komutuyla paketlenerek “Avf” uzantılı dosyalara dönüştürülür. Yalnızca bu dosyalar “Arena Viewer”da çalıştırılabilir. Fakat bu dosyalar üzerinde değişiklik yapılamaz. Ancak ana programda simülasyonlar kullanıcıdan veri girişi isteyen komutlar kullanarak yapılmışsa yalnızca istenen veriler girilerek simülasyon çalıştırılır.

### 8.3 Uygulama Sonuçlarının Simülasyonu

Uygulamada elde edilen atama verilerinin zaman kriterinin ele alınması ve bu verilerin simülasyonları ile 14 mağaza ve 1 dağıtım merkezli 19 adet araç kullanan Logiyel program sonuçlarının simülasyon verileri incelenecektir. Simülasyon için Rockwell Arena 9,0 versiyonu kullanılmıştır. Her bir aracın izlediği rota ayrı ayrı simüle edilmiş ve zamanları ise birbirine bağlı olarak ele alınmıştır.

Bu kısımda mağazalar arası mesafelerin, ortalama 40 km hızla gider bir araç için ne kadar süre tutacağı hesaplanarak mağazalar arası zaman değerleri dakika cinsinden Çizelge 8.1’de verilmektedir. Bu bölümde mağaza taleplerinin yoğunluğuna göre mağazalarda aracın bekleme süreleri üçgen dağılım ile simüle edilmiştir. Üçgen dağılımda kullanılan veri aralıkları Çizelge 8.2 ‘de görülmektedir.

**Çizelge 8.1** Mağazalar arası yolculuk zamanı tablosu

NO	ZAMAN TABLOSU	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	MERKEZ DEPO	0.0	12.4	14.3	9.6	6.0	9.0	11.6	12.7	13.5	14.1	10.1	7.0	14.0	15.2	9.4
1	İSTANBULYOLU	12.4	0.0	8.3	5.0	7.3	5.7	2.8	1.2	1.0	1.9	4.2	7.2	2.0	11.3	5.3
2	BUHARA	14.3	8.3	0.0	12.2	12.4	12.5	10.9	7.2	8.3	9.1	5.5	13.4	9.8	3.1	12.4
3	MUSALLABAGLARI	9.6	5.0	12.2	0.0	3.7	0.7	2.6	6.0	5.9	6.2	6.9	2.6	5.6	14.8	0.4
4	ERENLER	6.0	7.3	12.4	3.7	0.0	3.2	5.9	8.0	8.4	8.9	7.1	1.7	8.6	14.4	3.3
5	HAVALOJMANLARI	9.0	5.7	12.5	0.7	3.2	0.0	3.3	6.6	6.5	6.8	7.1	1.9	6.2	15.1	0.3
6	ŞEHİTLİK	11.6	2.8	10.9	2.6	5.9	3.3	0.0	3.9	3.4	3.6	6.0	5.2	2.9	13.7	3.0
7	FENNİFİRİN	12.7	1.2	7.2	6.0	8.0	6.6	3.9	0.0	1.3	2.2	3.6	8.1	2.8	10.2	6.4
8	ŞERAFETTİN	13.5	1.0	8.3	5.9	8.4	6.5	3.4	1.3	0.0	1.0	4.9	8.2	1.5	11.4	6.2
9	SEMS	14.1	1.9	9.1	6.2	8.9	6.8	3.6	2.2	1.0	0.0	5.8	8.6	0.9	12.2	6.5
10	FETİHKENT	10.1	4.2	5.5	6.9	7.1	7.1	6.0	3.6	4.9	5.8	0.0	7.9	6.2	8.0	6.9
11	BÜYÜKSİNAN	7.0	7.2	13.4	2.6	1.7	1.9	5.2	8.1	8.2	8.6	7.9	0.0	8.1	15.6	2.2
12	SULTANŞAH	14.0	2.0	9.8	5.6	8.6	6.2	2.9	2.8	1.5	0.9	6.2	8.1	0.0	12.9	5.9
13	OSMANGAZİ	15.2	11.3	3.1	14.8	14.4	15.1	13.7	10.2	11.4	12.2	8.0	15.6	12.9	0.0	14.9
14	ANKARAYOLU	9.4	5.3	12.4	0.4	3.3	0.3	3.0	6.4	6.2	6.5	6.9	2.2	5.9	14.9	0.0

