

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇOK AMAÇLI BULANIK OPTİMİZASYON ve BİR
UYGULAMA**

Endüstri Mühendisi Mehmet Sedat AYDIN

FBE Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Programında

Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hüseyin BAŞLIGİL

İSTANBUL, 2008

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI:.....	2
3. BULANIK MANTIK:	20
3.1 Genel:	20
3.2 Bulanık Mantığın Tarihçesi:.....	20
3.3 Bulanık Mantığın Gelişimi:.....	21
3.4 Klasik Küme Teorisi:	22
3.5 Bulanık Küme teorisi:	23
3.6 İkili Mantık ve Çoklu Mantığın Karşılaştırılması:	24
3.7 Bulanık Mantığın Avantajları:.....	26
3.8 Bulanık Sayılar:	27
3.8.1 Toplama İşlemi:	27
3.8.2 Çıkarma İşlemi:	27
3.8.3 Çarpma İşlemi:	27
3.8.4 Bölme İşlemi:	27
3.9 Bulanıklaştırma:.....	27
3.10 Bulanık Optimizasyon:	28
4. ÇOK AMAÇLI OPTİMİZASYON	29
4.1 Karar Teorisi ve Çok Amaçlı Optimizasyon:.....	29
4.2 Çok Amaçlı Programlama Algoritmaları:	30
4.2.1 Ağırlıklandırma Yöntemi:	30
4.2.2 Önceliği Koruma Yöntemi:	31
5. TEDARİK ZİNCİRİNDE OPTİMUM DAĞITIM PLANLAMASI VE SAYISAL UYGULAMA:.....	32
5.1 Problemin Tanımı:	32

5.2	Dağıtım Süreci:.....	33
5.3	Karar Alternatifleri:	34
5.4	Model:	35
5.4.1	İndeksler:	36
5.4.2	Kısıtlar:.....	36
5.4.3	Amaçlar:	37
5.4.3.1	Birinci Amaç: Toplam Taşıma Akaryakıt Maliyetinin Minimizasyonu:.....	37
5.4.3.2	İkinci Amaç: Toplam Taşıma Süresinin Minimizasyonu:	38
5.4.3.3	Üçüncü Amaç: Toplam Taşınan Kargonun Maksimizasyonu:	39
5.5	Yazılan Bilgisayar Programının Mantığı:	39
5.5.1	Kullanılan Nesneye Yönelik Programlama Mantığı:	40
5.5.2	İncelenen Örnek Sistem:	40
5.5.3	Programa girilmesi Gereken Değerler:	42
5.5.4	Programın Algoritması ve Çözüm Oluşturma Metodu:.....	43
5.5.5	Problemin Girdileri:	44
5.5.6	Veritabanına yazılan değerler :.....	45
5.6	Sayısal Sonuçlar:	46
5.6.1	Örnek Sayısı- En İyi Değer İlişkisi:.....	47
5.6.2	Örnek Sayısı- Hesaplama Süresi İlişkisi:.....	48
6.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER:	49
KAYNAKLAR		51
EKLER		54
Ek 1 Delphi Program Kodları:		55
Ek 2 Lokasyonlararası Saatlik Talep Girdi Verileri:		75
ÖZGEÇMİŞ.....		79

SİMGE LİSTESİ

CDi:	i no'lu transfer merkezi
Cj:	j no'lu alım müşterisi.
Rs:	s no'lu alıcı müşteri.
MDk:	k no'lu mikrodağıtım birimi.
OVik:	i den k ya taşınması talep edilen hacim.
CVik:	i den k ta taşınması planlanmış hacim.
Mij:	i den j ye taşıma maliyeti.
Tjk:	j den k ya taşıma maliyeti.
Lks:	k dan s ye taşıma maliyeti.
Q̃ij:	i den j ye taşıma süresi
W̃jk:	j den k ya taşıma süresi
F̃ks:	k dan s ye taşıma süresi
U:	Birimler arası mesafe
H:	Birimler arası planlanan kargo.
Kx:	x nolu aracın taşıma kapasitesi.
Yx:	x nolu aracın yakma oranı.
Jx:	x nolu araca yüklenen kargo.

KISALTMA LİSTESİ

RFID	Radio Frequency Identification
KPI	Key Performance Indicator
ÇABO	Çok Amaçlı Bulanık Optimizasyon
MIP	Mixed Integer Programming
SCM	Supply Chain Management

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.4 Klasik Küme Aitlik Değerleri	22
Şekil 3.5 Bulanık Küme Aitlik Değerleri.....	23
Şekil 5.2 Dağıtım Süreci Ana Proses Akışı.....	33
Şekil 5.4 Problemin Modeli.....	35
Şekil 5.5.2.1 Bir lojistik Şirketinin Rota Yapısı	40
Şekil 5.5.2.2 Bir lojistik şirketine ait kargo ve rampa yerleşim organizasyonu.....	41
Şekil 5.5.3 Program Kullanıcı Arayüzü	42
Şekil 5.6.1 Örnek Sayısı- En İyi Değer İlişkisi	47
Şekil 5.6.2 Örnek Sayısı- Hesaplama Süresi İlişkisi.....	48

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2 Kaynak Listesi.....	17
Çizelge 5.3 Karar Alternatifleri ve Örnek Durumlar.....	34
Çizelge 5.5.4.1 Lokasyonlar arası uzaklık matrisi	44
Çizelge 5.5.4.2 Lokasyonlar arası uzaklık matrisi	44
Çizelge 5.5.6 Programın Veritabanına Yazdırdığı Değerler	45
Çizelge 5.6.1 Örnek Sayısı- En İyi Değer İlişkisi	47
Çizelge 5.6.2 Örnek Sayısı Hesaplama Süresi İlişkisi	48

ÖNSÖZ

Tedarik zinciri optimizasyonu son yıllarda üzerinde çok durulan ve çok fazla araştırma yapılan konulardan birisidir. Artan rekabet ortamı, kaliteyi artırarak maliyetleri düşürmeyi gerektirmektedir. Bu amaçla ve firmaların esas faaliyet alanlarına odaklanmaları amacıyla, firmalar lojistik faaliyetlerini dış kaynak kullanımına açmaktadırlar. Bu çalışmada özellikle 3. parti lojistik hizmet sağlayıcılara yönelik olarak, tedarik zincirinde dağıtım optimizasyonu ile ilgili bir çalışma sunulmuştur.

Bu çalışmanın başından sonuna kadar hem akademik anlamda hemde farklı fikirlerle çalışmayı yönlendiren tez hocam Prof. Dr. Hüseyin Başlıgil'e ve manevi desteğini esirgemeyen sevgili aileme teşekkür ederim.

Temmuz 2008,

Endüstri Mühendisi

M.Sedat Aydın

ÖZET

Artan rekabete ayak uydurmak isteyen firmalar öncelikle kendi iç süreçlerindeki verimliliği arttırmanın yoluna gitmişlerdir. Günümüzde iç süreç verimliliği üst sınır seviyelerine ulaşmaya başlayan firmalar rekabet avantajlarını koruyabilmek için tedarik zincirlerini iyileştirme yolları aramaktadır. Bu durumun bir sonucu olarak artık firmaların rekabeti yerine tedarik zincirlerinin rekabetinden bahsedilmeye başlanmıştır.

Tedarik zincirlerinin daha verimli yönetilmesi konusunda artan eğilim dış kaynak kullanımıdır. Firmalar lojistik süreçlerini, 3. parti lojistik hizmet sağlayıcılara aktarmaktadırlar ve bu eğilimin artarak devam edeceği beklenmektedir.

3. parti lojistik hizmet sağlayıcıların, portföylerindeki birçok müşterisinin bir taraftan inbound yönetimlerini ve depo yönetimlerini birleştirirken diğer bir taraftan taşıma hizmetini birleştirmeye başladığı ve yarattığı sinerji ile maliyetleri düşürüp, verimliliği arttırmaya çalıştığı görülmektedir.

Bu çalışmada, 3. parti lojistik hizmet sağlayıcıların müşterilerinin taşıma maliyetlerini minimize eden ve bunu uygun performansla sağlayan (düşük taşıma süreleri) bir yaklaşım sunulmuştur. Taşıma sürelerinin belirsiz olduğu durumlar için bir çok amaçlı bulanık optimizasyon modeli geliştirilmiştir. Ayrıca çözüm kümelerinin etkinliklerini araştırarak sıralayan “rassal karar kümeleri oluşturarak bunları simüle eden” bir program, Delphi ortamında ve nesneye yönelik programlama mantığıyla geliştirilmiş ve sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Çok amaçlı bulanık optimizasyon, tedarik zinciri yönetimi

ABSTRACT

For being alive in global competition, firstly; companies improve their internal process efficiency. Today, the internal process efficiency reaches their up border line and companies started to search for improving their supply chain efficiency. Natural result of this argument, in recent years; experts talk about supply chains' competition, instead of companies' competition.

Companies direct to outsourcing trend for improving their supply chain efficiency. They transfer their logistic process to 3rd Part of logistic providers. 3rd part logistic providers manage their customers'; inbound, warehouse and transport process. They combine customers same process for rising efficiency.

In this thesis, for minimizing 3rd part logistic providers' customers' transport costs and transport time, we provide a multi criteria fuzzy optimization model. In this model, the transport time provide as uncertain. For applicate this model, a computer program was created in Delphi and tested for realistic scenarios.

Keywords: Multicriteria fuzzy optimization, supply chain managemet

1. GİRİŞ

Tedarik zinciri; birçok bileşenden oluşan karmaşık bir yapıdır. Temel olarak hammaddenin işlenmesinden son kullanıcıya kadar olan malzeme akışı olarak tanımlansa da; günümüzde birçok araştırmacı; kullanılan ürünlerin taşınmasını içeren ters lojistiği ve hatta üretim hattındaki ürünlerin tezgahdaki hareketine dayanan üretim lojistiğini de ekleyerek bu tanımlamayı genişletmektedir.

Günümüzde artan rekabet koşulları; firmaların maliyet oluşturan dış süreçlerini bir dış kaynak hizmet sağlayıcısına aktararak hem maliyetlerini düşürmelerini hem de esas faaliyet alanlarına odaklanmalarını sağlamaktadır. Üretim işletmeleri başta olmak üzere birçok sektörden firmalar lojistik faaliyetlerini bir 3. parti lojistik hizmet sağlayıcısına aktarma eğilimindedir.

Geleneksel tedarik zinciri optimizasyonunda, bir firmanın üretim tesislerinden çıkan ürünler için, dağıtım merkezleri depolar veya direk müşteriye ulaşan rotalardan oluşan sistemler kurulurken, günümüzde 3. parti lojistik hizmet sağlayıcı firmaları çok daha karmaşık bir problem beklemektedir. Bu problemde; birçok müşterinin gün içinde verdiği kargolar, lojistik hizmet sağlayıcının lojistik merkezlerinde birleştirilebilir, müşterinin birimlerinden direk araç çıkışları yapılabilir, araçlar lojistik hizmet sağlayıcının diğer birimlerine uğrayarak kargo indirip/bindirebilir ve lojistik hizmet sağlayıcı şehir içi araçlarla bayilere ulaştırır. Bu sistemlerde bir müşterinin tek başına sağlayamayacağı verimlilik oranlarına ulaşılabilir. Bu çalışmada söz konusu problemin çözümü için, çok amaçlı bulanık optimizasyon yaklaşımı önerilmiş, modelin çözümü amacıyla geliştirilen bir bilgisayar programı da sunulmuştur. Çözüm modelinde taşıma süreleri bulanık alınmış, problemdeki her müşteri, bayi, depo, lojistik merkezi, şube... vb birimler bağımsız birer düğüm olarak düşünülmüş ve bu yapı sayesinde “N” kademeli bir sistemin çözülebilirliği sağlanmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI:

Bu bölümde tedarik zincirinde ağ tasarımı, tedarik zinciri tasarımında kullanılan optimizasyon yöntemleri, tedarik zincirinde tesis yerleşimi gibi konularla ilgili olarak yapılmış çalışmalar incelenmiştir. Bölüm kapsamında son yıllarda yazılmış 41 adet makaleye yer verilmiştir. Bu çalışmalarda kullanılan teknikler özet olarak çizelge-1 de sunulmuştur.

Mello, vd., 2008: Tesis yeri kararı, tedarik zinciri dizaynında stratejik bir rol oynayan, kritik bir karardır. Bu çalışmada; tedarik zinciri yönetiminde tesis yerleşimi ile ilgili literatür incelenmiştir. Stratejik tedarik zincirinde, karar destek ve karar vermede önemli rol oynayan bu yaklaşımların temellerini bu çalışmada tanımlanmıştır. Özellikle tedarik zincirindeki yer seçimi kararları özellikle tartışılmıştır. Ayrıca; bir tedarik zinciri içinde görülebilecek ters lojistik kavramı da burada incelenmiştir. Tedarik zinciri performans faktörleri ve optimizasyon teknikleri incelenmiştir. Özellikle tesis yeri seçimiyle ilgili çeşitli sektörlerden örnekler incelenmiştir. Son olarak geçerli araştırmalar listelenmiştir.

Petrovic, vd., 2006: Bu çalışmada tek ürün dağıtım tedarik zinciri için bir envanter kontrol sistemi sunulmuştur. Dağıtım tedarik zinciri belirsiz müşteri talepleri için sunulmuştur. Sözel yollarla ifade edilen talepler, bulanık kümeler olarak ifade edilmişlerdir. Her tesisteki envantere belli periyotlarla bakmayı ve optimum siparişleri oluşturan bir kural kümesi tanımlanmıştır. Bulanık müşteri talepleri beraberinde bulanık envanter seviyeleri ve maliyet kalemleri getirmektedir. Karmaşık bir problemdeki toplam maliyet unsurunu en düşük kesinlikte çözümleyebilmek için şu çözüm prosedürü kabul edilmiştir; ana problemin daha küçük bağımsız alt problemlere ayrıştırılması; her depo ve bayiinin optimum envanter kontrol sayısı ile stoğa bakması ve en uygun sipariş miktarını uygulamasıdır. Aşamalı bir koordinasyon mekanizması; dağıtım tedarik zinciri çözümünde sunulan envantere bakış sayılarını ve sipariş miktarlarını değiştirerek; her aşamadaki maliyetleri ve ünite başı taşıma maliyetlerini düşürebilir. Buradaki koordinasyon envantere bakış periyotlarındaki bulanık değişkenlerin ve depo ve bayilerin maliyetlerini minimize edebilecek alt problemlerin birbirine bağlanmasında kullanılmıştır.

Nagurney, 2007: Bu çalışmada; tedarik zinciri ağlarına yönelik, yatay birleşim ile entegrasyona yönelik olarak kuramsal bir yaklaşımın stratejik avantajları ortaya konmuştur. Çalışmada; her biri üretim, dağıtım depolama gibi sektörlerde örnek olabilecek firmaların değerlendirilmesi sağlanmıştır. Burada sunulan modeller yatay birleşimin öncesi ve sonrası olmak üzere kazanç bazında incelenmiştir. Birkaç sayısal örnekle çözüm etkinliği sunulmuştur. Basit birleşim sınıflarının stratejik avantajları sunulmuştur.

Bu çalışmada; özellikle üretim, dağıtım, depolama gibi sektörler için oluşturulmuş yeni bir sistem optimizasyonu yaklaşımı, kazançlarıyla beraber sunulmuştur. Bununla beraber, bu çalışmada; lojistikte kullanılan klasik optimizasyon sistemlerinde pek tercih edilmeyen bir şekilde; üretim tesislerinin kapasiteleri, sefer rotaları ve depolama tesisleri de hesaba katılmıştır.

Sonuç olarak; tedarik zinciri modellerinin entegrasyonu ile ortaya çıkan sinerjinin; toplam maliyet fonksiyonunun konveks değil konkav olduğu ortaya çıkmıştır.

Ouhimmou, vd., 2007: Bu çalışmada; Kanada, Quebec te yerleşik bir mobilya fabrikasının, taktik tedarik zinciri planlama problemi incelenmiştir ve taktik tedarik zinciri planlamasıyla ilgili matematiksel bir model sunulmuştur. Karar grubu; satın alma, envanter yönetimi ve dış kaynak yönetimi gibi farklı politikalar için genişletilmiştir. Buradaki amaç; mobilya fabrikası için üretim ve lojistik politikalarını, rekabetçi bir biçimde, minimum maliyet ile gerçekleştirmesidir. Burada üzerinde durulan planlama dilimi bir yıllıktır ve bu dilim haftalık olarak incelenmiştir. Buradaki varsayım; planlama için incelenen tarih dilimindeki müşteri talebinin dinamik olduğudur. Tedarik zinciri planlaması, tamsayılı karışım programlama modeli üzerine inşa edilmiştir. Burada; büyük çaplı problemler için son derece iyi çözüm zamanları sunan sezgisel zaman çözümleme metodu geliştirilmiştir. Sezgisel yaklaşımla ilgili hesapsal sonuçlar sunulmuştur. Sonuç olarak geliştirilen matematiksel modelin endüstride kullanımıyla ilgili kalitatif ve kantitatif sonuçlar sunulmuştur.

Chang, vd., 2007: Kim S.L. ve Ha. D.;2003 çalışmasında; tedarik zincirinin dinamik müşteri taleplerine göre ayarlandığı tam zamanlı senaryoya yönelik olarak olarak yeni bir ortak çalışma sunulmuştur. Bununla beraber tüm karar değişkenlerinin tam sayı olmaması;

uygulamadaki çevrimlerin tam olarak ayarlanabilmesini zorlaştırmıştır. Ayrıca bu çözüm tek bir müşteri ve tek bir tedarikçi üzerine kurulmuştur. Söz konusu çalışmada kaynaklarla ilgili kısıtların ayarlanabilirliği eklenmiştir çünkü klasik envanter modellerinde kullanıcının istediği kaynak kısıtlarını eklemsi mümkün olmamıştır. Bu çalışmada, Kim ve Ha (2003)'nın çalışmasını daha uygulanabilir hale getirmek için tam sayılı karışım programlama modeli eklenmiş, bu sayede çoklu müşteri tek tedarikçi için kullanılabilir hale gelmiş ve kullanılacak zaman dilimi açısından esneklik kazanılmıştır. Gerçek hayattaki durumlarda kullanılacak zaman aralıkları bu çalışmada ele alınmıştır. Ek olarak modelin kullanılabilirliğini gösterebilecek; özellikle satın alma prosedürünün entegrasyonunu sergileyen görsel örnekler üzerinde durulmuştur. Ayrıca; hesapsal sonuçların mükemmelliğini gösterebilmek için çoklu müşteri ve tek tedarikçi için özel mantıksal sayılar tanımlanmıştır. Sonuç olarak; bir çok farklı çözüm modelinin birleştirilerek pratik olarak kullanılabilir bir çözüm oluşturulmuştur.

Xu, vd., 2007: Önemli bir konu olarak; tedarik zincirinde müşteri talepleri ve taşıma maliyetlerinin bulanık olduğu durumlarda toplam maliyeti minimize edebilmek için; dağıtım merkezlerindeki taşıma maliyetleri; inbound ve outbound dağıtım maliyetleri nin minimizasyonu ile; teslim sürelerinin maksimizasyonuna dayanan dağıtım maliyetleriyle ilgili amaçların bağdaştırılmasını gerektirir. Bu çalışmada; Çin in alkollü içecek sektöründe faaliyet gösteren Luzhou şirketinin tedarik zinciri yönetimiyle ilgili olarak; doğrusal olmayan bulanık tam sayılı karışım modeli önerilmiştir. Değer operatörü ve kaynaklardaki değişim operatörü ile bu model; deterministik çok amaçlı doğrusal olmayan tam sayılı karışım modeline dönüşmektedir. Ardından problemi 3 aşamalı genetik algoritmaya çevirdiğimiz zaman müşteri taleplerini en düşük toplam maliyetle ve en yüksek müşteri memnuniyeti ile karşılayacak ve bunu bulanık müşteri talepleri ile yapabilecek bir model oluşmaktadır. Ek olarak; modelin fayda ve verimliliği bazı sayısal örnekler ile test edilmiş ve sunulmuştur.

Chen, vd., 2007: Bu çalışmada çok ürünli ve çok aşamalı tedarik zinciri modelleri için; müşteri sayıları verildiğinde, tesislerin (depo ve dağıtım merkezi) yerleşimi için uygun atamaların yapılmasını sağlayan bir model sunulmuştur. Piyasa taleplerinin belirsiz olduğu ancak belirli olasılıkların bulunduğu birkaç senaryo için deneme yapılmıştır. Tedarik zinciri planlama modeli; çok amaçlı tam sayılı karışım modeli üzerine inşa edilerek birkaç farklı amacın uzlaştırılması sağlanmış, toplam maliyet minimize edilmiş, çok ürünli modeller için

başarı sağlanmış, yerel talepler karşılanmış, toplam hesaplama süresi düşürülmüştür. Uygulanabilir bir tedarik zinciri çözümü oluşturabilmek amacıyla; iki aşamalı bulanık karar verme metodu kullanılmış, ve birkaç sayısal örnekle test edilmiştir.

Huang ve Qu, 2007: Kademeli analitik hedef prosedürü, tedarik zinciri problemini alt problemlere ayıran ve bu alt problemleri kademeli analitik hedef elementleri haline getiren bir yöntemdir. Bu çalışmada çözümü önerilen tedarik zinciri problemi; çok aşamalı ve her aşamada alternatif tedarikçiler içeren bir problemidir. Bu alternatif tedarikçiler “VEYA” operatörü ile birbirine bağlanmış, kademeli analitik hedef elementleri olarak düzenlenir. Standart kademeli analitik hedef prosedürünün, bu tip tedarik zinciri problemlerine uygun olduğu söylenemez. Bu çalışmada standart kademeli analitik hedef prosedürün “veya” operatörü ile nasıl kombine edilebileceği ve bunun matematiksel formülasyonu sunulmuştur. “Veya” operatörünün eklenerek kademeli analitik hedef prosedürünün genişletilmesi ile toplam optimizasyonu sağlayacak seçim kriteride belirlenmiş olmaktadır. İki tane vaka çalışması ile söz konusu genişletilmiş kademeli analitik hedef prosedürünün etkinliği sergilenmiştir. “Veya” operatörünün seçim işlemindeki etkinliği, güvenilirlik analizleri ile belirlenmiştir.

