İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇOK AŞAMALI TEDARİK ZİNCİRİ OPTİMİZASYONU PROBLEMİNİN YAYILAN AĞAÇ TABANLI GENETİK ALGORİTMA İLE ÇÖZÜMÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müh. Mihrican ÖZTÜRK

Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Programı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

HAZİRAN 2008

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇOK AŞAMALI TEDARİK ZİNCİRİ OPTİMİZASYONU PROBLEMİNİN YAYILAN AĞAÇ TABANLI GENETİK ALGORİTMA İLE ÇÖZÜMÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müh. Mihrican ÖZTÜRK
(507051122)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 5 Mayıs 2008
Tezin Savunulduğu Tarih : 10 Haziran 2008

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Mehmet Mutlu YENİSEY
Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. E. Ertuğrul KARSAK (G.S.Ü.)
Yrd. Doç. Dr. Gülgün KAYAKUTLU (İ.T.Ü.)

Haziran 2008

ÖNSÖZ

Gelişen bilim dünyası, ilerleyen teknoloji ve küreselleşen pazarlar firmaların üretim gücünü ve verimliliğini büyük oranda artırmış olsa da, dünyanın her yerinde gerçekleşen bu gelişmeler rekabet koşullarını gittikçe zorlaştırmaktadır. Gelecekte rekabet avantajı sağlamanın yolu, üründen çok tedarik zincirinin etkin yönetiminden geçmektedir. Endüstri olgunlaştıkça, ürünler arasındaki farklılaşma minimum boyuta inmektedir. Ürün bazında bu yönde gelişmeler olurken, satış ve servis hizmetleri şirketten şirkete hala büyük farklılıklar göstermektedir. Bu anlamda herhangi bir pazarda liderliğe oynayan bir şirket, öncelikli olarak tedarik zincirini etkin kılmak zorundadır. Tedarik Zinciri Yönetimi, kullanılan optimizasyon teknikleri vasıtası ile tedarik zinciri işlevlerini optimum kılmayı amaç edinir.

Bu çalışmada 'Tedarik Zinciri Yönetiminde Optimizasyon' ana başlığı çerçevesinde incelenen Şebeke Analizi ve Genetik Algoritma konularının bugün olduğu gibi gelecekte de işletme sorunlarının çözümüne ışık tutacağı kanaatindeyim.

Optimum sonuca ulaşmanın optimum yolunu ararken çalışmalarıma ışık tutan değerli hocam Doç. Dr. Mehmet Mutlu YENİSEY'e, hayatım boyunca desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, her zaman beni yüreklendiren aileme ve varlıklarını her daim yanımda hissettiğim arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2008 Mihrican ÖZTÜRK

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ **vii**

ŞEKİL LİSTESİ **viii**

ÖZET **x**

SUMMARY **xi**

1. GİRİŞ **1**

2. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ ve TEMEL KAVRAMLAR **2**

2.1. Tedarik Zinciri 3

2.2. Tedarik Zinciri Yönetimi 6

2.3. Tedarik Zinciri Entegrasyonu 9

2.4. Tedarik Zinciri Yönetimi Ve Diğer Disiplinler 11
2.4.1. Strateji oluşturma ve şirket teorisi 12
2.4.2. Lojistik, üretim ve stok yönetimi 12
2.4.3. Yönetim muhasebesi 13
2.4.4. Talep tahmini 13
2.4.5. Yöneylem araştırması 14

2.5. Modelleme Sistemleri 15

3. TEDARİK ZİNCİRİ VE BİLİŞİM SİSTEMLERİ **17**

3.1. Bilişim Sistemleri Ve Teknolojik Altyapı 17
3.1.1. Veri temini ve haberleşmesi 18
3.1.1.1. İnternet 18
3.1.1.2. Geniş bant 18
3.1.1.3. EDI 19
3.1.1.4. XML 19
3.1.2. Veri depolama ve çağırma 19
3.1.3. Veri işleme ve raporlama 20

3.1.3.1. İstatistiksel stok kontrolü (SIC) 20
3.1.3.2. Depo yönetimi sistemleri (WMS) 21
3.1.3.3. Malzeme ihtiyaç planlaması (MRP) 21
3.1.3.4. Üretim kaynak planlaması (MRP II) 22
3.1.3.5. Dağıtım kaynaklarının planlanması (DRP) 23
3.1.3.6. Kapasite gereksinim planlaması (CRP) 23
3.1.3.7. Satış gücü otomasyonu (SFA) 23
3.1.3.8. Müşteri ilişkileri yönetimi (CRM) 24
3.1.3.9. Kurumsal kaynak planlama (ERP) 24
3.1.3.10. İleri planlama ve çizelgeleme (APS) 25
3.1.3.11. Tedarik zinciri yönetimi (SCM) 27

3.2. Tedarik Zinciri Sistemi Hiyerarşisi 29

4. OPTİMİZASYON (EN İYİLEME) 31

4.1. Optimizasyona Giriş 31

4.2. Optmizasyon Yöntemleri 31
4.2.1. Sayma yöntemleri 31
4.2.2. Deterministik yöntemler 31
4.2.2.1. Açgözlülük algoritması 31
4.2.2.2. Dal-sınır algoritması 31
4.2.2.3. Tepe tırmanma 32
4.2.2.4. Matematiksel programlama 32
4.2.3. Stokastik yöntemler 33
4.2.3.1. Rassal arama 33
4.2.3.2. Benzetim tavlaması 33
4.2.3.3. Monte carlo simülasyonu 33
4.2.3.4. Tabu arama algoritması 33
4.2.3.5. Yapay sinir ağları 34
4.2.3.6. Genetik algoritma (GA) 34

5. ÇİZGE KURAMI VE ŞEBEKE ANALİZİ 35

5.1. Çizge Yapısı 37
5.1.1. Ağaç ve orman 37

5.2. Şebeke Analizi Ve Akış Şebekeleri 40
5.2.1. Temel prensipler 41
5.2.2. Salt şebeke modelleri 44
5.2.2.1. Ulaştırma problemi 45
5.2.2.2. Atama problemi 46
5.2.2.3. En kısa yol problemi 47
5.2.2.4. En büyük akış problemi 48
5.2.3. Genelleştirilmiş şebeke modelleri 49
5.2.4. Dinamik şebeke analizi ve stok modelleri 50

6. GENETİK ALGORTİMA 53

6.1. Genetik Algoritmaya Giriş 53
6.1.1. Genetik algoritmanın tarihçesi 53
6.1.2. Genetik algoritma'da temel kavramlar 54

6.2. Basit Genetik Algoritma 57
6.2.1. Genetik kodlama 57
6.2.1.1. İkili kodlama 58
6.2.1.2. Gri kodlama 58
6.2.1.3. Permütasyon kodlama 59
6.2.1.4. Değer kodlama 59
6.2.1.5. Ağaç kodlama 60
6.2.2. Amacın tanımlanması 60
6.2.3. İlk populasyonun oluşturulması 60
6.2.4. Uygunluk değerinin hesaplanması 61
6.2.5. Üreme 61
6.2.5.1. Rassal üreme 62
6.2.5.2. Rulet çarkı yöntemi 62
6.2.5.3. Beklenen değer yöntemi 62
6.2.5.4. Boltzmann yöntemi 63
6.2.5.5. Sıralı seçim yöntemi 63
6.2.5.6. Turnuva yöntemi 63
6.2.5.7. Elitizm yöntemi 64
6.2.5.8. Denge durumu seçim yöntemi 64
6.2.6. Çaprazlama 64
6.2.6.1. Basit çaprazlama 65
6.2.6.1.1. Tek noktalı çaprazlama 65
6.2.6.1.2. *2* noktalı çaprazlama 66
6.2.6.2. Uniform (tek biçimli) çaprazlama 66
6.2.6.3. Kes-ekle çaprazlama 67
6.2.7. Mutasyon (dönüşüm) 68
6.2.8. Bitiş kriteri 69
6.2.9. En iyi sonucun gösterilmesi 69

6.3. Genetik Algoritmada Parametreler 69
6.3.1. Yığın genişliği (populasyon büyüklüğü) 69
6.3.2. Çaprazlama oranı 70
6.3.3. Mutasyon oranı 70
6.3.4. Nesil ayrılığı 70
6.3.5. Seçim stratejisi 70
6.3.6. Ölçeklendirme fonksiyonu 70
6.4. Genetik Algoritmanın Uygulama Alanları. 71
6.5. Genetik Algoritmanın Avantajları 71

7. ÇOK AŞAMALI TEDARİK ZİNCİRİ OPTİMİZASYONU PROBLEMİNİN YAYILAN AĞAÇ TABANLI GENETİK ALGORİTMA İLE ÇÖZÜMÜ

7.1. Literatür 72

7.2. Kodlama 74

7.3. Problemin Tanımı 82
7.3.1. Matematik programlama modeli83
7.3.1.1. Değişken ve parametrelerin tanımlanması 83
7.3.1.2. Model 84

7.4. Genetik Algoritma 85
7.4.1. Genetik kodlama 85
7.4.2. Amaç fonksiyonun tanımlanması 86
7.4.3. Başlangıç populasyonun oluşturulması 86
7.4.4. Üreme operatörü 86
7.4.5. Genetik operatörler 87
7.4.5.1. Çaprazlama operatörü 87
7.4.5.2. Mutasyon (yeniden dönüşüm) operatörü 87
7.4.6. Hesaplama ve değerlendirme 88

7.5. Örnek Problem 88

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 98

9. KAYNAKLAR 100

10. ÖZGEÇMİŞ 108

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1 Tedarik Zincirinde Yönetiminin işletme için katma değeri..... 8
Tablo 2.2 Tedarik Zincirinde farklı yaklaşımlar (Eck, 2003)..... 11
Tablo 3.1 Global SCM Satış Geliri Sıralaması, 1997-2001 (Kılıç, 2004)..... 28
Tablo 3.2 Sistemlerin özellikleri (Tayur, 1999)..... 29
Tablo 5.1 Şebeke Elemanları (Yenisey, 1997)..... 40
Tablo 5.2 Örnek problemin toplam maliyeti..... 44
Tablo 5.3 Örnek 5.1'e ait veriler..... 50
Tablo 6.1 Gri Kodlama Sistemi..... 59
Tablo 7.1 Sistem Elemanları ve Seçim Kriterleri..... 88
Tablo 7.2 Sabit Maliyetler (x1.000YTL) 88
Tablo 7.3 Dağıtım Maliyetleri (YTL/adet) 89
Tablo 7.4 Kapasite ve Talepler (x1.000adet) 89
Tablo 7.5 Üreme-Vektör Normalizasyonu..... 92
Tablo 7.6 Üreme-Rulet Çarkı..... 92
Tablo7.7 Dağıtım Tablosu..... 94
Tablo 7.8 Optimizasyon sonucu..... 96

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1 Tedarik Zinciri (Simchi-Levi vd, 2000)..... 3
Şekil 2.2 Klasik bir Tedarik Zinciri gösterimi..... 4
Şekil 2.3 Tedarik zinciri ağı..... 4
Şekil 2.4 Talep Yönetimi Yapısı ve Tedarik Zincirinin Yeri (Sherman, 1998).. 6
Şekil 2.5 Boru Hattı..... 6
Şekil 2.6 Değer Zinciri (Porter, 1985)..... 12
Şekil 3.1 MRP'de geri besleme yapısı (Allegri, 1991)..... 22
Şekil 3.2 CRP ve diğer birimlerle ilişkisi (Tanyaş & Baskak, 2003)..... 24
Şekil 3.3 ERP'nin faaliyet sahası (Chorafas, 2001) 25
Şekil 3.4 APS ve diğer sistemler (Eck, 2003)..... 26
Şekil 3.5 SCM..... 27
Şekil 3.6 2001-2003 SCM Pazar Payları (SAP AG, 2004) 28
Şekil 3.7 Tedarik Zinciri Yönetimi modelleri arasındaki ilişkiler (Shapiro, 2001) 29
Şekil 3.8 Tedarik zinciri sistemi hiyerarşisi (Tayur, 1999) 30
Şekil 5.1 Königsburg (Biggs, 1976)..... 35
Şekil 5.2 Königsburg Şehri ve Köprüler..... 36
Şekil 5.3 Königsburg Köprülerinin Şebeke Gösterimi..... 36
Şekil 5.4 Doğrultusuz bir Çizge..... 37
Şekil 5.5 Döngü..... 37
Şekil 5.6 Ağaç ve Orman..... 38
Şekil 5.7 Yayılan Ağaç..... 38
Şekil 5.8 Akış Modelleri ve İlişkileri (Barnes,1980)..... 40
Şekil 5.9 Şebeke yapısının elemanları..... 41
Şekil 5.10 Basit bir şebekenin gösterimi..... 42
Şekil 5.11 Bağ Parametreleri (Yenisey, 1997)..... 42
Şekil 5.12 Salt Maliyet Minimizayonu (minimum maliyet akışı) Problemi..... 43
Şekil 5.13 Örnek problemin olası çözümlerinden biri..... 43
Şekil 5.14 Örnek Ulaştırma Problemi (Barnes, 1980)..... 46
Şekil 5.15 Örnek Atama Problemi (Barnes, 1980) 47
Şekil 5.16 Örnek En Kısa Yol Problemi 48
Şekil 5.17 Örnek En Büyük Akış Problemi (Barnes, 1980) 48
Şekil 5.18 Uçak-Yolcu genelleştirilmiş şebeke modeli 49
Şekil 5.19 Stok Modeli..... 51
Şekil 5.20 Verilerle oluşturulan stok modeli (kar maksimizasyonu) 51
Şekil 5.21 Elde bulundurmama durumunun gösterimi..... 52
Şekil 6.1 Temel Evrim Algoritması (Üçer, 2007) 55
Şekil 6.2 Basit Genetik Algoritma..... 57
Şekil 6.3 Ağaç Kodlama..... 60
Şekil 6.4 Çaprazlama Gösterimi (Üçer, 2007)..... 64
Şekil 6.5 Tek Noktalı Çaprazlama 65

Şekil 6.6 *2* Noktalı Çaprazlama 66
Şekil 6.7 Kes-Ekle Çaprazlama 67
Şekil 6.8 Mutasyon Gösterimi (Üçer, 2007) 68
Şekil 7.1 Üç aşamalı lojistik sistemi (Syarif, Yun & Gen, 2002) 73
Şekil 7.2 m*n Şebeke (Gen & Cheng, 2000) 75
Şekil 7.3 Prüfer Koddan Şebekeye Dönüşüm-1..... 77
Şekil 7.4 Prüfer Koddan Şebekeye Dönüşüm-2 78
Şekil 7.5 Prüfer Koddan Şebekeye Dönüşüm-3 78
Şekil 7.6 Prüfer Koddan Şebekeye Dönüşüm-4 78
Şekil 7.7 Prüfer Koddan Şebekeye Dönüşüm-5 79
Şekil 7.8 Prüfer Koddan Şebekeye Dönüşüm-6 79
Şekil 7.9 Prüfer Koddan Şebekeye Dönüşüm-7 79
Şekil 7.10 Prüfer Koddan Şebekeye Dönüşüm-8 80
Şekil 7.11 Prüfer Koddan Şebekeye Dönüşüm-9 80
Şekil 7.12 Şebekeden Prüfer Koda Dönüşüm-1 80
Şekil 7.13 Şebekeden Prüfer Koda Dönüşüm-2 81
Şekil 7.14 Şebekeden Prüfer Koda Dönüşüm-3 81
Şekil 7.15 Şebekeden Prüfer Koda Dönüşüm-4 81
Şekil 7.16 Şebekeden Prüfer Koda Dönüşüm-5 82
Şekil 7.17 Çok aşamalı tedarik zincirinin şebeke gösterimi 82
Şekil 7.18 Örnek Kromozom Yapısı 86
Şekil 7.19 Önerilen Çaprazlama İşlemi ((Syarif vd, 2002) 87
Şekil 7.20 Önerilen Mutasyon İşlemleri (Syarif vd, 2002) 87
Şekil 7.21 Başlangıç popülasyonunun oluşturulması-Şebeke Gösterimi 90
Şekil 7.22 Başlangıç popülasyonunun oluşturulması 91
Şekil 7.23 Prüfer Sayıdan Şebeye Çevirim 93
Şekil 7.24 Örnek Probleme İlişkin Dağıtım Planı 97

ÇOK AŞAMALI TEDARİK ZİNCİRİ OPTİMİZASYONU PROBLEMİNİN YAYILAN AĞAÇ TABANLI GENETİK ALGORİTMA İLE ÇÖZÜMÜ

ÖZET

Global piyasalardaki değişmeler geniş bir rekabet ortamı yaratmıştır. Bu rekabet ortamının yıldırıcı zorluklarına rağmen tedarik zincirinde dağıtım zamanlarını azaltmayı başaran şirketler büyümeye devam etmektedir. Günümüzün veri yığınları arasında katı algoritmalar ile çözüme ulaşmak zorlaşmışken, sezgisel algoritmaların özellikle de doğanın işleyişini kopyalayan genetik algoritmanın çok daha büyük önem taşıyacağı ortadadır. Genetik Algoritma uygulamalarının ulaştırma problemlerini en iyi resmeden çizge kuramı ile birlikte kullanılması 1990lı yılların başlarına dayanmaktadır. Bu konu tedarik zinciri, ulaştırma problemleri, optimizasyon, şebeke analizi ve genetik algoritma konularının kesişimin noktasındadır ve içinde barındırdığı birçok algoritma nedeniyle gelişime çok açık bir yapısı vardır. Yapılan çalışmada çok aşamalı bir lojistik ağında alternatifler arasından seçimleri yaparak optimum dağıtım planını bulmaya yardımcı olacak bir model geliştirilmiştir.

Bu çalışmanın ilk bölümünde tedarik zinciri yönetimi kavramından yola çıkılarak, başlangıçtan günümüze değin gelişimi ve tedarik zinciri yönetimi ile bilişim sistemleri arasındaki ilişki incelenmiştir. İkinci aşamada optimizasyon kavramından ve tekniklerinden kısaca bahsedilmiştir. Akabinde modellemede büyük kolaylık sağlayan çizge teoremi ve ulaştırma modellerinde kullanılan şekliyle şebeke analizi incelenmiştir. Problemin modellenmesinde kullanılan optimizasyon tekniği olan genetik algoritma ve buna bağlı olarak genetik kodlama ana hatlarıyla anlatılmıştır. Son aşamada ise tüm bu tekniklerin birleşimi olan Yayılan ağaç tabanlı Genetik Algoritma yapısı literatürdeki gelişimden başlamak üzere anlatışmış ve geliştirilen model basit bir örnek problem aracılığıyla açıklanmıştır.

SOLVING OF MULTI-STAGE SUPPLY CHAIN OPTIMIZATION PROBLEM WITH SPANNING TREE BASED GENETIC ALGORITHM

SUMMARY

In recent years changes of situations in global market has caused a big competition. In this case only the companies which achieve to reduce distribution time of goods in supply chain can continue to grow. It is very difficult to gather information from today's bulk data to find the solution of optimization problems with hard techniques, so the role of heuristic algorithms especially Genetic Algorithm which copies nature's evolution process, will be more significant. First usage of genetic algorithms with the graph theory in distribution problems was in the beginning of 1990's. This topic is in intersection of Supply Chain, Distribution Problems, Graph Theory, Optimization and Genetic Algorithm subjects and it is open to improve with the algorithms included. In this study, a model is established for finding the optimal distribution strategy for a multi-stage supply chain by choosing alternatives from service points.

In the first section of this study, improvement of supply chain concept and relation between supply chain management and information systems is researched. In the second stage the optimization concept and techniques are mentioned briefly. Subsequently, the graph theory, which provides easiness in modeling, and network analysis in transportation models are explained. As an optimization technique genetic algorithm and genetic coding is described shortly in following phase. Consequently, spanning tree based genetic algorithm is described and it is used to develop a multi-stage distribution model and a simple sample problem solved to explain this technique.

1. GİRİŞ

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin hızlı gelişimine bağlı olarak teknolojiyi izlemek ve kaynakları en etkin biçimde kullanmak kurumların başlıca ihtiyaçları haline gelmiştir. Günümüzün rekabetçi ortamında tedarik zincirine yönelik projeleri başarıyla gerçekleştiren ve buna bir rekabet unsuru gözü ile bakarak büyüme ve karlılık stratejileri ile bütünleştiren şirketler sürdürülebilir bir farklılık yaratarak rakiplerinin önüne geçmekte ve pazar paylarını arttırmaktadır. Hammaddenin tedarikinden son ürünün müşteriye ulaşmasına kadar geçen süreçlerin tümünü kapsayan tedarik zinciri yönetimi çok geniş bir uygulama sahası olarak işletmelerin önünde durmaktadır.