**Çizelge 8.2** Araçların mağazalarda bekleme süreleri dağılımı

TALEP	ÜÇGEN DAĞILIM PARAMETRELERİ		
	Min	Orta	Max
0-3.9	5	7	12
3.9-7.9	15	18	25
7.9-9.8	25	35	50

Ayrıca araçların mağazalar arasında aldıkları yolların zaman olarak değerleri de normal dağılım ile simüle edilmiştir. Mağazalar arası aracın aldığı mesafelere göre standart sapmalar farklılık göstermektedir. Araçların aldıkları bu zaman aralıkları Arena programına ayrı birer süreç olarak tanıtılmış ve zaman verilerinin simüle edilmesi sağlanmıştır.

**Çizelge 8.3** Mağazalar arası zamanlara göre değişen standart sapma aralıkları

MAGAZALAR ARASI ZAMAN(DK)	STD. SAPMA
0-2	0.2
2-3.9	0.8
3.9-4.9	1
5.0-12.0	2
12.0-15.24	3

Her araç sıfırdan başlamak sureti ile merkez dağıtım noktasından 5 dakika aralıklar ile ayrıldığı varsayılmıştır. Çözüm aşamasında önce tüm sistem çalıştırılarak bütün araçların rotalarına başlaması ve bitmesi süresinin 30 kez simüle edilmesi ile Çizelge 8.4 elde edilir. Bu çizelge bizlere aslında ilk aracın çıkışı ile son aracın dönüşü arasındaki süreyi verdiği için sistemin hareket zaman aralığını bizlere bildirmektedir. Bu değer simülasyon sonuçlarının aritmetik ortalaması alınarak elde edilmiştir.

**Çizelge 8.4** Tüm sistemin simülasyonundan elde edilen ortalama günlük hizmet süresi

SİMÜLASYON NO	TOPLAM SAAT
1	2.91
2	2.72
3	2.95
....	....
....	....
....	....
....	....
29	2.9
30	3.07
<b>TOPLAM SAAT</b>	<b>85.22</b>
<b>ORT. GÜNLÜK SAAT</b>	<b>2.8</b>

Ortalama günlük hizmet süresinin belirlenmesinden sonra simülasyon araçların hizmet süresince aldığı toplam zamanları bazında incelenmiştir. Burada araçların yollarda geçirdiği zamana transfer zamanı ve mağazalarda ürünlerin teslimatını gerçekleştirmek için geçirdikleri zamana da bekleme zamanları olarak ele alınmıştır. Buradan çıkan sonuca göre ise her araç ortalama 1,03 saatte rotasını tamamlayarak merkez depoya geri dönebilmektedir (Çizelge 8.5). Ayrıca her aracın aldığı ortalama mesafe ile 19 aracın 5 dakikada bir rotasına çıkmasından elde edilen toplam zaman değeri  $[5(\text{dk})/60](\text{sa}) * 19 + 1,03(\text{sa}) = 2,61 (\text{sa})$  olarak bulunmuştur (Çizelge 8.5). Bu sonuç 2,8 saatten daha küçük olduğundan dolayı araçların transfer ve bekleme zamanlarına ait verilerin güvenilir olduğu ortaya çıkmaktadır.