Xu ve Zhai, 2006: Bu çalışmanın amacı; taleplerdeki belirsizlik durumunda tedarik zincirleri için optimal bir teknik sunmaktır. Üçgensel bulanık rakamların oluşturduğu talebin girdi olarak kullanıldığı, koordinasyonlu ve koordinasyonsuz karar yapıları incelenmiştir. Burada görülen karar modeli; analitik olarak ifade edilebilecek; benzersiz bir çözüm ortaya koymaktadır. Çözümü ortaya koyabilmek için; tedarikçiler ve müşteriler arasındaki ilişkiler detaylı olarak incelenmiş ve analiz edilmiş, tedarik zincirini bir adım ileriye atacak birleşik politika oluşturulmuştur.

Lin vd., 2008: Küresel ve dinamik rekabet ortamıyla yüzleşen firmalar, müşteri taleplerini tam karşılayabilmek için tedarik zinciri partnerleri ile çalışmaya başlamışlardır. Ticari sırları vermenin ve bilgi paylaşımının oluşturduğu riske rağmen; ölçek ekonomisinin sağladığı optimizasyon mekanizmasından faydalanılmaktadır. Bu çalışmada tek ajan bazlı dağıtım koordinasyon mekanizmasının, müzakere teknikleri ile genetik algoritmaya entegrasyonu ve bu sayede müşteri ihtiyaçlarını tam olarak karşılaması sağlanmıştır. Bu çalışmada; sunulan

mekanizmanın performansı ve yapılabilirliği, iplik sanayinden gerçek bir örnekle test edilmiştir. Deneysel sonuçlar; sunulan dağıtım mekanizmasının tedarik zincirinin tüm ihtiyaçlarını karşılayabilir bir çözüm olduğunu ortaya koymuştur.

Chou, vd., 2007: Bu çalışmada; yeni bir çok amaçlı karar bulanık karar verme yaklaşımı, bulanık basit ağırlıklandırma sistemi, nesnel ve öznel nitelikleri bulunan tesisi yeri seçim problemleri için önerilmiştir. Önerilen sistem; bulanık küme teorisi ile entegre edilmiş, faktör puanlama sistemi ve basit ağırlıklandırma sistemi ile tesis yerleri değerlendirilmiştir. Bulanık basit ağırlıklandırma sistemi kalitatif ve kantitatif değerler için uygun hale getirilmiştir. Bulanık basit ağırlıklandırma sistemi her karar vericiye, farklı lokasyon alternatifleri ile ilgili toplam skorları sunmaktadır. Son olarak bu yaklaşımın etkinliğini ölçen sayısal bir örnek sunulmuştur.

Al-Othman vd., 2007: Bu çalışmada, çok amaçlı stokastik planlama modeli petrol üretici ülkelerin, petrol tedarik zinciri organizasyonlarının belirsiz piyasa talebi altındaki optimizasyonu için geliştirilmiştir. İncelenen tedarik zinciri ağındaki bütün elementler; petrol üretimi, depolanması ve dağıtımıyla ilgilidir. Burada tanımlanan belirsizlikler fiyat ve piyasa talebidir. Öncelikle deterministik optimizasyon modeli geliştirilmiş ve test edilmiştir. Talep ve fiyattaki belirsizliğin; güven aralığını artı/eski %20 etkilediği görülmüştür. Sunulan stokastik model; piyasa talebi ve fiyattaki belirsizlikte; üretim planlamasını da içine alan iki aşamalı optimizasyon modeline göre yapılandırılmıştır. Umulan üretim planlarının, gerçeğine göre daha düşük değerli bir bilgi ile yapılacağı varsayılmıştır. Bu çalışmadaki ana tartışma konusu, dışsal dinamiklerdeki belirsizlik ortamında, petrol üreten ülkelerin dengeli bir petrol üretim ve dağıtım sistemini yönetebilmeleri üzerine oluşturulmuştur.

Woensel, vd., 2007: Taşıma bir tedarik zincirinde en önemli rolü oynar ve tedarik zincirlerinin rekabetinde gerek inbound gerekse outbound olsun, ana unsuru oluşturur. Bu yapı içerisinde araçlarının rotalarının belirlenmesi en önemli karar problemidir. Bu çalışmada; dinamik seyahat süresi süreleri yaklaşımı ile, özellikle trafikten kaynaklanan düzensizliğe karşılık bir çözüm sunulmuştur. Geliştirilen yaklaşımda trafik etkisi; sıralama yaklaşımı ile sağlanmıştır. Bu yaklaşım özellikle seyahat sürelerini yakalayabilmek için yenilikçi bir çözümdür. Sıralama yaklaşımı kolaylıkla diğer modellerle entegre edilebilir ve bu yönü ile

gelecek için iyi bir potansiyel oluşturmaktadır. Daha da fazlası; herhangi bir rota için optimum başlama süreside, dağıtım merkezi için oluşturulmaktadır. Son bölümde ise, hesaplama süresi çözüm kalitesi arasındaki değişim tartışılmıştır. Sayısal örnekler kullanılarak; zamandan bağımsız çözümler incelenmiş ve bu çözümler Avrupa da ki yolların trafik durumuna göre konumlandırılmıştır.

Gunasekaran ve Ngai, 2008: Özellikle son yıllarda, Dell, BMW, Compaq ve Gateway gibi ileri teknoloji şirketlerinin uygulamalarındaki başarılar sonucu, siparişe dayalı tedarik zinciri modelleri önem kazanmaya başlamıştır. Ayrıca bazı otomotiv firmaları bu sistemi benimsemişlerdir. Literatüre bakıldığında sadece birkaç çalışma siparişe dayalı tedarik zinciri üzerinde durmuştur ve bundan dolayı bu konuyla ilgili bilgi sınırlıdır. Özellikle konunun son yıllarda artan önemi; artan küresel dış kaynak kullanımı eğilimi, lojistik maliyetlerinin artan önemi, ürün çeşitlerinin artıp tedarik sürelerinin kısılması gibi faktörler sebebiyle konu üzerine araştırma yapma gereği artmaktadır. Geleneksel yöneylem araştırması modelleri geçmişten beri tedarik zinciri optimizasyonu amaçlı kullanılmaktadır. Siparişe dayalı tedarik zincirlerinin önemini anlamak için, konuyla ilgili literatür incelenmiş, yapının nasıl tasarlanıp, geliştirildiği anlaşılmaya çalışılmış ve geleceğe yapılan atıflar analiz edilmiştir. Literatürde siparişe dayalı tedarik zinciri ile ilgili ulaşılabilen kaynaklarda; doğal karar verme metotları ve alt problemlere ayırarak analiz etme gibi teknikler göze çarpmaktadır. Çalışmamızda özellikle siparişe dayalı tedarik zinciri modellemesi üzerinde durduk ve ampirik araştırmalarla ilgilenmedik. Siparişe dayalı tedarik zinciri modellenmiş ve analiz edilmiş ayrıca gelecekteki araştırmalar için atıflarda bulunulmuştur.

Sheu, 2007: Bu çalışmada ikili bulanık metodoloji; küresel tedarik zinciri yönetiminde kullanılmak üzere; lojistik açıdan operasyonel şekilde sunulmuştur. Sunulan algoritma üç ana aşamadan oluşmaktadır; birincisi; küresel lojistikle ilgili küresel hiyerarşinin kurulması, ikincisi; küresel lojistikte için formülasyonu oluşturan kuralların tanımlanması, üçüncüsü; küresel lojistik için karar modelinin geliştirilmesidir. Çok amaçlı karar verme ile bulanık analitik hiyerarşi prosesin birleştirilmesi ile elde edilen teknikte, TOPSIS için gerekli girdiler sağlanmış ve altı farklı küresel tedarik zinciri modeli için çok amaçlı bulanık optimizasyon modeli oluşturulmuş ve ikinci faz için uyarlanmış. Üçüncü faz için ise; söz konusu yöntemin kullanılmasıyla ortaya çıkabilecek Küresel lojistikteki operasyon çeşitleri

incelenmiştir. Sayısal örnekleme amacıyla Tayvan da bilgi teknolojileri alanında faaliyet gösteren bir firma incelenmiştir.

Selim, vd., 2007: Bu çalışmada üretim ve dağıtımın kombine planlanması problemi üzerinde durulmuştur. Bu amaçla çok amaçlı doğrusal programlama modeli geliştirilmiştir. Kombine planlama durumlarının daha gerçekçi incelenebilmesi için karar vericilerin belirlediği ve kesinliği olmayan amaçların bulanık çok amaçlı optimizasyon modeli ile çözülmesi kararlaştırılmıştır. Farklı çok amaçlı bulanık optimizasyon yaklaşımlarından hangisinin, kombine planlamaya daha uygun olduğunu tespit edebilmek için, hipoteze dayalı vaka çalışması yapılmış ve sayısal çözümlerler kullanılmıştır. Sonuçlar, farklı tedarik zinciri yapılarındaki kombine planlama için bu çalışmada çok amaçlı bulanık optimizasyon yaklaşımının geçerliliğini desteklemiştir.

Boissiere, vd., 2007: Sunulan çalışmada; ilk aşamada N kademeli üretim ve dağıtım sistemi sınırlı kapasite için incelenmiştir. Buradaki amaç; küresel lojistik maliyetlerini minimize edecek envanter yönetim politikalarını belirleyebilmektir. Sistemi daha küçük alt sistemlere parçalayabilmek için yakınsak sezgisel yöntem kullanılmıştır. Bu sistemlerden birincisi 2 kademeli, ikincisi ise 3 kademelidir ve her birisi iyi bir performans garantisi ile çözülebilmektedir. Deneysel sonuçlar, küresel çapta benzer sistemler için iyi bir kullanılabilirlik oranına sahip bir yaklaşım oluşturulduğunu göstermiştir.

Pujari, vd., 2007: Bu çalışmada, lokasyonların, üretimin, envanterin ve taşımanın entegre olmadığı durumlar için dağıtım optimizasyon modeli sunulmuştur. Amaç olarak sınırlı çeşitlilik altındaki seferler incelenmiştir ancak bunun gerçek hayata uygunluk seviyesine kalmasına dikkat edilmiştir. Sürekli yaklaşma prosedürü ile optimum sefer sayısı belirlenebilmektedir. Üç farklı üretim ve sefer senaryosu incelenmiş ve sunulan sayısal örnekle yaklaşımın geçerliliği kanıtlanmıştır.

Yang, vd., 2007: Bu çalışmada, hammadde tedarikçileri, üreticiler, perakendeciler, müşteriler ve geri dönüşüm merkezlerinden oluşan genel tedarik zinciri yapısı için bir model önerilmiştir. Bu çalışmada birçok değişken arasındaki eşitsizlik kullanılarak bir eşitlik

kurulmaya çalışılmıştır. Birkaç örnek ile seferler ve ağır karı arasındaki denge incelenmiştir.

Wei, vd., 2007: Birçok firma rekabet avantajı sağlayabilmek amacıyla tedarik zinciri yönetimi sistemlerini yapılarına entegre etmektedirler. Bununla beraber hangi tedarik zincirinin seçileceği önemli bir karar olmaktadır. Bu çalışmada doğru tedarik zinciri modelinin seçilebilmesi için üç metodun karşılaştırılması ile doğru bir metodun araştırılması esas alınmıştır. Söz konusu 3 metod; stratejik hedef analizi yöntemi, sistem analizi yöntemi, grup karar verme yöntemi. Bulanık küme teorisi seçilen yöntemde adapte edilerek yöntemin geliştirilmesi yoluna gidilmiştir. Sonuç olarak karmaşık tedarik zinciri problemlerinin çözülebilmesi için; grup karar verme yöntemi ile konsolide edilen bulanık küme yaklaşımının en iyi çözüm olduğuna karar verilmiştir. Gerçek bir vaka çalışması sayesinde programın verimliliği kanıtlanmıştır.

Dabbene ve Sacco, 2007: Bu çalışmanın ilk bölümünde taze yiyecek lojistiğinde ürün tazeliğinin önemli bir performans kriteri oluşturduğu durumlar için bir optimizasyon çözümü geliştirilmeye çalışılmıştır. Geliştirilen çözüm özellikle dışsal dinamiklerdeki belirsizliği karşılayabilecek şekilde dizayn edilmiştir. Tedarik zincirindeki fiziksel ve lojistik parametrelerin optimizasyonu ile performans yükseltilmiştir.

Sayısal uygulama bölümündeki amaç ise sunulan çözümün, gerçek bir vaka üzerinde test edilerek sonuçların gösterilmesidir. Model geliştirildikten sonra söz konusu modelin maliyetleri minimize ederek, özellikle dondurulmuş ürünlerin doğru teslim tarihinde ulaştırılmasını sağladığı anlaşılmıştır. Sayısal örnekler özellikle dışsal dinamiklerdeki belirsizliklere karşın modelin oldukça iyi bir performans sağladığını göstermiştir.

Kim, vd., 2007: Tedarik zinciri; birçok dışsal (makine hataları gibi) ve içsel (stok seviyesi gibi) faktörün etkileşerek oluşturduğu; karmaşık ve deterministik olmayan bir sistemdir. Artık radyo tanımlama teknolojisi (RFID) sayesinde gerçek zamanlı olarak ürünlerin durumunu görebilmekteyiz. RFID üzerinde yürütülen araştırmalar genelde istatistiksel çalışmalarla sınırlı kalmaktadır. Bu çalışmadaki amaç, sistem içerisindeki neden-sonuç ilişkilerini her iki yönlü olarak analiz ederek bilgi elde edebilmektir. Bu kapsamda, tedarik

zinciri için kavramsal bulanık harita geliştirilmiştir. Kavramsal bulanık haritanın geçmiş verisiyle geliştirilmesinin ardından, bu matristeki ağırlıklandırma ile genetik algoritma kullanılmıştır. Daha sonra sistem hakkında kesin bilgi elde edildikçe, geriye dönülerek diğer bilgiler kontrol edilmiştir. Simülasyona dayalı örnekler ile geriye-ileriye bakış metodolojisi test edilmiş ve etkinliği kanıtlanmıştır.

Sristava, 2006: Kullanılmış ürünlerin toplanması ve geri dönüşümü, tüm Dünya'nın üzerinde kafa yorduğu oldukça ilginç bir konudur. Yeşil organizasyonların doğması ve yeşil tedarik zincirlerinin kurulması, konuyla ilgili uygulama sahalarını göstermektedir. Konuyla ilgili bilgi toplamak için literatür incelenmiş ve ters lojistik ile ilgili maliyet etkin çözümler kurmayı ve bu amaçla geri dönüşüm tesisleriyle ters lojistik tedarik zincirleri tasarlamayı amaçlamış 84 hissedarla konuşulmuştur. Maliyetleri göz önüne alarak kurduğumuz ters lojistik sistemimizde iki tip tesis göze çarpmaktadır; birincisi gerçek üreticinin üretim tesisleri, diğeri ise bazı ürünler için uzmanlaşmış geri dönüşüm tesisleridir.

Bu çalışmada, optimizasyon teknikleri ile söz konusu sorunun çözümüne yönelik bir sistem geliştirilmiştir. Elde edilen gerçek tecrübeleri kavramsal bilgimizle birleştirdikten sonra, ağın dizaynını topolojik olarak yaptık ve detaylı çözümü oluşturulmuştur.. Elde edilen bulgular, bu konuya yatırım yapacak birçok hissedar ve gelecek araştırmalar için önemli bir kaynak oluşturmuştur.

Jain, vd., 2007: Verimlilik açısından bakıldığında tedarik zinciri çok karmaşık bir yapıdır çünkü; stokastik ve dinamik ve çok faktörlü yapısı tedarik zincirini karmaşıktırır. Bununla birlikte şirketler bu konunun yaşamları ve rekabet güçlerini koruyabilmeleri adına ne kadar önemli olduğunun farkına varmaktadırlar. Ancak sonuca bakıldığında, bugün tedarik zincirleri için genel bir çözüm yöntemi halen geliştirilememiştir. Üstelik teknolojiye gelişmeye baktığımızda tedarik zincirlerinin yönetimi konusunda beklenen gelişim hızı, teknolojiye gelişmeye göre daha yavaştır. Bu çalışmada bulanık ilişkilerle madencilik kuralları ile karar vericilere, esneklik, yapılabirlik, kalite, yenilikçilik, ihtiyaçlara hızlı cevap verme ve maliyet gibi faktörleri göz önüne alarak bir sistem geliştirme sağlayan bir öneri sunmaya çalışılmıştır. Bulanık mantık kurallarının kullanımı ile özellikle çevik lojistik konusunda, kısıtlar belirlenmeye ve bazı detaylar modellenmeye çalışılmıştır. Çözümün etkinliği ve iterasyon

kabiliyeti, sunulan sayısal örnekle kanıtlanmıştır.

Guosheng, vd., 2006: Tedarik zinciri içerisinde yer alacak tedarikçilerin seçimi, son yıllarda önemli bir problem haline gelmiştir. Son çalışmalara baktığımızda yapay sinir ağlarına dayanan çalışmaların, klasik istatistiksel metotlardan daha başarılı olduğu görülmektedir. Bununla birlikte sinir ağları, yerel optimizasyon prosedürleri gibi geçmiş kontrol ve kontrol dışı bir yakınsama özelliklerini bünyesinde barındırırlar. Burada sunulan ve öğrenebilen makineler dayanan, destek vektörlü makine yaklaşımı ile sunulan yapay sinir ağında, sürekli geçmişe bakmanın gücünden faydalanarak ideal tedarikçi seçimi konusunda güçlü bir çözüm ortaya konmuştur. Ancak gerçek hayattaki tedarikçilerle ilgili örnekler oldukça yetersizdir. Destek vektörlü makineler küçük örneklerle uyarlanmış ve test edilmiştir. Testlerde sunulan sistem, geriye dönüşlü sinir ağları ile karşılaştırılmış ve çok daha iyi bir derece elde etmiştir.

Liang ve Cheng, 2008: Bu çalışmada, çoklu ürün ve çoklu kademeli üretim ve dağıtım planlama karar problemi için bulanık kümelerin entegrasyonuna dayanan ve her kademede toplam maliyetleri minimize etmeyi amaçlayan bir sistem geliştirilmiştir. Önerilen çok amaçlı bulanık doğrusal programlama modeli; toplam maliyeti ve teslimat süreleri minimize derken bunu makine ve çalışan kaynağı ve eldeki bütçeye göre yapmaktadır. Endüstriyel ortamdaki üretim ve dağıtım planlama karar problemlerinde bazı metotlar geliştirilmiştir ve bu metotların sayısal çözümlemesi de bu çalışmada sunulmuştur. Sunulan prosedürün avantajı, gerçek endüstriyel ortamlardakine benzer olarak, çoklu ürün ve çoklu kademeli sistemlerde uygulanabilir olması ve sayısal örneklerle analiz edildiği zaman oldukça uygulanabilir çözümler ortaya çıkarmasıdır.

Ahumada ve Villabos, 2008: Gıda ürünlerinin tedarik zinciri, kamusal sağlık açısından önem taşımaktadır. Özellikle yakın gelecekte artacak olan tüketimin getireceği talep, bu zincirin daha yakından izlenmesini ve daha iyi dizayn edilmesini gerekli kılmaktadır. Bu durum, klasik tedarik zinciri yaklaşımının değiştirilmesini gerekli kılmaktadır. Özellikle gıdalarla ilgili tedarik zincirlerinin dikkatli planlanması gerekli olmaktadır. Bu çalışmada gıda ürünlerinin üretimi ve dağıtım planlamasıyla ilgili bir inceleme yapılmıştır. Özellikle mükemmel şekilde gerçeğe uyarlanabilmiş sistemlerin incelenmesi üzerinde duruldu. İncelenen modeller, planlama aktivitelerine, optimizasyon yaklaşımlarına ve başka kriterlere

göre sınıflandırılmıştır. Geçerli çalışmaların incelenmesinin ardından gelecekte ihtiyaç duyulabilecek gereksinimlerde belirlenmiştir.

Thenie ve Vial, 2007: Basamaksal karar kuralına dayanan stokastik programlama; çok kademeli stokastik optimizasyon problemlerine yönelik iyi bir optimizasyon metodudur. Basamaksal karar kuralına dayanan stokastik programlama; stokastik problemlerin çözümü amacıyla, Monte Carlo simülasyonunun daha uygulanabilir bir şekle dönüştürülmesiyle elde edilmiştir. Stokastik programlamadan farklı olarak, basamaksal karar kuralına dayanan stokastik programlama metodu dengeli bir olay ağacı oluşturmaya çalışmaz. Bunun sonucu olarak her adımda özel bir senaryonun çözümlemesi yapılır. Metodun doğrulaması için, beklenmeyen durum senaryolarına dayanan ve oldukça büyük bir değer genişliğine sahip senaryolar üzerinde çalışılmıştır. Üç metot karşılaştırılmıştır; basamaksal karar kuralına dayanan stokastik programlama; stokastik programlama ve kaba optimizasyon. Bu metotlar 12 kademeli ve farklı kriterler barındıran bir senaryo için uygulanmıştır. Sonuç olarak; basamaksal karar kuralına dayanan stokastik programlama, çok daha üstün bir performans sergileyerek ön plana çıkmış ve uygulanabilirliğini kanıtlamıştır.

Aliev, vd., 2007: Kitlesel üretim-dağıtım planlaması, tedarik zinciri yönetimindeki en önemli konudur. Kitlesel üretim-dağıtım planlama probleminin çözülebilmesi için; belirsiz piyasa talepleri ve kapasiteler ve çözümü belirleyen diğer belirsizliklerle baş edilmelidir. Stokastik ve deterministik modellerin tam olarak tatmin edici sonuçlar üretmediği açıktır. Bulanık modeller bu konuda bir alternatif oluşturabilir. Uzmanlaştırılmış bilgi sayesinde bu yaklaşıma geçilebilir. Bununla beraber bulanık yaklaşımın üretim planlamaya uygulanabilir hale getirilmesi için, modelin üretim ve dağıtım sisteminin doğasına entegrasyonu gereklidir. Sınırlı yaklaşımlar, yetersiz sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Tek ürünli üretim sistemlerinin planlamasına yönelik modellerin kombinasyonu ile, üretim-dağıtım planlamasıyla ilgili daha iyi bir yönetim modeli kurulabilir. Üretim-dağıtım planlamasıyla ilgili genel bir stratejik plan oluşturabilmek amacıyla, bu çalışmada; çoklu ürün çoklu kademe yapısına uygun tedarik zinciri modelleri için bir bulanık küme yaklaşımı geliştirilmiştir. Model bulanık mantığa göre oluşturulmuş, çözüm ise genetik algoritma yardımıyla elde edilmiştir. Deneysel sonuçlar yüksek bir verimlilik oranı göstermiştir.