Günümüzün modern iş dünyasında ana iş uygulamaları çatısı altında toplanan tedarik zinciri yönetimi yazılımlarının tedarikçiden müşteriye, çalışandan üst düzey yöneticiye kadar bütün zincirde yer alanları bütünleştirici olması ve iş sonuçlarının müşteri gereksinimlerine zamanında ve kaliteden ödün vermeden en uygun maliyetli şekilde yanıt vermesi beklenmektedir.

Tüm bu sistemlerin en uygun maliyetle yürütülmesi için optimizasyon teknikleri kullanılmakta, bu alanda yıllardır birçok çalışma yapılmaktadır. Özellikle yöneylem araştırması ve teknolojik gelişmelere paralel olarak eski optimizasyon tekniklerinin yerini alarak günümüzün ihtiyaçlarına daha çok hitap eden sezgisel yöntemlerin de kullanımıyla büyük ilerlemeler kaydedilmektedir. Bu çalışma da daha önceki araştırmaları gözeterek yapılmış olup zincire eklenen küçük bir halkadır.

2. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ ve TEMEL KAVRAMLAR

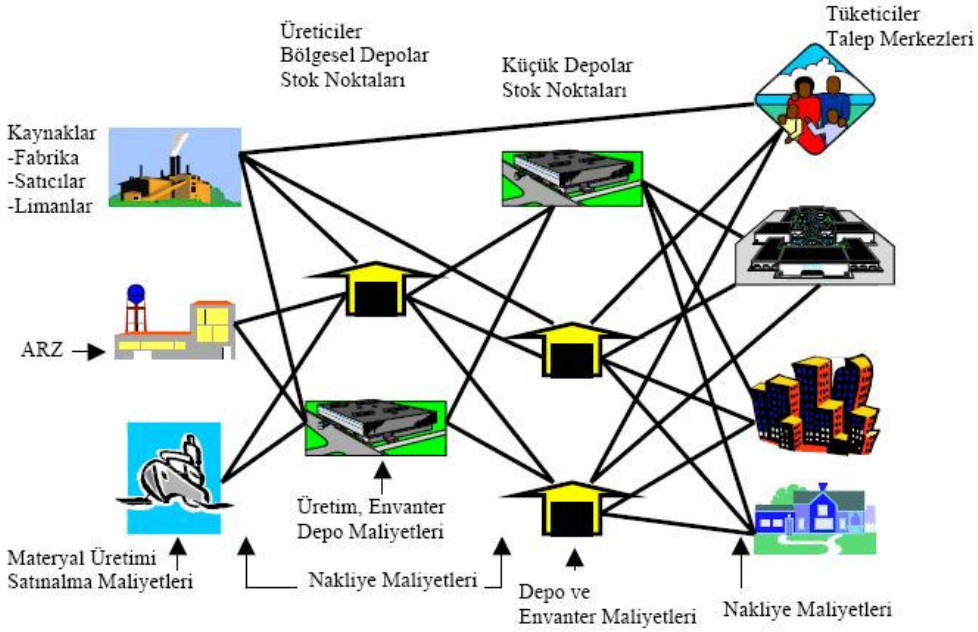
"Tedarik Zinciri Yönetimi" terimi oldukça yeni bir kavramdır. Tedarik zinciri, ilk olarak 1950'lerin sonunda lojistik ve yöneylem araştırması uzmanları ile stratejistler tarafından söz edilen bir yapıdır. Bugünün bütünleşik planlaması ise ancak bilişim sistemlerinin yeterince gelişiminin ardından gerçeklenebilmiştir. 1970'lerde kullanılmaya başlanılan MRP (Malzeme İhtiyaç Planlaması) tedarik zincirinin ilk gerçek uygulaması olarak karşımıza çıkar, ancak bunlar her şirketin yalnızca kendi faaliyetlerini içeren dar kapsamlı çalışmalardır. Tedarik Zinciri Yönetimi 1980'lerin sonlarında yükselişe geçerken, ancak 1990'larda geniş bir kullanım alanına ulaşmıştır. Bu zamana kadar sıklıkla "lojistik" veya "yöneylem araştırması" terimlerinin yerine kullanılmaktadır. Bu nedenle Tedarik Zinciri Yönetiminin doğuş tarihinin 1990'lı yıllar olduğu sıklıkla iddia edilen bir görüştür.

Gelişimini ana hatlarıyla özetleyecek olursak dönüm noktaları olarak şu tarihlerle karşılaşılır:

- 1950'ler → Tedarik Zinciri Yönetimi kavramının ortaya çıkışı,
- 1970'ler → Malzeme İhtiyaç Planlaması (MRP) yazılımlarının kullanılmasıyla ilk tedarik zinciri operasyonlarına yönelik ilk uygulamalar,
- 1970-1980'ler → Tam zamanında üretim/nakliye yaklaşımlarının otomasyona paralel olarak düşen çevrim süreleri ve azalan stok miktarlarıyla birlikte ortaya çıkışı,
- 1993-1994 → "Tedarik zinciri"nin gerçek manasıyla iş dünyasına girişi,
- 1995-1996 → "Tedarik Zinciri Yönetimi" İnternet'in iş süreçlerine entegrasyonu ile altın çağını yaşamaya başlar (Zuckerman, 2002).
- 2000 → Optimizasyon işlevini üstlenen ve gerçek zamanlı olarak yerine getiren SCM (Tedarik Zinciri Yönetimi) yazılımlarının geliştirilmesi

2.1.TEDARİK ZİNCİRİ

Tedarik Zinciri Yönetimi terimini irdelemeden önce tedarik zincirinin ne olduğuna bakmak daha yararlı olacaktır. Bu konuda çok sayıda kaynakta farklı tanımlar yer almaktadır:

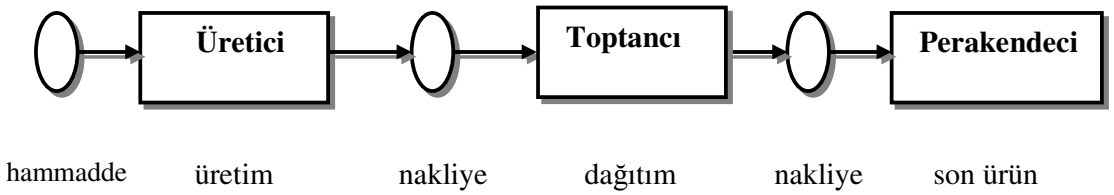


Şekil 2.1 Tedarik Zinciri (Simchi-Levi vd, 2000)

- "Tedarik zinciri firmaların ürün ya da hizmetlerini pazara ulaştıran hattıdır" (Lambert, Stock & Ellram, 1998).
- "Tedarik zinciri hammadde, yarı mamul, veya ürünlerin temin edilmesi, dönüştürülmesi, depolanması, veya satılması gibi coğrafi olarak geniş bir alana yayılan faaliyetler ile tüm bu faaliyetleri ürün akışı içerisinde bağlayan ulaştırmayı kapsamayan bir yapıdır" (Shapiro, 2001).
- "Tedarik zinciri doğrudan veya dolaylı olarak müşteri talebini karşılamanın her aşamasını kapsar. Yalnızca üreticiler veya tedarikçiler değil, aynı zamanda nakliyeciler, perakendeciler ve müşteriler de bu zincire dâhildir" (Chopra & Meindl, 2001).
- "Tedarik zinciri tedarik, dönüştürme ve talep özelliklerine sahip malzeme işleme hücrelerinden oluşan bir ağdır" (Davis, 1993).

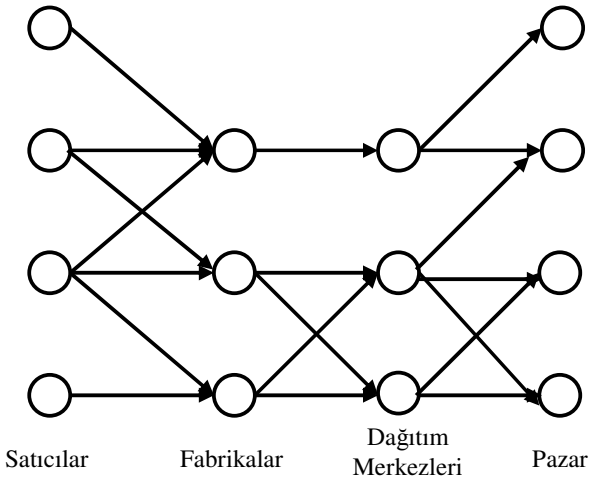
- Tedarik zinciri, hammadelerin tedarikini, üretim ve montajı, depolamayı, stok kontrolünü, sipariş yönetimini, dağıtımını, ürünün müşteriye ulaştırılmasını içeren faaliyetler ve tüm bu faaliyetlerin izlenebilmesi için gerekli olan bilgi sistemleri olarak tanımlanabilir (Lummus, Vokurka, 1999)

Bir tedarik zinciri Şekil 2.1'de olduğu gibi gösterilebilirse de sıklıkla bir ağ yapısı olarak karşılaşılır (Shapiro, 2001).



Şekil 2.2 Klasik bir Tedarik Zinciri gösterimi

Şekil 2.2 ise kavramsal olarak tedarik zincirini en iyi açıklayan ve bu zincirin modellenmesinde yoğun olarak kullanılan ağ yapısını göstermektedir.



Şekil 2.3 Tedarik zinciri ağı

Yukarıda bahsedildiği gibi Tedarik Zinciri Yönetimi yaklaşımının benimsenmesi, yani şirketlerin eski lojistik anlayışlarını gözden geçirerek yeni bir yöntem belirlemeye çalışması 1990'lı yıllara rast gelmektedir. Bu dönemde şirketlerin böylesine bir değişim içerisine girmesinin ise birtakım zorlayıcılar karşısında olduğu açıktır (Holmes, 1995):

- Artan bölgesel ve global rekabet

  Şirketlerin aldıkları değişim kararının en önemli noktasıdır. Birçok şirket bölgesel, ya da ulusal alanda değil global pazara açılmıştır.
- Avrupa Ekonomik Topluluğu'nun (Ortak Pazar) etkisi

  Ortak Pazar ile sınırlar ötesinde, ülkeler arasında tedarik zinciri entegrasyonunun gerçekleştirilmesini kolaylaştırmıştır. Çok sayıda ülke, dağıtım alanının genişlemesini bu da uluslararası dağıtım merkezlerinin kurulması ihtiyacını doğurmuştur.
- Ürün ömürlerinin kısalması

  Sık değişen trendler nedeniyle ürün ömürlerinin kısalması stok politikalarını gözden geçirmeyi gerektirmiştir.
- Pazardaki değişimler

  Tüm pazarlarda oyuncu sayısının artmasıyla müşterinin tercih sayısının dolayısıyla da gücünün artması daha etkin ve güçlü dağıtım ağlarının geliştirilmesini zorunlu kılmıştır.
- Tüketici tercihlerinin baskısı

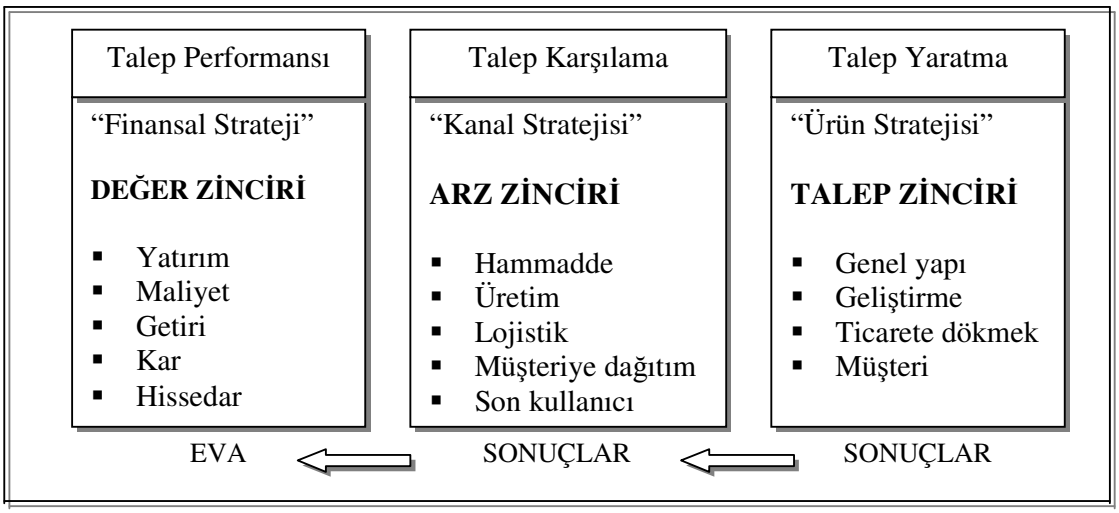
  Son kullanıcıların daha bilinçli hale gelmesiyle, sunulan değil talep eden yapıya bürünmesi, şirketlerin yeni arayışlara yönelmesine neden olmuştur.
- Satış sonrası hizmetler

  Artan rekabet, firmaların fark yaratmak için satış sonrasında da müşteriye hizmet götürmesini zorunlu hale getirmiştir.

Şirketlerin fark yaratmak için müşteri hizmetlerini kullanması mecburiyet haline gelirken, bu durum tedarik zincirinin üzerinde oldukça büyük bir baskı yaratmaktadır. Müşteriye ürünleri en yüksek kalite ve hizmetle en ekonomik şekilde ulaştırmak günümüzün temel lojistik stratejisi haline gelmiş bulunmaktadır. Bu tedarik zincirinin giderek daha entegre çalışmasını ve tüm parçaların birbirine sağlam bir yapıyla bağlı olmasını gerektirmektedir (Eck, 2002).

Bu koşullar altında tedarikçilerin ve müşterilerin izolasyon altında tutulması mümkün olamayacağından, eski lojistik anlayışının terk edilmesi, onun yerine hammadde temininden ürün son müşteriye ulaştırılana kadar olan tüm süreçlerde katma değer yaratmanın gerekliliği kaçınılmaz hale gelmiştir. Artık, başarı tek bir

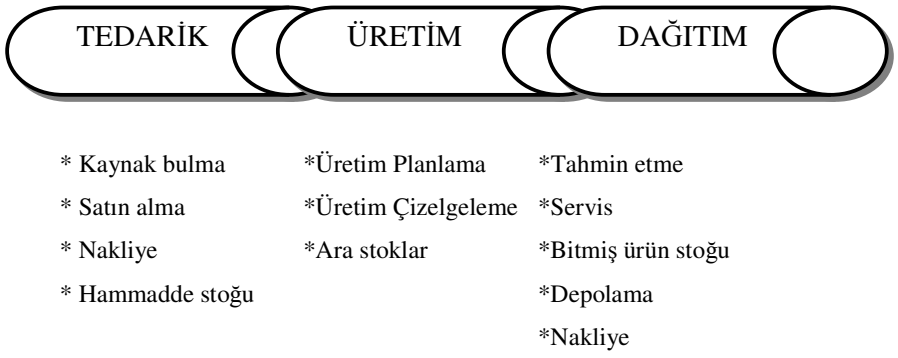
aşamayla ölçülmemektedir, şimdi rekabet tedarik zinciri boyunca birlikte çalışan tüm firmaların dahil olduğu bir ağın diğer firmalarla yarışıdır (Spekman, 1998).



Şekil 2.4 Talep Yönetimi Yapısı ve Tedarik Zincirinin Yeri (Sherman, 1998)

2.2.TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

Tedarik Zinciri Yönetimi hammaddenin tedarik edilmesinden, üretim süreçlerine ve son ürünün dağıtımı ile satış sonrası hizmetlere kadar tedarik zincirinin tüm iç ve dış bileşenlerinin belirlenen hedef ve stratejiler doğrultusunda tasarımı, geliştirilmesi, optimizasyonu ve yönetimini kapsayan süreçler bütünüdür (Eck, 2003). Diğer bir tanıma göre ise işletmelerin rekabet edilebilir fiyatlarla yüksek kaliteli malzemeleri ve bileşenleri sağlayabilmesi için tedarikçileriyle birlikte çalışabilme yeteneğidir (Davis vd. 1999).



Şekil 2.5 Boru Hattı

Şekil 2.5'te görülen boru hattı modelince Tedarik Zinciri Yönetimi tüm bu aktivitelerin optimum şekilde yürütülmesini sağlamayı amaç edinen bir yaklaşımdır (Copacino, 1997).

İşte Tedarik Zinciri Yönetimini lojistik anlayışından ayıran ana nokta, lojistik tek bir şirketi kapsarken, Tedarik Zinciri Yönetiminin sınırları içerisine ağa dahil olan tüm şirketlerin girmesidir. Yani Tedarik Zinciri Yönetimi tek şirketli değil çok şirketli bir yapıya sahiptir. Tedarik Zinciri Yönetimi geleneksel lojistik faaliyetlerinin yanısıra, yeni ürün geliştirmeden, finansa, pazarlamadan, müşteri hizmetlerine kadar ilk tedarikçiden son kullanıcı aşamasına kadar olan tüm süreçleri kapsamaktadır.

Etkin Tedarik Zinciri Yönetimi hem müşteri hizmetleri kanadında hem de zinciri içi operasyonlarda eş zamanlı gelişimi gerekli kılar. Müşteri hizmetlerinin gelişmişliği temel olarak yüksek talep karşılama oranı, zamanında teslimat, geri iade oranının düşük olması gibi değerlerle ölçülür. Zincir içi verimlilik ise, zincire dahil olan şirketlerin stok veya diğer varlıklara yaptıkları yatırımlarının geri dönüşü ile ölçülürken, bunu gerçekleştirmenin yolu operasyon ve satış giderlerini düşürmektir (Hugos, 2003).

Tedarik Zinciri Yönetiminin temel prensipleri şunlardır:

- Müşteri memnuniyeti
- Maliyet düşürme
- Stok yönetimi
- Etkin ve doğru bilgi akışı
- Tam zamanında teslimat

Yukarıda söylenenleri toparlayacak olursak, geleneksel anlayış çerçevesinde tedarik zinciri yönetiminin amacı; müşteri talebini etkin biçimde karşılarken oluşan toplam tedarik zinciri maliyetini en aza indirgemektir. Toplam maliyeti ortaya çıkaran kalemlerden bazıları aşağıda verilmiştir (Shapiro, 2001):

- Hammadde maliyetleri
- Şirkete nakliye giderleri
- Tesis yatırım maliyetleri
- Doğrudan ya da dolaylı üretim giderleri
- Doğrudan ya da dolaylı dağıtım merkezi giderleri
- Stok maliyetleri

- Tesisler arası nakliye maliyetleri
- Müşteriye nakliye giderleri

Anlaşılacağı gibi Tedarik Zinciri Yönetimi çok yönlü düşünme, birçok kriteri aynı anda değerlendirmeyi gerektirir, bu da zincirde bulunan tüm şirketlerin güçlü entegrasyonu ile mümkün olabilir.

Günümüzde tedarik zincirinin etkin bir şekilde yönetilmesi iç ve dış müşteri memnuniyetini arttırırken, daha düşük maliyetler ve daha yüksek kar oranları ile birlikte istikrarlı büyümeyi sağlaması böylelikle daha etkin ve verimli bir şirket haline gelinebilmesi için ön koşul haline gelmiştir. Geleneksel sistemlerde satınalma, üretim, dağıtım, pazarlama bölümleri birbirlerinden bağımsız olarak hareket etmekte ve belirledikleri amaçlar birbiriyle çakışabilmektedir. Tedarik zinciri öğelerinin birbiriyle olan çatışmalarını önleme çabası ancak onları birbütün içinde değerlendirerek toplam faydayı enbüyüklemeye yönelik bir sistemle başarıya ulaşabilmektedir. Teknolojik gelişmeler ile bilgi sistemlerinin sunduğu imkanların artmasıyla birlikte tedarik zinciri yönetimi kavramına ilgi giderek artmaktadır.