**Çizelge 8.5** Araçların hizmet süreleri açısından simülasyon sonuçları

Araç no	Transfer Zamanı	Bekleme Zamanı	Toplam Zaman
Araç 1	0.50	0.59	1.10
Araç 2	0.23	0.62	0.85
Araç 3	0.30	0.62	0.93
Araç 4	0.20	0.61	0.82
Araç 5	0.43	0.61	1.03
Araç 6	0.42	0.59	1.01
Araç 7	0.32	0.61	0.93
Araç 8	0.47	0.60	1.07
Araç 9	0.40	0.63	1.03
Araç 10	0.34	0.61	0.94
Araç 11	0.48	0.59	1.08
Araç 12	0.30	0.62	0.92
Araç 13	0.30	0.60	0.91
Araç 14	0.48	0.86	1.33
Araç 15	0.49	0.59	1.08
Araç 16	0.52	0.59	1.11
Araç 17	0.53	0.57	1.10
Araç 18	0.54	0.45	0.99
Araç 19	0.76	0.59	1.35
		Toplam Zaman	19.57
		Ortalama (19.57/19)	1.03
		(1.03+5/60*19)	2.61

Zaman olarak elde ettiğimiz simülasyon sonuçları ile mevcut atama işlemleri doğrultusunda araçların sevkiyatları esnasında geçen süreleri karşılaştırmak yerinde olacaktır. Kendi gözlemlerim ve sevkiyat yetkilileri ile yaptığım görüşmeler neticesinde, araçların rotalanması işlemleri şoförlerin inisiyatifine bırakılmıştır. Ayrıca mağazaların taleplerini karşılamak için haftada iki sefer sevk işlemi gerçekleştirilmektedir. Mevcut talepler göz önüne alındığında 19 adet olan araç sayısında değişiklik veya iyileştirme yapılamamaktadır. Bu nedenle araçlar haftada iki sefer yaptıkları için bir seferde en az 9 adet araç yola çıkmaktadır. Rotalama

işlemlerine, mağazaların yakınlıklarına göre yükleme esnasında karar verilmektedir. Ayrıca araçlar ürünleri götürdükleri yerde uzun beklemelelere maruz kalmaktadır. Bu işlemler sonucunda araçlar gün içerisinde 12:00-13:00 saatleri arasında dağıtıma çıkmakta ve 16:00-17:00 saatleri arasında geri dönmektedirler. Kısaca tahmini araçların dağıtım işlemleri günlük 3,5 saati bulmaktadır. Uygulamanın yapıldığı bölge için düşünülürse bu durumda iki günde 3,5 saat dağıtım yapan araçlar yaklaşık 7 saatte 14 mağazanın taleplerini karşılamakta ve merkez depo'ya geri dönmektedirler. Eğer simülasyonda olduğu gibi her 5 dakikada 1 araç dağıtıma hazır hale getirilir, haftada 1 sefer dağıtım yapılır ve Logiyel programının atama şablonu uygulanırsa ortalama 2,61-2,8 saatte 14 mağazanın talebi karşılanmış olur. Böylelikle en kötü koşullarda  $(1-2,8/7)= \%60$ 'lık bir iyileştirme gerçekleşmiş olur.

## 10. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Lojistik sektöründe literatürde yapılan pek çok çalışma araç rotalama problemleri ile ilgilenmektedir. Çünkü araç rotalama problemleri ürünün hammadde halinden son kullanıcıya ulaşana kadar aktif rol oynayan ulaştırma problemini temsil etmektedir. Ancak bulanık mantık karar verme kriterleri yardımı ile araç rotalama problemleri ile ilgili çalışmaların sayısı azdır. Bu çalışmada hazırlamış olduğum, araç rotalama probleminin çözümünde hangi aracın hangi mağazaya ne kadar talep ulaştıracağını belirleyen ve bu aşamada bulanık mantık karar verme sürecini devreye sokan bir yazılım hazırladım. Bu yazılıma Logiyel ismini koymayı uygun gördüm. Program sonuçlarının taşıma maliyetleri açısından en düşük maliyeti vermemesi çok normaldir. Çünkü eğer amacımız en düşük maliyetli olan rotayı bulmak olsaydı bizler dalsınır algoritması ile bu çözümü rahatlıkla bulabilirdik. Burada önemli olan nokta sadece mesafe kısıdı ile değil bizlere üç adet kısıtın bulanık karar verme kriterlerine uygun olarak yorumlanmasından sonra çözümü sunan Logiyel programının, benzer problemlerde kullanılabilir olmasıdır.