Glickman ve White, 2007: Ürünlerin birden fazla sağlayıcı tarafından sağlanabildiği durumlarda, sefer optimizasyonu problemi için, sağlayıcıları karşılaştıran bir metot kullanmak faydalı olacaktır. Bu problem; örnek olarak ulusal olarak yiyecek sektöründe dağıtım yapan bir şirketin, dağıtım merkezlerinin lokasyonunu, sefer planlamasını optimum seviyede yapabilmesi gibi durumlarda ortaya çıkabilmektedir. Problem incelendiğinde, sağlayıcının fiyatının ve taşıma maliyetlerinin ön plana çıktığı görülmektedir. Daha sonra hesaplama süresini düşürmek içinde ek metotlar eklenmiştir.

Hennet ve Arda, 2007: Bir tedarik zinciri ağını oluşturan partnerlerin amacı kendi ekonomileri açısından optimum üretim ve dağıtım stratejisi ile hareket etmektir. Ancak bu yaklaşım; ağın tümüne baktığımızda bir verimlilik kaybı oluşturabilir. Kontratlar küresel riski düşürecek ve küresel maliyeti artıracak şekilde yapılabilir. Bu çalışmadan, aynı tedarik zincirini oluşturan endüstriyel partnerlerin verimliliklerini geliştirecek bir yaklaşım önerilmiştir. Buradaki üreticilerin ürünlerine rassal bir talep ve rassal bir teslim süresi olduğu esas alınmıştır. Burada oluşturulan model; oyun teorisini esas alan bir sıralama tekniği esas alınmıştır.

Schönberger ve Kopfer, 2008: Bu çalışmada; araç filosunun hareketlerinin gerçek zamanlı olarak izlenerek, son varış noktalarına ve geçerli rotadaki konumlarına göre, varış noktası ve rotalarının revize edilmesine dayanan bir karar destek sistemi önerilmiştir. Genişletilmiş gerçek zamanlı optimizasyon sistemi; güncellenen bilgilerin ışığı altında, problemin oluşturacağı varyasyonları inceleyerek karar vermektedir. Burada önerilen sistem, probleme anında müdahaleye dayanan ve yeni nesil çözüm grubunu temsil ettiğine inanılan, gerçek zamanlı yaklaşımdır. Araştırmanın amacı sıcak müdahale ile maliyetlerin düşürülebilmesidir. Çalışmadaki birkaç sayısal örnek ile bu çözümün yapılabilirliği kanıtlanmıştır.

David ve Chaime, 2008: Bu çalışmada klasik tek ögeli, deterministik talepli sağlayıcı-alıcı entegrasyon modeli geliştirilmiştir. Bu problem özellikle imalat endüstrisinde yerleşik firmalar için ekonomik sipariş miktarının belirlenebilmesi için uygulanabilir. Sağlayıcıdan alıcıya doğru akan sistemde, üretim parti büyüklüklerinin optimize edilmesi ve gerekli sefer sayısının belirlenmesi burada ana amaçlardır. Burada sunulan model sürekli iyileştirmeye dayanan bir modelle karşılaştırılmıştır ve rakibine oranla yaklaşık %98,5 daha düşük bir sınır

değeri yakalamıştır.

Al-Ameri, vd., 2007: Bu çalışmada dinamik, sağlayıcı envanter yönetim sisteminin tasarlanması amaçlanmıştır. Bu sistemde; sağlayıcının üretim ve dağıtım planları ile üretici firmanın envanter seviyelerinin optimize edilmesi amaçlanmıştır. Sağlayıcı envanter yönetim problemi, tam sayılı doğrusal karışım problemi ile çözülmeye çalışılmıştır. Matematiksek formülasyon, kaynak-görev ataması sistemine göre hazırlanmıştır. Problemin karmaşıklığı karşısında, farklı çözüm alternatifleri sunulmuş ve hesaplama süreleri ölçülmüştür. İlk olarak problem detaylı model üzerinde ön çözüm hazırlanmıştır. İkinci aşamada; ön çözümün sıralı iterasyonlarda ilerleyebilmesini sağlayacak mantıksal iskelet oluşturulmuştur. Son olarak; hazırlanan ön çözüm iterasyonlar ile geliştirilerek optimum çözüme yaklaşılmaya çalışılmıştır.

Puigjaner ve Gosallez. 2007: Kimyasal işlem endüstrisi, tedarik zinciri problemleri içindeki büyük bir parçayı temsil etmektedir. Bununla birlikte özellikle bu sektöre dönük tedarik zinciri optimizasyon çözümlerinin literatürde fazla yer almadığı görülmektedir. Bu çalışmada özellikle bu durum görülerek, kimyasal işlem sektöründe faaliyet gösteren organizasyonlar için bir tedarik zinciri optimizasyon yaklaşımı geliştirilmeye çalışılmıştır. Özellikle bu tür tedarik zincirlerini geliştirmede fırsat olarak görülebilecek iki ana başlık belirlenmiştir. Birincisi; tedarik zincirinin dinamikleri, çözüm stratejileri ve çevresel koşulları içeren alan, ikincisi ise çözümün etkinliğini denetlemeyi sağlayan KPI değerlerinin belirlendiği ölçüm kriterleridir. Bu çalışmada geliştirilen tedarik zinciri optimizasyon çözümünde, burada geliştirilen yeni fikirler adapte edilmiş ve etkinlik sayısal örnekler yardımıyla sergilenmiştir.

Rezaei ve Davoodi, 2007: Bu çalışmada sınırlı kapasiteli, çoklu ürün ve çoklu tedarikçi içeren tedarik sistemleri için bir yaklaşım geliştirilmiştir. Yapılan en önemli kabullerden biriside tedarikçilerden gelen ürünlerin standart bir kalitede olmayışdır. Kusurlu ürünler aynı fiyattan satılamaz, ya geri iade edilir ya da indirim uygulanır. Planlanan dilimdeki talep bilinebilirse, bu şekilde optimum satın alma planı da oluşturulabilir. Her ürün kendi tedarikçisinden sağlanır, tedarikçi bağımsız taşıma maliyetleri oluşur ve her periyotta tedarikçiler için sipariş emirleri oluşabilir. Üründen bağımsız olan maliyetler her aşamada oluşabilir. Bu maliyetler envanter seviyelerine ve planlamaya bağlıdır. Bu çalışmada her

tedarikçi için maksimum depolama sahası öngörülmüştür. Karar verici, hangi ürünün hangi tedarikçiden ne miktarda talep edileceğine karar verir. Son olarak çözüm için genetik algoritma kullanılmıştır.

Choui ve Chang, 2007: Bu çalışmada; çok nitelikli bulanık puanlama tekniği (SMART) yaklaşımı; tedarik zincirlerindeki tedarikçi seçimi problemi için kullanılmıştır. Genelde büyük tedarikçiler çalıştıkları firmaların operasyon planlarından çok kendi optimal planlarını uygulama eğilimindedir. Burada sunulan SMART çözümünün amacı; farklı tedarikçilerin kalitatif ve kantitatif faktörler yönünden karşılaştırılmasını sağlamaktır. Son aşamada, karar verici kurumsal olamayan tedarikçilerin kişisel risklerine göre kararını verir.

Chou, vd., 2008: Bu çalışmanın ana amacı; uluslararası otel yeri seçimi için, çok amaçlı bulanık karar verme tekniğinin kullanılmasıdır. Bu makalede; literatür taraması ve pratik çalışmalardan elde edilmiş 21 kriter belirlenmiştir. Ardından bulanık mantık teorisi, sözel değerlendirme, hiyerarşik yapı analizi ve analitik hiyerarşik bulanık mantık gibi yöntemlerin birleşimi ile karar verici için mevcut kriterler ağırlıklandırılmıştır. Ve finalde Tayvan da kurulacak uluslararası bir otel için deneme yapılarak sistemin doğruluğu kanıtlanmıştır.

Bottani ve Rizzi, 2007: Bu çalışmada yapısal yaklaşımla en iyi ve uygun tedarikçinin seçimi ele alınmıştır. Söz konusu yaklaşım; tedarikçi sayısının ve tedarik edilecek ürün sayısının fazla olduğu durumlarda önemli olmaktadır. Söz konusu yüksek alternatif sayısını azaltmak için kullanılacak yöntemler; entegre küme analizi ve çok amaçlı karar verme metodudur. Bulanık mantık burada bir “doğal seçim” metodu olarak kullanılabilir. Genişletilmiş bir vaka analizi; tekniğin geçerliliğini uygulamada görmek için kullanılmıştır. Uygulamanın önerdiği yaklaşım; tedarikçileri mevcut “lead-time” ları aşmadan seçmeyi sağlamıştır.

Hung, vd., 2007: Ye (belirsiz sıralamalar için geliştirilmiş çok amaçlı bulanık optimizasyon tekniği; Computer-Aid Design 2007;39:164–9)) belirsiz sıralamalar için çok güçlü bir bulanık mantık temelli çok amaçlı programlama tekniği sunmaktadır. Ye sunduğu metottaki fonksiyonlar ile belirsiz durumların oluşturduğu değişik alternatiflerin kararlılığını sağlamak üzere bir model geliştirmiştir. Bununla birlikte bazı durumlar bu fonksiyonlar belirsiz

durumlar için kesin bilgi sağlayamamaktadır. Bu verilere dayanarak bu çalışmada sunulan teknikte; bu alternatiflerin arasındaki ilişkiler incelenerek söz konusu belirsiz durumlar için karar vericiye ekstra bilgi sağlanabilecektir. Bununla beraber; hesaplama süre ve kalitesini geliştirecek bilgisayar destekli bir sistemde geliştirilmiştir.

Chen, vd., 2007: Bu çalışmada düşünülen algoritma ile; çoklu ürün; çoklu periyotlar için gerekli olan tesislerin, depoların ve daha birçok tesisin (tedarik zinciri için gerekli); yerleştirilmesini kapsamaktadır. Belirsiz piyasa durumları çeşitli olasılıklar ile belirli hale dönüştürülmüştür. Tedarik zinciri planlama amacıyla çok amaçlı tamsayılı karışım algoritması ile çeşitli minimizasyon çözümleri yapılabilir; örneğin toplam maliyeti sıfırlama; taşıma süresini minimize etme... gibi. Örnek bir çözüm oluşturma amacı ile; iki aşamalı bulanık mantık teorisi tedarik zinciri problemleri için geliştirilmiştir.

Yukarıdaki çalışmalar incelendiğinde genel olarak problem türleri; tedarik zincirinde uygun ağ tasarımı, tesis yerleşimi seçimi, tedarikçi seçimi, tedarik zincirinde tekli yada çoklu ürün akışı planlaması gibi yaklaşımlar görülebilecektir.

Bulanık optimizasyon yaklaşımlarında ise; genelde talebin belirsiz olduğu çalışmalar bulunmaktadır.

Bu çalışmada sunulacak yaklaşım, özellikle 3. parti lojistik hizmet sağlayıcıların, birden fazla müşterisinin kargolarını konsolide ederek taşımalarını planlayabilmeleri için, taşıma sürelerinin belirsiz olduğu çok amaçlı bulanık optimizasyon yaklaşımı kullanılmıştır. Ayrıca sunulan probleme özel olarak, çalışmadaki modeli kullanan ve sistemdeki alternatifleri oluşturarak, karar kümelerini simüle ederek değerlendiren ve en iyi çözümü seçen bir program Delphi ortamında geliştirilerek, test edilmiştir.

Çizelge 2 Kaynak Listesi

No:	Tarih	Yazar/Yazarlar	Çalışmanın Başlığı	Kullanılan Teknik
1	2008	M.T. Mello, S. Nickel, F. Saldanha-Da-Gama	Facility location and supply chain management	Vaka analizi, sözel yöntemler
2	2006	Dobрила Petrovic, Ying Xie, Keith Burnham, Radivoj Petrovic	Coordinated control of distribution supply chains in the presence of fuzzy customer demand.	Bulanık mantık
3	2007	Anna Nagurney	A system- optimization perspective for supply chain network integration: The horizontal merger case	Sistem analizi, sözel yöntemler
4	2007	M. Ouhimmou, S. D'Amours, R. Beauregard, D. Ait-Kadi, S. Sing Chauhan	Furniture supply chain tactical planning optimization using a time decomposition approach	Tam sayılı karışım programlama
5	2007	Ching-Ter Chang, Chei-Chang Chiou, Yi-Sing Liao, Shu-Chin Chang	An exact policy for enhancing buyer-supplier linkage in supply chain system.	Tam sayılı karışım programlama
6	2007	Jiuping Xu, Qiang Liu, Rui Wang	A class of multi-objective supply chain Networks optimal model under random fuzzy environment and its application to the industry of Chinese liquor	Çok amaçlı, tam sayısı, doğrusal olmayan karışım problemi
7	2007	Cheng-Liang Chen, Tzu-Wei Yuan, Wen-Cheng Lee	Multi-criteria fuzzy optimization for locating warehouses and distribution centers in a supply chain network	Çok amaçlı bulanık optimizasyon
8	2007	George Q. Huang, T. Qu	Extending analytical target cascading for optimal configuration of supply chains with alternative autonomous suppliers	Kademeli analitik hedef prosedürü
9	2006	Ruoning Xu; Xiaoyan Zhai	Optimal models for single-period supply chain problems with fuzzy demand	Bulanık mantık
10	2008	Fu-ren Lin, Hui-chun Kuo, Shyh-ming Lin	The enhancement of solving the distributed constraint satisfaction problem for cooperative supply chains using multi-agent systems.	Genetik algoritma

11	2007	Shuo-Yan Chou, Yao-Hui Chang, Chun-Ying Shen	A fuzzy simple additive weighting system under group decision-making for facility location selection with objective/subjective attributes	Bulanık basit ağırlıklandırma sistemi
12	2007	B.E. Al-Othman, Haitham M.S. Labadibi, Imad M. Alatiqi, Khawla Al-Shayji	Supply chain optimization of petroleum organization under uncertainty in market demands and prices	Bulanık mantık, stokastik optimizasyon modelleri
13	2007	T. Van Woensel, L. Kerbache, H. Peremans, N. Vandaele	Vehicle routing with dynamic travel times: a queueing approach	Bulanık mantık, sıralama yaklaşımı
14	2008	Angappa Gunasekaran, Eric W.T. Ngai	Modeling and analysis of build-to-order supply chains	Sözel teknikler, Alt problemlere ayırma
15	2007	Jiuh-Bling Sheu	A hybrid neuro-fuzzy analytical approach to mode choice of global logistics management	Çok amaçlı bulanık optimizasyon
16	2007	Hasan Selim, Ceyhan Araz, İrem Özkarahan	Collaborative production-distribution planning chain: a fuzzy goal programming approach	Çok amaçlı doğrusal programlama
17	2007	J. Boissiere, Y. Freain, C. Rapine	Lot-sizing in a serial distribution system with capacitated in-system production flow	Sezgisel yaklaşım
18	2007	Nikhil A. Pujari, Trevor S. Hale, Faizul Huq	A continuous approximation procedure for determining inventory distribution schemas within supply chains	Sürekli iyileştirme prosedürü
19	2007	Guang-fen Yang, Zhi-ping Wang, Xiao-qiang Li	The optimization of the closed-loop supply chain network	İstatistiksel teknikler
20	2007	Chun-Chin Wei, Gin-Shuh Liang, Mao-Jiun J. Wang	A comprehensive supply chain management Project selection framework under fuzzy environment	Bulanık mantık
21	2007	F. Dabbene, P. Gay, N. Sacco	Optimization of fresh-food supply chains in uncertain environments, Part II: A case study	Bulanık mantık
22	2007	Moon-Chan Kim, Chang Ouk Kim, Seong Rok Hongi Ick-Hyun Kwon	Forward-backward analysis of RFID-enabled supply chain using fuzzy cognitive map and generic algorithm	Bulanık mantık, genetik algoritma
23	2006	Samir K. Srivastava	Network design for reverse logistics	Genetik algoritma, uzman sistemler
24	2007	Vipul Jain, Lyes Benyoucef, S. G. Deskmukh	A new approach for evaluating agility in supply chains using fuzzy association rules mining	Çok amaçlı bulanık optimizasyon

25	2006	Hu Guosheng, Zhang Guohong	Comparison on neural network and support vector machines in suppliers' selection	Yapay sinir ağıları
26	2008	Tien-Fu Liang, Hung-Wen Cheng	Application of fuzzy sets to manufacturing/distribution planning decisions with multi-product and multi-time period in supply chains	Çok amaçlı bulanık optimizasyon
27	2008	Omar Ahumada, J. Rene Villalobos	Application of planning models in the agri-food supply chain: A review	Doğrusal programlama
28	2007	J.Thenie, J.Vial	Step decision rules for multistage stochastic programming: a heuristic approach	Çok amaçlı stokastik programlama
29	2007	R.A. Aliev, B. Fazlollahi, B.G. Guirimov, R.R. Aliev	Fuzzy-genetic approach to aggregate production-distribution planning in supply chain management	Bulanık mantık, genetik algoritma
30	2007	Theodore S. Glickman, Susan C. White	Optimal vendor selection in a multiproduct supply chain with truckload discount	Çok amaçlı doğrusal programlama
31	2007	Jean-Claude Hennet, Yasemin Arda	Supply chain coordination: A game-theory approach	Oyun teorisi, Markov analizi
32	2008	Jörn Schönberger, Herbert Kopfer	Online decision making and automatic decision model adaptation	Dinamik karar prosedürü
33	2008	Israel David, Moshe Eben-Chaime	How accurate is the integrated vendor-buyer continuous model?	Sürekli iyileştirme tekniği
34	2007	Tareq A. Al-Ameri, Nilay Shah, Lazaros G. Papageorgiou	Optimization of vendor-managed inventory systems in a rooling horizon framework	Tedarikçi yönetim sistemi(bu çalışmada önerilmiştir.)
35	2007	Luis Puigjaner, Ganzalo Guillen-Gosalbez	Towards an integrated framework for supply chain management in the batch chemical process industry	Çok amaçlı genetik algoritma
36	2007	Jafar Rezaei, Mansoor Davoodi	A deterministik, multi-item inventory model eith supplier selection and imperfect quality	Tam sayılı programlama, genetik algoritma
37	2007	Shuo-Yan Choui Yao-Hui Chang;	A decision support system for supplier selection based on a strategy-aligned fuzzy SMART approach	Çok amaçlı bulanık optimizasyon

3. BULANIK MANTIK:

3.1 Genel:

Temelleri eski Yunan felsefelerine dayanan bulanık mantık, günümüzde özellikle yapay zeka uygulamalarında yönlendirici bir unsur olarak kullanılmaktadır. Bulanık mantık, temeli 1 ve 0 gibi kesinlik sistemine dayanan Aristoteles mantığına karşı oluşturulan bir alternatiftir. (Cengiz vd, 2003)

Günlük hayatta incelenen birçok durum için kesin çizgilerle ayrılan klasik mantığı kullanarak yorum yapmak imkansızdır. Örneğin; odada çalışan bir klima için düşünüldüğünde, birçok farklı oda sıcaklığı söz konusu olabilmekte, bu sıcaklıklar sadece; “sıcak yada soğuk” olarak değil, farklı aralıklar için farklı tanımlamalarla nitelendirilirler.

Gerçek hayat problemleri modellenirken belirsizliklerinde olduğu ve modele entegrasyonunun gerektiği görülmektedir. Örnek olarak, bir petrol şirketi üretimini planlarken, bazı özel durumlarda (spekülasyonlar, krizler ...vs.) piyasa talebinin belirsiz olduğunu görecektir.

3.2 Bulanık Mantığın Tarihçesi:

Mantıksal paradokslar ve Heisenberg’in belirsizlik ilkesi, 1920’ler ve 1930’larda çok değerli mantık sistemlerinin gelişmesine yol açtı. Kuantum teorisyenleri, iki değerli mantık sistemlerinin ‘doğru’ ve ‘yanlış’tan oluşan değer kümesine, bir üçüncü veya orta doğruluk değeri ekleyerek ‘belirlenemezlik’in ifade edilebilmesine imkan sağladılar. Bundan sonraki aşamada, ‘doğru’ ve ‘yanlış’, ‘belirlenemezlik’ tayfının sınır koşulları olarak görülüp belirlenemezlik derecelendirildi.

Heisenberg'in belirsizlik ilkesi, 'belirlenemezlik'inin sürekliliğiyle, bilimi çok değerliliğe zorladı. Pek az batılı filozof çok değerliliği benimsemesine rağmen, Lukasiewicz, Gödel, ve Black, ilk çok-değerli ya da bulanık mantık ve küme sistemlerini geliştirdiler.

1930'ların başlarında Polonyalı mantıkçı Jan Lukasiewicz ilk üç-değerli mantık sistemini geliştirdi. Lukaziewicz, daha sonra doğruluk değerlerinin kümesini tüm sayılara genelleştirdi.

1930'larda kuvantum filozofu Max Black, sürekli değerlere sahip mantığı, eleman düzeyinde kümelerle uyguladı. Black, bulanık-küme üyelik fonksiyonlarından bahseden ilk kişi oldu. Black, ifade etmeye çalıştığı yapılardaki belirsizliği 'müphemlik' olarak adlandırdı. Zadeh'in bulanık-küme teorisinin aksine, Black'in çok değerli kümelerindeki her bir eleman, sürekli değerlere sahip bir mantık çerçevesinde ele alınan bir cümleyle eş-değerdi.

1965'te Azeri kökenli sistem bilimci Lotfi Zadeh, bir çok-değerli küme teorisi geliştirdi, ve 'bulanık' kelimesini teknik terimlere dahil etti.