Tablo 2.1 Tedarik Zincirinde Yönetiminin işletme için katma değeri (PRTM ISC Benchmark Study, 1997)

Süreç	**Gelişme**
Teslim performansı	16% - 28% iyileşme
Stokların	25% - 60% azaltma
Temin süresi	30% - 50% kısalma
Talep tahmin doğruluğu	25% - 80% gelişme
Verimlilik	10% - 16% artma
Maliyetler	25% - 50% azalma
Sipariş karşılama oranı	20%- 30% gelişme
Kapasite kullanımı	10% - 20% gelişme

Sonuç olarak etkin bir tedarik zinciri yönetiminin varlığı

- Girdilerin teminini düzenleyerek, üretimin devamlılığını sağlar
- Tedarik süresini azaltarak, pazardaki değişikliklere tepki süresini kısaltır

- Son müşteri taleplerini en iyi şekilde karşılayarak toplam kaliteyi arttırır
- Teknoloji kullanımıyla yeniliği-gelişimi tetikler
- Toplam maliyetleri azaltır
- İşletmede malzeme, ürün ve paranın çift yönlü akşını düzenler

2.3. TEDARİK ZİNCİRİ ENTEGRASYONU

Tedarik zinciri içindeki tüm firmalar ürünleri üreten veya dağıtan halkalar olarak görev yapar. Geleneksel anlayışta tüm firmalar tedarik zincirine katılımlarını bağımsız bir perspektiften değerlendirerek kendi karlarını arttırmaya odaklanmıştır. Aşağıda görüldüğü gibi bu bakış açısı tedarik zincirine hızı, esnekliği, entegrasyonu, yeniliği sonuç olarak da rekabet gücünü kısıtlayan sınırlar getirmiştir (Ashkenas, 1995):

- Planlar ve stratejiler bağımsız olarak geliştirilir

  Her firma Pazar hedeflerini ve üretim planlarına diğer firmalara danışmaksızın bağımsız olarak ortaya koyar. Bu tedarik zincirindeki senkronizasyonu bozar.
- Bilgi paylaşımı sınırlıdır

  Firmalar maliyet, fiyat, kar marjı gibi bilgiler ile karşılaştıkları problemleri diğer halkalarla paylaşmazlar. Bu eğilim sıklıkla optimum olmayan sonuçlara ve geç teslimatlara yol açar.
- Kaynaklar verimsiz bir biçimde kullanılır

  Tedarik zincirinin farklı bölümlerinde bilgi, deneyim ve benzeri kaynaklar diğer bölümlerden ayrı kullanılır. Her halka kendi kaynağını yalnızca kendisi için kullanırken bu kaynağın kullanılmadığı zamanlarda diğer firmalardan birinin ihtiyacı olabileceğini göz ardı eder.
- Muhasebe, ölçüm ve ödül sistemleri ayrıktır

  Her firma kendi muhasebe, ölçüm ve ödül sistemini kullanır. Böylelikle biri kaliteye önem verirken, bir diğeri için önemli olan satış rakamları olabilir.
- Satış anlayışı müşteri odaklı değildir

  Her bir firma ayrı ayrı kar etme düşüncesinde olduğunda, satış konusunda müşteri talepleri gözönüne alınmaksızın itme tekniği uygulanır. Bu yaklaşım zamanla müşteri memnuniyetinin düşüşüne yol açar.

Böylesine bir çalışma ortamı çıktı performansını olumsuz yönde etkileyecek çatışmaları da beraberinde getirir (Smatupang & Sridharan, 2002). Bu yapı söz konusuyken ancak tedarik zinciri içinde sınırları kaldırabilen şirketlerin başarılı olabileceği bir gerçektir. Zincir içerisindeki tüm şirketlerin kendilerini yalnızca pazar koşulları nedeniyle bağlanmış bağımsız şirketler olarak ilan eden katı yapıdan sıyrılarak, entegre olmuş bir sistemin birer parçası olmaları gerekmektedir. Çünkü mevcut çatışmaları elimine etmek yalnız bu şekilde mümkün olabilir. Ancak şirketlerin birbirlerinin sistemlerini kabul etmeleri, şirket kültürlerini, çalışma anlayışlarını, hedeflerini bağdaştırmaları da her zaman kolay olmaz.

Yeni model geleneksel yapıda olan her bir organizasyonun tek başına karını maksimize etme çabalarının yerine tüm şirketlerin toplam tedarik zinciri başarısı için çalışmaları gerektiğini söyler. Yeni modele göre şirketler sınırlarını genişletmeli yani ortak bir amaç için tek bir şirket gibi davranmalıdır (Ashkenas, 1995):

- Stratejik ve operasyonel planlarda koordinasyon sağlanır
  Başarılı bir tedarik zincirinde stratejik ve operasyonel planlarda tüm üyeler işbirliği yapar. Amaç yalnızca daha iyi ürün geliştirme veya üretim planlama değildir, aynı zamanda operasyonel prosedürde koordinasyonu sağlamaktır.
- Bilgi paylaşımı üst düzeydedir ve problem çözümünde birlikte hareket edilir
  Sistemin üyesi olarak, sınırları kaldırılmış bir tedarik zincirinde bilgi özgürce paylaşılmaktadır. Zincirin herhangi bir yerindeki bir üretim problemi herkesin sorunu haline gelir ve en iyi çözüm hep birlikte bulunur.
- Kaynaklar paylaşılır
  Tedarik zincirine sistematik olarak bakılan bu model ile kaynak ve uzmanlık paylaşımı en üst düzeyde gerçekleştirilir.
- Muhasebe, ölçüm ve ödül sistemleri tutarlıdır
  Tedarik zinciri üyeleri maliyet, marj ve yatırımların belirlenmesinde uygulanan metotlara birlikte karar verir. Şirketlerdeki performans ölçümlerinin ve ödüllendirmenin eşgüdümlü olarak yapılması çalışanların motivasyonunu arttırır.
- Satış anlayışı müşteri odaklıdır
  Başarılı bir tedarik zinciri için piyasaya istenilen ürünü sunmak yerine müşteriye danışılarak ihtiyacı olan özelliklerdeki ürünü üretmek, onu satmak

daha uygun bir yoldur. Böylelikle hem müşteri memnuniyeti artacak hem de satış adetleri yükselecektir.

Tablo 2.2 Tedarik Zincirinde farklı yaklaşımlar (Eck, 2003)

Geleneksel bakış açısı	**Yenilikçi bakış açısı**
Strateji ve planlar bağımsız olarak oluşturulur	Strateji ve planlar koordineli bir biçimde oluşturulur
Bilgi paylaşımı ve birlikte problem çözme kısıtlıdır	Bilgi geniş anlamda paylaşılır ve problemler birlikte çözülür
Kaynaklar verimsiz kullanılır	Kaynaklar paylaşılır
Muhasebe, ölçüm ve ödüllendirme sistemleri ayrık olarak kurulur	Muhasebe, ölçüm ve ödüllendirme metotları tutarlıdır
Satış müşteri odaklı değildir	Satış müşterinin danışmanlığına başvurularak geçekleştirilir

Tedarik zincirindeki bu sıkı işbirliği şirketlerin talepleri en verimli şekilde karşılamalarına dolayısıyla da tüm zincirin karlılığını arttırmasına yardım eder (Smatupang&Sridharan, 2002). Yenlikçi bakış açısının uygulanabilmesi için şirketler arasında tam bir sinerji yaratılması gerektiği açıktır. Bu amaca uygun olarak yapılan entegrasyon çalışmaları ise genel olarak fiziksel, bilgi, yönetim sistemi ve örgütsel entegrasyon olarak dört farklı sınıfta incelenir (Eck, 2003).

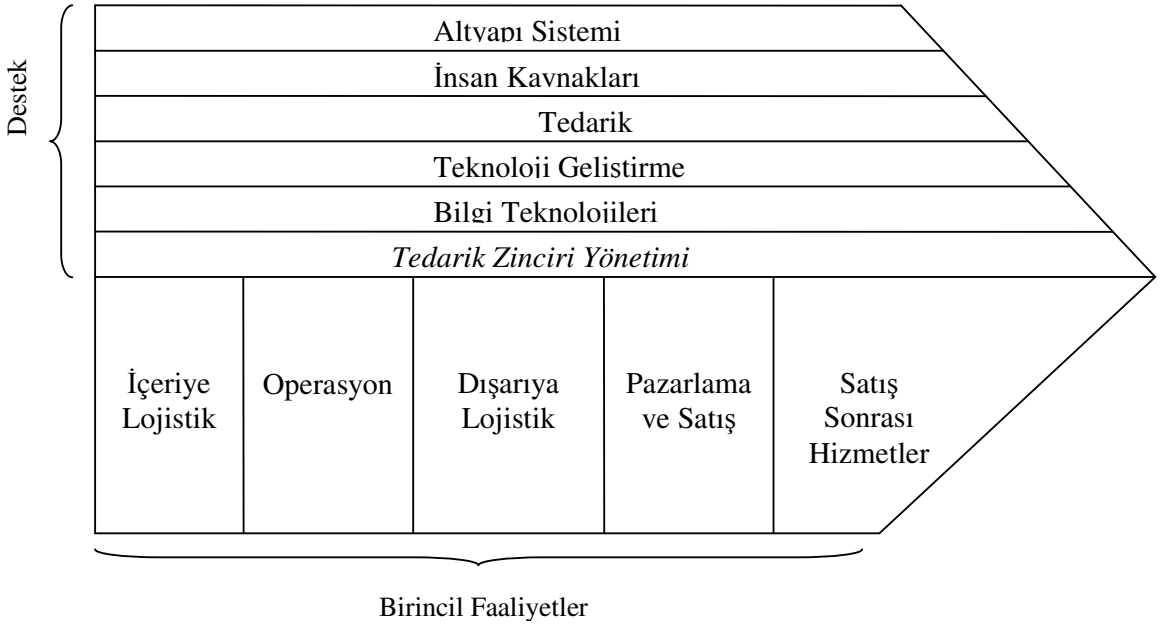
2.4.TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ VE DİĞER DİSİPLİNLER

Tedarik Zinciri Yönetimi diğer birçok disiplin vasıtasıyla üretilen sonuçlarla beslenen bir disiplinler arası yaklaşım olarak değerlendirilebilir. Farklı disiplinlerin modellenmesiyle elde edilen veri ve analizler Tedarik Zinciri Yönetiminin gelişimi için kullanılan araçlardandır. Bu disiplinlerin en önemlileri aşağıda verilmiştir:

- Strateji oluşturma ve şirket teorisi
- Yöneylem araştırması
- Lojistik, üretim ve stok yönetimi
- Yönetim muhasebesi
- Talep tahmini

2.4.1. Strateji oluşturma ve şirket teorisi

Strateji oluşturma ve şirket teorisi, tedarik zincirinin stratejik bir tümdengelim bakış açısı ile incelenmesi için önemli ve kullanışlı birçok yönteme sahiptir. Bu disiplinin sunduğu nitel ve nicel (teorik olarak) değerler rekabet üstünlüğü sağlayacak stratejilerin oluşturulması için matematik modelleme vasıtasıyla analiz edilir. Porter'ın ortaya koyduğu değer zinciri[1] yapısına göre Tedarik Zinciri Yönetimi şirket stratejilerinden lojistik, üretim, satış gibi faaliyetlerin işleyişi için optimum planlar üreten ve bu şekilde katma değer yaratan bir sistemdir.



Şekil 2.6 Değer Zinciri (Porter, 1985)

2.4.2. Lojistik, Üretim ve Stok Yönetimi

Stratejik konularda kullanılan tümdengelim esaslı bakış açısının tersine lojistik, üretim ve stok yönetimi tedarik zinciri faaliyetlerini tümevarım perspektifiyle yönetir.

Lojistik, temel olarak dağıtım ve depolama faaliyetleriyle ilgilidir. Dağıtım planlama içerisinde dağıtım yollarından araç seçimine, araç çizelgelemeden, rotalamaya kadar şirket ürünlerinin tedarik zinciri içerisindeki hareketini yönlendirecek tüm faaliyetleri kapsayan çok geniş bir alandır. Optimizasyon modelleri ve modelleme sistemleri

[1] Şekil 1.6'da bir üretim sisteminde değer zinciri modeli görülmektedir

lojistik karar problemlerine başarıyla uygulanmakta ve daha hızlı ve güçlü yöntemlerin bulunması için yapılan araştırmalar devam etmektedir.

Üretim Yönetimi, sektörlere göre büyük faklılık arz eden bir konudur. Bu nedenle üzerinde titizlikle durulması gereken belki de her ürün kolu için farklı tekniklerin üretildiği, arka planda malzeme ihtiyaç planlaması ve/veya güçlü veritabanları barındıran zengin modelleme sistemlerinin geliştirildiği bir konudur. Operasyonel seviyede kullanılan planlar ürün/malzeme bazlı teknikleri yoğun olarak kullandığından daha özelleşmiş yapıdayken, taktik ve stratejik seviyede sektörel faklılıkların ve zamanlama gibi ayrıntıların önemsiz hale gelmesi nedeniyle daha genel amaçlı modeller kullanılmaktadır.

Stok Yönetimi, bir şirketin çeşitli nedenlerle elinde bulundurmak durumunda olduğu hammadde, malzeme, yarı mamul veya bitmiş ürünlerin talep-arz dengesi içerisinde niceliklerini optimum seviyeye getirmeye çalışan bir disiplindir. Günümüzde tam zamanında üretim sistemi gibi teknikler mümkün olan en az stok seviyesinde çalışmanın en iyi yöntem olduğunu söylemekte, bu nedenle tüm çalışma stok miktarını en aza indirgemek yolunda yapılmaktadır.

2.4.3. Yönetim Muhasebesi

Yönetim muhasebesi, şirketin ekonomik durumunu belirleme, ölçme, raporlama, analiz etme sürecidir. Bu disiplin yöneticilere daha iyi karar alması için yardımcı olur, verilen kararların sonuçları hakkında geri besleme yapar ve mevcut durumları kontrol eder. Tedarik Zinciri Yönetimi ve yönetim muhasebesi işletme problemlerinin analizi için kullanılan yöntemler açısından büyük benzerlik taşır.

2.4.4. Talep Tahmini

Talep tahmini gelecek dönemlerde oluşacak talepleri tahmin etmeye dayanan nicel yöntemlere verilen ortak addır. Bu tip tahmin çalışmaları maliyet minimizasyonu, fiyat gibi çeşitli değişkenlerin işlendiği gelir veya kar maksimizasyonu, tedarikçi belirleme ve benzeri etkenlerin hesaplanabilmesi amacıyla kurulacak tedarik zinciri modelleri için temel noktayı teşkil eder. Farklı senaryolar ile oluşturulacak tahminler tedarik zinciri modellerini optimize etmek amacıyla kullanılırken içerdiği yüksek belirsizlik bu konunun en büyük zorluğudur.

Kullanılan yöntemler genel olarak istatistik modellere dayanır. Geçmiş satış verilerinin yanısıra ulusal ve global ekonomik veriler, yatırım analizleri de sıklıkla kullanılan bilgileridir. Zaman serisi analizleri bu verilerin işlenmesi için en çok başvurulan yöntemlerin başında gelir. Ancak son zamanlarda genetik algoritmalar ile kimi sinir ağı modelleri de bu konuda kullanmaktadır.

2.4.5. Yöneylem Araştırması

Yöneylem Araştırması sibernetik, sistem mühendisliği, iletişim bilimleri, çevre bilimleri ve sistem bilimleri gibi İkinci Dünya savaşından sonra gelişen disiplinlerarası bir bilimdir. (Esin, 1981). Daha ayrıntılı bir tanım ile Yöneylem araştırması iş, devlet ve askeri alanlarda insan,makine, malzeme ve para yönetiminde oluşan problemleri çözmek için kullanılan bilimsel bir yöntemdir. Şans ve risk gibi çeşitli faktörleri de gözönüne alarak, alternatif kararlar ve stratejiler üreterek sistemin bilimsel bir modelini ortaya çıkarmaya çalışır. Amaç, yönetimin vermesi gereken kararlara bilimsel bir şekilde yardımcı olmaktır.(Churcman, Ackoff&Arnoff, 1957)

Yöneylem araştırması çalışmalarına ilk olarak II. Dünya Savaşı sırasında başlanmıştır. Savaşın ortalarında İngiltere'yi bombalayan Alman uçaklarının verdiği zarar yüzünden bir önlem almak isteyen İngiliz araştırma ekibinin Alman hava hücumlarının dağılımını olasılık kurallarına göre hesaplayarak eldeki olanaklarla oluşturduğu hava savunma sistemi beklenenin çok üstünde bir başarıya ulaşmıştır. Uçak sayısı bakımından oldukça üstün durumda bulunan Alman hava kuvvetlerinin hemen her hücumu bu hava savunma sistemi sayesinde İngiliz avcı uçaklarıyla karşılanmış ve böylece Almanlar etkili bir hava baskını yapamamıştır.

Yöneylem araştırmalarının savaş sırasında sağladıkları bu büyük başarı karşısında, savaş sonrasında bu bilimsel yaklaşıma kayıtsız kalınamadı. İngiliz hükümeti büyük bir yıkımla çıktığı savaş sonrasında, ekonomi, sanayi ve yönetimin yeniden gözden geçirilmesine karar vermişti. Büyük bir savaş sonrasında yapılması gereken değişiklikler belirlenmek zorundaydı. Bu çalışmalarda savaş sırasında yetkinliğini ispatlamış olan yöneylem araştırması yönteminden fazlasıyla yararlanıldı. 1950'lerde itibaren Amerika Birleşik Devletlerinde birçok alanda kullanılmaya başlanmıştı. (Keys, 1991).

Yöneylem araştırması çalışmalarında problemlerin çözümü için kullanılan başlıca modeller Taha Hamdy tarafından şu şekilde sıralanmıştır (1987).

- Doğrusal programlama
- Kuyruk teorisi
- Stok modelleri
- Oyun teorisi
- Benzetim
- Markov zincirleri
- Olasılık teorisi
- İstatiksel karar teorisi
- Şebeke Analizi
- Doğrusal olmayan programlama
- Dinamik programlama

Son yıllarda özellikle bilgisayar sistemlerinin gelişimiyle kullanımı artan teknikler bugün optimizasyonun en önemli aracıdır. Günümüzde SCM yazılımlarının belkemiği, yöneylem araştırması teknikleri kullanılarak yazılan optimizasyon algoritmalarıdır.

2.5.MODELLEME SİSTEMLERİ

Daha önce de bahsedildiği gibi tedarik zincirinin bütünleşik planlamasının yapılabilmesi için bir takım modelleme sistemleri kullanılmaktadır. Modelleme sistemleri;

- Betimleyici modeller
- Optimizasyon modelleri

olmak üzere iki başlıkta toplanabilir.

Betimleyici modeller, şirket ve dış dünya arasındaki ilişkilerin daha iyi anlaşılmasını sağlayacak fonksiyonel ilişkileri belirlemek için kullanılır. Bu tip modellere dair örnekler aşağıda görülmektedir:

- **Tahmin modelleri**, talep, hammadde maliyeti vb faktörleri geçmiş verilere dayanarak tahmin eden tekniklerdir.

- **Maliyet ilişkileri**, doğrudan veya dolaylı maliyetlerin değişimini maliyet unsurlarının fonksiyonları şeklinde tanımlar.
- **Simülasyon modelleri,** şirketin tedarik zincirinin birtakım parametre veya prosedür değişikliğinin ardından nasıl bir davranış izleyeceğini gösterir.

Optimizasyon modelleri, daha önce de belirtildiği gibi yöneticilerin karar vermelerine yardım eden modellerdir. Optimizasyon modellerin oluşturulmasında betimleyici bilgiler ve modeller girdi olarak kullanılır. Modelin doğru sonuç vermesi modelleme sırasında kullanılan verinin kalitesine bağlıdır çünkü ortaya çıkan sonuç girdilerden daha iyi olamaz (Shapiro, 2001).

3. TEDARİK ZİNCİRİ VE BİLİŞİM SİSTEMLERİ

Teknolojik gelişmelerle birlikte, işletmeler için bilgi en az ürettikleri ürünler ve hizmetler kadar önemli bir konuma gelmiştir (Bhatt&Emdad, 2001). Tedarik zincirini, işletmeler için rekabet avantajı durumuna getirebilmede ilk adım, tedarik zincirinin üyelerinin açık bir biçimde bilgi paylaşıma istekli olmalarıdır (Lummus&Vokurka, 1999). İşletmeler, bilgi paylaşımına, güçlerini kaybetmelerine neden olacağını düşünmelerinden dolayı, olumlu bakmayabilmektedirler. Bu anlayış tedarik zincirinde bilgi akışında sorunlara neden olmaktadır (Croom,vd, 2000). Günümüzde büyük işletmeler verimlerini arttırabilmek adına bu kapalı tavrı terk ederek tedarik zinciri içerisinde bilgi paylaşımını etkin kılacak adımlar atmakta ve bilgi sistemlerine büyük önem vermektedir.