Yüksek Endüstri Mühendisi adayı olarak eğitimle elde edilen teorik bilgiyi pratik çalışma alanlarında kullanarak, karşılaşılan problemler karşısında çözüm üretmek çalışmalarında beni motive etmiştir. Bu çalışmamın da böyle bir durumda belirli probleme teorik yaklaşımlarla çözüm ürettiğime inanmaktayım.

Çalışmalar esnasında Logiyel programının nasıl çalıştığını ve diğer algoritmalar ile benzer yanlarını ve ayrılan yönlerini ortaya koymaya çalışılmıştır. Bu aşamadan sonra programa eklenebilecek bazı geliştirmelerden bahsetmek yerinde olacaktır. Öncelikle program atama işlemlerini yaptıktan sonra her mağaza için belirlenen talebin hacimsel değerlerini ilgili talep edilen ürün kalemlerine göre liste halinde rapor yapabilecek ek bir yazılım ile de desteklenebilir. Böylece haftalık talep verileri iletilirken her mağaza için ayrı ayrı değişkenlere veriler kayıt edilebilir. Uygulamanın yapılmış olduğu işletmenin kullandığı MRP programının anlayabileceği şekilde talep değerlerinin hangi ürünlerin karşılığına geldiğini gösteren raporlar program tarafından oluşturulursa sevkiyat işlemleri daha da kolaylaşacaktır. Ayrıca program SQL tabanlı olarak dizayn edilirse “.txt” formatından verileri okumak yerine ilgili database’den de ihtiyacı olan bilgileri alabilir ve bu bilgileri yorumlayarak çıktılarını database’in ilgili kısımlarına rapor halinde sunabilir. Bunların yanı sıra “C#” yazılımında program yeniden dizayn edilebilirse programa Windows ara yüzünün eklenmesi ile verilerin girişi daha da anlaşılır bir hal alabilir.

## KAYNAKLAR

Rockwell Arena 9.0 User's Guide

Alkan, A., (2003), "Lojistik Yönetiminde Filo Yönetim Sistemleri", Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Baldwin, J.F., (1979), "Fuzzy Logic and Fuzzy Reasoning", Int. J.Man-Machine St., 11, 465-480.

Ballou, R., (1999), "Business Logistics Management, Planning, Organizing and Controlling the Supply Chain", Prentice Hall, USA.

Barbarosoğlu,G., ve Özgür, D., (1999) "Hierarchical design of an integrated production and 2-echelon distribution system", European Journal of Operasyonel Research 118, 464-484.

Beamon,B.M., (1998), "Supply Chain design and analysis: Models and Methods", International Journal of Production Economics, 55, 281-294.

Chen , Y., Yang , B., Ajith, A., ve Peng, L., (2007), " Automatic Design of Hierarchical Takagi–Sugeno Type Fuzzy Systems Using Evolutionary Algorithms", IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Vol. 15, No. 3, Pp. 385.

Chen, Y.W., ve Tzeng, G.H., (2000) " Fuzzy multi-objective approach to the supply chain model", International Journal of Fuzzy Systems 1(3) 220-227.

Coycle, J. ve Bardi, E.(1980), "Management of Business Logistics", Hardcover

Dubois, D., Lang, J., Prade, H., (1991-b), "Fuzzy Sets in Approximate Reasoning, Part 2 : Logical Approaches", Fuzzy Sets and Systems, 40, 203-244.

Eryavuz, M., Gencer, C., (2001), "Araç Rotalama Problemine Ait Bir Uygulama" Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi.