3.3 Bulanık Mantığın Gelişimi:

Dünyada insan oğlunun karşılaştığı olayların hemen hemen hepsi karmaşıktır. Bu karmaşıklık genel olarak belirsizlik, kesin düşünce ve karar verilemeyiştten kaynaklanmaktadır. Bu durumda gerçek bir olay, insanın sisteminde ve zihninde yaklaşık olarak canlandırılarak yorumlanır. Bilgisayarların kullandığı Aristo mantığından farklı olarak; insanın yaklaşık ve belirsizlik içeren veri ve bilgi ile işlem yapabilme yeteneği vardır. Bulanık mantık kavramı, rastgele değişkenlerden ziyade kesin olmayan yaklaşık kriterlerdir. Örneğin; 'hava sıcak' denildiğinde, 'sıcak' kelimesinin ifade ettiği izafi olarak birbirinden farklı olabilir. Kutuplarda bulunan bir kişinin sıcak için 1 dereceyi algılamasına karşın, ekvator civarındaki bir kişi için bu 35 dereceyi bulabilir. Bu rastgele değildir; ancak belirsizdir. Bu şekilde kelimelerin ima ettikleri belirsizliklere bulanık (fuzzy) denmektedir. Burada hemen dikkat edilmesi gereken nokta, 'sıcak' kelimesinin ne kadar fazla sayısal dereceler topluluğunu temsil ettiği. Bu topluluğa da bulanık küme adı verilmektedir. Bazı insanların sıcaklığı 15 derece; bazılarının ise 35 derece gibi oldukça farklı sayısal biçimde algılamasına rağmen; bu insanlar arasında bir itilaf bulunmaz. Ancak Aristo mantığında sadece 'sıcak' ve 'soğuk' vardır. İşte bulanık mantığın güzelliği de budur. Zadeh, insan düşüncesindeki anahtar elemanların sayılar olmayıp bulanık kelimelerin seviyeleri olduğunu gözlemlemesi ile bulanık mantık üzerindeki

alışmalarını yoğunlaştırmıştır. İlk yıllarda fazla rağbet görmemesine karşın, son yıllarda bulanık tabanlı uygulamalar oldukça yaygınlaşmıştır. Öyle ki; sosyal bilimlerden mühendislik uygulamalarına kadar hemen her alanda bir uygulama örneği bulmak mümkündür. Bulanık mantığın en fazla uygulama alanı bulduğu alan kontrol sistemleridir. Bir bulanık kontrol mekanizmasının özünü, giriş ve çıkış değerlerinin tespiti, bulanıklaştırma ve durulaştırma metodunun seçilmesi ve kural tabanının oluşturulması içerir.(Kayacan, vd, 2003)

3.4 Klasik Küme Teorisi:

Klasik küme teorisinde, bir kümeye hangi elemanların ait olup olmadığı kesin olarak bellidir.

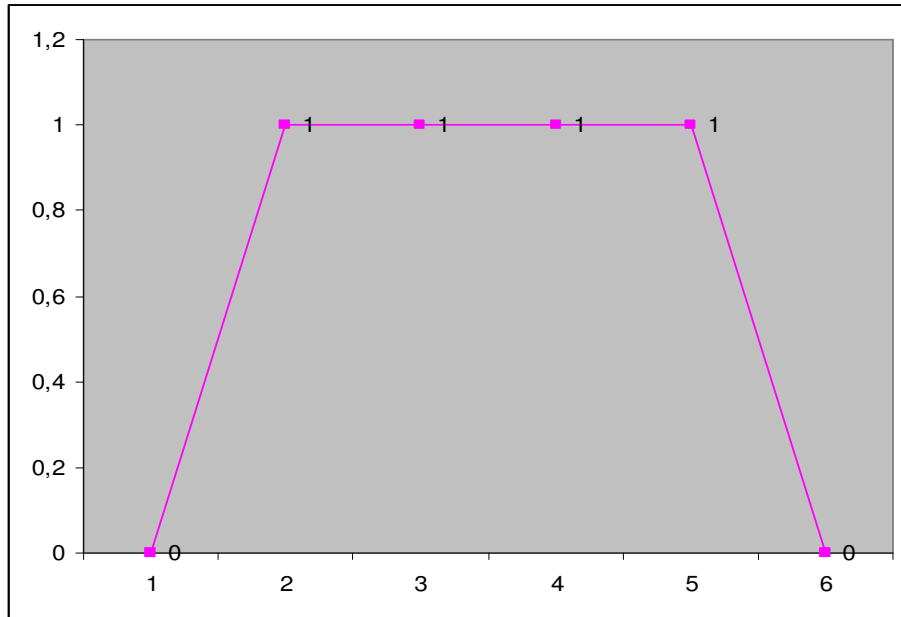
Örnek olarak 4 elemanlı bir B kümesinin liste gösterimi;

$$B = \{ 1,2,3,4 \}$$

Şartlı fonksiyon olarak gösterimi ise;

$$A = \{ x \mid x \geq 1 \text{ ve } x \leq 4 \}$$

Şeklindedir. Şart olarak bu kümenin elemanı olabilmek için yukarıdaki fonksiyona uyum gereklidir. Bir elemanın B kümesine ait olabilmesi “1”, olmaması ise “0” değeri ile gösterilir.



Şekil 3.4 Klasik Küme Aitlik Değerleri

Klasik küme elemanlarının kümeye dahil olup olmadığını kesin sınırlarla belirlediği için uygulamada yetersiz kalabilmektedir. Aşağıda açıklanacak olan bulanık küme teorisi, gerçek hayattaki olaylar için daha uygulanabilir çözümler ortaya koymaktadır.

3.5 Bulanık Küme teorisi:

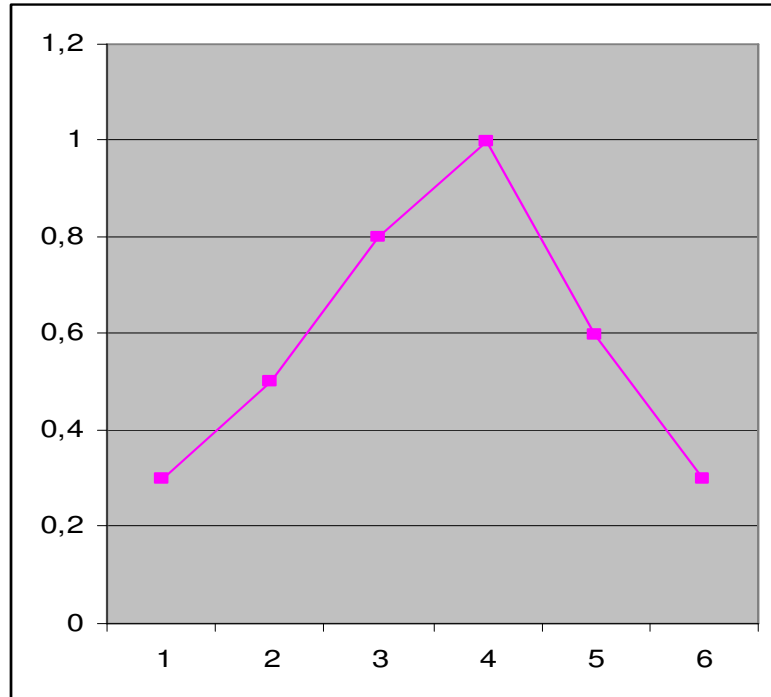
Bulanık mantığın temelini oluşturan bulanık küme teorisi, klasik küme teorisine alternatif olarak L.A. Zadeh tarafından ortaya atılmıştır.

Bulanık kümede üyelikten üye olmaya geçiş, kademeli bir şekilde tanımlanabilmektedir ve bu nedenle gerçek hayattaki belirsiz durumların modellenenbilmesinde daha etkin çözümler ortaya koyabilmektedir.

Örnek olarak C bulanık kümesinin liste olara gösterimi aşağıdaki gibidir.

$$C = \{ 0,3/1 + 0,5/2 + 0,8/3 + 1/4 + 0,6/5 + 0,3/6 \}$$

Bu kümenin üyelik dereceleri ise şekil 3.4' te gösterilmiştir.



Şekil 3.5 Bulanık Küme Aitlik Değerleri

Dikkat edilecek olursa B klasik kümesinde kümenin elemanı olarak kabul edilmeyen 6, C bulanık kümesinde ise belirli bir dereceden eleman kabul edilmiştir.

Bulanık küme kavramı, Zadeh'in, klasik sistem kuramının matematiksel yöntemlerinin gerçek dünyadaki pek çok sistemle, özellikle insanları içeren kısmen karmaşık sistemlerle, uğraşırken yetersiz kalmasından hoşnut kalmayıp doğdu.

Zadeh, 'uzun, kırmızı, durağan' gibi yüklemelerin ikili üyelik fonksiyonuyla ifade edilen klasik kümeler yerine, dereceli üyelik fonksiyonuyla ifade edilen bulanık kümeler tanımlamasını önerdi.

Bulanık küme kuramı, 'belirsizlik'in bir tür biçimlenişi, formüllendirilmesidir. Bir çeşit çok-değerli küme kuramıdır. Fakat işlemleri, diğer küme kuramlarınkilerden farklılıklar gösterir.

Kümedeki her bir birey, çift-değerli küme kuramlarında olduğu gibi 'üye' ya da 'üye değil' olarak değil, bir dereceye kadar üye olarak görülür. Örneğin, 1.90 m. boyundaki bir adam 'uzun adamlar' kümesinin bir üyesidir. 2.00 m. boyundaki bir adam ve 2.10 m. boyundaki bir adam da öyle. Bazı amaçlar için, onları bu kümenin 'üyesi' ya da 'üyesi değil' şeklinde sınıflandırmak yeterli olmayabilir. Bu gibi durumlarda, onların üyelik değerlerini, dereceli olarak, boylarına göre tanımlamak uygun olabilir.

'Bulanık küme' kavramı, hassasiyetin artırılması açısından, klasik kümelerinkine göre daha uygun olan yeni bir araç sağlıyor olarak görülebilir. Getirdiği yaklaşım, klasik küme kuramlarında kullanılan üyelik kavramını bir kenara bırakıp yerine tamamen yenisini koymak değil, iki-değerli üyeliği çok-değerliliğe taşıyarak genellemesini yapmaktır.

3.6 İkili Mantık ve Çoklu Mantığın Karşılaştırılması:

Terimler ya da ölçüler kesin olarak tanımlanıp ölçülemediğinden dolayı insanlar çoğu zaman belirsiz (kesin olmayan) ifadeler kullanırlar. İşte bulanık mantık bazı sorulara basitçe evet-hayır cevabı verilemeyen durumları kapsar. Bulanıklığın ve bulanık mantığın temeli de budur.

Bulanık mantık, klasik mantık sistemlerinden ziyade insan düşüncesi ve tabii dil ruhuna daha yakındır. Temel olarak, gerçek dünyanın eksik ve yaklaşık özelliğini yakalayan etkili bir araç sağlar.

Matematiksel model ve ölçülen değerlerin yanısıra insan düşüncesini de mühendislik sistemine katmak üzere insan düşüncesini formüle eder. “Günlük konuşma dilini kullanan bulanık mantık, dilsel değişkenler (linguistic variables) yardımıyla biraz sıcak, ılık, uzun, çok uzun, soğuk gibi günlük hayatımızda kullandığımız kelimeler yardımıyla insan mantığına en yakın doğrulukta denetimi sağlayabilir. Bulanık mantık denetleyici kullanılarak elektrikli ev aletlerinden oto elektroniğine, gündelik kullandığımız iş makinelerinden üretim mühendisliğine, endüstriyel denetim teknolojilerinden otomasyona kadar aklımıza gelecek her yerde kendisine uygulama alanı bulabilir”.

İkili mantık, iki ayrık değer alabilen değişkenleri ve mantıksal anlam taşıyan işlemleri ele alır. Değişkenlerin alabileceği iki değer farklı şekillerde adlandırılabilir (örneğin doğru ve yanlış, evet ve hayır, vs.), burada her değişken ancak ve ancak olası iki ayrı değerden birini alabilir: 1 ve 0 .

Bulanık mantık; ikili mantık sistemine karşı geliştirilen ve günlük hayatta kullandığımız değişkenlere üyelik dereceleri atayarak, olayların hangi oranlarda gerçekleştiğini belirleyen çoklu mantık sistemidir.

Bulanıklık, çoklu değerlilik (multi – valued) demektir. İkili mantığın 0-1 önermelerine karşın bulanıklık, üç veya daha fazla, belki de sonsuz sayıda önermeler yapar. Yani bu mantıkta küme üyeleri derecelendirilebilir. Başka bir deyişle siyah ile beyaz arasında yer alan sonsuz sayıda gri tonlarını içermektedir. Örneğin uzaklıkla ilgili bir problemde mesafenin yalnızca yakın ya da uzak olduğunu belirtmekle kalmayıp ne kadar yakın ya da ne kadar uzak olduğunu da belirtir.

Bulanık mantığın gücü basit şeyleri basit tutmaktır. Klasik mantık bizleri çok katı sınırlar çizmeye zorlar. Mesela batı edebiyatında “novel” denilen roman, 90 veya daha fazla sayfadan , “novella” ise 90’dan daha az sayfadan oluşur. Bu standarda göre 91 sayfalık bir eser, roman olurken, 89 sayfalık bir çalışma “novella” (uzun hikaye) olur. Eğer bir bilgisayarda kelimelerin puntosu büyütülürse uzun hikaye, roman haline gelebilir. Bulanık mantık bu tür saçmalıkları önler.

Klasik mantıkta büyüklük-küçüklük, uzunluk-kısalık gibi kavramların kesin sınırları vardır. Diyelim ki uzun insanların alt sınırı 1.70 m'dir. Klasik mantığa, "Ali uzun mudur?" sorusu sorulursa, bu sınıra bakıp, eğer Ali'nin boyu 1.70 m'in üzerinde ise Ali uzun, 1.69 m ise kısadır. Halbuki bulanık mantık, Ali'nin ne kadar uzun olduğunu sorar. Klasik mantık gibi uzuna 1, kısaya 0 gibi katı(kesin) değerler vermez. 0.1, 0.2, 0.3... gibi daha hassas ve esnek değerler verir. Böylelikle 1.69 m boyundaki bir insana kısa (0) demez, 0.2 gibi bir uzunluktadır der. Tabii bulanık mantığında belli sınırları vardır ve bu sınırlar makama, ele alınan eleman ve şartlara göre değişirler. Onu klasik mantıktan ayıran nokta bu sınırların daha esnek olmasıdır. İşte bu esneklik sayesinde bulanık mantık tatbik edildiği her sahada çok daha hassas sonuçlar ve semereler doğurmaktadır.

3.7 Bulanık Mantığın Avantajları:

Bulanık mantığın temelde sağladığı avantajlar aşağıda sıralanmıştır;

1. İnsan düşünce sistemine ve tarzına yakındır.
2. Uygulamasında mutlaka matematiksel bir modele gereksinim duymaz.
3. Yazılımın basit olması nedeniyle, sistem daha ekonomik olarak kurulabilir.
4. Bulanık Mantık kavramını anlamak kolaydır.
5. Üyelik değerlerinin kullanımı sayesinde, diğer kontrol tekniklerine göre daha esnektir.
6. Kesinlik arz etmeyen bilgilerin kullanılması söz konusudur.
7. Doğrusal olmayan fonksiyonların modellenmesine izin verebilir.
8. Sadece uzman kişilerin tecrübelerinden faydalanılarak, kolaylıkla bulanık mantığa dayalı bir modelleme ya da sistem tasarlanabilir.
9. Geleneksel kontrol teknikleriyle uyum halindedir.
10. İnsanların iletişimde kullandıkları sözel ifadelerin bulanık mantıkta kullanımı ile daha olumlu sonuçlar çıkmaktadır. (Kıyak ve Kahvecioğlu 2003)

3.8 Bulanık Sayılar:

Bulanık teoride; bulanık kümelerin yanında bulanık sayılarda bulunabilmektedir. Reel doğru üzerindeki A bulanık sayısı;

$\mu_a : R \rightarrow [0,1]$ aitlik fonksiyonu ile kategorize edilen bir sayı topluluğudur. Bulanık sayılarda yapılan aritmetik işlemler aşağıda verilmiştir.

3.8.1 Toplama İşlemi:

X ve Y sayılarının toplamı alınırken, toplam kümesinin minimum noktası bu iki kümenin minimum noktalarının toplamı; maksimum noktası ise maksimum noktalarının toplamıdır.

$$X + Y = (X_1, Y_2) + (X_1, Y_2) = [(X_1 + Y_1) , (X_2 + Y_2)]$$

3.8.2 Çıkarma İşlemi:

X ve Y sayılarının farkı alınırken, toplam kümesinin minimum noktası bu iki kümenin minimum noktalarının farkı; maksimum noktası ise maksimum noktalarının farkıdır.

$$X - Y = (X_1, Y_2) - (X_1, Y_2) = [(X_1 - Y_1) , (X_2 - Y_2)]$$

3.8.3 Çarpma İşlemi:

X ve Y bulanık sayılarının çarpımında oluşan kümenin minimum noktası, bu iki kümenin kartezyen çarpımlarının minimum değeri; maksimum noktası ise bu iki kümenin kartezyen çarpımlarının maksimum değeridir.

3.8.4 Bölme İşlemi:

X ve Y bulanık sayılarının bölme işleminde oluşan kümenin minimum noktası, bu iki kümenin kartezyen bölümlerinin minimum değeri; maksimum noktası ise bu iki kümenin kartezyen bölümlerinin maksimum değeridir. (işlem sonuçlarından sıfırdan farklı olanlar seçilir.)

3.9 Bulanıklaştırma:

Matematikte, benzer özellikler gösteren elemanların bir arada gruplandırılmasıyla 'küme' adı verilen kavram oluşturulur. Klasik matematikte bir konunun bir bölümünün o kümeye ait olması gibi bir kavram düşünülmez ve kabul edilmez. Bu sınırlama, problemlerin her zaman

uygun bir çözüme kavuşturulabilmesine engel teşkil etmektedir. Pratikte genel olarak, klasik küme şeklinde beliren değişim aralıklarının bulanıklaştırılması, bulanık küme, mantık ve sistem işlemleri için gereklidir. Bunun için, bir aralıkta bulunabilecek öğelerin hepsinin, 1'e eşit üyelik derecesine sahip olacak yerde, 0 ile 1 arasında değişik değerlere sahip olması düşünülür. Bu durumda, bazı öğelerin belirsizlik içerdikleri kabul edilir. Bu belirsizliklerin, sayısal olmayan durumlardan kaynaklanması halinde bulanıklıktan söz edilir. Bulanıklaştırma sürecinde ele alınan üyelik fonksiyonları, problemin yapısına ve amacına uygun olmalıdır. Genel anlamda üyelik fonksiyonları sezgisel, matematik, geometrik ya da istatistiksel yaklaşımlara dayandırılabilir. Bulanık kümelerin gerek üyelik derecelerinin gerekse bunların tümünü temsil edebilecek üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde, ilk başlayanlar tarafından bile kişisel sezgi, mantık ve tecrübelerin kullanılmasına sıkça rastlanır. Zaten pratikte bir çok sorunun üstesinden gelebilmek için bu yaklaşımlar çoğu zaman yeterlidir. Öyle olmasa bile, ilk yaklaşım olarak bu esaslara göre davranmaları faydalıdır. Üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde kullanılan başlıca yöntemler;

- a) Sezgi,
- b) Çıkarım,
- c) Mertebeleme,
- d) Açılı bulanık kümeler,
- e) Yapay sinir ağları,
- f) Genetik algoritmalar,
- g) Çıkarımcı muhakeme; gibi yaklaşımlardır.(Dobrilov vd, 2006)

3.10 Bulanık Optimizasyon:

Bulanık matematiksel programlama yöntemlerinden biri olan bulanık optimizasyon, bulanık ortamında karar vermeyi sağlayan bir tekniktir. Bulanık çevrede karar verme deyimiyle, sınırlayıcıların ya da amaçların ya da her ikisinin yapı olarak bulanık olduğu bir karar sürecinde kastedilmektedir.(Ömer ve Mehmet, 2006). Amaç fonksiyonu ile sınırlayıcıların kesişimi sonucu elde edilen çözümlere ise bulanık karar denir. Bulanık alternatifler olarak adlandırılırlar. Alternatifler uzayındaki en yüksek üyelik derecesine sahip bulanık karar ya da kararlar ise, optimum karar olarak adlandırılır. Bulanık programlamada amaç optimum karara ulaşmaktır. (Keleşoğlu Vd, 2006)

4. ÇOK AMAÇLI OPTİMİZASYON

Klasik doğrusal modelleme modelleri tek bir amaç fonksiyonunun optimizasyonu ile karakterize edilir. Gerçek hayatta sistemin çok sayıda amaca sahip olabileceği durumlar söz konusu olmaktadır. Böyle durumlarda, çelişen amaçları optimum kılan tek bir çözüm bulmak imkansız olabilmektedir. Bunun yerine, her amacın önem derecesini temel alan uzlaşık çözümler bulunabilir. (Emre ve Ayşe, 2003)

4.1 Karar Teorisi ve Çok Amaçlı Optimizasyon:

Günümüzde tüm alanlarda sürekli olarak çeşitli karar verme problemleri ile karşı karşıya kalmaktayız. Verilmesi gereken kararların bazıları oldukça basit ve önemsiz iken, bazıları da oldukça karmaşık bir yapıya sahip olmaktadır ve büyük bir önem teşkil etmektedirler. Tüm bu kararları alırken, karar almada izlenen yol ve yapılan faaliyetler ise kararlardan beklenen faydalar doğrultusunda değişmektedir. Karar analizlerinin temel kullanım nedeni, karar analizlerinin potansiyel seçenek veya politikaların göreceli olasılıklarını karşılaştırılıp değerlendirilerek en iyi hareket tarzının seçimi için karar vericiye yardım edebilmesidir.

Karar verme sürecine analitik olarak yaklaşabilmek için bir kararı oluşturan temel öğelerin belirlenmesi gerekmektedir. Genel olarak karar, belirli bir hareket tarzını benimsemeye yönelen seçim süreci olarak tanımlanabilir.

Modern karar analizinde de öncelikli güçlük, çok sayıda çatışan amacın ele alınmasıdır. Karar alıcılar da her zaman gerçek hayattaki durumu çoklu amaçlarla ele alabilen bir model geliştirmeyi isterler. Önceliklerin kullanılması yoluyla çoklu çatışan amaçları ele almayı sağlayan formal bir karar analizi yönetim biliminin yeni ufku olabilir. Charles, Cooper ve çok sayıda başka araştırmacı hedef programlamanın gelişmesine önemli katkılar yapmışlardır. Hedef programlamanın gücü onun hedef bir değer hakkında çift yönlü tercihler şeklinde kullanılmasında yatar.

Hedef Programlama, çok sayıda hedef veya amaçların bulunduğu doğrusal programlama problemlerine uygulanan bir yöntemdir. Doğrudan amaçları optimize eden doğrusal programlamanın aksine, hedef programlama, hedef değerler ve gerçekleşmiş sonuçlar arasındaki sapmaları minimize ederek, çatışan amaçları yönetmek amacıyla kullanılır.