3.1. BİLİŞİM SİSTEMLERİ VE TEKNOLOJİK ALTYAPI

Bilgi sistemleri hem her bir şirket içindeki işlemlerde üyeler arasındaki eşgüdümü kurma konusunda tedarik zincirini destekleyen yapılardır. Yüksek hızlı veri transferi ağları ve veritabanları kullanılarak şirketlerin bilgilerinin paylaşımı ile tedarik zincirinin daha iyi yönetimi sağlanabilir. Şirketlerin başarısında bu tip teknolojilerin kullanılması kilit bir nokta teşkil etmektedir.

Bilgi sistemleri 3 temel işlemi gerçekleştirecek teknolojik altyapı ile kurulurlar: veri temini ve haberleşmesi, veri depolama ve çağırma, ve veri işleme ve raporlama. Her bilgi sistemi, yapılacak işin niteliğine göre bu özelliklerden birine veya birkaçına sahiptir. Tedarik Zinciri Yönetiminde kullanılan bilişim sistemleri uygulama alanına bağlı olarak bu 3 fonksiyonunun farklı kombinasyonlarından oluşmaktadır (Hugos, 2003).

3.1.1. Veri Temini ve Haberleşmesi

İlk işlev olan veri temini ve iletimi, ihtiyaç duyulan yüksek hızlı ağ yapısını oluşturan sistem ve teknolojiler bütünüdür. Bu teknoloji ile bekleme zamanları elimine edilirken büyük boyutlu verilere ulaşmak kolaylaşır. Bu konuda yapılan çalışmalar içerisinde kullanımı en yaygın olanlar aşağıda açıklanmıştır.

3.1.1.1. İnternet

İnternet, IP (İnternet Protokolü) standartlarıyla bir noktadan diğerinde veri aktarımı yapılmasını sağlayan global veri haberleşmesi ağıdır. En yaygın servis olmasının yanı sıra, diğer online servislerden temel farkı merkezi yönetim altında olmasıdır. İnternet çeşitli yerlere dağılmış halde bulunan host bilgisayarların birbirine bağlanmaları ile oluşur. Kullanıcıların kullanacağı kaynaklar bu hostlar üzerinde yer alır. Bir aygıtın İnternet'e bağlanmasıyla bu ağa bağlı diğer aygıtlarla, kullanılan veri biçimlerinin farklılığı önemli olmaksızın, haberleşebilmesi mümkündür. İnternet'ten önce şirketler şirket içi iletişimi ve diğer şirketlerle bağlantıyı saplayabilmek için kendi kurdukları pahalı ağ yapılarını kullanıyorlardı. Şimdi ise şirketler çok kolay ve ucuz bir şekilde verilen izinler dahilinde birbirlerinin bilgisayar sistemlerine bağlanabilmektedirler. Veri koruma, paylaşımı kısıtlama için kullanılan bazı yapılar ile (ör. VPNs—Virtual Private Networks) İnternet'in güvenilir bir haberleşme ağı haline gelmesi sağlanmıştır.

3.1.1.2. Geniş bant

Temel olarak, yüksek hızda (56Kb dial-up modemden daha hızlı) sürekli İnternet bağlantısı sağlayan haberleşme teknolojilerine verilen ortak addır. Kablo, DSL, Ethernet ve uydu bağlantısı örnek olarak verilebilir. Geniş bant kullanımı günümüzde çok yaygın hale gelmiştir, bu durum tedarik zincirindeki şirketlerin ucuz ve kolay bir şekilde büyük boyutlu verileri gerçek zamanlı olarak paylaşmasına olanak tanımaktadır. Birçok şirkette bilgisayarların birbirine Ethernet gibi LAN (Local Area Network) yapılarıyla bağlanması şirket içi entegrasyonu mümkün kılmıştır. LAN'ın yanı sıra faklı yerlerde bulunan birimlerine bağlanabilmek için farklı WAN (Wide Area Network) yapıları kullanılmaktadır. Şirket içi iletişimi kolaylaştıran bu teknolojilerin ardından tedarik zinciri entegrasyonunun diğer bir aşaması ise şirketler arası bağlantılar olacaktır.

3.1.1.3. EDI

EDI, belli bir şekilde yapılandırılmış bir format kullanarak, iki şirketin iş bilgilerini elektronik ortamda birbirlerine aktarmalarını ifade etmektedir. Bu kavram 1970'den beri bilinmekte ve satınalma siparişi, fatura gibi geleneksel satıcı-alıcı ilişkilerini otomatikleştirme için kullanılmaktadır. EDI günümüzde hala geçerli ve adeta yeniden doğuyor. Bunun nedeni çok daha geniş alanlara yayılmasında yatıyor. Stok yönetimi ve ürün sevkıyatı gibi farklı alanlar da otomasyona geçtiği için şirketler veya birimler arası veri aktarımı çok daha farklı alanlara kaymakta ve genişlemekte. Önceki yıllarda, bir EDI ortamı yaratabilmek için her iki tarafın da bilgisayar ve networking ekipmanlarına ciddi yatırımlar yapması gerekiyordu. Bu sistemde ayrıca bilgilerin kalitesi, depolamanın yapıldığı ana bilgisayardaki verilerin ne sıklıkla güncellendiğine bağlıydı. İnternet'le birlikte EDI platformundaki şirketler çok düşük bağlantı maliyetleri ödemeye başladılar. Buna düşük PC fiyatları ve basit yazılımlar da eklediğinde EDI artık çok pahalı bir yatırım olmaktan çıktı.

3.1.1.4. XML

XML (eXtensible Markup Language), bilgisayarlar arasında esnek biçimli veri transfer etmek amacıyla geliştirilmiş bir teknolojidir. EDI'nin kullandığı katı, tanımlanış veri gruplarına karşın XML farklı türdeki veriler ile ilgili veri işleme yönergelerini transfer edebilmektedir. XML yalnızca bilgisayarlar arasında değil bilgisayar ve insan arasındaki veri akışını sağlamak için de kullanılır, yani kullanıcı ara yüzü de sunar. EDI sistemlerinin aksine XML'de veri transferi ve işleme sırasının önceden tanımlanmış olması gerekli değildir. XML yapısının daha da yaygınlaşmasıyla tedarik zinciri içerisinde haberleşme daha da kolaylaşacak ve spontane hale gelecektir.

3.1.2. Veri Depolama ve Çağırma

Bilgi sistemlerinin diğer bir işlevsel alanı veri depolayan ve kurtaran teknolojilerden oluşur. Bu işlemler veritabanı teknolojisi gerçekleştirilir. Veritabanı, düzenlenmiş verilerin elektronik ortamdaki biçimidir. En yaygın olarak kullanılan veritabanı teknolojisi ilişkisel veritabanıdır. Bu tip veritabanlarında ilişkili veri grupları SQL (Standard Query Language—Standart Sorgulama Dili) kullanımı ile veri çağırmayı (sorgulama) destekleyen özel tablolarda depolanmaktadır. Bir veritabanı veri toplayan ve depolayan iş sürecinin modelidir. Model toplanan verinin detay düzeyi

ile tanımlanır ki düzeyi belirleyen temel öğeler ihtiyaçlar ve bütçedir. İş sürecinde yeni olaylar meydana geldikçe veritabanı işlemleri gerçekleşir ve model kaydedilecek işlemleri seçer, bu yukarıda bahsedilen detay düzeyine bağlı olarak gerçekleşir. İşlemler gerçek zamanlı olarak kaydedilebilirken, periyodik olarak gruplar halinde kaydedilmesi de mümkündür. Az önce bahsedildiği gibi veritabanı yalnızca bilgiyi depolamak için değil, gerektiği zaman kullanıcılar tarafından görüntülenmesi işlevine de sahiptir, ki sorgulama dili SQL'in doğrudan kullanımı veya bu dil ile geliştirilen ara yüzler aracılığıyla bu işlev yerine getirilir.

3.1.3. Veri İşleme ve Raporlama

Daha önceki işlevlerin de desteğiyle veri işleme ve raporlama özelliği olan farklı tedarik zinciri sistemleri oluşturulmuştur. Bu sistemler yapılan işin niteliğine uygun prosedürler kullanmaktadır. Tedarik zinciri sistemlerinde kullanılan başlıca sistemler şunlardır:

- SIC (Statistical Inventory Control—İstatistiksel Stok Kontrolü)
- WMS (Warehouse Management Systems—Depo Yönetimi Sistemleri)
- MRP (Material Requirement Planning—Malzeme İhtiyaç Planlaması)
- MRP II (Manufacturing Resource Planning—Üretim Kaynakları Planlaması)
- DRP (Distribution Resources Planning—Dağıtım Kaynaklarının Planlanması)
- CRP (Capacity Requirements Planning—Kapasite Gereksinim Planlaması)
- SFA (Sales Force Automation—Satış Gücü Otomasyonu)
- CRM (Customer Relation Management—Müşteri İlişkileri Yönetimi)
- ERP (Enterprise Resource Planning—Kurumsal Kaynak Planlama)
- APS (Advanced Planning and Scheduling—İleri Planlama ve Çizelgeleme)
- SCM (Supply Chain Management—Tedarik Zinciri Yönetimi)

3.1.3.1. İstatistiksel Stok Kontrolü (SIC)

İstatistiksel Stok Kontrolü yalnızca öngörülen tahminler üzerine kurulmuş statik bir yapıdadır (Eck, 2003). Stok kontrolünü gerçekleştirmek için geçmiş verilere dayanan matematiksel teknikler kullanılmaktadır. Bilgisayara kolaylıkla uyarlanabilen belirgin prosedürlerden oluşur.

3.1.3.2. Depo Yönetimi Sistemleri (WMS)

Bu sistem rutin depo operasyonlarını destekler. Depoda faaliyetlerinin en verimli şekilde yapılabilmesini sağlamaya yöneliktir. Bu sistemler stok seviyeleri ve depo içerisindeki stoklama alanlarına ilişkin bilgiler kayıt altında tutulurken müşteri siparişini karşılamaya yönelik diğer depo işlemleri de desteklenir (Hugos, 2003).

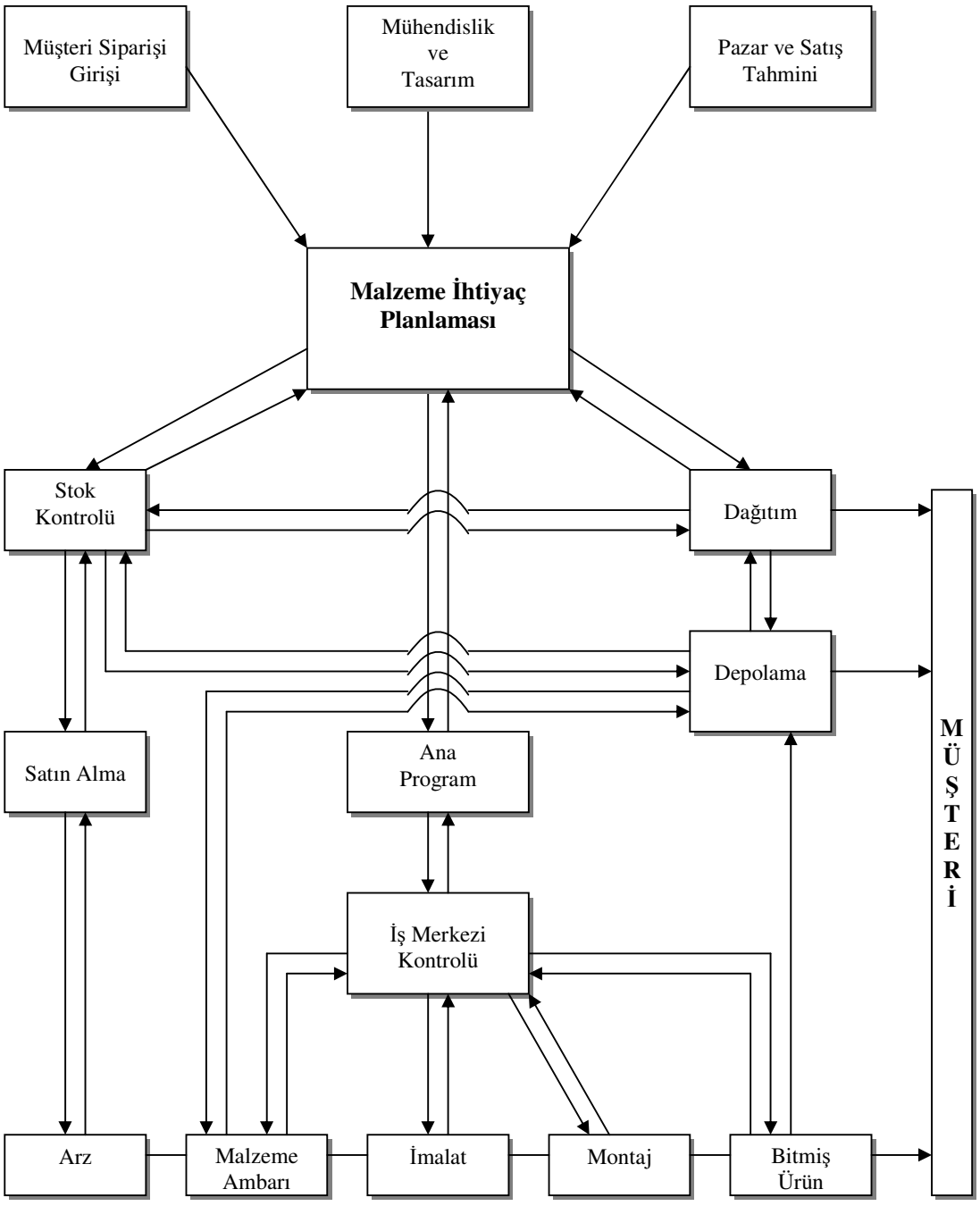
3.1.3.3. Malzeme İhtiyaç Planlaması (MRP)

Üretimin ilk başladığı zamanlardan itibaren özellikle sipariş üzerine çalışan firmalar tarafından uygulanan toplu gereksinim planlaması, üretim için gerekli malzeme ve parça miktarını hesaplayıp, üretim programı ile belirtilen tarihten geriye doğru ilerleyerek siparişlerin verilme zamanlarının belirlenmesine dayanmaktaydı (Tanyaş & Baskak, 2003). Bu yaklaşımın Gantt şemaları ile üretim planlama ve çizelgeleme yöntemleriyle birleşip bütünleşik bir üretim-stok sistemi haline gelmesi ile MRP'nin temelleri atılmıştır. MRP sisteminin en önemli yeniliği bilgisayarla entegre uygulamaların ilki olmasıdır. MRP yoğunlukla mali ve idari işler bölümünde kullanılan bilgisayarların üretim yönetiminde de etkin bir şekilde kullanılmasını sağlamıştır (Luscombe, 1993).

1960'lı yıllara kadar klasik stok kontrol modelleri ile yürütülen malzeme gereksinimlerinin karşılanması probleminde, MRP'ye geçişte ilk basamak, ürünağacı işlemcilerinin geliştirilmiş olmasıdır. Bunlar; bir ürün ve ürünün yapısına katılan tüm alt-montajlar, bileşenler ve malzemeler arasındaki bağlantıyı düzenleyen programlardır. Ürün ağacı işlemcileri, ürün yüzlerce farklı kalemden üretiliyor olsa bile, bir parti için gerekli tüm malzeme gereksinim miktarlarını çok kısa bir zamanda hesaplayabilmekteydi.

MRP bu işlemcilere üç işlevin eklenmesiyle geliştirilmiştir (Tanyaş & Baskak, 2003):

- Net gereksinimlerin belirlenmesi
- Bir malzemeye duyulan tüm gereksinimin belirlenmesi
- Gereksinimlerin zaman boyutunun belirlenmesi



Şekil 3.1 MRP'de geri besleme yapısı (Allegri, 1991)

3.1.3.4. Üretim Kaynak Planlaması (MRP II)

MRP II sistemi MRP'ye göre daha gelişmiş bir sistemdir. Bu sistem ile üretim programının finansal kaynaklara ve diğer kaynaklara etkilerinin sonuçlarını da

görerek ve böylece bir çeşit simülasyon yaparak daha etkin planlar hazırlanabilir, tüm bunlar yapılırken kapasite kısıtları da sistem dahilindedir.

1970'lerin sonundaki önemli bir gelişme veri işlemenin biriktirerek değil gerçek zamanlı olarak yapılmaya başlanmasıydı. Önceleri biriktirerek yapılan veri işlemelerin yol açtığı esnek olmayan yapı nedeniyle sistemde değişiklik yapmak çok da kolay değildi. Gelişmiş ekran sistemleri ve veri desenleri ile çıktı formatları açısından esneklik yoktu. Ekran birimlerinin ortaya çıkışı ile bu zorlukların elimine edilmesiyle MRP II tüm firmalar için geçerli, sürekli kullanılabilecek bir sistem haline geldi.

3.1.3.5. Dağıtım Kaynaklarının Planlanması (DRP)

Bir dağıtım ağı, fabrika, merkez depo, bölgesel dağıtım depoları gibi ardışık birçok stok noktasını içermektedir. Dağıtım ağında, satış tahmini, siparişler, ulaştırma ve stoklar gibi farklı faaliyetlerin koordinasyonu esastır. MRP ve MRP II'nin bağımlı talep ve çizelgeleme prensipleri dağıtım ağlarındaki stok yönetiminde de geçerlidir. DRP dağıtım ağı içerisindeki faaliyetlerin koordinasyonunu destekleyen sistemdir ve amacı ürün akışını kayıt altında tutmaktır. Bu amaçla stok noktaları, dağıtımı yapılmakta olan ürünler ve stok değişimleri gibi bilgiler bu sistem altında depolanır.

3.1.3.6. Kapasite Gereksinim Planlaması (CRP)

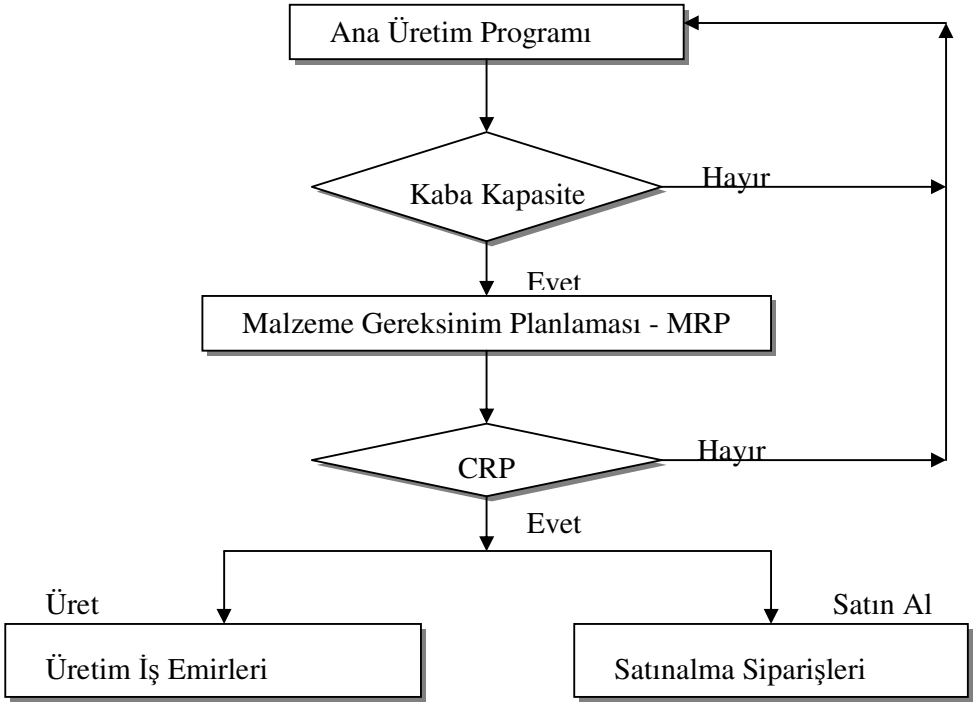
Kapasite Gereksinim Planlaması; "toplu üretim planının uygulanabilmesi için kapasite düzeylerini/sınırlarını oluşturma, ölçme ve ayarlama işlevidir" (APICS). Diğer Planlama faaliyetlerine göre otomasyon düzeyi daha yüksek bir faaliyettir. Parça ana dosyası, iş emirleri dosyası, iş merkezi dosyası ve açık sipariş dosyalarından veri temin eder. Bu nedenle bu konularla ilgili bir veritabanına ihtiyaç duyulur. Şekil 3.2 CRP sisteminin çalışma prensibini açıklamaktadır.