Fazel, M.H., Zarandı, I., Türkşen, B., Zaghıri, S., (2002), " Supply Chain: Crisp and Fuzzy Aspects", Int. J. Appl. Comput. Sci. Vol.12, No.3, 423-435.

Günhan, G., (2002), "Lojistik Yönetiminde Bilgisayar Uygulamaları", Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Juang, C., Shiu, S., (2008), "[Using self-organizing fuzzy network with support vector learning for face detection in color images](#)", Neurocomputing, Vol. 71, No. 16-18, Pp. 3409-3420.

Lee,H.C., Kim, S.H., ve Moon, C., (2002), "Production-Distribution Planning in supply chainusing hybrid approach.", Production Planning&Control 13(1), 35-46.

Lopez, E., Gonzalez, M.A., Rodrigez, F., ve Mendora, C.L., (2000) "The logistic decision making in management accounting with genetic algorithms and fuzzy sets", Mathware & Soft Computing 7, 229-241.



Mikut, [R.](#), Burmeister, [O.](#), Groll, [L.](#), Reischl, [M.](#), (2008), "[Takagi--Sugeno--Kang Fuzzy Classifiers for a Special Class of Time-Varying Systems](#)", IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Vol. 16, No. 4., Pp. 1038-1049.

Min, H., ve Zhou, G., (2002), "Supply Chain Modelling: Past, Present and Future", Computer&Industrial Engineering 43,231-249.

Ölçer, C., Önüt, S., (2002), "Lojistik Sektöründe İnsan Kaynakları Yönetimi", Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Pal, N.R., Cahoon, T.C., Bezdek, J.C., Pal, L.,(2001), "A new approach to target recognition for LADAR data", Fuzzy Systems, IEEE Transactions on. 02/2001; 9(1):44-52.

Petrovic, D., (2001), "Simulation of a supply chain behavior and performance in an uncertain environment", International Research of Production Economics 71, 429-438.

Petrovic,D., Roy, R., ve Petrovic, R., (1999), "Modelling and simulation of a supply chain in an uncertain environment", European Journal of Operational Research 109, 299-309.

Plamen P., Angelov, E.,ve Dimitar P. Filev, (2004) "An Approach to Online Identification of Takagi-Sugeno Fuzzy Models", Ieee Transactions on Systems, Man, and Cybernetics—Part b: Cybernetics, Vol. 34, No. 1.

Sağlam, S., (2003), "Lojistik Yönetiminde Dış kaynak Kullanımı ve Türkiye’de bir Uygulaması", Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2003.

Selim, H., Araz, C., ve Özkarahan, İ., (2004), "An integrated multi-objective supply chain model in a fuzzy environment", Endüstri Mühendisliği Dergisi Cilt.15, Sayı.3 (2-16).

Takagi, T., ve Sugeno, M., (1985), "Fuzzy identification of systems and its application to modeling and control," Ieee Transactions on Systems, Man, and Cybernetics Vol. 15, No. 1, Pp. 116–132.

Toth, P., Vigo, D., (2002), "The Vehicle Routing Problem", Boğaziçi Üniversitesi Kütüphanesi, İstanbul.

[Wei, L.](#), Yang, [Y.](#), Yang, [Z.](#), (2006), "[T-S Fuzzy Modeling Based on Support Vector Learning](#)", Intelligent Computing, Vol. 4113, Pp. 1294-1299.

Williams, M.,(1998) 24 Saatte Visual C++ 6, Sistem Yayıncılık, İstanbul.

Zadeh, L.A. (1968). "Fuzzy algorithms". Information and Control, **12** (2): 94–102.

Zadeh, L.A. (1965). "Fuzzy sets". Information and Control, **8** (3): 338-353.