Doğrusal programlama problemlerinde amaç fonksiyonu birim açısından TL, kâr, verimlilik, maliyet vb. gibi yalnız bir ölçekle ölçülendirilir. Çok boyutlu bir ölçek kümesi ile ifade

edilebilen çok amaçlı bir doğrusal programlama problemini yazmak mümkün değildir. Bu yüzden dolayı da çok amaçlı problemlerin çözümünde Hedef Programlama yöntemine ihtiyaç duyulmuştur.

Bütün işletmelerin bir takım hedefleri vardır. Bu hedefler işletmeden işletmeye değişebileceği gibi bazı işletmeler için haftalık minimum veya maksimum üretim miktarı ve üretim maliyeti gibi basit hedefler olabileceği gibi bazı işletmeler için de birbirinden bağımsız birden fazla hedefin birleşmesinden meydana gelebilecek karmaşık hedefler de olabilmektedir. (Gülenç ve Karabulut, 2005)

4.2 Çok Amaçlı Programlama Algoritmaları:

Çok amaçlı programlama modelleri incelendiğinde; iki ana model biçimi göze çarpmaktadır; ağırlıklandırma yöntemi ve öncelik koruma yöntemi. Ağırlıklandırma yönteminde; tek bir amaç fonksiyonu, problemin amaçlarını temsil eden fonksiyonların ağırlıklandırılmış toplamı haline getirilir.

Öncelik koruma yöntemi; önem derecelerine göre amaçların önceliklendirilmesiyle başlar. Model daha sonra, yüksek öncelikli amacın optimum değerinin düşük öncelikli amaç tarafından kötüleştirilmesine izin verilmeyecek şekilde, her seferinde bir amacı optimum kılar. (Taha, 2002)

4.2.1 Ağırlıklandırma Yöntemi:

N amaçlı programlama modelinin i. Hedefinin aşağıdaki gibi verildiğini varsayalım;

Min. G_i , $i= 1, 2, 3, \dots, n$

Ağırlıklandırma yönteminde kullanılan birleştirilmiş amaç fonksiyonu;

Min. $Z = W_1G_1 + W_2G_2 + \dots + W_nG_n$

Şeklinde tanımlanır. Burada W_i her bir amacın göreceli önemiyle ilgili, karar vericinin tercihlerini ortaya koyan pozitif katsayılarıdır. (Figen ve Karabulut, 2005)

4.2.2 Önceliği Koruma Yöntemi:

Önceliği koruma yönteminde, problemin n sayıda hedefi, karar vericinin değerlendirmesine göre, önem sırasına sokulur ve bu;

$\min G_1 = p_1$ (en yüksek öncelik)

-
-
-
-

$\min G_n = p_n$ (en düşük öncelik)

şeklinde ifade edilir.

Çok amaçlı programlama; çelişen amaçlarla ilgili karar verme problemlerinde kullanılır. Tekniğin temel düşüncesi, çok amaçlı problemi, her biri tek bir amacı olan bir veya daha çok probleme dönüştürmektedir. Sonuç çözümünün kalitesi; farklı amaçların karar verici tarafından sıralanmasından olduğu kadar; amaçlar için belirlenen sınırların darlığından da etkilenir. Bu bakımdan, çok amaçlı programlama sadece, problemin tüm amaçlarını gerçekleştirecek etkin bir çözümü bulmaya çalışır.(Taha, 2002)

5. TEDARİK ZİNCİRİNDE OPTİMUM DAĞITIM PLANLAMASI VE SAYISAL UYGULAMA:

5.1 Problemin Tanımı:

Tedarik zincirinde son dönemde ortaya çıkan genel eğilim; firmaların tedarik zincirlerini dış kaynaktan tedarik etmeye yönelmeleridir. Bu durumun doğal sonucu olarak 3. parti lojistik hizmet sağlayıcı firmalar, müşterilerinin; depo yönetimlerini, taşıma organizasyonlarının yönetimlerini, hatların JIT esasına göre beslenmesini konu alan Inbound yönetimlerini; optimum şekilde bölümsel olarak yada anahtar teslimi komple sistem çözümleri olarak sunmaktadırlar.

Problemimizde ele alınan tedarik zinciri problemi; tüm tedarik zincirlerindeki genel maliyetlerin en önemli kalemini oluşturan dağıtım yönetimiyle ilgilidir. 3. parti lojistik hizmet sağlayıcı firmalar; çok sayıdaki müşterilerinden öncelikle taşınacak kargoları alırlar (alım); bir sonraki aşamada bu kargolar lojistik merkezlerde birleştirilir, rotalara göre konsolide edilir ve lojistik merkezinden konsolide edilmiş ağ(network) araçları yola çıkar. Bu çıkan araçlara ve yapılan seferlere line-haul adı verilir. Son olarak bir line haul seferi lojistik hizmet sağlayıcının bir biriminde sonlandırılır ve daha küçük bir araçla dağıtım çıkarılır (Mikro dağıtım). Temel süreç bu şekildedir. Bu süreçte istisnai durumlar ve farklı karar alternatifleri olabilmektedir; tüm bu durumlardan daha ayrıntılı bir biçimde ve karar alternatifleri bölümünde bilgi verilecektir.

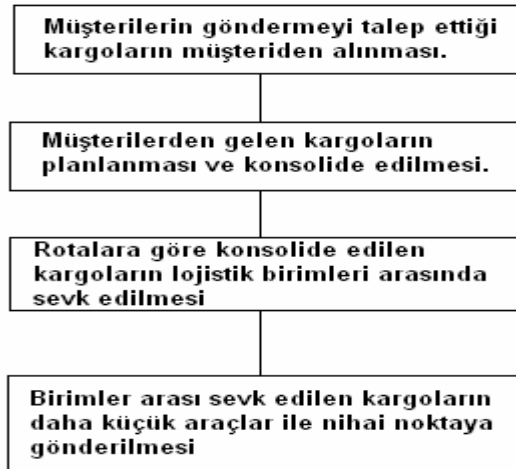
Yukarıda bahsedilen dağıtım organizasyonu sürecinde; lojistik hizmet sağlayıcı firma, birçok müşterisinin aynı rotaya gidecek ürünlerini birleştirir. Bu konsolidasyon işlemi sayesinde lojistik hizmet sağlayıcı firma araç doluluk oranlarını yükselterek müşterisinin tek başına yakalayamayacağı bir verimlilik oranına ulaşmaktadır. Örneğin İstanbul dan Ankara ya A müşterisinin 3500 desi, B müşterisinin 9000 desi kargosu var ise bu kargolar Ankara ya gidecek tek bir kamyonunda (kamyon kapasitesi 13000 desi) birleştirilerek gönderilebilir. Burada dağıtım organizasyonun planlanması ön plana çıkmaktadır, özellikle müşteri sayısı ve planlanacak lokasyonların sayısı arttıkça bu planlama daha karmaşık hale gelmektedir. Tedarik zincirinde optimum dağıtım planlaması problemi; belirli sayıdaki müşterinin belirli bir zaman aralığındaki, belirli talebinin; optimum etkinlikle (düşük maliyet yüksek

performans) dağıtım planının yapılmasıdır.

Problemin çözümü amacıyla; Delphi de bir optimizasyon yazılımı geliştirilmiştir. Program temel olarak; rassal olarak oluşturduğu karar gruplarını (taşıma planlarını), taşıma sürelerinin belirsiz (bulanık) olduğu durumlara göre simüle etmektedir.

5.2 Dağıtım Süreci:

Tedarik zincirinde birden fazla müşterinin dağıtımı temel olarak aşağıdaki sürece göre organize edilmektedir. Bu süreç genel olarak dağıtımdaki işlemleri sırasıyla göstermektedir. Ancak bu genel süreci dışında farklı karar alternatifleride ortaya çıkarak süreci değiştirebilmektedir. Bu alternatifler Bölüm 5.3 Karar alternatifleri'nde ayrıntılı olarak sunulmuştur.



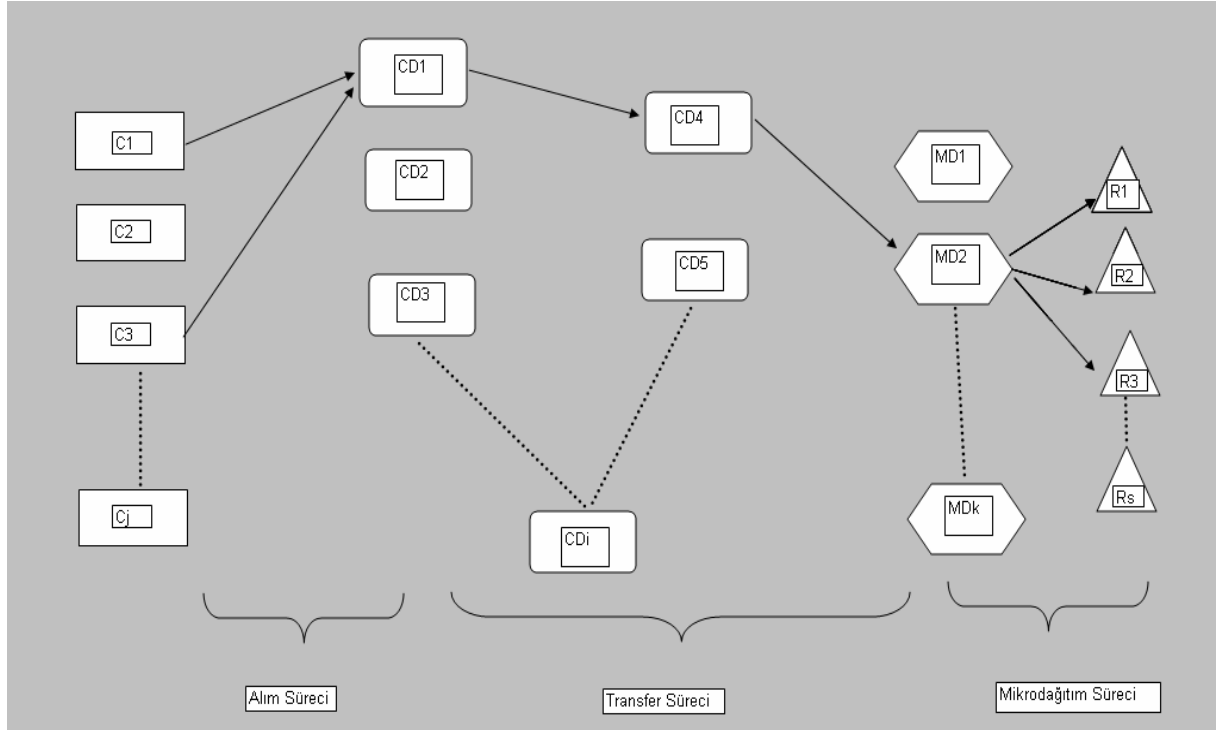
Şekil 5.2 Dağıtım Süreci Ana Proses Akışı

5.3 Karar Alternatifleri:

Çizelge 5.3 Karar Alternatifleri ve Örnek Durumlar

Karar Alternatifi	Örnek Durum
Müşterilerden normal şekilde alım yapılması.	Lojistik merkezinden çıkan araçlar müşteriye gider ve o gün göndereceği kargoları alır.
Lojistik hizmet sağlayıcının, müşterideki biriminden alım yapılması.	Lojistik hizmet sağlayıcı müşterinin deposunu yönetiyor olabilir veya lojistik hizmet sağlayıcı, müşteride bir alım şubesi kurmuş olabilir.
Seferin normal bir şekilde lojistik merkezden başlatılması.	Müşterilerin kargoları ilgili lojistik merkezde toplanır, konsolide edilir ve planlanana rotalara seferler başlatılır.
Seferin müşteriden başlatılması.	Müşteriden tek faturada (tek noktaya yada lokasyona) yüklü bir kargo varsa (örneğin tek müşteriye 4000 desi kargo varsa); bu kargo hiç lojistik merkeze indirilmeden, sefer direkt olarak müşteriden başlatılır. Araç müşteriden sözkonusu kargoyu aldıktan sonra tekrar lojistik merkeze uğrayarak planlandığı rotaya ait diğer kargolarıda alır.
Seferin direk (full- truck) planlanması.	Müşteriden tek noktaya desi talebi tek başına bir aracı dolduruyor yada aşıyorsa, tam araç dolduracak kargolar lojistik merkeze uğratılmadan, direk olarak bir araçla taşınır, bu tam dolu araç hiçbir şekilde dağıtım sistemine girmez.
Sistem sefer planlaması.	Araç lojistik merkezinden başlar, gerekliyse diğer lojistik merkezlerine uğramalar yapar (yükleme/boşaltma), nihai olarak sefer bir lojistik merkezinde son bulur.
Sistem+müşteri sefer planlaması	Araç lojistik merkezinden başlar, gerekliyse diğer lojistik merkezlerine uğramalar yapar (yükleme/boşaltma), nihai olarak müşteride son bulur.(eğer tek müşteriye yüklü teslimat varsa araç sözkonusu kargoyu direkt müşteriye kadar götürür.)

5.4 Model:



Şekil 5.4 Problemin Modeli

CDi: i no'lu transfer merkezi.

Cj: j no'lu alım müşterisi.

Rs: s no'lu alıcı müşteri.

MDk: k no'lu mikrodağıtım birimi.

OVik: i den k ya taşınması talep edilen hacim.

CVik: i den k ta taşınması planlanmış hacim.

Mij: i den j ye taşıma maliyeti. ($U_{ij} \cdot K_x$)

Tjk: j den k ya taşıma maliyeti. ($U_{jk} \cdot K_x$)

Lks: k dan s ye taşıma maliyeti. ($U_{ks} \cdot K_x$)

$\tilde{Q}_{ij}$: i den j ye taşıma süresi (Bulanık)

$\tilde{W}_{jk}$: j den k ya taşıma süresi (Bulanık)

$\tilde{F}_{ks}$: k dan s ye taşıma süresi (Bulanık)

U: Birimler arası mesafe (U_{ijk})

H: Birimler arası planlanan kargo. (Hij ise i den j ye taşıma planlanan kargo)

K_x : x nolu aracın taşıma kapasitesi.

Y_x : x nolu aracın yakma oranı.

J_x : x nolu araca yüklenen kargo.

5.4.1 İndeksler:

J: Müşteri Sayısı: Lojistik hizmet sağlayıcının taşıma hizmeti verdiği müşterilerdir. Bu müşteriler malları bayilerine göndermek üzere lojistik hizmet sağlayıcı firmaya teslim ederler.

İ: Lojistik Merkezi Sayısı: Lojistik hizmet sağlayıcının sahip olduğu, yükleme/boşaltma işlemleri ile gelen yükleri konsolide edebildiği, cross-dock (sıfır stok) esasına göre çalışan merkezlerdir.

K: Mikrodağıtım Şube Sayısı: Lojistik hizmet sağlayıcı, teslim aldığı kargoları şehir içinde daha küçük araçlarla taşımak üzere dağıtım şubesine ulaştırır. Buradan çıkan dağıtım araçları (genelde kamyonet veya panelvan) kargoları bayilere ulaştırır.

S: Bayi Sayısı: Alıcı müşteri olarak da adlandırılan bayiler, lojistik hizmet sağlayıcının müşterilerinin, kargolarını ulaştırmak istedikleri noktalardır.

5.4.2 Kısıtlar:

$J_x \leq K_x$ (Araca kapasitesinden fazla yük yüklenemez.)

$OV_{ik} - C_{vik} = 0$ (Her müşterinin talebi karşılanmalıdır.)

5.4.3 Amaçlar:

$\min (\sum M_{ij} + \sum T_{jk} + \sum L_{ks})$ (toplam taşıma akaryakıt maliyetinin minimizasyonu)

$\min (\sum Q_{ij} + \sum W_{jk} + \sum F_{ks})$ (toplam taşıma süresinin minimizasyonu)

$\max (\sum H)$ (toplam taşınan kargonun maksimizasyonu)

5.4.3.1 Birinci Amaç: Toplam Taşıma Akaryakıt Maliyetinin Minimizasyonu:

Bir lojistik sistemdeki toplam taşıma maliyeti aşağıdaki unsurlardan meydana gelir;

1- Akaryakıt maliyeti:

Taşıyıcı araç yaptığı her kilometre için sabit kabul edilen bir oranda yakıt harcamasına sahiptir. Bu oranlar yapılan yolun ortalamasına bakıldığında sabit bir değer olarak kabul edilebileceği gibi; lojistik hizmet sağlayıcı firma, alt tedarikçilerinden taşıyıcı araç tedarik ederken hazırlanan sözleşmede de sabit akaryakıt yakma oranları kabul edilmektedir. Piyasada Kabul edilen yakma oranları genelde; kamyonetler (standart 3500 desi kapasiteli NC kamyonet) için kilometrede 0.18 Lt. mazot, kamyonlar (standart 13000 desi, 10 teker kamyon) için kilometrede 0,24 Lt mazot; kırkayaklar (standart 18000 desi kırkayak) için kilometrede 0,30 Lt. mazot, tırlar (standart 24000 desi tır) için 0.40 Lt. mazottur.

2- Personel maliyeti:

Aracı kullanan şoför maliyetidir. Eğer sistemde kullanılacak araç günlük olarak belli bir saatten fazla yol yapacaksa bu araç için çift şoför planlanır ve personel maliyeti iki katına çıkar.

3- Elleçleme maliyeti:

Araç bir lojistik merkezine ulaştığında; bu lokasyondan yük alabilir veya yük indirebilir. Her iki durumda da bu yüklerin taşınması için personel maliyeti oluşmaktadır. Bu çalışmada

taşıma maliyeti için güncel bir maliyet kabulü kullanılmıştır. (desi başına 5 YKR)

4- Bakım maliyeti:

Aracın yıpranma oranına bağlı olarak yapılması gereken periyodik ve periyodik olmayan bakımların maliyetidir. Eğer lojistik hizmet sağlayıcı firma, taşıyıcı aracı bir alt tedarikçiden tedarik ederse, genel yaklaşım bakım maliyetlerinin alt tedarikçi tarafından karşılanmasıdır.

5-Sabit maliyet:

Lojistik hizmet sağlayıcı eğer aracı satın almış ve öz malı haline getirdiğinde; kullandığı finansal çözüme bağlı olarak, bir süre için aylık olarak ödeme yapar. Eğer lojistik hizmet sağlayıcı söz konusu aracı bir alt tedarikçiden tedarik ederse yine her ay belli bir kira maliyeti ödemektedir. Üçüncü bir seçenek ise aracın spot piyasadan (kamyon pazarları gibi) tek seferlik tedarik edilmesidir. Bu durumda tek sefer için belli bir sefer parası ödenir.

Bu çalışmada sunulan çözümde; yukarıda incelenmiş olan maliyet kalemlerinden akaryakıt maliyeti ve elleçleme maliyeti, esas maliyet kalemleri olarak kullanılacak ve diğer kalemler sabit sayılacaktır. Bunun sebebi; planlama sürecinde etki edilebilen maliyet kalemlerinin; akaryakıt (planlanan rotanın uzunluğuna göre akaryakıt harcanır) kalemi ve elleçleme (planlanan yükleme/indirme durumuna göre oluşur) kalemi olmasıdır. Planlamada alınan kararlar; bakım maliyeti, personel maliyeti ve sabit maliyete direkt etki yaratmamaktadır.

5.4.3.2 İkinci Amaç: Toplam Taşıma Süresinin Minimizasyonu:

Lojistik süreçlerini, lojistik hizmet sağlayıcı firmalara aktaran müşteriler, söz konusu süreçlerini bir yıllık kontratlarla ve tamamen (tüm taşıma organizasyonları ve hatta depoları) dış kaynak sağlayıcıya devretme eğilimindedir. Bu duruma kontrat lojistiği adı verilmekte ve tüm Dünya üzerinde artan bir eğilimle tercih edilmektedir.

Kontrat lojistiği kapsamında hizmet satın almak isteyen firma, lojistik hizmet sağlayıcıya başvurduğunda, lojistik hizmet sağlayıcı müşteriye teklif verirken, teklifin ek kısmına; herhangi bir lokasyondan başka bir lokasyona ne kadar zamanda ulaşacağına dair bir dağıtım planı verir. Örnek olarak; İstanbul'dan Ankara'ya ulaşım süresi eğer 1 gün verilmişse, müşteri hizmet sağlayıcıya kargoyu verdikten sonraki gün ulaşacağı noktaya teslim etmesini ister. Bu durumdan dolayı hazırlanan taşıma planlarının belirli süre kısıtlarına uymaları gerekir.

Bu çalışmada sunulan çözümde planlanacak lokasyonlara ait en büyük taşıma süresi, limit

süre olarak verilmekte, bu süreyi aşan planlar dikkate alınmamaktadır. Ayrıca daha düşük sürede taşımayı yerine getiren planlar daha tercih edilebilir kabul edilerek ön plana alınmaktadır.

5.4.3.3 Üçüncü Amaç: Toplam Taşınan Kargonun Maksimizasyonu:

Lojistik hizmet sağlayıcıların müşterileri, her gün sözleşmede yazan belli bir saate (cut-off time) kadar; ne kadar kargolarının nereden nereye taşınacağına bilgisini iletmek zorundadır. Lojistik hizmet sağlayıcı gün içinde belirli bir saate kadar aldığı bu bilgilere göre taşıma planını hazırlar. Buradaki amaç daima tüm kargonun istenen yere taşınması olmakla beraber, zaman zaman çok küçük kargolar (birkaç bin desi) çok yoğun olmayan bir lokasyona gönderilecekse; alınacak radikal bir karar ile o gün sevk edilmeyip bir gün bekletilebilir. Yerde kalma adı verilen bu durum, istenmeyen bir karar olarak kabul edilse de bazen maliyet göz önüne alınarak gündeme alınabilir.

5.5 Yazılan Bilgisayar Programının Mantığı:

Problemin çözümü için burada önerilen program; simülasyon ve karar verme proseslerini birleştirerek; daha iyi çözümlere kendi kendine ulaşabilecek otonom bir yaklaşımdır.

Arena ve Promodel gibi simülasyon programlarında, kullanıcı mevcut bir sistemi önce programda oluşturur, parametreleri ve veri dağılımlarını tanımladıktan sonra programı çalıştırır. Program daha sonra kendisine tanımlanan sınırlar içerisinde sistemi işletir ve gerekli parametreleri sunar. Tora; Simnet ve QM gibi programlarda ise program kendisine tanımlanan amaç fonksiyonu ve kısıtlara göre çözümü sunar. Bu çalışmada sunulan çözüm ise; programın kendi karar takımlarını oluşturması (sunulan kısıtlar içinde) ve bu karar takımlarını simüle ederek maliyet etkinlik açısından değerlendirmektedir. Yani hem karar oluşturup ardından bu kararı değerlendiren bir çözüm önerilmektedir. Program çözümleri oluşturmakta ve bir Access veritabanına aktarmaktadır. Her karar alternatifinin içeriği (araçların uğrayacağı duraklar; kararın taşıyabildiği kargo; kararın maliyeti) veritabanına bir satır olarak yazdırılmakta, ardından kararın maliyet etkinlik oranına göre veritabanında otomatik sıralama yapılmaktadır. Bu sayede bulunan en iyi çözüm ilk satıra yazılmaktadır.