3.1.3.7. Satış Gücü Otomasyonu (SFA)

SFA şirkete satış gücünün faaliyetlerini izleme ve koordine etme olanağı tanıyan sistemdir. Bu sistemler satışa bağlı gerçekleştirilen tüm görüşmeler, ile müşteriye sunulacak fiyat ve imkanların takibini otomasyonlaştırır (Hugos, 2003).

3.1.3.8. Müşteri İlişkileri Yönetimi (CRM)

Müşteri Hizmetlerine bağlı işlemlerin otomasyonlaştırılmasını sağlayan yapılardır. Müşteriye daha iyi hizmet verebilmek, müşteri memnuniyetini arttırma amaçlı olarak müşterilerin satın alma alışkanlıklarını, çeşitli bilgilerini kayıt altında tutan, gerektiğinde bu bilgilere daha kolay ulaşılabilmesi CRM'in temel işlevleridir.



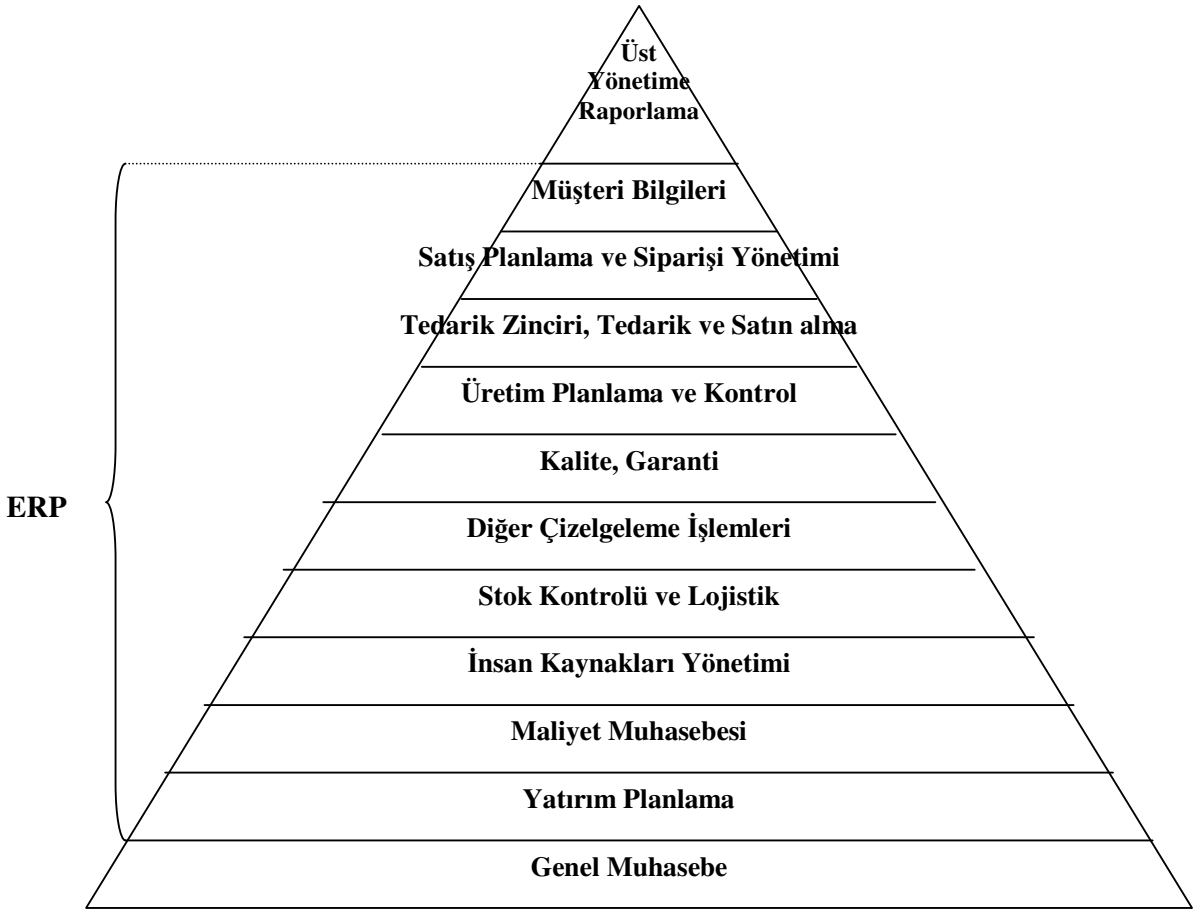
Şekil 3.2 CRP ve diğer birimlerle ilişkisi (Tanyaş & Baskak, 2003)

3.1.3.9. Kurumsal Kaynak Planlama (ERP)

ERP bir şirketin üretim, lojistik, finans ve insan kaynakları gibi çeşitli birimleri arasında bilgi akışını sağlayan bir yazılım mimarisidir (Hicks, 1997). Faklı üretim sistemlerine, para birimlerine, stok yönetim modellerine ERP yazılımı içinde kolaylıkla geçilebildiğinden bir şirket içerisindeki farklı birimler arasında olduğu gibi

bir holding içerisindeki farklı şirketler arasındaki bilgi akışını da destekler. Tek bir sistemde tüm işletme veritabanını tutan, ortak bir platformda işleyen bütünleşik bir uygulama setidir (Oracle, bt). ERP sisteminin temel hedefi tüm şirkette bir verinin yalnızca bir kez girilmesidir. ERP sistemi şirketin belkemiği gibidir. Şirketin tim sistemini standartlaştırmasına olanak tanır. Böylelikle üretim seviyelerinden

muhasebe defterlerinin denkleştirilmesine kadar tüm işlemlerin kayıtları tutulur. Bu sistemin doğru bilgiyi doğru zamanda doğru kişiye ulaştırmasını sağlar.



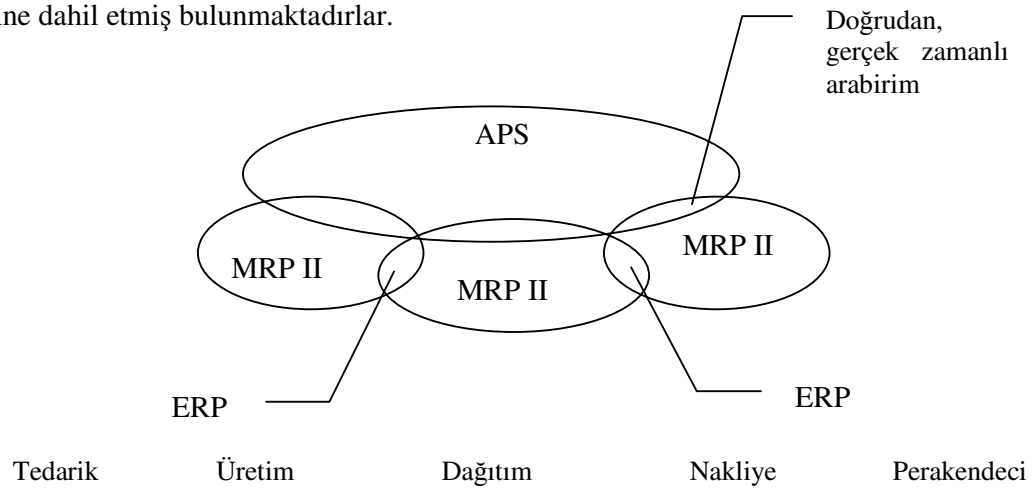
Şekil 3.3 ERP'nin faaliyet sahası (Chorafas, 2001)

3.1.3.10. İleri Planlama ve Çizelgeleme (APS)

APS şirketlerin üretim işlerini planlamasına yardımcı olmaktadır. Gerçi, ERP sistemleri planlama fonksiyonlarına da sahip iseler de, onların metotları APS den oldukça önemli derecede farklılık göstermektedir. ERP planlama işlerinde, bir ürün için müşterinin gereksinme duyduğu tarih sisteme girmekte ve sistem MPS yi yaratmakta ve siparişi tamamlayabilmek için gerekli kapasiteyi tahmin etmektedir. Kapasite gereksinim tahminleri sağlanamama durumunda işlemler tekrarlanmaktadır. Ayrıca gerçek kapasite gereksinimleri uygulanabilir olarak görünmediği durumlarda planlar yeniden tekrarlanmaktadır. Genelde böyle doğrusal planlama işlemleri tamamlanması tekrarlamalar nedeniyle bazen tüm bir haftayı kaplayabilir.

APS, ERP planlamasının dışında geliştirilmiştir. İşçi ve makinelerin kapasitesini dikkate aldığı gibi, materyalin kullanılabilirliğini de göz önünde tutmaktadır. Bu nedenle, her hangi bir sorun doğması anında işlerin sonuçlanmasını beklemeden planlama hemen yeniden düzenlenebilir. Bu hızla işlem uygulaması, pek çok ek yararlar sağlamaktadır. Örneğin, yöneticisi pek çok hipotetik senaryolar yaratabilir. Böylece anında doğacak yeni isteklerin veya tersi durumlar karşısında her zaman elinde uygulanabilir hazır programlar bulunabilmektedir. Böylece şirket müşterileri ile yeni durumu çok rahatlıkla konuşmaya alabilmekte ve müşteriyi bu konuda mutlu etmektedirler.

APS sistemler çok farklı mantıklar kullandığından, ERP sistemlerinin dışında tutulmaktadırlar. APS, stoktaki verileri, müşteri siparişlerini ve ERP sistem tarafından üretilen tahminlerin bir özetini elde edebilir. APS kendi planlama sistemini kullanarak hipotetik senaryoları analiz eder ve olası zamanlamaları önerir. Daha sonra bu bilgileri ERP yazılımına gönderir. APS sistemleri, ERP de bulunan MRP kapasitesi ile birleşerek kullanılabilir veya tam olarak onların yerine geçebilir. Bazı ERP yazılım üretici firmalar, tüm MRP kapasitelerini APS ile birlikte ürünleri içine dahil etmiş bulunmaktadırlar.



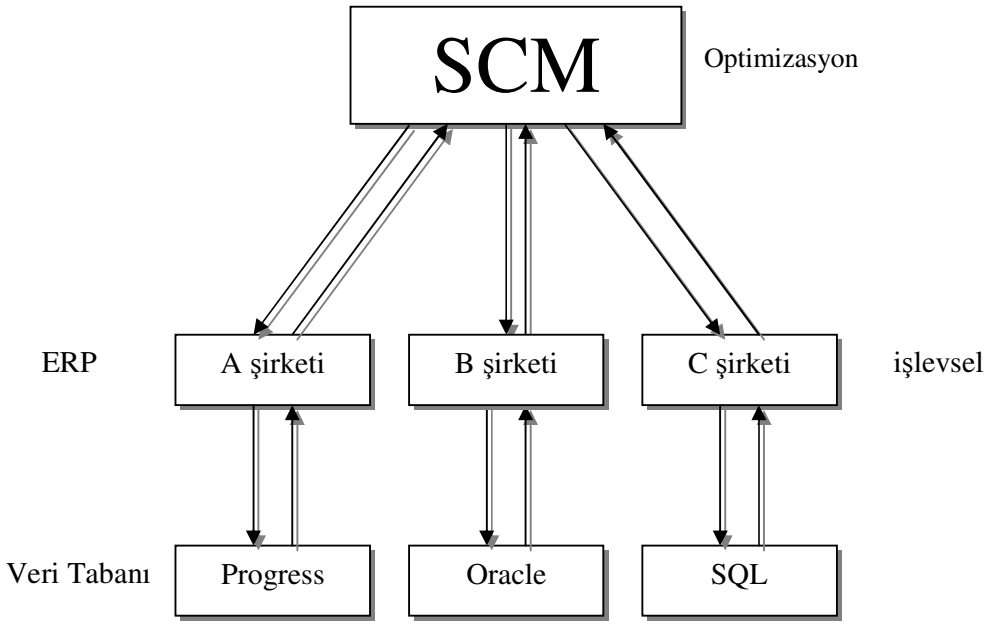
Şekil 3.4 APS ve diğer sistemler (Eck, 2003)

"APS sistemleri tedarik zincirini şemsiye gibi örten yapılardır. Sistem zincirden elde ettiği bilgiler ile gerçeklenebilir bir çizelgeyi en hızlı ve güvenilir bir biçimde müşteriye sunmayı amaç edinir. APS ile müşteriye saniyeler içinde cevap verebilmek mümkün hale gelmiştir. Bu APS'nin sunduğu imkanlardan yalnızca biridir. APS'nin tedarik süreçlerine uygulanmasıyla zincir çevrim sürelerinde, teslim sürelerinde, stok

seviyelerinde ve kaynak kullanım oranlarında görülen iyileşmeler ile gerek süreçlerde gerekse müşteri hizmetlerinde gelişme sağlandığı APS üreticileri tarafından kanıtlanmış sonuçlardır." (Eck, 2003).

3.1.3.11. Tedarik Zinciri Yönetimi (SCM)

Tedarik Zinciri Yönetimi (SCM) sistemleri, birbirine tümüyle entegre olmuş farklı tedarik zinciri uygulamalarına uyum sağlayarak, İleri Planlama ve Çizelgeleme (APS), ulaştırma planlama, talep planlama ve stok planlama özelliklerine sahip bütünleşik bir sistemdir. Çoğunlukla APS ile karıştırılsa da aslında SCM APS sistemlerini de kapsayan bir yapıdır. SCM veri taşımaz, ERP ya da doğrudan veri tabanından aldığı bilgileri kullanarak tedarik zinciri optimizasyonu yapar (bak Şekil 3.5). Bu sistemler stratejik düzeyde karar vermeyi destekleyecek analitik yöntemleri içerir.

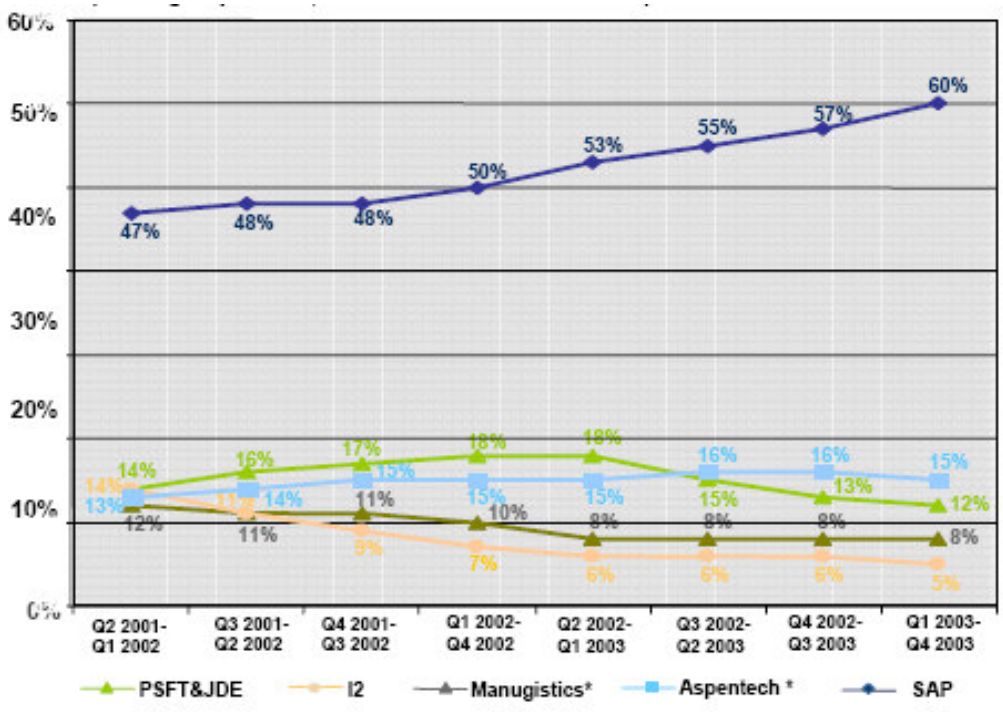


Şekil 3.5 SCM

Gelişen teknolojiyle beraber SCM giderek büyüyen bir pazardır. Bu pazarın en önemli oyuncuları Tablo 3.1'de gösterilmektedir.

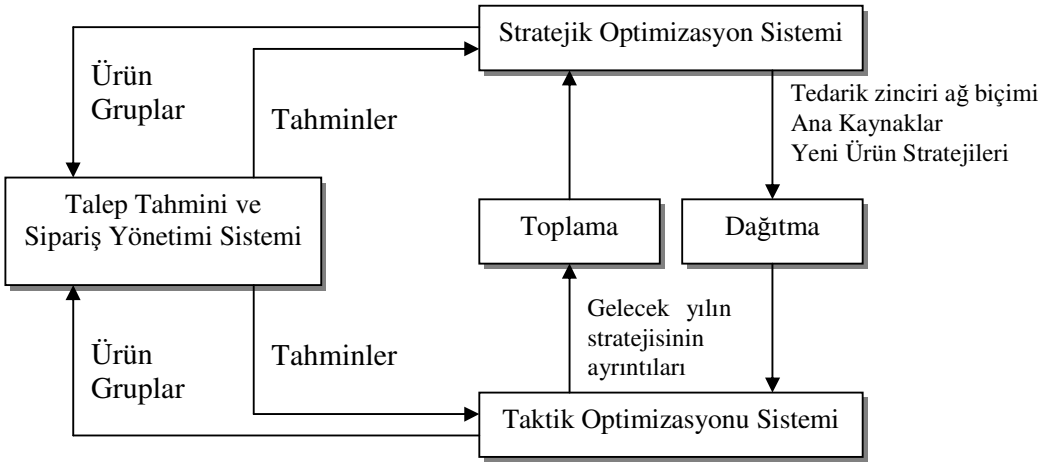
Tablo 3.1 Global SCM Satış Geliri Sıralaması, 1997-2001 (Kılıç, 2004)

Satıcı	Gelir (US$M) 1997	Gelir (US$M) 1998	Gelir (US$M) 1999	Gelir (US$M) 2000	Gelir (US$M) 2001	Pazar Payı 1997	Pazar Payı 1998	Pazar Payı 1999	Pazar Payı 2000	Pazar Payı 2001
i2 Technologies	141,8	234,3	338,5	631,2	384,4	23%	24%	25%	24%	16%
SAP	4,8	5,9	43,3	60,0	201,8	1%	1%	3%	2%	8%
Ariba	0,8	7,4	28,7	312,0	165,0	0%	1%	2%	12%	7%
Commerce One	0,7	1,6	24,6	223,3	131,0	0%	0%	2%	8%	6%
Oracle	9,6	23,7	65,8	107,8	129,1	2%	2%	5%	4%	5%
Manugistics	90,4	78,4	58,1	120,9	109,8	15%	8%	4%	5%	5%



Şekil 3.6 2001-2003 SCM Pazar Payları (SAP AG, 2004)

3.2. TEDARİK ZİNCİRİ SİSTEMİ HİYERARŞİSİ



Şekil 3.7 Tedarik Zinciri Yönetimi modelleri arasındaki ilişkiler (Shapiro, 2001)

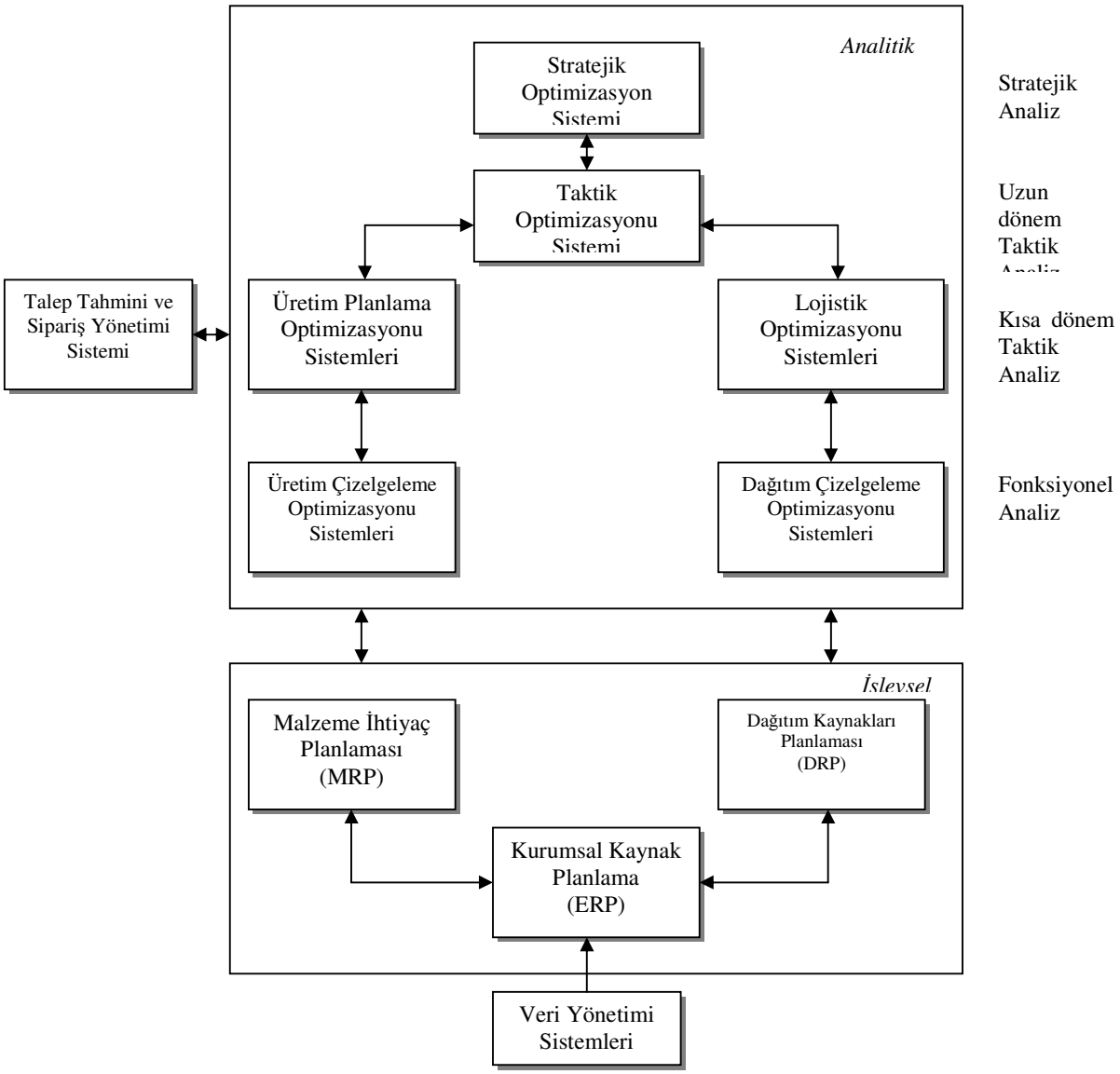
Daha önce bahsedilen tüm unsurlar tedarik zinciri sistemini oluşturacak şekilde entegre bir yapı içerisinde yer alır (Şekil 3.8).