## **İnternet Kaynakları**

<http://www.relisoft.com/book/index.htm>

<http://www.muhendisiz.net>

<http://tr.wikipedia.org>

## EKLER

### EK 1 Uygulama Sonuçları

ARAÇ NO	AÇIKLAMA	MAĞAZA NO	AÇIKLAMA	HACİM MİKTARI	AÇIKLAMA
1	numarali aracimiz	13	magazasına atanmistir.		
1	numarali aracimiz	13	magazasının	9,8	miktarındaki hacimsel talebini karsilamistir.
1	numarali aracta kalan hacim miktarı	0	kadardir.		
2	numarali aracimiz	11	magazasına atanmistir.		
2	numarali aracimiz	11	magazasının	9,8	miktarındaki hacimsel talebini karsilamistir.
2	numarali aracta kalan hacim miktarı	0	kadardir.		
2	numarali aracimiz	14	magazasına atanmistir.		
2	numarali aracimiz	14	magazasının	0	miktarındaki hacimsel talebini karsilamistir.
2	numarali aracta kalan hacim miktarı	0	kadardir.		
3	numarali aracimiz	14	magazasına atanmistir.		
3	numarali aracimiz	14	magazasının	9,8	miktarındaki hacimsel talebini karsilamistir.
3	numarali aracta kalan hacim miktarı	0	kadardir.		
4	numarali aracimiz	4	magazasına atanmistir.		
4	numarali aracimiz	4	magazasının	9,8	miktarındaki hacimsel talebini karsilamistir.
4	numarali aracta kalan hacim miktarı	0	kadardir.		
5	numarali aracimiz	8	magazasına atanmistir.		
5	numarali aracimiz	8	magazasının	9,8	miktarındaki hacimsel talebini karsilamistir.
5	numarali aracta kalan hacim miktarı	0	kadardir.		
6	numarali aracimiz	7	magazasına atanmistir.		
6	numarali aracimiz	7	magazasının	9,8	miktarındaki hacimsel talebini karsilamistir.
6	numarali aracta kalan hacim miktarı	0	kadardir.		
7	numarali aracimiz	3	magazasına atanmistir.		
7	numarali aracimiz	3	magazasının	9,8	miktarındaki hacimsel talebini karsilamistir.
7	numarali aracta kalan hacim miktarı	0	kadardir.		
8	numarali aracimiz	9	magazasına atanmistir.		
8	numarali aracimiz	9	magazasının	9,8	miktarındaki hacimsel talebini karsilamistir.
8	numarali aracta kalan hacim miktarı	0	kadardir.		

	miktari				
9	numarali aracimiz	6	magazasina atanmistir.		
9	numarali aracimiz	6	magazasinin	9,8	miktarindaki hacimsel talebini karsilamistir.
9	numarali aracta kalan hacim miktari	0	kadardir.		
10	numarali aracimiz	10	magazasina atanmistir.		
10	numarali aracimiz	10	magazasinin	9,8	miktarindaki hacimsel talebini karsilamistir.
10	numarali aracta kalan hacim miktari	0	kadardir.		
11	numarali aracimiz	12	magazasina atanmistir.		
11	numarali aracimiz	12	magazasinin	9,8	miktarindaki hacimsel talebini karsilamistir.
11	numarali aracta kalan hacim miktari	0	kadardir.		
12	numarali aracimiz	5	magazasina atanmistir.		
12	numarali aracimiz	5	magazasinin	9,8	miktarindaki hacimsel talebini karsilamistir.
12	numarali aracta kalan hacim miktari	0	kadardir.		
13	numarali aracimiz	14	magazasina atanmistir.		
13	numarali aracimiz	14	magazasinin	9,8	miktarindaki hacimsel talebini karsilamistir.
13	numarali aracta kalan hacim miktari	0	kadardir.		
14	numarali aracimiz	4	magazasina atanmistir.		
14	numarali aracimiz	4	magazasinin	0,658684	miktarindaki hacimsel talebini karsilamistir.
14	numarali aracimiz	11	magazasina atanmistir.		
14	numarali aracimiz	11	magazasinin	6,565251	miktarindaki hacimsel talebini karsilamistir.
14	numarali aracimiz	14	magazasina atanmistir.		
14	numarali aracimiz	14	magazasinin	1,539093	miktarindaki hacimsel talebini karsilamistir.
14	numarali aracimiz	3	magazasina atanmistir.		
14	numarali aracimiz	3	magazasinin	0,168872	miktarindaki hacimsel talebini karsilamistir.
14	numarali aracimiz	5	magazasina atanmistir.		
14	numarali aracimiz	5	magazasinin	0,8681	miktarindaki hacimsel talebini karsilamistir.
14	numarali aracta kalan hacim miktari	0	kadardir.		
15	numarali aracimiz	10	magazasina atanmistir.		
15	numarali aracimiz	10	magazasinin	5,884279	miktarindaki hacimsel talebini karsilamistir.
15	numarali aracimiz	1	magazasina atanmistir.		
15	numarali aracimiz	1	magazasinin	2,542433	miktarindaki hacimsel talebini karsilamistir.
15	numarali aracimiz	8	magazasina atanmistir.		
15	numarali aracimiz	8	magazasinin	1,373288	miktarindaki hacimsel