5.5.1 Kullanılan Nesneye Yönelik Programlama Mantığı:

Yazılan programda her taşıyıcı araç bir nesne olarak tasarlanmıştır. Bu nesneler kendilerine yüklenen; kapasite, yakma oranı, bekleme süresi gibi yerel (programda sadece kendi nesnesi için geçerli değişken) parametrelerle işlem görürler.

Çalışan nesneler gerçek hayattaki taşıyıcı araçlara karşılık gelmektedir. Planlanan lojistik merkezinde yük alırlar, planlanan merkeze ilerlerler, bu sırada yakıt harcarlar, bir varış noktasına ulaştıklarında kargo indirip bindirirler.

Kullanılan nesneye yönelik programlama mantığı sayesinde, programdaki tüm hiyerarşiler açık olarak belirlenmiş, öngörülemez (program kodundan kaynaklanmayan) mantık hatalarının önüne geçilmiştir. Ayrıca kullanılan sistem mimarisinde, sistemin kullandığı arabellek her zaman düzenli olarak temizlenmiş ve hız arttırılmıştır. Bu sayede milyon seviyesinde çözüm kümesi ile bir saatin altında çalışılabilmektedir. Hesaplama süreleri ile ilgili test sonuçları; “Sayısal Sonuçlar” bölümünde sunulmuştur.

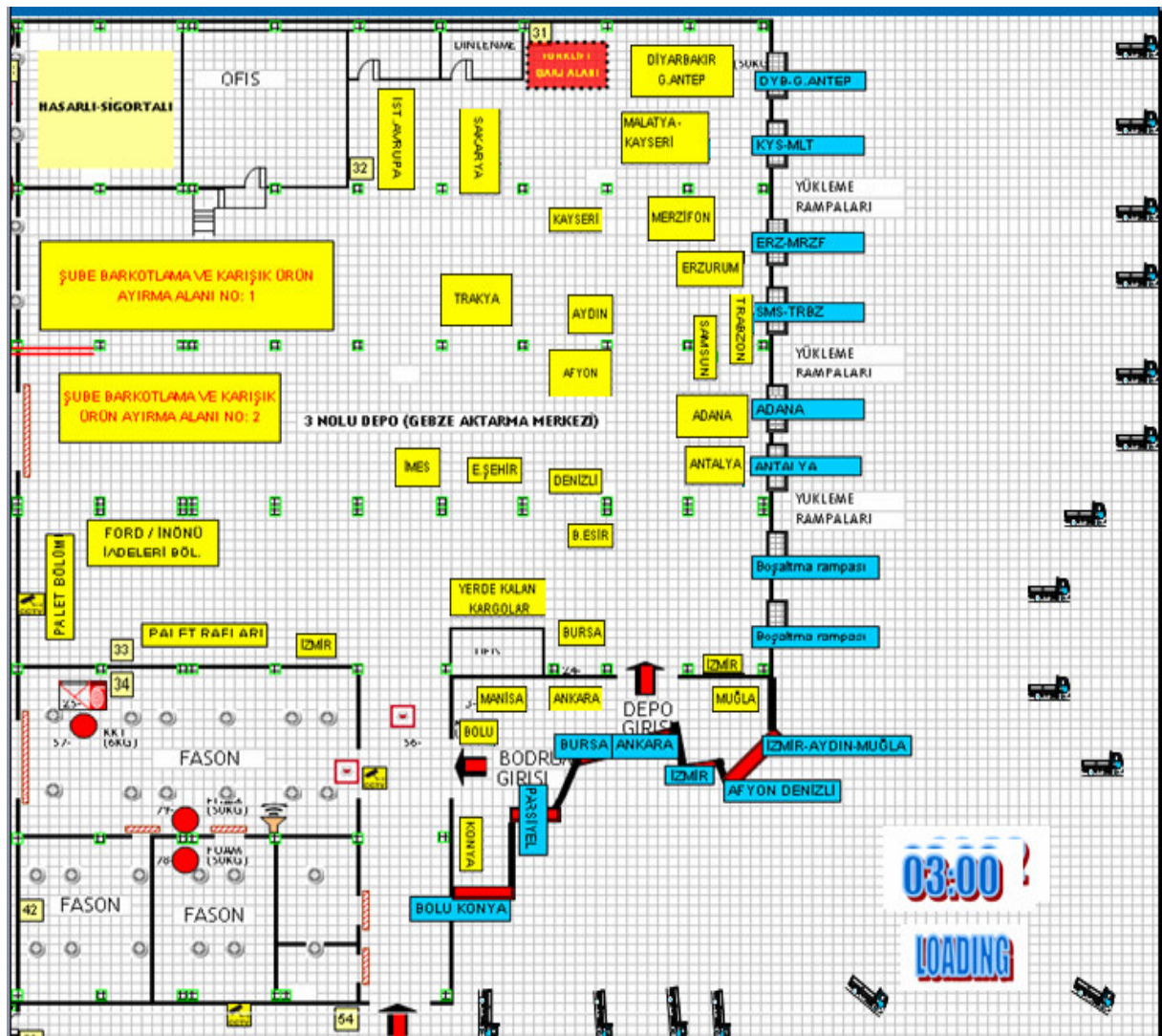
5.5.2 İncelenen Örnek Sistem:

Sözkonusu problemin gerçek hayattaki tipik bir örneğinin analizi, Türkiye’de ki bir lojistik şirketine ait lojistik sisteminin incelenmesi ile açıklanabilir. Sözkonusu şirket Türkiye çapında müşterilerinden aldığı ürünlerini lojistik merkezlerinde birleştirmekte, doluluk oranları maksimize edebilecek rotaları planlamaktadır. Sözkonusu lojistik sistemin rota yapısı şekil 5.5.2.1’deki gibidir.



Şekil 5.5.2.1 Bir lojistik Şirketinin Rota Yapısı

Sözkonusu lojistik sisteminde, kargolar müşterilerden alınmakta, lojistik merkezlerine getirilmekte ve konsolide edilmektedir. Müşteriden alım işlemi genel olarak gün içinde saat 17:00 'ye kadar bitirilmekte, daha sonra rampalara yanaşan araçlara yükler planlandığı gibi yüklenmektedir. Şekil 5.5.2.2'de sözkonusu sisteme ait bir lojistik merkezindeki kargo ve rampa yerleşim organizasyonu görülmektedir. Bu tip transfer merkezlerinde araç çıkışları sabah karşı 3:00 ile 4:00 sularında bitirilmektedir.



Şekil 5.5.2.2 Bir lojistik şirketine ait kargo ve rampa yerleşim organizasyonu

5.5.3 Programa girilmesi Gereken Değerler:

Çok Amaçlı Bulanık optimizasyon ile Network Taşıma Planlaması

Birinci Taşıyıcı İçin Değerler

HIZ (KM/SA)	ARAÇ KAPASİTESİ (DEİ)	YAKMA ORANI(LT./KM)	ARA TRANSFER SÜRESİ
30	449	22	10

İkinci Taşıyıcı İçin Değerler

HIZ (KM/SA)	ARAÇ KAPASİTESİ (DEİ)	YAKMA ORANI(LT./KM)	ARA TRANSFER SÜRESİ
32	350	20	10

Üçüncü Taşıyıcı İçin Değerler

HIZ (KM/SA)	ARAÇ KAPASİTESİ (DEİ)	YAKMA ORANI(LT./KM)	ARA TRANSFER SÜRESİ
32	400	20	10

Çözüm Parametreleri

Örnek Sayısı	Zaman Hedefi
100	960

Bir Örneklik Çözüm Durumu

Tüm Çözümlerin Durumu

Bulanıklaştırma

BAŞLA

Şekil 5.5.3 Program Kullanıcı Arayüzü

Şekil 5.5.3’de görülen programın kullanıcı arayüzüdür. Bu ekranda taşıyıcıların özellikleri ve temel program parametreleri tanımlıdır. Bir taşıyıcı için tanımlanan değerler;

- 1- Hız: Taşıyıcının ortalama hızıdır. Örnek olarak şehirlerarası yük taşıyan kamyonlar için 65 km/sa, tırlar için 60 km/sa kabul edilebilir.
- 2- Kapasite: Taşıyıcının desi cinsinden taşıyabileceği yük hacmidir. Örnek olarak kamyonlar için 13000 desi, tırlar için 24000 desi, kırkayaklar içinse 18000 desi kabul edilebilir.
- 3- Yakıt tüketimi: Taşıyıcının hareket ederken km başına kaç litre motorin harcadığı bilgisidir. Örnek olarak; kamyonlarda bu oran 0.24 lt, tırlarda ise 0.40 lt’dir.
- 4- Bekleme Süresi: Taşıyıcı ara noktalarda aktarma için durduğunda yükleme boşaltma için bekleyeceği süredir. Bazı planlarda 45 dakika kabul edilir, o günkü planın cinsine göre değiştirilebilir.

Taşıyıcılar için yukarıdaki tüm değerler doğru biçimde girilmelidir. Ekranın daha alt kısmında

bulunan “çözüm parametre sayısı” kısmında girilen sayı, programın kaç alternatif karar takımı üretip bunu simüle edeceğini belirler. Ne kadar çok alternatif belirlenirse program o kadar optimuma yakın sonuç üretir.

“Plan zaman hedefi” girişinden planın ne zaman sonlandırılması hedeflendiği yazılmalıdır. Burada kastedilen şudur; lojistik hizmet sağlayıcı müşterilerine ulaşım süresi olarak bir performans değeri sunar ve bunu garanti eder. Örneğin İstanbul-Erzurum ulaşım süresini 3 gün kabul edersek, program bize İstanbul- Erzurum kargolarını 4 günde taşıyarak daha optimum bir çözüm üretebilir. Ancak bu seferde müşteriye söz verilmiş olan ulaşım süresi aşılmış olur. Plan zaman hedefi parametresinde, sözkonusu planın ne kadar zaman içerisinde nihayetlenmesi isteniyorsa bu değer dakika cinsinden yazılmalıdır. Bu durumda program ulaşım süresi değerlerine daha yakın çözümler oluşturur.

Planlama yapılacak lokasyonlar arası mesafe ve lokasyonlar arası hacim-talep datası veritabanına yazılmaktadır.

5.5.4 Programın Algoritması ve Çözüm Oluşturma Metodu:

Programa gerekli parametreleri tanımlayıp başlat butonuna bastığımızda;

- 1- Program her taşıyıcıyı rassal olarak bir lokasyona atar. Örnek olarak birinci Kamyonun İstanbul’dan başlayacağı kabul edilir.
- 2- Tüm taşıyıcılar bir başlangıç pozisyonuna atandıktan sonra taşıyıcılara rassal olarak gidecekleri noktada atanır. Örnek olarak başlangıç lokasyonu İstanbul olarak atanan taşıyıcının varış noktası Ankara olarak kabul edilir.
- 3- Taşıyıcı bulunduğu lokasyondan gideceği lokasyona ne kadar yük varsa alır. Örnek olarak İstanbul-Ankara taşınması gereken kargo 10000 desi ise bu araca yüklenir.
- 4- Yüğü alan taşıyıcı harekete başlar,
- 5- Taşıyıcılar hareket ederken program her taşıyıcıya tanımlanan yakma oranına göre mazotu harcatır ve zamanı ilerletir. Örnek olarak, İstanbul-Ankara olarak hareket eden

araç kamyon ise her kilometrede; (akaryakıt maliyeti = $0,30 * \text{Mazot fiyatı}$) şeklinde oluşan maliyeti her kilometrede harcar.

- 6- Bir varış noktasına ulaşan taşıyıcı yükünü boşaltır.
- 7- Yükünü boşaltan taşıyıcı için Adım 2 ye tekrar gidilir.
- 8- Program “Plan hedef süresi” dolana kadar simülasyona devam eder ve ilk çözüm takımını simüle etmiş olur.
- 9- Çözüm parametre sayısına ulaşıncaya kadar yukarıdaki işlemler tekrar edilir, sonuçlar veritabanına kaydedilir.
- 10- Veritabanında sonuçlar, maliyet/etkinliğine göre sıralanarak, bulunan çözümlerden en iyisi seçilir.

5.5.5 Problemin Girdileri:

Problemin çözümüyle ilgili hazırlanan sistemde, 4 farklı lokasyon ve 3 farklı taşıyıcı kullanılmıştır.

Kullanılan 4 lokasyon 1’den 4’e kadar rakamlarla kodlanmıştır. Bu lokasyonlara ait uzaklık matrisi Çizelge 5.5.4.1’teki gibidir. (değerler Km cinsinden verilmiştir)

Çizelge 5.5.4.1 Lokasyonlar arası uzaklık matrisi

	1	2	3	4
1				
2	100			
3	125	123		
4	138	145	167	

Programda kullanılan taşıyıcılar için ise çizelge 5.5.4.2’deki değerler kabul edilmiştir. Ayrıca hangi lokasyondan, hangi lokasyona her saat başı kaç birim kargo gönderimesinin talep edildiği **Ek-2** kısmında sunulmuştur.

Çizelge 5.5.4.2 Lokasyonlar arası uzaklık matrisi

	Taşıyıcı 1	Taşıyıcı 2	Taşıyıcı 3
Hız(km/sa)	30	32	32
Kapasite	449	350	400
Yakma Oranı(0.x lt/Km)	22	20	20
Ara Transfer Süresi	10	10	10

5.5.6 Veritabanına yazılan değerler :

Çizelge 5.5.6 Programın Veritabanına Yazdırdığı Değerler

Microsoft Access - [Tablo1 : Tablo]								
	ref	Taşıyıcı 1	Taşıyıcı 2	Taşıyıcı 3	Taşıyan Kargo	Yakıt	oran	Süre
	114988	3212121413134	2132313412342	4142313121324	31732	17524	1,809631848914	İyi
	114989	2134314213234	2121242423141	4321314212432	29862	17114	1,743219638695	Çok Fazla
	114990	4242142131432	2312431213423	2143413131234	29195	17292	1,687530960927	İyi
	114991	3213134343421	4121312312421	1424232143423	31833	16694	1,906512371065	Çok Fazla
	114992	2343242141214	1414132142413	4324213123241	31328	17134	1,827227443261	İyi
	114993	4141231243232	2321323134241	4214123142342	30039	16860	1,781777593867	İyi
	114994	1234343421412	2342423232414	1212134142141	33821	17132	1,975674501634	İyi
	114995	4213242424232	2343241242134	4212143143232	31523	16380	1,924574207965	İyi
	114996	4313142142314	2321234243421	1234213142412	31617	17350	1,822405295414	Orta
	114997	2413413232313	2434212143421	3434121413231	31151	17220	1,808121237495	Orta
	114998	3231342342323	3212142324132	4231424131423	32373	16708	1,937079013836	Orta
	114999	4323413434131	3131421212424	4243243124343	30967	17002	1,822906953655	Orta
	115000	2313231424343	4232423241434	3434132321343	30918	17000	1,820563916905	Orta
	115001	2412423434242	2434342324232	1431323231321	31499	16412	1,920993798277	Orta
	115002	4131212124324	2131413242324	1341243432342	29845	17270	1,728772602335	İyi
	115003	1213243412141	2124314134234	1243242424213	31839	16888	1,885862723781	İyi
	115004	2434121314323	4312131342412	2312342143421	30689	16682	1,840057285336	İyi
	115005	4341421323121	1324324213141	4124234341412	29436	16980	1,732850349650	İyi
	115006	4313412143231	2131434141212	4142323413213	29247	17580	1,664617164235	İyi
	115007	1312421243134	1313141431242	2124241314242	30437	17130	1,776922863531	Fazla
	115008	4234323421213	3124142141214	2121232131432	36329	16758	2,166776592158	Fazla
	115009	4312341231343	1234321312134	3123132124134	30416	17002	1,788652441555	Fazla
	115010	1434241432312	3142423131212	4132412314314	32384	17220	1,880410550711	Fazla
	115011	4132134121421	4324142321243	3241434123234	30607	17004	1,798851047346	Fazla
	115012	1412421312121	3134212134241	2313132132134	30289	17484	1,733701663465	Fazla
	115013	1423143123243	2324313241243	1242123412424	30207	17062	1,770806580800	Fazla
	115014	4314241343212	3141424323141	3142432424131	29165	16766	1,738533520415	Fazla

Yukarıdaki veritabanı dosyasında 10 tane çözümün sıralaması görülmektedir. T1,T2 ve T3 taşıyıcı araçlardır ve altlarındaki 1 den 4 e kadar olan değerler 4 adet lokasyonun kodlarıdır. Yani T1 in altında bulunan satırda T1 in hangi rotada ilerleyeceği planlanmıştır. Yakıt başlığı altında ise 3 taşıyıcının bu karar takımı ile simüle edilmesi sonucu ne kadar yakıt harcayacağı görülmektedir. Taşıyan deside ise sözkonusu karar alternatifi sonucu kaç desinin taşınacağı görülmektedir. Oran kısmında; Yakıt/taşıyan desiyani maliyet etkinlik oranı sunulmaktadır. Son olarak maliyet etkinlik oranına göre çözümler sıralanmakta ne en iyi çözüm ilk sırada görülebilmektedir. Çözüm sayısı ne kadar artarsa; daha iyi değerlere ulaşılmaktadır.

Çizelge 5.5.5'teki ilk çözüm satırına bakıldığında öncelikle her taşıyıcı için bir rota planı oluşturulduğu görülebilir. Bu rota planı daha öncede açıklandığı gibi 1'den 4'e kadar kodlanan lokasyon kodlarının yanyana yazılmasıyla sunulur. Yani "Taşıyıcı 1";ilk olarak 3 numaralı lokasyondan harekete başlayacak, daha sonra 2 numaralı lokasyona hareket edecektir. Bu sırada 3'den 2'ye doğru talep edilmiş kargolarıda taşıyacaktır. Daha sonraki

hareketi ise 1 lokasyonuna olacaktır ki aynı şekilde 2’den 1’e doğru talep edilen kargolarıda taşıyacaktır.

“Taşınan kargo” sütununda ise, bu sistemin, sözkonusu rota planıyla kaç birim kargo taşıyabileceği sunulmaktadır. Amaçlardan biride Taşınan kargonun maksimizasyonu olduğu için, program bu değeri mümkün olduğunca yükseltmeye çalışır.

“Harcanan Yakıt” sütununda, bu sistemin toplamda ne kadar yakıt harcayacağı görülmektedir. Problemdeki amaçlardan biride akaryakıt maliyetinin minimizasyonudur. Bu nedenle program bu değeri mümkün olduğunca küçültmeye çalışır.

“Oran” sütununda ise (Taşınan Kargo/Harcanan Yakıt) yani etkinlik/maliyet oranını hesaplar. Bu oran sayesinde programın oluşturduğu karar gruplarını, etkinlik maliyet oranına göre sıralayabilmek mümkündür. Yani oran sütununda en yüksek değere sahip çözüm gurubu, birim yakıtla en çok kargoyu taşıyan sistemdir, diğer bir deyişle planlanan en verimli sistemdir.

“Süre” sütunu ise planlamaya direkt etkisi olmayan ancak karar verici için taşıma süresi alternatifini de sunan bölümdür. Bu sütunda, taşıyıcıların günlük ortalama taşıma süreleri, çok iyi, iyi , kötü şeklinde çözümlenmektedir. Çok iyi grubu bir taşıyıcının günlük ortalama 6-9 saat süreyle taşıma yapması, iyi grubu bir taşıyıcının günlük ortalama 0-6 saat süreyle taşıma yapması, kötü grubu bir taşıyıcının günlük ortalama 9 saatten fazla süreyle taşıma yapmasını ifade eder. 9 saat, tek şoför için günlük yasal araç kullanma süresidir ve eğer plan bu süreyi aşıyorsa, program “kötü” uyarısını oluşturur.

5.6 Sayısal Sonuçlar:

Bu çalışmada; 3. parti lojistik hizmet sağlayıcılarının, birçok farklı müşterinin kargolarının birleştirilerek daha verimli bir taşıma planı yapabilmelerine yönelik olarak bir “çok amaçlı bulanık optimizasyon” modeli geliştirilmiş, ayrıca uygulamaya yönelik olarak Delphi ortamında ve nesneye yönelik programlama mantığıyla bir yazılım geliştirilmiştir.

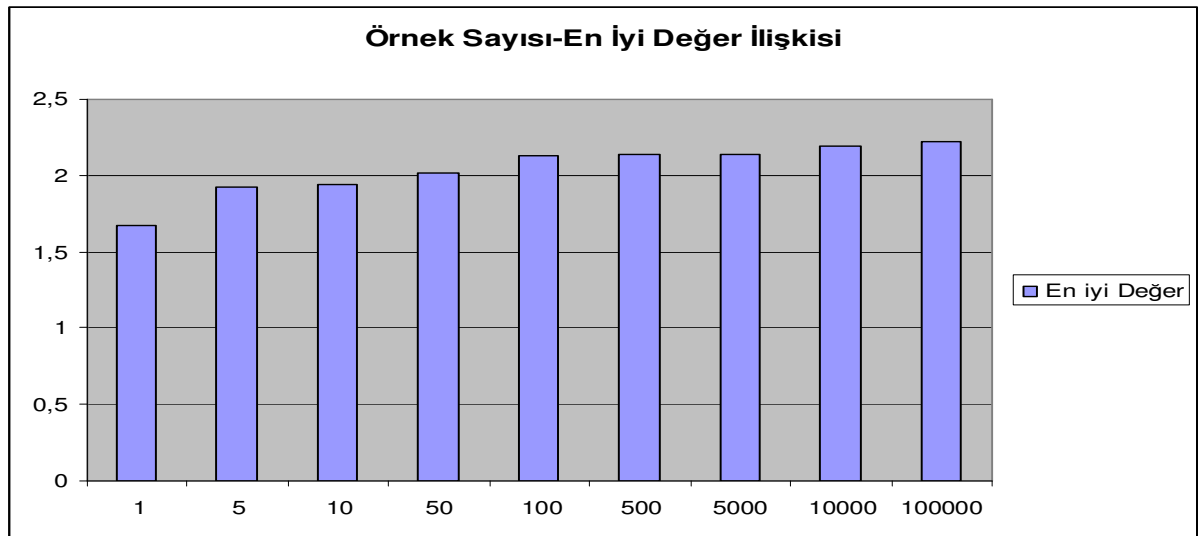
Söz konusu yazılım gerçeğe uygun senaryolarla test edilmiş, oluşturulan çözümlerin verimliliği (maliyet, taşınan kargo ve taşıma süresi açısından) incelenmiş, ayrıca hesaplama süreleri de incelenmiştir. Yazılımın çalıştırıldığı sistem; 2.0 Ghz işlemci ve 512 Mb Ram ile donatılmıştır. Yazılımın kullandığı veritabanları için yaklaşık 2 Gb’lık boş disk alanı gereklidir.