Sistem 6 tip optimizasyon sistemi ile 4 tip işlevsel sistemden oluşur. Ancak talep tahmini ve sipariş yönetimi melez bir yapıdır (talep tahmini: analitik, sipariş yönetimi: işlevsel).

Tablo 3.2 Sistemlerin özellikleri (Tayur, 1999)

Sistem	Planlama Ufku	Model Yapısı	Amaçlar	Analiz Sıklığı
Stratejik Optimizasyon	1-5 yıl	Yıllık görünüm	Net geliri maksimize etmek	Yılda 1 kere
Taktik Optimizasyon	12 ay	3 ay, 3 çeyrek	Tahmin edilen talebin toplam maliyetini minimize etmek	Ayda 1 kere
Üretim Planlama Opt.	13 hafta	4 hafta, 2 ay	Kaçınılabilir üretim ve stok maliyetlerini minimize etmek	Haftada 1 kere
Lojistik Optimizasyonu	13 hafta	4 hafta, 2 ay	Kaçınılabilir lojistik maliyetlerini minimize etmek	Haftada 1 kere
Üretim çizelgeleme Opt.	7-28 gün	7-28 gün	Miyop üretim maliyetlerini minimize etmek	Günde 1 kere

Dağıtım çizelgeleme Opt.	7-28 gün	7-28 gün	Miyop dağıtım maliyetlerini minimize etmek	Günde 1 kere
MRP	7-28 gün	7-28 gün	----------	Haftada 1 kere
DRP	7-28 gün	7-28 gün	----------	Haftada 1 kere
Talep Tahmini, Sipariş Yönetimi	1 hafta-5 yıl	Değişken	----------	Değişken
ERP	----------	----------	----------	Gerçek zamanlı



Şekil 3.8 Tedarik zinciri sistemi hiyerarşisi (Tayur, 1999)

4. OPTİMİZASYON (EN İYİLEME)

4.1. OPTİMİZASYONA GİRİŞ

Optimizasyon ya da en iyileme bir sorunun çözüm kümesindeki en iyi sonucu ortaya çıkarma, problem için en iyi çözümü bulma işlemidir. En iyi çözüm bulunurken yerel en iyi çözüm veya global en iyi çözüm teknikleri kullanılır. Global en iyi çözüm birbirine yakın tüm çözüm kümeleri içinde en iyi çözümü bulmayı amaçlar. Bölgesel en iyi çözüm ise başlangıç noktasına göre değişir ve tüm çözümler içinde değil belirli bir komşuluk içindeki en iyi noktadır. Optimizasyon problemlerinde amaç eldeki amaç fonksiyonu ve kısıtlar çerçevesinde en küçük ya da en büyük değer veren noktayı bulabilmektir (Erentürk, 2004). Optimizasyon için kullanılan çok sayıda yöntem vardır.

4.2. OPTMİZASYON YÖNTEMLERİ

4.2.1. Sayma Yöntemleri

Diğer yöntemlerden üstünlüğü kolaylık sağlamasıdır. Olası her noktanın değerini hesaplayarak en iyi noktayı bulmayı hedefler. Ancak bu yöntemler yavaş çalışmakta ve problemin çözümünde verimsiz kalmaktadır. Büyük arama uzaylarında ise uygulanması çok zor olan yöntemlerdir (Yavuz, 2004)

4.2.2. Deterministik Yöntemler

4.2.2.1. Açgözlülük Algoritması

Yerel en iyi çözümler bulunarak bu en iyi çözümlarden birinin global en iyi çözüm olduğu düşünülür. En iyi çözümü bulurken o an eldeki veriden elde edilebilecek sonuçları düşünür (Paul, 2005).

4.2.2.2. Dal-Sınır Algoritması

Adım adım hesaplanan sınır değerlerinin diğer sonuçlarla karşılaştırılmasına dayanan bir yöntemdir. İlk olarak 1960 yılında kullanılmıştır (Branch and Bound, bt).

4.2.2.3. Tepe Tırmanma

Gradyen değeri hesaplanarak bu değerin 0'a eşit olduğu noktalarda en iyi çözümü arama yöntemidir. Bu yöntemin uygulanabilmesi için arama yapılacak düzlemin sürekli olması gerekir ve bölgesel en iyi çözümlere takılma olasılığı yüksektir (Hill Climbing, bt)

4.2.2.4. Matematiksel Programlama

Matematiksel modeller vasıtası ile çözüm aranan yöntemlerdir. Bir gerçel fonksiyonu minimize ya da maksimize etmek amacı ile gerçek ya da tamsayı değerlerini tanımlı bir aralıkta seçip fonksiyona yerleştirerek sistematik olarak bir problemi incelemek ya da çözmek işlemlerini ifade eder. Pek çok gerçek ve teorik problemler bu genel çerçevede modellenebilir (Papalambros & Wilde, 2000). Matematiksel programlama modelleri çeşitli kriterlere göre sınıflandırılabilmektedir. Matematiksel programlar fonksiyonlarının tipine göre, yukarıda değinildiği gibi, birinci dereceden fonksiyonlardan oluşuyorlarsa *lineer programlama*, diğer durumlarda ise *lineer olmayan programlama* şeklinde sınıflandırılırlar. Karar değişkenlerinin tipine göre, sadece tam sayılı değişkenlerden oluşan problemlere *tam sayılı programlama* adı verilir. Hem sürekli hem de tam sayılı değişken içeren modeller ise *karma tam sayılı programlama* adını alırlar. En az bir tane rassal parametre içeren programlar ise *stokastik programlar* olarak nitelendirilirler. Aksi halde ise model *deterministik* olarak isimlendirilir. Optimizasyon probleminin çözümü zamanın bir fonksiyonu ise, problem *dinamik programlama* olarak adlandırılmaktadır. Dinamik programlama da kendi içerisinde deterministik ve stokastik olarak sınıflandırılabilmektedir. Birden fazla amaç fonksiyonuyla başa çıkmak için geliştirilen ve çok kriterli karar verme aracı olan *hedef programlama*, birbirleriyle çelişebilen amaçları hep birlikte göz önüne almakta ve amaçlardan sapmaları minimize ederek çözüme ulaşmaktadır. *Konveks* ve *kesirli programlama* türleri de yine yaygın olarak kullanılabilen optimizasyon modellerindendir (Çetin, 2007).

4.2.3. Stokastik Yöntemler

4.2.3.1. Rassal Arama

Geçmiş verilerin sezgisel olarak değerlendirilmesi ile elde sonuçların karşılaştırılması ile bulunan çözüm en iyi çözüm kabul edilir.

4.2.3.2. Benzetim Tavlaması

Bir yapay zeka tekniği olan tavlama benzetimi, metalürjideki metal tavlama sürecini taklit emektedir. Tavlama sıcaklığındaki metalin soğutulmasıyla, bünyenin çeşitli noktalarında, kristalleşme başlar. Daha sonra bu kristaller büyüyüp yayılarak, malzemenin dokusunu oluşturur. Soğutma işlemi ne kadar yavaş yapılırsa, moleküller o kadar iyi yerleşir ve o kadar düzgün bir kristal yapısı, dolayısıyla da o kadar iyi mekanik özellikler elde edilir. Ancak, yavaş soğutma da maliyeti arttıracağından, hız ile çözüm kalitesi arasında bir ödünleşme yapmak gerekmektedir. Rassallık oranı yüksektir, global en iyi çözümlere ulaşılmaya çalışılır (İşler, 2003).

4.2.3.3. Monte Carlo Simülasyonu

Monte Carlo tekniği, özel bir denemede ya da bir simülasyon çalışmasında bir ya da daha çok olasılık dağılımından rasgele sayılar seçme tekniğidir. Yöntem daha sonra çoklu integral değerlendirme problemleri gibi oldukça karmaşık olmayan problemlerin çözümüne kolaylıkla adapte edilmiştir. Bazı bilimciler yöntemin sadece varyans azaltma tekniklerinin örnekleme işlemlerinde kullanılması şeklinde sınıflandırılmasını önermişlerdir. Buna rağmen yöntemin bugünkü kullanımı, genellikle olasılık dağılımlarından rasgele değerlerin seçimi şeklindedir (Hançerlioğulları, 2006).

4.2.3.4. Tabu Arama Algoritması

Tabu arama algoritması ilk defa F. Glover tarafından insan hafızasının çalışmasından esinlenilerek önerilmiş bir yerel arama yöntemidir. TA ana olarak basit tepe tırmanma (BTT) yönteminin zaaflarını gidermek için düşünülmüştür. BTT eldeki aday çözüme, bir komşuluk işleci uygulayarak, yeni adaylar üretir. Yeni adaylar bir değerlendirmeye tabi tutulur. Değerlendirme çözümün sonuca yakınlığını ölçer. Yeni adaylar ile eldeki eski aday içerisinden çözüme en yakın olan eskinin yerine geçer. BTT bu haliyle kısır bir döngüye sebep olabilir. Tabu arama yöntemi kısır döngüden kurtulmak için hafıza kullanılmasını, hatırlamayı önerir. Daha önce ziyaret edilmiş ya da herhangi bir nedenle ziyaret edilmesi istenilmeyen aday çözümlerle ilgili özellikler, tabu listesi adı verilen, kısa dönem hafızaya benzer bir yapıda tutulur.

Yöntem bu listedeki hamlelerin belirli bir süre yapılmasını yasaklar. Böylece arama yerel bir en iyi noktadan kurtularak asıl sonuca yakınsayabilir. Maksimum / minimum için çözüm üretilir. Üretilen çözümler bir yasak listesinde tutulur. Yeni çözümler üretilerek tabu listesindekiler ile karşılaştırılır. Kısa sürede en iyi çözüme gitmeyi amaçlar (Ülker&Özcan, bt).

4.2.3.5. Yapay Sinir Ağları

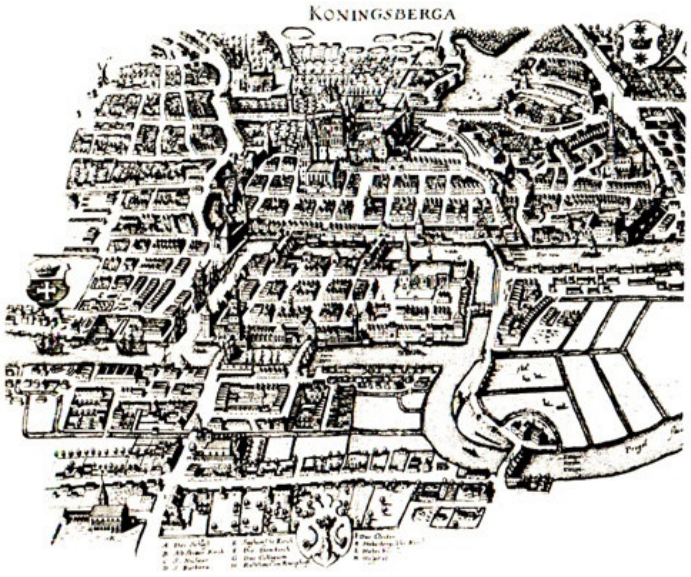
Yapay sinir ağları, insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir. Öğrenme ve test verileri kullanılarak hücrelere fonksiyonları öğretilir. Çok boyutlu problemlerde kullanılması uygundur (Altıntaş, 2008).

4.2.3.6. Genetik Algoritma (GA)

Doğal seçim ilkelerine dayanan bir arama ve optimizasyon yöntemleridir. Genetik algoritma Bölüm 6'da ayrıntılı olarak anlatılacaktır.

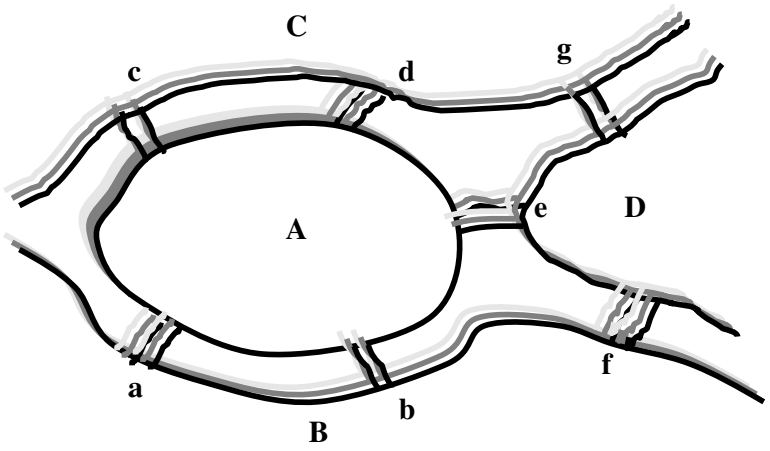
5. ÇİZGE KURAMI VE VE ŞEBEKE ANALİZİ

Şebeke yapısı karmaşık sistemlerin temsili için kullanılan etkili bir modelleme tekniğidir. Şebeke analizinde kullanılan metodoloji, temelleri 1700'lü yıllarda İsveçli matematikçi Euler tarafından ortaya atılan Çizge Kuramından hareketle oluşturulmuştur.



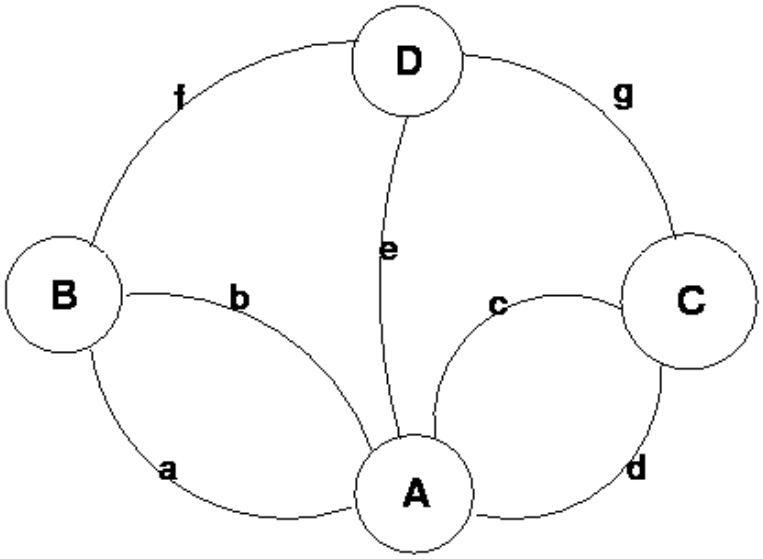
Şekil 5.1 Königsburg (Biggs, 1976)

Şekil 5.1'de betimlenen *Königsburg* şehri içinden geçen *Pregel Nehri* ve üzerindeki 7 köprü ile Çizge kuramının ilk uygulama alanıdır. Şehirde herhangi bir noktadan başlayıp her köprüden bir ve yalnızca bir kere geçerek başlanılan noktaya geri dönmeyi esas alan bu problem şehir halkı için yöresel bir spor halini almıştı. Uzun yıllar boyunca üzerinde çalışılmış olsa da kimse sonucu bulamamıştı. Ta ki 1736 yılında Leonhard Euler *Könisburg Köprüsü Problemi* isimli makalesinde bu problemin çözümünün bulunmadığını kanıtlayana kadar. Bu makale şebeke akışı problemini ilk olarak ortaya koyan yayındır. Şehrin ve şehri bağlayan köprülerin Şekil 5.2'de görülen açık yapısı bu makalede çizge yapısı ile açıklanmıştır.



Şekil 5.2 Königsburg Şehri ve Köprüler

Bu yapıdaki her bir nokta (A, B, C ve D) bir düğüm ve her bir köprü (a, b, c, d, e, f ve g) ise bir bağ olarak tanımlanmaktadır. Euler bu problemin çözümünün ancak her bölgeye çift sayıda köprü bağlantısı ile mümkün olabileceğini kanıtlamıştır.

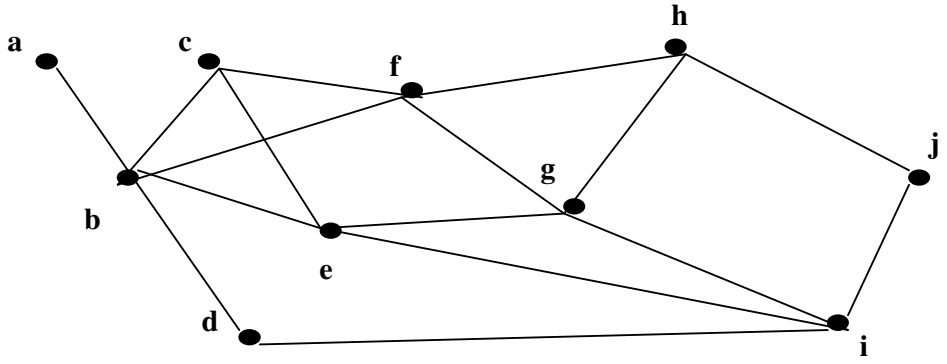


Şekil 5.3 Königsburg Köprülerinin Şebeke Gösterimi

Euler'ın çalışmaları, I. Dünya Savaşı sonrasında Çizge Kuramının isimli yeni bir matematik dalının oluşumuna temel oluşturmuştur (Yenisey, 1997). Optimizasyon problemlerinin Çizge Kuramının oluşturduğu tekniklerden yola çıkılarak gösterilme ve çözülme çalışmaları ise şebeke analizini yarattı. Königsburg Köprüleri Problemini değerlendirilirse; bu problemde uzaklıkların biliniyor olması ve *Euler Turu*nu

tamamlayacak koşulların sağlanıyor olması halinde, bu tur sırasında alınacak yolun minimize edilmesi işlemi tipik bir optimizasyon problemi halini alır. *Euler Turunun*, çözümün mümkün olduğu koşullarda, Şebeke Problemlerindeki *Çinli Postacı Problemi*ne karşılık gelir.