					talebini karsilamistir.
15	numarali aracta kalan hacim miktari	0	kadardir.		
16	numarali aracimiz	5	magazasinin		miktarindaki hacimsel talebini karsilamistir.
16	numarali aracimiz	5	magazasinin	2,242604	
16	numarali aracimiz	9	magazasinin		miktarindaki hacimsel talebini karsilamistir.
16	numarali aracimiz	9	magazasinin	5,713176	
16	numarali aracimiz	12	magazasinin		miktarindaki hacimsel talebini karsilamistir.
16	numarali aracimiz	12	magazasinin	1,84422	
16	numarali aracta kalan hacim miktari	0	kadardir.		
17	numarali aracimiz	12	magazasinin		miktarindaki hacimsel talebini karsilamistir.
17	numarali aracimiz	12	magazasinin	4,867844	
17	numarali aracimiz	8	magazasinin		miktarindaki hacimsel talebini karsilamistir.
17	numarali aracimiz	8	magazasinin	2,76473	
17	numarali aracimiz	7	magazasinin		miktarindaki hacimsel talebini karsilamistir.
17	numarali aracimiz	7	magazasinin	2,167426	
17	numarali aracta kalan hacim miktari	0	kadardir.		
18	numarali aracimiz	2	magazasinin		miktarindaki hacimsel talebini karsilamistir.
18	numarali aracimiz	2	magazasinin	7,004119	
18	numarali aracimiz	13	magazasinin		miktarindaki hacimsel talebini karsilamistir.
18	numarali aracimiz	13	magazasinin	2,795881	
18	numarali aracta kalan hacim miktari	0	kadardir.		
19	numarali aracimiz	13	magazasinin		miktarindaki hacimsel talebini karsilamistir.
19	numarali aracimiz	13	magazasinin	4,517141	
19	numarali aracimiz	6	magazasinin		miktarindaki hacimsel talebini karsilamistir.
19	numarali aracimiz	6	magazasinin	3,715626	
19	numarali aracimiz	7	magazasinin		miktarindaki hacimsel talebini karsilamistir.
19	numarali aracimiz	7	magazasinin	1,567234	
19	numarali aracta kalan hacim miktari	0	kadardir.		
20	numarali aracimiz	7	magazasinin		miktarindaki hacimsel talebini karsilamistir.
20	numarali aracimiz	7	magazasinin	0,019565	

## **ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi 13.10.1985

Doğum yeri Konya

Lise 1996-2002 Özel Lale Lisesi

Lisans 2002-2007 Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi  
Endüstri Mühendisliği Bölümü

## **Çalıştığı kurumlar**

2007-Devam ediyor Adese AVM Tic. A.Ş.