5.6.1 Örnek Sayısı- En İyi Değer İlişkisi:

Örnek sayısı arttırıldıkça çözümündeki iyileşme açıkça görülmektedir. Örnek sayısı 1 den 100.000 e çıkarıldığında çözüm yaklaşık %33 iyileşmektedir.

Çizelge 5.6.1 Örnek Sayısı- En İyi Değer İlişkisi

Örnek Sayısı	En iyi Değer
1	1,6771
5	1,9217
10	1,9378
50	2,0143
100	2,1303
500	2,1392
5000	2,1413
10000	2,1941
100000	2,2258



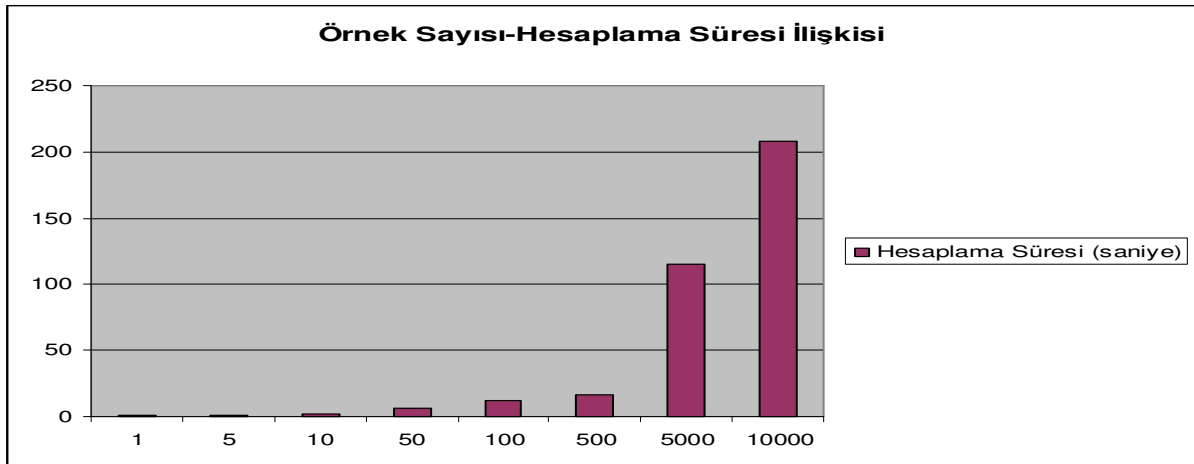
Şekil 5.6.1 Örnek Sayısı- En İyi Değer İlişkisi

5.6.2 Örnek Sayısı- Hesaplama Süresi İlişkisi:

Hesaplama süresine baktığımızda ise; uygulanan nesneye yönelik programlama tekniği sayesinde, örnek sayıları 4 haneli rakamlara ulaştığında, örnek sayısındaki artış oranına göre, hesaplama süresindeki artışın daha düşük kaldığı gözlenmektedir. Bu sayede çok daha yüksek örnek sayılarında, uygulanabilir hesaplama süreleri ile sonuçlara ulaşılabilir. Örnek sayısı aritmetik artarken, hesaplama süresinin logaritmik artış gösterdiği görülmektedir. Bunun sebebi veritabanı sorgularıdır. Bu programın deneysel niteliği sebebiyle tüm oluşturduğu örnekleri veritabanına yazdırması sonucu bu durum oluşmaktadır. Normal şartlarda program, oluşturduğu her örneği bir öncekiyle karşılaştırır, hangisi daha iyi ise iyi olanı alıp, kötüyü yok eder. Bu şekilde devam ettiğinde hesaplama süresi dahada kısaltılabilir.

Çizelge 5.6.2 Örnek Sayısı Hesaplama Süresi İlişkisi

Örnek Sayısı	Hesaplama Süresi (saniye)
1	0,8
5	1,18
10	1,65
50	6,19
100	12,19
500	16,89
5000	115,6
10000	207,73



Şekil 5.6.2 Örnek Sayısı- Hesaplama Süresi İlişkisi

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER:

Bu çalışmada 3. parti lojistik hizmet sağlayıcıların, çok müşterili ve çok birimli tedarik zinciri sistemlerindeki taşıma planlarını optimum yapabilmeleri için, çok amaçlı bulanık optimizasyon yaklaşımı ile bir model geliştirilmiş ve çözümleme amacıyla geliştirilen bir bilgisayar programı sunulmuştur.

Çalışmada sunulan çözümde, N kademeli ve bağımsız düğüm sayısına sahip sistemlerde, yük konsolidasyonu ve planlamaya destek verebilecek, rassal simülasyon mantığı ile çözümler oluşturan ve bu çözümlerin en iyisini sıralama yoluyla bulan bir yaklaşım açıklanmıştır.

Sunulan çözümün özellikleri;

- Bağımsız düğüm yapısı (her müşteri, bayi, depo, lojistik merkezi...vb tedarik zinciri unsurlarının birer düğüm olarak tanımlandığı) ile N kademeli bir yapının çözümlenebilmesi,
- Taşıma sürelerinin belirsiz olması, (bu süreler için aralıklar oluşturulmuş ve sistemin bu aralıklara göre karar vericiye destek vermesi sağlanmıştır. Örnek olarak tek şöfor için günlük yasal araç kullanma limiti olan 9 saati aşan bir planda, sistem kullanıcıya taşıma süresini “kötü” olarak sunar.)
- 3. parti lojistik hizmet sağlayıcıların tedarik zincirlerindeki taşıma planlarına yönelik olması,(sözkonusu firmaların yük konsolidasyonu planlamalarını yapabilecek, doluluk oranlarını yükseltecek, ürünlerin zamanında teslimini sağlayabilecek planlar oluşturulması sağlar.)
- Modelin çözümü amacıyla Delphi de yazılmış bir program içermesi,(söz konusu program nesneye dayalı programlama tekniğiyle yazılmıştır. Belirlenen zaman

aralıklarında, tüm sistemi simule edebilmekte ve sistem için kritik karar parametreleri kullanıcıya sunabilmektedir.

Şeklinde sayılabilir.

Özellikle günümüzde yükselişte olan lojistiğin dış kaynak kullanımına aktarılması eğiliminin gelecekte artarak devam edeceği öngörüsünden hareketle, bu çalışmada sunulan çözümlerin 3. parti lojistik hizmet sağlayıcılar için kullanılabilir bir çözüm olduğu ve gelecek araştırmalar içinde bir temel teşkil edeceği söylenebilir.

KAYNAKLAR

- Ahumada Omar ve Villalobos J. Rene, (2008), "Application of planning models in the agri-food supply chain: A review", *European Journal of Operational Research*
- Al-Ameri Tareq A., Shah Nilay ve Papageorgiou Lazaros G., (2007), "Optimization of vendor-managed inventory systems in a rooling horizon framework", *Computers & Industrial Engineering*, 54: 1019–1047
- Aliev R.A., Fazlollahi B., Guirimov B.G. ve Aliev R.R., (2007), "Fuzzy-genetic approach to aggregate production-distribution planning in supply chain management", *Information Sciences* 177: 4241–4255
- Al-Othman B.E., Labadibi Haitham M.S., Alatiqi Imad M.ve Al-Shayji Khawla, (2007), "Supply chain optimization of petroleum organization under uncertainty in market demands and prices", *European Journal of Operational Research* 189: 822–840
- Boissiere J., Freain Y. ve Rapine C., (2007), "Lot-sizing in a serial distribution system with capacitated in-system production flow", *Int. J. Production Economics* 112: 483–494
- Bottani Eleonora ve Rizzi Antonio, (2007), "An adapted multi-criteria approach to suppliers and products selection—An application oriented to lead-time reduction", *Int. J. Production Economics*, 111:763–781
- Chang Ching-Ter, Chiou Chei-Chang, Liao Yi-Sing ve Chang Shu-Chin, (2007), "An exact policy for enhancing buyer-supplier linkage in supply chain system.", *Production Economics* 113 : 470–479
- Chen Cheng-Liang, Yuan Tzu-Wei ve Lee Wen-Cheng, (2007), "Multi-criteria fuzzy optimization for locating warehouses and distribution centers in a supply chain network", *Journal of the Chinese Institute of Chemical Engineers* 38: 393–407
- Chou Shuo-Yan, Chang Yao-Hui ve Shen Chun-Ying, (2007), "A fuzzy simple additive weighting system under group decision-making for facility location selection with objective/subjective attributes", *European Journal of Operational Research* 189: 132–145
- Choua Tsung-Yu, Hsub Chia-Lun ve Chenc Mei-Chyi, (2007), "A fuzzy multi-criteria decision model for international tourist hotels location selection", *International Journal of Hospitality Management*, 27: 293–301
- Choui Shuo-Yan ve Chang Yao-Hui, (2007), "A decision support system for supplier selection based on a strategy-aligned fuzzy SMART approach", *Expert Systems with Applications*, 34: 2241–2253
- David Israel ve Eben-Chaime Moshe, (2008), "How accurate is the integrated vendor-buyer continuous model?", *International Journal of Production Economics*
- F. Dabbene, Gay P. ve Sacco N., (2007), "Optimization of fresh-food supply chains in uncertain environments, Part II: A case study", *Biosystems Engineering* 99: 360 – 371
- Glickman Theodore S. ve White Susan C., (2007), "Optimal vendor selection in a multiproduct supply chain with truckload discount", *Transportation Research Part E* 44: 684–695

- Gunasekaran Angappa ve Nga Eric W.T., (2008), “Modeling and analysis of build-to-order supply chains”, *European Journal of Operational Research*
- Guosheng Hu ve Guohong Zhang, (2006), “Comparison on neural network and support vector machines in suppliers’ selection”, *Journal of Systems Engineering and Electronics*, No. 2:316–320
- Gülenç Figen ve Bilge Karabulut, (2005), “ Doğrusal Hedef Programlama ile Bir Üretim Probleminin Çözümü”, *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (9)-1:55-68
- Hennet Jean-Claude ve Arda Yasemin, (2007), “Supply chain coordination: A game-theory approach”, *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 21: 399–405
- Huang George Q. ve Qu T., (2007), “Extending analytical target cascading for optimal configuration of supply chains with alternative autonomous suppliers”, *International Journal of Production Economics*
- Hunga Kuo-Chen, Yanga Gino K., Chub Peter ve Jinc Warren Tsu-huei, (2008), “An enhanced method and its application for fuzzy multi-criteria decision making based on vague sets”, *Computer-Aided Design*
- Jain Vipul, Benyoucef Lyes ve Deskmukh S. G., (2007), “A new approach for evaluating agility in supply chains using fuzzy association rules mining”, *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 21: 367–385
- Kayacan Cengiz, Çelik Abdurrahman ve Selma Özlem, (2003), “Tornalama İşlemelerinde Kesici Takım Aşınmasının Bulanık ile Modellenmesi”, *Mühendislik ve Makine Dergisi*, Kasım-Sayı 526
- Keleşoğlu Ömer ve Ülker Mehmet, (2006), “ Düzlem Çerçeve Sistemlerin Bulanık Çok Amaçlı Optimizasyon ile Çözümü”, *İMO Teknik Dergi*, 3771-3782-Yaz.248
- Kıyak Emre ve Kahvecioğlu Ayşe, (2003), “Bulanık Mantık ve Uçuş Kontrol Sistemine Uygulanması”, *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, Temmuz Cilt1,Sayı 2163-723
- Kim Moon-Chan, Kim Chang Ouk, Hongi Seong Rok ve Kwon Ick-Hyun, (2007), “Forward-backward analysis of RFID-enabled supply chain using fuzzy cognitive map and generic algorithm”, *Expert Systems with Applications* 35: 1166–1176
- Liang Tien-Fu ve Cheng Hung-Wen, (2008), “Application of fuzzy sets to manufacturing/distribution planning decisions with multi-product and multi-time period in supply chains”, *Expert Systems with Applications*
- Lin Fu-ren, Kuo Hui-chun ve Lin Shyh-ming, (2008), “The enhancement of solving the distributed constraint satisfaction problem for cooperative supply chains using multi-agent systems.”, *Decision Support Systems*
- Ma J., Ruan D., Xu Y. ve Zhang G., (2006), ““A fuzzy-set approach to treat determinacy and consistency of linguistic terms in multi-criteria decision making”, *International Journal of Approximate Reasoning*, 46: 254
- Mello M.T., Nickel S. Ve Saldanha-Da-Gama F., (2008), “Facility location and supply chain management”; *European Journal of Operational Research*, 1016-10
- Nagurney Anna, (2007), “A system- optimization perspective for supply chain network integration: The horizontal merger case”, *Transportation Research Part E*

- Ouhimmou M., D'Amours S., Beauregard R., Ait-Kadi D. ve Chauhan S. Sing, (2007), "Furniture supply chain tactical planning optimization using a time decomposition approach", *European Journal of Operational Research*, 189: 952–970
- Petrovic Dobrila, Xie Ying, Burnham Keith ve Petrovic Radivoj; (2006), "Coordinated control of distribution supply chains in the presence of fuzzy customer demand"; *European Journal of Operational Research*, 185: 146–158
- Puigjaner Luis ve Guillen-Gosalbez Ganzalo, (2007), "Towards an integrated framework for supply chain management in the batch chemical process industry", *Computers and Chemical Engineering* 32: 650–670
- Pujari Nikhil A., Hale Trevor S. ve Huq Faizul, (2007), "A continuous approximation procedure for determining inventory distribution schemas within supply chains", *European Journal of Operational Research* 186: 405–422
- Rezaei Jafar ve Davoodi Mansoor, (2007), "A deterministik, multi-item inventory model eith supplier selection and imperfect quality", *Applied Mathematical Modelling*, 32:2106–2116
- Schönberger Jörn ve Kopfer Herbert, (2008), "Online decision making and automatic decision model adaptation", *Computers & Operations Research*
- Selim Hasan, Araz Ceyhun ve Özkarahan İrem, (2007), "Collaborative production-distribution planning chain: a fuzzy goal programming approach", *Transportation Research Part E* 44: 396–419
- Sheu Jiuh-Biing, (2007), "A hybrid neuro-fuzzy analytical approach to mode choice of global logistics management", *European Journal of Operational Research* 189: 971–986
- Srivastava Samir K., (2006), "Network design for reverse logistics", *Omega* 36: 535 – 548
- Taha A. Hamdy, (2002), "Operations research an introduction", *Literatür Yayıncılık, İstanbul*
- Thenie J. ve Vial J., (2007), "Step decision rules for multistage stochastic programming: a heuristic approach", *Automatica* 44: 1569–1584
- Wei Chun-Chin, Liang Gin-Shuh ve Wang Mao-Jiun J., (2007), "A comprehensive supply chain management project selection framework under fuzzy environment", *International Journal of Project Management* 25: 627–636
- Woensel T. Van, Kerbache L., H. Peremans ve Vandaele N., (2007), "Vehicle routing with dynamic travel times: a queueing approach", *European Journal of Operational Research* 186: 990–1007
- Xu Jiuping, Liu Qiang ve Wang Rui, (2007), "A class of multi-objective supply chain Networks optimal model under random fuzzy environment and its application to the industry of Chinese liquor", *Information Sciences* 178: 2022–2043
- Xu Ruoning ve Zhai Xiaoyan, (2006), "Optimal models for single-period supply chain problems with fuzzy demand", *Information Sciences*
- Yang Guang-fen, Wang Zhi-ping ve Li Xiao-qiang, (2007), "The optimization of the closed-loop supply chain network", *Transport. Res. Part E*

EKLER

- Ek 1 Delphi Program Kodları
- Ek 2 Lokasyonlararası Saatlik Talep Girdi Verileri

Ek 1 Delphi Program Kodları:

```
program tedarikzincirioptimizasyon;
```

```
uses
```

```
  Forms,
```

```
  unit2 in 'C:\Program Files\Borland\Delphi6\Projects\unit2.pas' { Form1 },
```

```
  Unit3 in 'C:\WINDOWS\Desktop\axes\Unit3.pas' { Form3 };
```

```
{$R *.res}
```

```
begin
```

```
  Application.Initialize;
```

```
  Application.CreateForm(TForm1, Form1);
```

```
  Application.CreateForm(TForm3, Form3);
```

```
  Application.Run;
```

```
end.
```

```
unit unit2;
```

```
interface
```

```
uses
```

```
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
```

Dialogs, StdCtrls, ComCtrls, Mask, DBCtrls, DB, ADODB;

type

TForm1 = class(TForm)

Button1: TButton;

GroupBox1: TGroupBox;

Label1: TLabel;

Edit1: TEdit;

Label2: TLabel;

Edit2: TEdit;

Label3: TLabel;

Edit3: TEdit;

Label4: TLabel;

Edit4: TEdit;

GroupBox2: TGroupBox;

Label5: TLabel;

Label6: TLabel;

Label7: TLabel;

Label8: TLabel;

Edit5: TEdit;

Edit6: TEdit;

Edit7: TEdit;

Edit8: TEdit;

GroupBox3: TGroupBox;

Label9: TLabel;

Label10: TLabel;

Label11: TLabel;

Label12: TLabel;

Edit9: TEdit;

Edit10: TEdit;

Edit11: TEdit;

Edit12: TEdit;

GroupBox6: TGroupBox;

ProgressBar1: TProgressBar;

Label19: TLabel;

GroupBox4: TGroupBox;

Label14: TLabel;

Edit14: TEdit;

GroupBox7: TGroupBox;

Label13: TLabel;

ProgressBar2: TProgressBar;

ADOConnection1: TADOConnection;

ADOTable1: TADOTable;

DataSource1: TDataSource;

DBEdit1: TDBEdit;

DBEdit2: TDBEdit;

DBEdit3: TDBEdit;

DBEdit4: TDBEdit;

```
DBEdit5: TDBEdit;

DBEdit6: TDBEdit;

Button3: TButton;

ADOConnection2: TADOConnection;

ADOTable2: TADOTable;

DataSource2: TDataSource;

DBEdit7: TDBEdit;

DBEdit8: TDBEdit;

DBEdit9: TDBEdit;

DBEdit10: TDBEdit;

DBEdit11: TDBEdit;

DBEdit12: TDBEdit;

DBEdit13: TDBEdit;

DBEdit14: TDBEdit;

DBEdit15: TDBEdit;

DBEdit16: TDBEdit;

DBEdit17: TDBEdit;

DBEdit18: TDBEdit;

DBEdit19: TDBEdit;

procedure Button1Click(Sender: TObject);

procedure Button3Click(Sender: TObject);

private

    { Private declarations }

public
```

```

    { Public declarations }

end;

const BufferSize = 262144;

var

    Form1: TForm1;

    gemi:array[1..3,1..15] of integer;

    mesafe:array[1..4,1..4] of variant;

    talep,taleptmp:array[1..4,1..4,1..960] of integer;

    gemiiskele:array[1..3,1..960] of integer;

    gemiiskeledizilim:array[1..3] of string;

    k:array[1..3] of integer;

    tf:textfile;

    e,w,q,u,v,n,kalamar,kalamar1,satir:integer;

    gemiyoltop: array[1..3] of integer;

    m:double;

    okuma:array[1..100000] of array[1..20] of string;

implementation

uses Unit3;

{$R *.dfm}

procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);

```

```
begin
```

```
progressbar1.Position:=0;
```

```
progressbar2.Position:=0;
```

```
progressbar2.Max:=960;
```

```
progressbar1.Max:=strtoint(edit14.text);
```

```
randomize;
```

```
gemi yoltop[1]:=0;
```

```
gemi yoltop[2]:=0;
```

```
gemi yoltop[3]:=0;
```

```
adoconnection1.Connected:=true;
```

```
adotable1.Active:=true;
```

```
k[1]:=strtoint(edit4.Text);k[2]:=strtoint(edit8.text);k[3]:=strtoint(edit12.text);
```

```
gemi[1,1]:=(strtoint(edit1.text) * 1852);
```

```
gemi[1,2]:=(strtoint(edit2.Text));
```

```
gemi[1,3]:=(strtoint(edit3.Text));
```

```
gemi[1,4]:=1;
```

```
gemi[1,6]:=random(4) + 1;
```

```
gemiiskeledizilim[1]:=inttostr(gemi[1,6]);
```

```
gemi[1,10]:=0;
```

```
gemi[1,11]:=5;
```

```
gemi[2,1]:=(strtoint(edit5.text) * 1852);
```

```
gemi[2,2]:=strtoint(edit6.text);
```

```
gemi[2,3]:=strtoint(edit7.Text);
```

```
gemi[2,4]:=1;
```

```
gemi[2,6]:=random(4) + 1;
```

```
gemiiskeledizilim[2]:=inttostr(gemi[2,6]);
```

```
gemi[2,10]:=0;
```

```
gemi[3,1]:=(strtoint(edit9.text) * 1852);
```

```
gemi[3,2]:=strtoint(edit10.text);
```

```
gemi[3,3]:=strtoint(edit11.text);
```

```
gemi[3,4]:=1;
```

```
gemi[3,6]:=random(4) + 1;
```

```
gemi[3,10]:=0;
```

```
gemiiskeledizilim[3]:=inttostr(gemi[3,6]);
```

```
mesafe[1,2]:=(round(5.1 * 1852));mesafe[2,1]:=(round(5.1 * 1852));
```

```
mesafe[1,3]:=(round(7.1 * 1852));mesafe[3,1]:=(round(7.1 * 1852));
```

```
mesafe[1,4]:=(round(10.32 * 1852));mesafe[4,1]:=(round(10.32 * 1852));
```

```
mesafe[2,3]:=(round(3.2 * 1852));mesafe[3,2]:=(round(3.2 * 1852));
```

```
mesafe[2,4]:=(round(6 * 1852));mesafe[4,2]:=(round(6 * 1852));
```

```
mesafe[3,4]:=(round(4.5 * 1852));mesafe[4,3]:=(round(4.5 * 1852));
```

```
adoconnection2.connected:=true;
```

```
adotable2.active:=true;
```

```
adotable2.first;
```

```
for q:= 1 to 960 do
```

```
begin
```

```
talep[1,2,q]:=strtoint(dbedit7.text);
```

```
talep[1,3,q]:=strtoint(dbedit8.text);
```

```
talep[1,4,q]:=strtoint(dbedit9.text);
```

```
talep[2,1,q]:=strtoint(dbedit10.text);
```

```
talep[2,3,q]:=strtoint(dbedit11.text);
```

```
talep[2,4,q]:=strtoint(dbedit12.text);
```

```
talep[3,1,q]:=strtoint(dbedit13.text);
```

```
talep[3,2,q]:=strtoint(dbedit14.text);
```

```
  talep[3,4,q]:=strtoint(dbedit15.text);
```

```
talep[4,1,q]:=strtoint(dbedit16.text);
```

```
talep[4,2,q]:=strtoint(dbedit17.text);
```

```
talep[4,3,q]:=strtoint(dbedit18.text);
```

```
  adotable2.next;
```

```
end;
```

```
for kalamar:=1 to strtoint(edit14.text) do
```

begin

progressbar1.Position:=progressbar1.Position+1;

for q:= 1 to 960 do

begin

for w:= 1 to 4 do

begin

for e:= 1 to 4 do

begin

taleptmp[w,e,q]:=0;

end;

end;

end;

for u:= 1 to 960 do

begin

progressbar2.Position:=u;

for w:= 1 to 4 do

```

begin

for e:= 1 to 4 do

begin

taleptmp[w,e,u]:=taleptmp[w,e,u-1]+talep[w,e,u];

end;

end;

if (gemi[1,5] = 1) then

begin

gemi[1,5]:=2;

repeat

gemi[1,7]:=random(4) + 1;

until gemi[1,6] <> gemi[1,7];

gemiiskeledizilim[1]:=gemiiskeledizilim[1]+inttostr(gemi[1,7]);

gemiiskele[1,u]:=gemi[1,7];

gemi[1,8]:=mesafe[gemi[1,6],gemi[1,7]] ;

if (gemi[1,2] >= taleptmp[gemi[1,6],gemi[1,7],u]) then

begin

gemi[1,10]:= gemi[1,10] + taleptmp[gemi[1,6],gemi[1,7],u];

gemi[1,9]:= taleptmp[gemi[1,6],gemi[1,7],u];

gemi[1,6]:= gemi[1,7];

taleptmp[gemi[1,6],gemi[1,7],u]:= 0;

end