5.1. ÇİZGE YAPISI



Şekil 5.4 Doğrultusuz bir Çizge

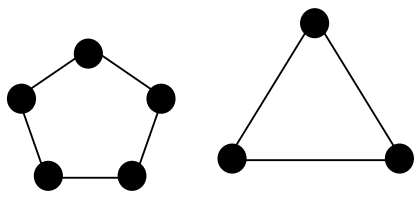
Şekil 4.4'te görülen çizge;

$N = \{a, b, c, d, e, f, g, h, i, j\}$ düğümler,

$A = \{ab, bc, be, bd, ce, cf, bf, eg, fg, fh, gh, hj, ei, ij, di\}$ ise bağlar kümesi olmak üzere G(*N,A*) şeklinde gösterilir.

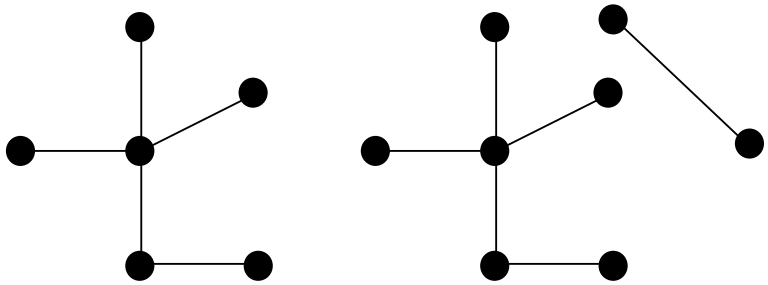
5.1.1. Ağaç ve Orman

Her noktaya tam iki kenar değen tekparça n noktalı çizgelere döngü denir (Nesin, vd, 2003)



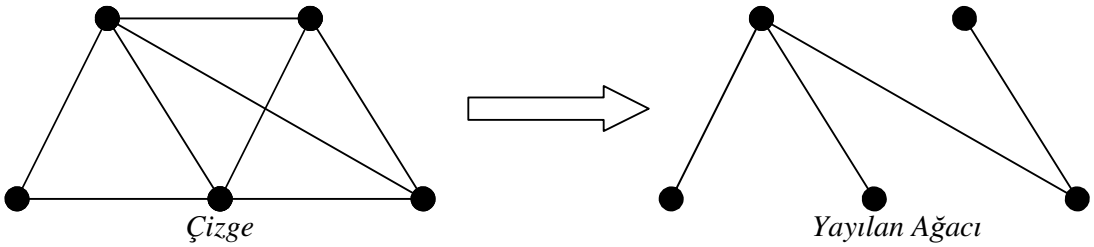
Şekil 5.5 Döngü

Ağaç döngüsü olmayan çizgelerdir. Birden fazla ağacın bir araya gelmesiyle *orman* oluşur.



Şekil 5.6 Ağaç ve Orman

Herhangi bir bağlı *G* çizgesinin kenarları tüm döngüler yok edilinceye kadar kaldırılırsa elde edilen yapıya *G* çizgesinin *Yayılan Ağacı* denir (Wilson, 1985).



Şekil 5.7 Yayılan Ağaç

Ağaçları merkeze alarak çizgeler için ortaya atılan teoremler ve elde edilen çıkarımlar akış tipi problemlerin çözüm algoritmaları için temel alınmıştır (Vasudev, 2006).

Teorem

n düğümlü bir ağacın *n-1* kenarı vardır.

Kanıt

Tümevarım yöntemi kullanılacaktır.

T tek düğümlü bir ağaç olsun, bu durumda *n=1* olur. Tek noktalı ağaç kenarsız bir çizgedir ve teoreme göre *n-1=1-1=0* sonucu elde edilir yani teorem *n=1* noktası için doğrudur. Şimdi *n>1* olsun ve *0<r<n* her *r* düğümlü *T* ağacının *r-1* kenarı olduğunu varsayalım. *n* noktalı *G* ağacının bir kenarını uç düğümlerini silmeksizin silelim. Böylelik *G*'den daha az düğümlü iki adet ağaçtan oluşan bir orman elde edilir. Elde edilen T_1 ve T_2 ağaçlarının her biri sırasıya n_1 ve n_2 düğümlü olur ve başlangıç kabulüne göre her birinin n_1-1 ve n_2-1 kenarı vardır. Dolayısıyla G ağacında

$\underbrace{(n_1-1) + (n_2-1)}_{\text{Alt ağaçların kenar sayıları}} + \underbrace{1}_{\text{Silinen kenar}} = n_1 + n_2 - 1 = n - 1$ kenar vardır (Klivans, bt).

Teorem (Cayley, 1889)

n düğümlü n^{n-2} adet düğümleri adlandırılmış ağaç vardır.

Kanıt (Prüfer ve Clarke)

Teoremin ispatı *n* düğümlü ağaç için terimleri {*1,2, ..., n*} kümesinden olan bir (a_1, a_2, ..., a_{n-2}) dizisi bularak bu dizi ile *n* düğümlü ağaçlar arasında birebir eşleşme olduğunu göstermeye dayalıdır.

T düğüm sayısı $n \geq 3$ olan bir ağacı el alalım. b_1 derecesi 1 olan (uç kenar) en küçük kenar, a_1 ise b_1'in bitişik olduğu tek nokta olsun. Dizinin ilk termine a_1 yazılır ve b_1 kenarını silerek *n-1* noktalı yeni ağaç değerlendirilir. Bu işlem son iki düğüm kalana kadar uygulanırsa (a_1, a_2, ..., a_{n-2}) dizisi elde edilir ki bu dizi ***Prüfer dizisi*** olarak adlandırılmıştır. Elde edilen dizi yardımıyla ağaç tekrardan elde edilebilir. Şöyle ki b_1 bu dizide görünmeyen en küçük nokta olsun, a_1 ve b_1 noktaları arasına bir kenar koyulur, a_1'i diziden silerek ve b_1'i yok sayarak yönteme devam edilir. Bu şekilde adım adım ağacın kenarları elde edilir.

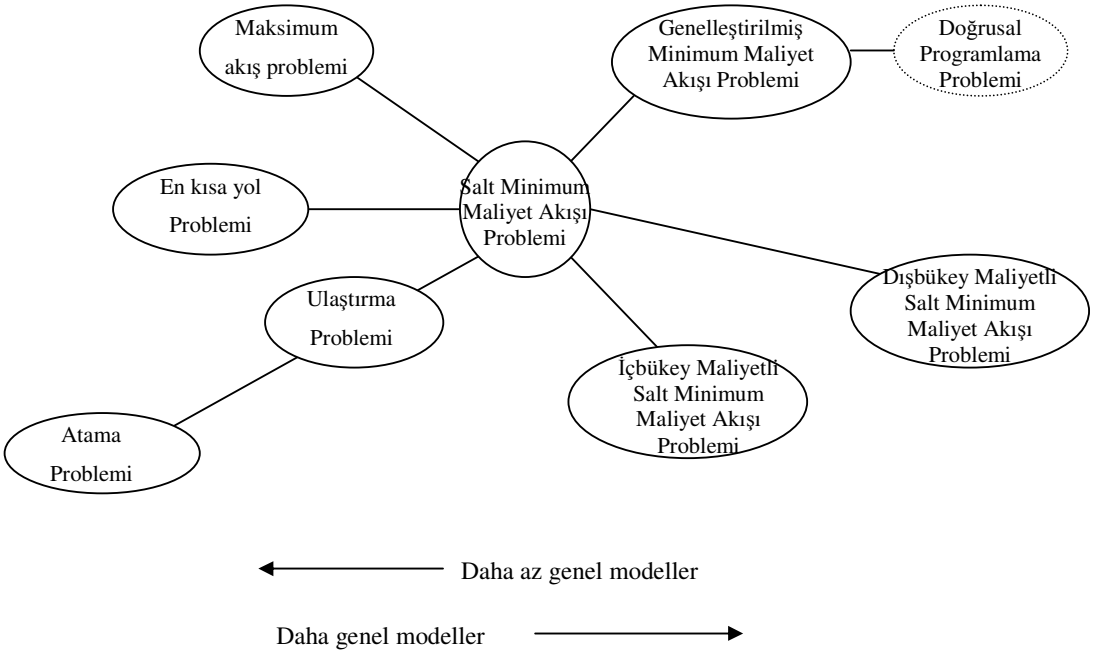
Prüfer dizisi ve yayılan ağaç gösteriminde kullanımına ilişkin ayrıntılı bilgi ile algoritmalar geliştirilen model içinde önemli bir yer teşkil ettiğinden ilerleyen bölümlerde ayrıntılı olarak anlatılacaktır.

5.2. ŞEBEKE ANALİZİ VE AKIŞ ŞEBEKELERİ

Şebeke problemleri uzaklık, faaliyet ve akış şebekeleri olarak üç grupta toplanabilir. Tablo 5.1'de şebeke elamanlarının problem grubuna göre anlamları verilmiştir (Yenisey, 1997).

	Uzaklık Şebekeleri	**Faaliyet Şebekeleri**	**Akış Şebekeleri**
Düğümler	Şehirler	Zaman Noktaları	Tüketim veya üretim noktaları
Bağlar	Yollar	Yapılacak işler	Taşıma
Maliyet	Mesafeler	İşlem süreleri	Taşıma maliyeti

Şebeke yapısı ile etkili bir gösterim biçimi olarak birçok alanda karşılaşılır. Sistemlerin betimlenmesi için güçlü bir araç olduğu daha önceki bölümde belirtilmişti. Bağları üzerinde akış olan yapılar genel olarak akış şebekeleri olarak tanımlanabilir. Bu bir elektrik dağıtım ağı olabileceği gibi tedarik zincirinde ürünlerin taşındığı bir şebeke de olabilir.



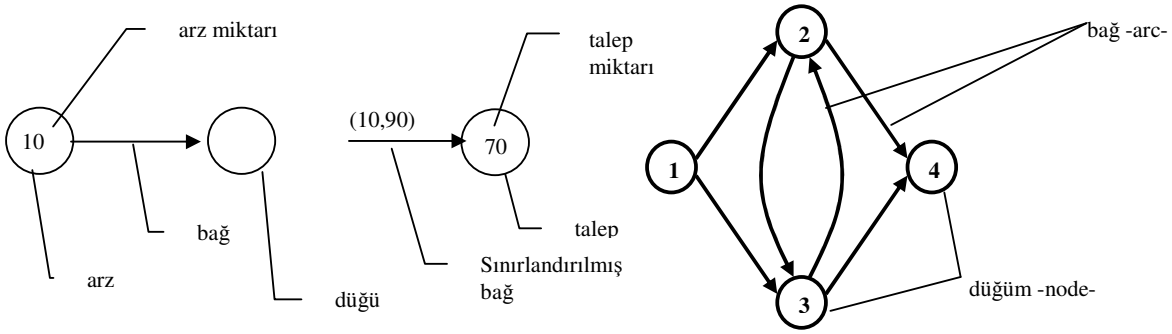
Şekil 5.8 Akış Modelleri ve İlişkileri (Barnes,1980)

5.2.1. Temel Prensipler

Şebeke yapısının kullanımında en verimli sonucun alabilmesi için dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda verilmiştir (Glover, Klingman, & Phillips, 1992):

- Problem verilerinden bağımsız bir model yapısı kurulmalıdır. Girdi verilerinden biri değiştirildiğinde temel model yapısı değişmemelidir.
- Veriler birleştirilmemelidir. Mesela üretim ve ulaştırma maliyetleri, miktarları modelde ayrı ayrı gösterilmelidir.
- Mevcut verilere göre optimal olmadığı tahmin edilen alternatifler dışarıda bırakılmamalıdır. Girdiler değişirse daha önce optimal olmayan alternatifler optimal hale gelebilirler.
- Problemi özel bir model türü için belirlenen yapıya uydurmaya çalışmaktansa genel bir model yapısı kullanılması esneklik kazandıracaktır.

5.2.2. Modelleme Esasları

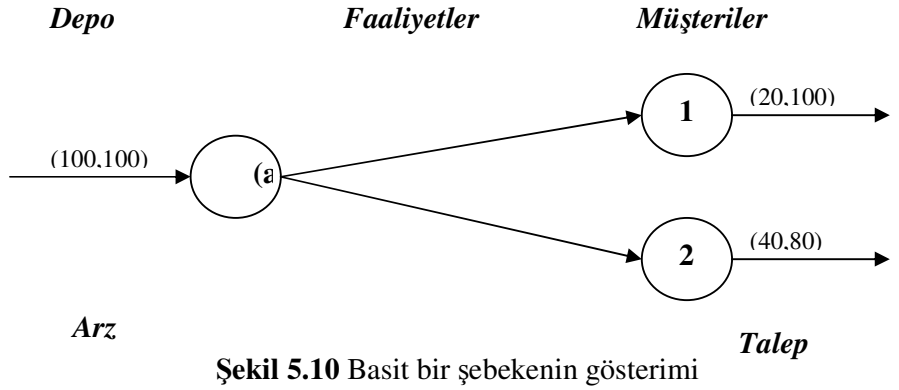


Şekil 5.9 Şebeke yapısının elemanları

İki düğüm arasındaki taşımaya akış adı verilir. Akış modellerinin iki ana öğesi *girdi* ve *çıktı*lardır. Kaynaklar, hammadde, enerji kaynakları, para ve işçi sık rastlanan girdilerken, çıktılar bitmiş ürün, enerji veya para olarak örneklendirilebilir. Diğer taraftan sıklıkla girdilerden *arz*, çıktılardan ise *talep* şeklinde bahsedilir.

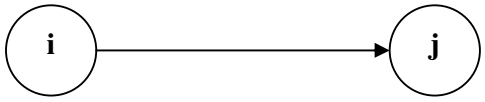
Sınırlandırılmış bağ; akış için alt ve üst limit belirlenmesi durumudur. Girdi tarafında ise söz konusu arz *kısıtlı arz*, çıktı tarafında ise söz konusu talep *kısıtlı talep* olarak adlandırılır. (*x*, *y*) şeklindeki gösterimde *x* alt sınırı, *y* üst sınırı ifade eder. Diğer taraftan kısıtlama bulunmayan bağ girdi tarafında ise *gevşek (slack)* bağ, çıktı tarafında ise *aşırı (surplus)* bağ adı verilir, sınırsız arz ya da aşırı talebe işaret eder.

Arz ve talepler model içerisinde izole edilmiş halde değil faaliyetler ile bağlanmış şekilde bulunurlar. Çok basit olarak bir depodan iki farklı müşteriye bitmiş ürünü ulaştırmaya yönelik ağ şu şekilde gösterilir.



Şekil 5.10 Basit bir şebekenin gösterimi

Bir akış modelinde yalnızca alt ve üst sınır bulunmaz. Akışın miktarı ve maliyeti de önemli unsurlardır.



$$\left(f_{(i,j)}, u_{(i,j)}, l_{(i,j)}, c_{(i,j)}\right)$$

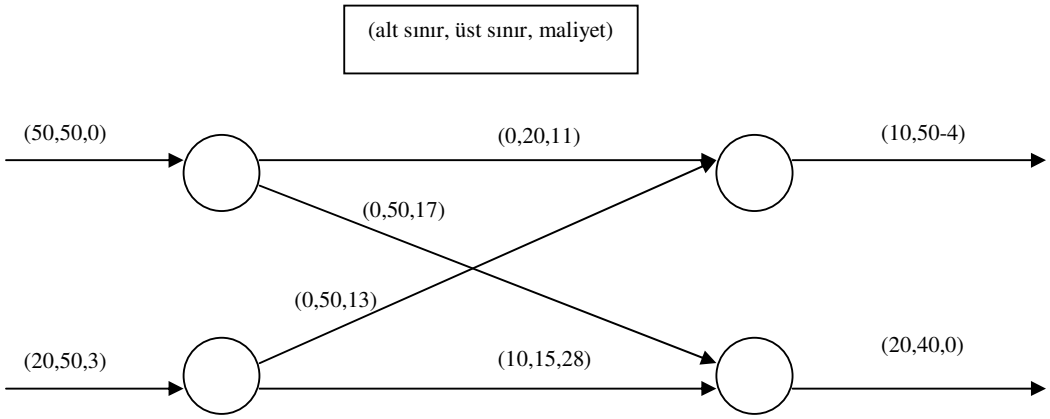
Şekil 5.11 Bağ Parametreleri (Yenisey, 1997)

Şekil 5.10'daki parametreler şu anlamlara gelir.

$f_{(i,j)}$ akış miktarını, $u_{(i,j)}$ bağın kapasitesini, $l_{(i,j)}$ en düşük akış miktarını ve $c_{(i,j)}$ herbir birimin maliyetini gösterir. Ancak bu gösterimlerin tek tip akışın olduğu durumlarda geçerli olduğu unutulmamalıdır.

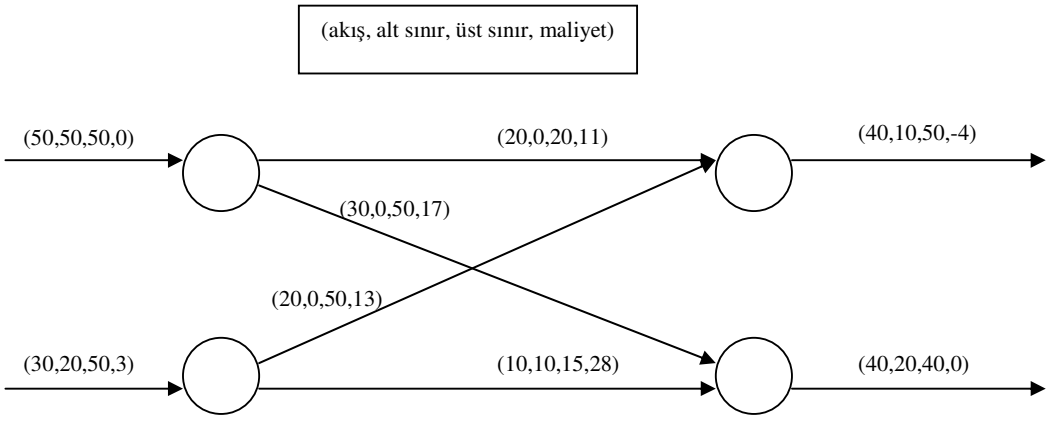
$c_{(i,j)}$'nin anlamı problemin amacına göre değişebilir. Söz konusu olan kar maksimizasyonu ise karlar pozitif, maliyetler negatif olarak gösterilirken, maliyet minimizasyonda ise karlar negatif maliyetler pozitif değerlerle ifade edilir.

Herhangi bir nedenle bu temel parametrelerden biri veya birkaçı şebeke için anlamlı olmayabilir. Bu nedenle bundan sonraki bölümlerde kullanım şebeke üzerinde belirtilecektir.



Şekil 5.12 Salt Maliyet Minimizayonu (minimum maliyet akışı) Problemi (Glover ve Diğerleri, 1992)

Çözümün toplam maliyetinin belirlenmesi şu şekilde yapılabilir.



Şekil 5.13 Örnek problemin olası çözümlerinden biri

Tablo 5.2 Örnek problemin toplam maliyeti

Bağ	Maliyet	Akış	Maliyet*Akış
A	0	50	0
B	3	30	90
(A,1)	11	20	220
(A,2)	17	30	510
(B,1)	13	20	260
(B,2)	28	10	280
1	-4	40	-160
2	0	40	0
			1200

5.2.3. Salt Şebeke Modelleri

Salt şebeke modelleri bağ üzerinde akışın kaybı veya kazancı ihmal edilerek oluşturulmuş modellerdir. Örneğin paranın zaman değerinin, ya da fire oranlarının dahil edilmediği durumları temsil eder. Gerçek hayatta akış sırasında genellikle bir kazanç ya da kayıp söz konusu olmasına rağmen modellemede kimi zaman konunun doğası gereği kimi zaman da kayıp veya kazançların da dahil edilmesinin çözümde yarattığı güçlüklerden dolayı ihmal edilmektedir. Daha önceki bölümlerde tanımlanan gösterim biçimi, $(f_{(i,j)}, u_{(i,j)}, l_{(i,j)}, c_{(i,j)})$ de kayıp ve kazancın olmadığı varsayımı altında tanımlanmıştır.