```

else

begin

gemi[1,10]:= gemi[1,10] + gemi[1,2];

gemi[1,9]:= gemi[1,2];

taleptmp[gemi[1,6],gemi[1,7],u]:= taleptmp[gemi[1,6],gemi[1,7],u]-gemi[1,9];

gemi[1,6]:= gemi[1,7];

end;

end;

if (gemi[2,5] = 1) then

begin

gemi[2,5]:=2;

repeat

gemi[2,7]:=random(4) + 1;

until gemi[2,6] <> gemi[2,7];

gemiiskeledizilim[2]:=gemiiskeledizilim[2]+inttostr(gemi[2,7]);

gemiiskele[2,u]:=gemi[2,7];

gemi[2,8]:=mesafe[gemi[2,6],gemi[2,7]];

if (gemi[2,2] >= talep[gemi[2,6],gemi[2,7],u]) then

begin

gemi[2,10]:= gemi[2,10] + taleptmp[gemi[2,6],gemi[2,7],u];

gemi[2,9]:= taleptmp[gemi[2,6],gemi[2,7],u];

```
taleptmp[gemi[2,6],gemi[2,7],u]:= 0;
```

```
gemi[2,6]:= gemi[2,7];
```

```
end
```

```
else
```

```
begin
```

```
gemi[2,10]:= gemi[2,10] + gemi[2,2];
```

```
gemi[2,9]:= gemi[2,2];
```

```
taleptmp[gemi[2,6],gemi[2,7],u]:= taleptmp[gemi[2,6],gemi[2,7],u]-gemi[2,9];
```

```
gemi[2,6]:= gemi[2,7];
```

```
end;
```

```
end;
```

```
if (gemi[3,5] = 1) then
```

```
begin
```

```
gemi[3,5]:=2;
```

```
repeat
```

```
gemi[3,7]:=random(4) + 1;
```

```
until gemi[3,6] <> gemi[3,7];
```

```
gemiiskeledizilim[3]:=gemiiskeledizilim[3]+inttostr(gemi[3,7]);
```

```
gemiiskele[3,u]:=gemi[3,7];
```

```

gemi[3,8]:=mesafe[gemi[3,6],gemi[3,7]];

if (gemi[3,2] >= taleptmp[gemi[3,6],gemi[3,7],u]) then

begin

gemi[3,10]:= gemi[3,10] + talep[gemi[3,6],gemi[3,7],u];

gemi[3,9]:= taleptmp[gemi[3,6],gemi[3,7],u];


taleptmp[gemi[3,6],gemi[3,7],u]:= 0;

gemi[3,6]:= gemi[3,7];

end

else

begin

gemi[3,10]:= gemi[3,10] + gemi[3,2];

gemi[3,9]:= gemi[3,2];

taleptmp[gemi[3,6],gemi[3,7],u]:= taleptmp[gemi[3,6],gemi[3,7],u]-gemi[3,9];

gemi[3,6]:= gemi[3,7];

end;

end;


if gemi[1,5]=2 then

begin

if (k[1] > 0) then

begin

k[1]:=k[1]-1;

end

```

else

begin

gemi[1,5]:=0;

k[1]:=10;

end;

end;

if gemi[1,5]=0 then

begin

gemi[1,8]:=gemi[1,8]-round(gemi[1,1]/60);

gemiylotop[1]:=gemiylotop[1]+round(gemi[1,1]/60);

if gemi[1,8]<=0 then

begin

gemi[1,5]:=1;

end;

end;

if gemi[2,5]=2 then

begin

if (k[2] > 0) then

begin

k[2]:=k[2]-1;

end

else

begin

gemi[2,5]:=0;

k[2]:=10;

end;

end;

if gemi[2,5]=0 then

begin

gemi[2,8]:=gemi[2,8]-round(gemi[2,1]/60);

gemi yoltop[2]:=gemi yoltop[2]+round(gemi[2,1]/60);

if gemi[2,8]<=0 then

begin

gemi[2,5]:=1

end;

end;

if gemi[3,5]=2 then

begin

if (k[3] > 0) then

begin

k[3]:=k[3]-1;

end

else

```
begin
```

```
gemi[3,5]:=0;
```

```
k[3]:=10;
```

```
end;
```

```
end;
```

```
if gemi[3,5]=0 then
```

```
begin
```

```
gemi[3,8]:=gemi[3,8]-round(gemi[3,1] / 60);
```

```
gemi yoltop[3]:=gemi yoltop[3]+round(gemi[3,1]/60);
```

```
if gemi[3,8]<=0 then
```

```
begin
```

```
gemi[3,5]:=1
```

```
end;
```

```
end;
```

```
end;
```

```
adotable1.Insert;
```

```
dbedit1.Text:= gemiiskeledizilim[1];
```

```
dbedit2.Text:= gemiiskeledizilim[2];
```

```
dbedit3.Text:= gemiiskeledizilim[3];
```

```
dbedit4.Text:=( inttostr(gemi[1,10]+gemi[2,10]+gemi[3,10])); //toplam yolcu
```

```
dbedit5.text:=
inttostr(gemi[1,3]*round(gemiyoltop[1]/1852)+
gemi[2,3]*round(gemiyoltop[2]/1852)+gemi[3,3]*round(gemiyoltop[3]/1852));
```

```
dbedit6.text:=floattostr((gemi[1,10]+gemi[2,10]+gemi[3,10])/((gemi[1,3]*gemiyoltop[1]/185
2)+( gemi[2,3]*gemiyoltop[2]/1852)+(gemi[3,3]*gemiyoltop[3]/1852))) ;
```

```
adotable1.Insert;
```

```
adotable1.Next;
```

```
gemi[1,10]:=0;
```

```
gemi[2,10]:=0;
```

```
gemi[3,10]:=0;
```

```
gemiiskeledizilim[1]:="";
```

```
gemiiskeledizilim[2]:="";
```

```
gemiiskeledizilim[3]:="";
```

```
gemiyoltop[1]:=0;
```

```
gemiyoltop[2]:=0;
```

```
gemiyoltop[3]:=0;
```

```
end;
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.Button3Click(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
adoconnection1.Connected:=false;
```

```
adoconnection2.connected:=false;
```

```
form3.show;
```

```
end;
```

```
end.
```

```
unit Unit3;
```

```
interface
```

```
uses
```

```
Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,  
Dialogs, Grids, DBGrids, DB, ADODB, StdCtrls;
```

```
type
```

```
TForm3 = class(TForm)
```

```
ADOConnection1: TADOConnection;
```

```
ADOTable1: TADOTable;
```

```
DataSource1: TDataSource;
```

```
DBGrid1: TDBGrid;
```

```
Button1: TButton;
```

```
Button2: TButton;
```

```
procedure Button1Click(Sender: TObject);
```

```
procedure Button2Click(Sender: TObject);

private

    { Private declarations }

public

    { Public declarations }

end;


var

    Form3: TForm3;

    s,i:integer;

implementation


{$R *.dfm}


procedure TForm3.Button1Click(Sender: TObject);

begin

    s:=adotable1.RecordCount;

    adotable1.First;

    for i:=1 to s do

        begin

            adotable1.Delete;

            adotable1.Next;
```

end;

end;

procedure TForm3.Button2Click(Sender: TObject);

begin

adotable1.Active:=false;

adoconnection1.Connected:=false;

adoconnection1.Connected:=true;

adotable1.Active:=true;

end;

end.

Ek 2 Lokasyonlararası Saatlik Talep Girdi Verileri:

1-2	1-3	1-4	2-1	2-3	2-4	3-1	3-2	3-4	4-1	4-2	4-3
4	0	5	5	0	2	5	2	3	5	5	0
2	1	4	4	3	4	2	3	2	3	1	1
5	2	4	6	5	1	6	1	3	3	2	2
3	5	1	2	3	3	4	6	6	0	0	4
3	5	1	2	1	3	4	5	5	5	5	2
2	6	2	0	0	5	4	0	5	4	1	5
3	5	3	6	6	2	3	5	4	1	3	5
6	1	3	2	2	3	4	4	3	5	2	1
1	4	2	5	2	2	6	1	6	1	4	5
4	1	1	2	3	3	2	6	5	1	3	5
0	2	1	4	2	4	4	5	0	4	2	0
3	6	1	0	1	2	4	0	5	6	3	1
0	4	3	3	5	6	0	6	2	4	3	2
5	6	1	4	3	2	2	1	4	3	4	2
1	5	1	1	5	0	3	4	2	3	3	6
1	2	4	5	2	0	4	0	0	0	1	3
2	3	2	4	0	4	5	3	5	6	5	4
0	2	6	5	4	5	2	3	3	2	2	4
5	0	5	4	5	5	0	1	0	4	3	4
6	0	6	6	0	3	1	3	0	0	4	2
4	4	2	1	2	3	1	5	0	2	0	3
0	6	5	5	3	2	4	1	3	6	2	3
2	5	1	0	1	4	1	5	5	5	6	2
0	1	6	4	3	2	0	5	3	6	4	3
5	3	1	2	5	0	5	4	1	6	5	1
4	3	5	6	1	0	3	4	6	4	2	6
6	5	0	6	1	2	0	4	1	3	1	0
6	4	1	4	4	6	4	0	5	5	6	4
6	5	4	0	1	5	4	1	0	1	4	6
3	5	6	5	0	0	0	0	6	5	2	1
0	6	1	2	4	4	1	0	0	2	0	1
2	2	2	3	0	3	1	6	3	3	3	2
1	0	2	5	6	1	2	0	1	1	1	4
4	2	0	1	3	1	2	6	3	3	4	5
6	5	4	4	2	5	1	1	3	1	2	2
4	4	6	6	0	5	0	5	5	5	4	4
5	0	2	3	4	5	1	2	3	2	3	0
1	1	6	1	6	1	4	4	0	1	5	5
2	6	0	1	0	6	5	3	5	0	6	3
1	0	1	1	0	2	5	4	1	4	0	3
5	4	0	2	0	3	1	6	4	4	3	0
3	6	4	4	4	0	6	0	0	0	6	0
5	0	0	1	0	1	5	6	3	3	0	3
2	4	5	3	1	3	4	6	1	2	4	4
5	2	3	3	1	2	6	3	4	4	5	1
0	1	0	1	5	4	4	3	5	0	1	6
6	2	2	5	6	6	3	4	4	4	3	5
5	1	3	0	5	1	3	5	5	2	1	3

1-2	1-3	1-4	2-1	2-3	2-4	3-1	3-2	3-4	4-1	4-2	4-3
6	5	2	1	0	1	1	6	4	3	4	6
5	1	4	1	2	5	3	4	6	1	0	2
6	5	0	4	0	4	0	4	3	1	3	6
6	6	0	4	4	2	3	5	3	4	1	6
2	2	5	0	1	3	4	6	5	1	5	3
5	4	4	3	5	4	5	6	2	1	0	6
4	0	4	5	2	1	5	4	5	4	2	6
5	1	6	4	2	1	1	1	2	5	2	6
3	0	0	5	4	6	6	1	3	0	5	3
6	5	3	2	1	3	4	0	2	1	5	6
0	2	5	0	1	3	1	3	1	4	0	5
3	1	6	1	6	3	1	1	0	6	5	6
3	5	2	5	6	2	4	3	3	5	1	0
4	6	0	5	4	3	1	6	3	1	4	1
4	1	0	3	4	5	0	0	6	5	4	0
4	3	5	2	6	5	6	5	1	4	6	1
3	2	5	6	5	1	4	3	1	6	5	0
1	0	2	2	3	6	0	5	4	5	4	0
6	5	0	5	4	6	1	6	1	2	6	6
1	1	6	1	1	6	6	5	4	4	5	1
1	0	2	1	3	6	5	4	4	4	5	3
1	0	5	2	2	2	3	6	3	2	6	4
2	2	2	4	6	1	3	0	0	2	4	1
6	5	5	1	3	1	6	6	5	2	2	1
0	6	3	2	0	0	5	4	0	2	3	5
3	0	1	1	1	6	2	3	5	4	0	3
3	1	1	0	0	4	5	5	2	5	2	4
4	3	2	0	5	2	6	2	5	4	5	5
2	3	2	1	3	1	5	4	1	5	1	6
2	5	5	5	0	5	4	1	1	4	4	4
0	0	5	6	5	1	0	4	2	6	4	2
6	3	2	6	3	0	2	4	5	3	6	6
6	1	2	5	6	0	5	1	0	3	0	0
6	3	3	6	5	0	4	3	6	3	6	2
3	0	4	6	6	1	5	6	5	4	0	2
1	5	6	0	2	6	4	3	5	5	5	3
6	4	0	4	0	2	2	0	2	1	1	6
3	2	5	1	2	5	0	5	4	2	2	5
6	5	1	6	2	3	3	6	6	0	1	4
3	0	5	4	0	0	0	3	4	2	0	1
2	3	5	3	0	4	2	3	1	5	1	2
2	1	4	6	6	2	2	0	0	3	1	1
3	4	4	2	0	5	1	2	1	2	1	1
2	2	3	5	3	2	1	6	2	2	6	6
0	4	1	6	1	0	0	1	4	0	4	3
3	1	2	4	5	5	1	5	5	4	0	3
4	1	1	6	3	3	3	1	2	2	6	6
3	3	2	2	2	5	1	0	1	6	1	1
3	3	4	4	4	6	6	4	6	3	1	5
4	1	0	2	6	1	6	4	5	0	3	5
2	3	5	0	0	4	0	0	6	5	6	3
4	3	2	0	1	4	0	0	2	6	1	1

1-2	1-3	1-4	2-1	2-3	2-4	3-1	3-2	3-4	4-1	4-2	4-3
4	0	5	5	0	2	5	2	3	5	5	0
2	1	4	4	3	4	2	3	2	3	1	1
5	2	4	6	5	1	6	1	3	3	2	2
3	5	1	2	3	3	4	6	6	0	0	4
3	5	1	2	1	3	4	5	5	5	5	2
2	6	2	0	0	5	4	0	5	4	1	5
3	5	3	6	6	2	3	5	4	1	3	5
6	1	3	2	2	3	4	4	3	5	2	1
1	4	2	5	2	2	6	1	6	1	4	5
4	1	1	2	3	3	2	6	5	1	3	5
0	2	1	4	2	4	4	5	0	4	2	0
3	6	1	0	1	2	4	0	5	6	3	1
0	4	3	3	5	6	0	6	2	4	3	2
5	6	1	4	3	2	2	1	4	3	4	2
1	5	1	1	5	0	3	4	2	3	3	6
1	2	4	5	2	0	4	0	0	0	1	3
2	3	2	4	0	4	5	3	5	6	5	4
0	2	6	5	4	5	2	3	3	2	2	4
5	0	5	4	5	5	0	1	0	4	3	4
6	0	6	6	0	3	1	3	0	0	4	2
4	4	2	1	2	3	1	5	0	2	0	3
0	6	5	5	3	2	4	1	3	6	2	3
2	5	1	0	1	4	1	5	5	5	6	2
0	1	6	4	3	2	0	5	3	6	4	3
5	3	1	2	5	0	5	4	1	6	5	1
4	3	5	6	1	0	3	4	6	4	2	6
6	5	0	6	1	2	0	4	1	3	1	0
6	4	1	4	4	6	4	0	5	5	6	4
6	5	4	0	1	5	4	1	0	1	4	6
3	5	6	5	0	0	0	0	6	5	2	1
0	6	1	2	4	4	1	0	0	2	0	1
2	2	2	3	0	3	1	6	3	3	3	2
1	0	2	5	6	1	2	0	1	1	1	4
4	2	0	1	3	1	2	6	3	3	4	5
6	5	4	4	2	5	1	1	3	1	2	2
4	4	6	6	0	5	0	5	5	5	4	4
5	0	2	3	4	5	1	2	3	2	3	0
1	1	6	1	6	1	4	4	0	1	5	5
2	6	0	1	0	6	5	3	5	0	6	3
1	0	1	1	0	2	5	4	1	4	0	3
5	4	0	2	0	3	1	6	4	4	3	0
3	6	4	4	4	0	6	0	0	0	6	0
5	0	0	1	0	1	5	6	3	3	0	3
2	4	5	3	1	3	4	6	1	2	4	4
5	2	3	3	1	2	6	3	4	4	5	1
0	1	0	1	5	4	4	3	5	0	1	6
6	2	2	5	6	6	3	4	4	4	3	5
5	1	3	0	5	1	3	5	5	2	1	3
5	1	3	0	5	1	3	5	5	2	1	3
6	5	2	1	0	1	1	6	4	3	4	6
5	1	4	1	2	5	3	4	6	1	0	2
6	5	0	4	0	4	0	4	3	1	3	6

1-2	1-3	1-4	2-1	2-3	2-4	3-1	3-2	3-4	4-1	4-2	4-3
2	2	5	0	1	3	4	6	5	1	5	3
5	4	4	3	5	4	5	6	2	1	0	6
4	0	4	5	2	1	5	4	5	4	2	6
5	1	6	4	2	1	1	1	2	5	2	6
3	0	0	5	4	6	6	1	3	0	5	3
6	5	3	2	1	3	4	0	2	1	5	6
0	2	5	0	1	3	1	3	1	4	0	5
3	1	6	1	6	3	1	1	0	6	5	6
3	5	2	5	6	2	4	3	3	5	1	0
4	6	0	5	4	3	1	6	3	1	4	1
4	1	0	3	4	5	0	0	6	5	4	0
4	3	5	2	6	5	6	5	1	4	6	1
3	2	5	6	5	1	4	3	1	6	5	0
1	0	2	2	3	6	0	5	4	5	4	0
6	5	0	5	4	6	1	6	1	2	6	6
1	1	6	1	1	6	6	5	4	4	5	1
1	0	2	1	3	6	5	4	4	4	5	3
1	0	5	2	2	2	3	6	3	2	6	4
2	2	2	4	6	1	3	0	0	2	4	1
6	5	5	1	3	1	6	6	5	2	2	1
0	6	3	2	0	0	5	4	0	2	3	5
3	0	1	1	1	6	2	3	5	4	0	3
3	1	1	0	0	4	5	5	2	5	2	4
4	3	2	0	5	2	6	2	5	4	5	5
2	3	2	1	3	1	5	4	1	5	1	6
2	5	5	5	0	5	4	1	1	4	4	4
0	0	5	6	5	1	0	4	2	6	4	2
6	3	2	6	3	0	2	4	5	3	6	6
6	1	2	5	6	0	5	1	0	3	0	0
6	3	3	6	5	0	4	3	6	3	6	2
3	0	4	6	6	1	5	6	5	4	0	2
1	5	6	0	2	6	4	3	5	5	5	3
6	4	0	4	0	2	2	0	2	1	1	6
3	2	5	1	2	5	0	5	4	2	2	5
6	5	1	6	2	3	3	6	6	0	1	4
3	0	5	4	0	0	0	3	4	2	0	1
2	3	5	3	0	4	2	3	1	5	1	2
2	1	4	6	6	2	2	0	0	3	1	1
3	4	4	2	0	5	1	2	1	2	1	1
2	2	3	5	3	2	1	6	2	2	6	6
0	4	1	6	1	0	0	1	4	0	4	3
3	1	2	4	5	5	1	5	5	4	0	3
4	1	1	6	3	3	3	1	2	2	6	6
3	3	2	2	2	5	1	0	1	6	1	1
3	3	4	4	4	6	6	4	6	3	1	5
4	1	0	2	6	1	6	4	5	0	3	5
2	3	5	0	0	4	0	0	6	5	6	3
4	3	2	0	1	4	0	0	2	6	1	1

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	12.09.1983	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1997-2001	Maltepe Lisesi (Yabancı Dil Ağırlıklı)
Lisans	2001-2005	Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fak. Endüstri Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2005-2008	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Müh. Anabilim Dalı, Endüstri Müh. Prog.
Askerlik	2007	Konya Jandarma Bölge Komutanlığı- Kısa Dönem

Çalıştığı kurumlar

2007-2008	Ceva Logistics, Planlama Mühendisi
2008-Devam ediyor	Ekol Lojistik, Proje Uzmanı