$\delta_i^+ = \{ j \mid (j,i) \in A \}$ i düğümünden çıkan bağların bitiş düğümleri kümesi

$\delta_i^- = \{ j \mid (j,i) \in A \}$ i düğümüne gelen bağların başlangıç düğümleri kümesi,

olarak tanımlanırsa (Yenisey, 1997)

i. düğümdeki dış akış değeri;

$$\sum_{j \in \delta_i^+} f_{(i,j)} - \sum_{k \in \delta_i^-} f_{(k,i)} = b_i, \qquad i \in N \tag{5.1}$$

ile ifade edilir.

Salt minimum maliyet akışı problemleri bu başlıkta incelenir. Temel olarak

$c_{(i,j)}$ bağ üzerindeki akışın maliyeti;

$f_{(i,j)}$ bağ üzerindeki akışın miktarı

olmak üzere

$\min \sum_{\forall_i} c_{(i,j)} f_{(i,j)}$ ifadesine çözüm arayan problemlerdir.

Çeşitli koşullar altındaki minimum maliyet akışı problemleri için farklı çözüm metodolojileri geliştirilmiştir.

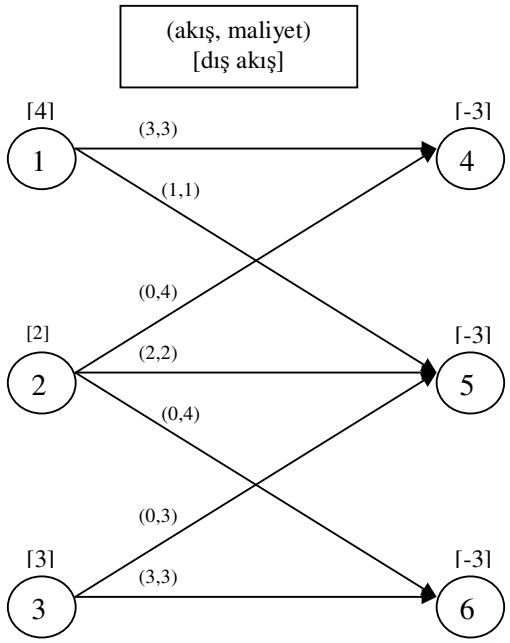
5.2.3.1. Ulaştırma Problemi

Şekil 5.7'te de gösterildiği gibi ulaştırma problemi minimum maliyet akışı probleminin özel bir halidir. Ulaştırma modeli kaynaklardan hedeflere, yani üretim merkezlerinden dağıtım merkezlerine tek bir çeşit ürünün minimum maliyetle ulaştırılmasını sağlayacak ulaştırma planını belirlemeye çalışır. Modelin amacı, toplam ulaştırma maliyetini minimize edecek şekilde her bir kaynaktan her bir hedefe aktarılacak ürün miktarını tespit etmektir (Hamdy, 1987).

Bir maliyet minimizasyonu probleminin ulaştırma modeli olarak kabul edilmesi için aranan şartlar şunlardır (Barnes, 1980):

- Düğümler arzlar ve talepler olarak iki gruba ayrılır.
- Tüm bağlar sınırsız kapasiteye sahiptir.
- Tüm bağların dış akışı sıfırdan farklıdır.
- Tüm bağların dış akışlarının toplamı sıfırdır.

Amaç $\min \sum_{\forall_i} c_{(i,j)} f_{(i,j)}$ fonksiyonu ile ifade edilir.



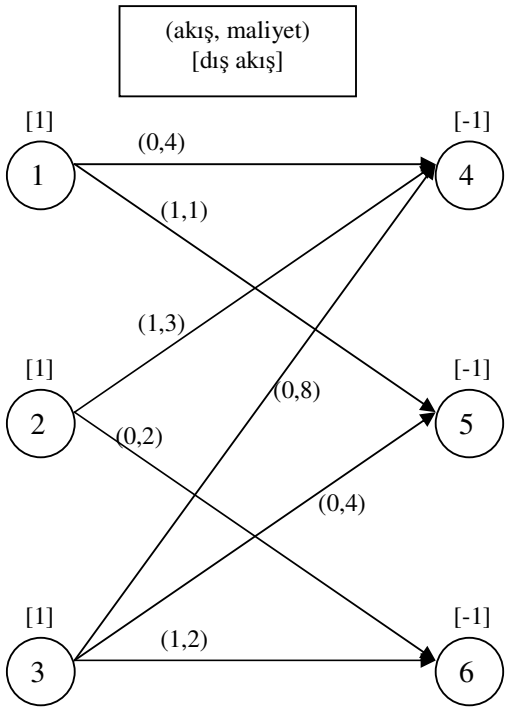
Şekil 5.14 Örnek Ulaştırma Problemi (Barnes, 1980)

5.2.3.2. Atama Problemi

Ulaştırma problemlerinin özel bir şeklidir. Amaç yine maliyeti minimize etmektir. Ulaştırma problemlerinin içerdiği tüm kısıtlara ilaveten;

- Talep ve arz düğümlerinin sayısının eşit olması
- Dış akış değerlerinin bir (talep düğümlerinde '–1') olması

şartlarını da sağlamalıdır.

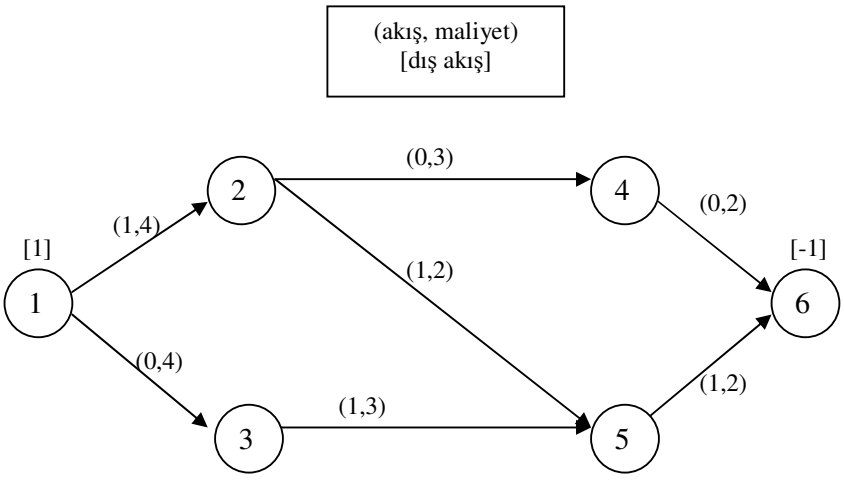


Şekil 5.15 Örnek Atama Problemi (Barnes, 1980)

5.2.3.3. En Kısa Yol Problemi

Günlük hayatta sık sık karşılaşılan bir problemin şebeke analizi ile çözümünün bulunmasını içeren bir yönetimdir. Bu problem iki nokta arasındaki en kısa, en az maliyetli, veya en çok fayda getiren rotanın seçilmesini içerir. Düğümler şehir, depo, ya da iş merkezlerini ve bağlar yolları temsil eder. Proje yönetiminde CPM/PERT yönetimi ile sonuca ulaştırılan en uzun yolun (kritik yol) bulunması problemleri de bu başlıkta incelenebilir.

Şebekenin kurulması amacıyla ilk düğüm kaynak ve son düğüm ise hedefe noktası olarak atanır. Amaç kaynağı hedefe bağlayan en kısa yolun bulunmasıdır. İlk düğümün dış akışı 1, son düğümün dış akışı –1, diğer düğümlerin dış akış değerleri ise 0'dır. Yine 0-1 tam sayılı programlama ile de sonuca ulaştırılabilecek bir problemdir. Tek kaynaklı problemler için geliştirilen çözüm yollarına örnek olarak Dijkstra ve Bellman-Ford algoritmaları verilebilir.

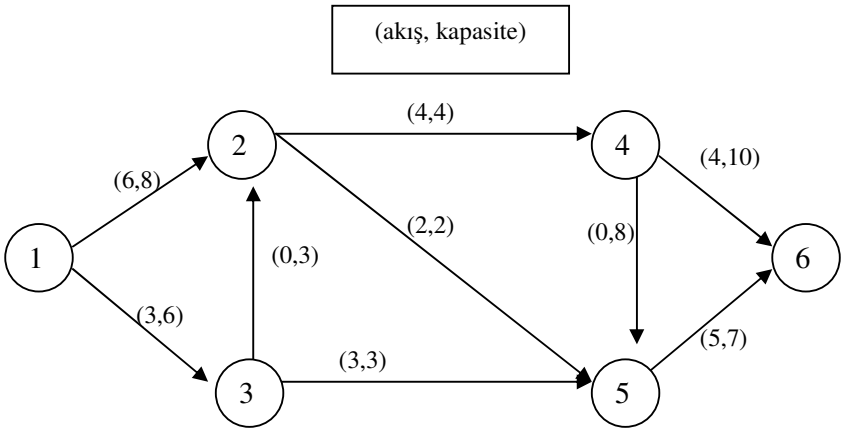


Şekil 5.16 Örnek En Kısa Yol Problemi

5.2.3.4. En Büyük Akış Problemi

Bu tip problemlerde işlem gören tek parametre bağların kapasitesidir. Yine bir kaynak ve bir hedef düğümü tanımlanır. Amaç kaynak düğümünden hedef düğümüne akışın maksimize edilmesidir. Kısıtlar ise bağların kapasite değerleridir.

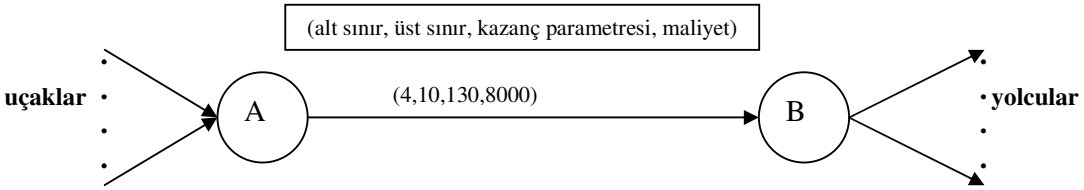
Bir işletmenin imalat birimlerinde ve depolarda darboğaz noktalarının, şehir planlama çalışmalarında trafik yoğunluklarının belirlenmesinde, benzeri şekilde telekomünikasyon ağlarının tasarımında etkili bir yöntem olarak kullanılabilir.



Şekil 5.17 Örnek En Büyük Akış Problemi (Barnes, 1980)

5.2.4. Genelleştirilmiş Şebeke Modelleri

Genelleştirilmiş şebeke modelleri şebeke analizinin uygulama alanını önemli bir oranda genişletmiştir. 1950'li yıllarda bir model yapısı olarak biliniyor olsa da ciddi çalışmaların yapılması 1970'li yılların ortasını bulur. Bu dönemde salt şebeke modellerinin diğer modelleme tekniklerine oranla sunduğu üstün sonuca ulaşma tekniği, hızı ve kolaylığı genelleştirilmiş şebeke modelleri üzerindeki çalışmalara da hız verilmesini sağladı. 1970'lerde yapılan denemelerde genelleştirilmiş şebeke modellerinin problem çözme hızı konusunda piyasada bulunan en iyi doğrusal programlama çözüm paketinden elli kat daha üstün olduğu tespit edildi (Glover ve Diğerleri, 1992).



Şekil 5.18 Uçak-Yolcu genelleştirilmiş şebeke modeli (Glover ve Diğerleri, 1992)

Genelleştirilmiş şebeke modellerine salt şebeke modellerinin getirdiği akış sırasında kayıp ve kazanç olmaması varsayımı kaldırılarak ulaşılır. Böylelikle genelleştirilmiş şebeke modellerinde bir ağ için diğer parametrelerinin yanısıra bir de kazanç parametresi[2] ($a_{(i,j)}$) tanımlanır.

Salt şebeke modellerindeki dış akış denklemi (*5.1*) kazanç parametresinin 1'e eşit olduğu varsayımı ile kurulmuştu. Genelleştirilmiş şebeke modellerinde ise

$\delta_i^+ = \{ j \mid (j,i) \in A \}$ i düğümünden çıkan bağların bitiş düğümleri kümesi

$\delta_i^- = \{ j \mid (j,i) \in A \}$ i düğümüne gelen bağların başlangıç düğümleri kümesi,

olarak tanımlanırsa

[2] Literatürde kazanç parametresi ile çarpan (*multiplier*) aynı kavramı işaret etmektedir.

i. düğümdeki dış akış değeri;

$$\sum_{j \in \delta_i^+} f_{(i,j)} - \sum_{k \in \delta_i^-} a_{(k,i)} f_{(k,i)} = b_i, \qquad i \in N \tag{5.2}$$

ile ifade edilir (Yenisey, 1997).

Salt şebeke modellerinde açıklanan tüm modeller benzer şekilde genelleştirilmiş şebeke modelleri ile temsil edilebilir.

5.2.5. Dinamik Şebeke Analizi ve Stok Modelleri

Şebeke modelleri stok yönetiminin bir çok aşamasında etkili olarak kullanılabilecek bir yapı sunar. Dinamik şebeke analizinin stok modellerinin temsilinde kullanımı Glover ve diğerlerinin (1992) sundukları bir örnek üzerinde açıklanacaktır:

Örnek 5.1.

Bir dağıtımcı çiftliklerden buğday almakta ve ya doğrudan yerel pazarda satmakta ya da daha sonraki dönemler için stokta tutmaktadır. Bu dağıtımcıya ait gelecek üç dönemin verileri Tablo 4.3'te verilmiştir. Dönem sonunda stokta olabilecek miktar en fazla 800 birimdir ve stokta tutma maliyeti \$0.40/birimdir. Son olarak dağıtımcının başlangıç stoğu 300 birimdir ve güvenlik stoğu olarak 3. dönemin sonunda 200 birim ürün bulundurmak istemektedir.

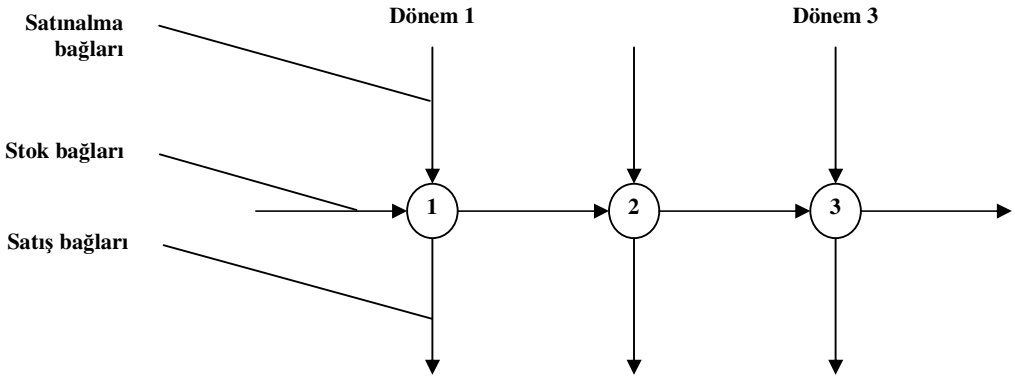
Tablo 5.3 Örnek 5.1'e ait veriler

	Dönem		
	1	**2**	**3**
Satınalma fiyatı (\$/birim)	2.00	3.00	2.50
Satış fiyatı (\$/birim)	3.10	4.20	3.50
Maks. Satınalma (birim)	1400	1800	1600
Maks. Satış (birim)	1000	2000	2500

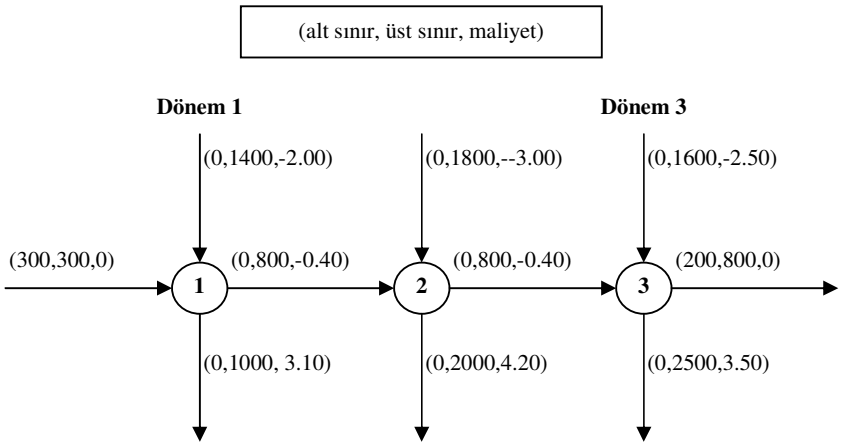
Genel stok eşitliği şu şekilde kurulur;

dönem başı stoğu + satınalma = dönem sonu stoğu + satış

Buradan yola çıkılarak Şekil 5.18'daki model elde edilir.

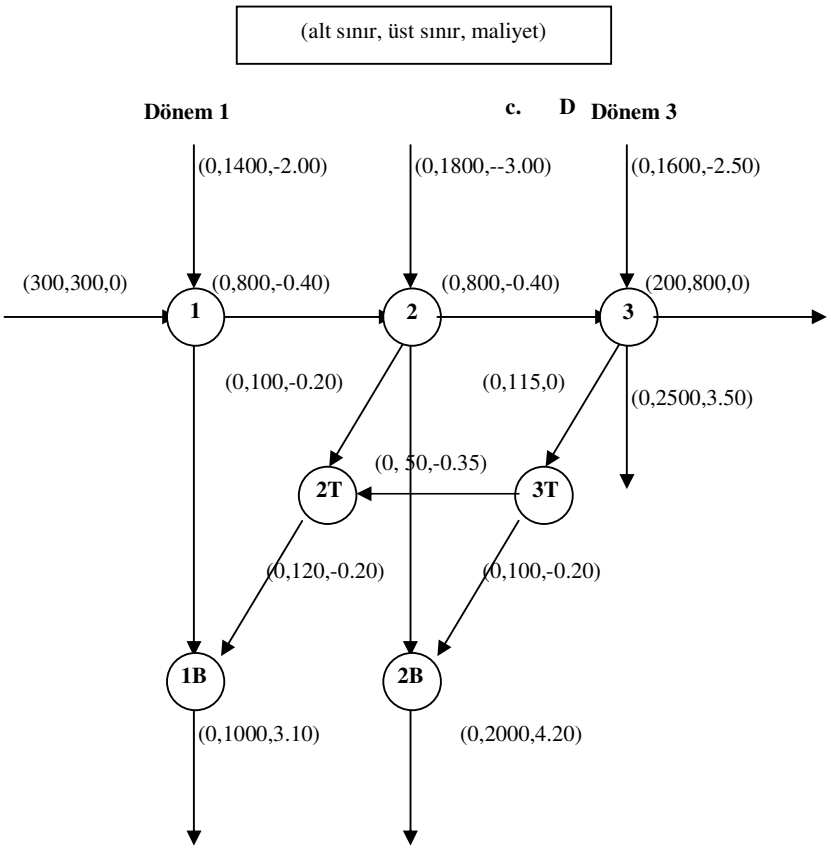


Şekil 5.19 Stok Modeli



Şekil 5.20 Verilerle oluşturulan stok modeli (kar maksimizasyonu)

Aynı dağıtımcı bir dönemde karşılayamadığı 100 birime kadar olan siparişleri $0.20 ekstra maliyet ile bir dönem erteleyebileceği ve 1. dönemde karşılayamadığı 50 birime kadar olan siparişleri $0.35 ekstra maliyetle 2 dönem öteleyebileceği bilgisi modele eklenirse Şekil 5.18 elde edilir.



Şekil 5.21 Elde bulundurmama durumunun gösterimi

6. GENETİK ALGORTİMA

6.1. GENETİK ALGORİTMAYA GİRİŞ

Günümüzün karmaşık sistemleri problemlere hızlı ve kolay çözüm veren yeni algoritmaların geliştirilmesi arayışlarını da beraberinde getirmiştir. Özellikle son yıllarda bilgi işleme kapasitesinin de artmasıyla birlikte sert optimizasyon tekniklerinin yerine yumuşak hesaplama ve evrimsel algoritmaların kullanımı ön plana çıkmıştır. Genetik algoritmalar da bu arayışlar içinde önemli bir yer tutmaktadır. Yöntem üzerinde çalışmalar devam etmekte ve diğer tekniklerle birlikte kullanılarak karma çözümler geliştirilmektedir (İşçi & Korukoğlu, 2003).

6.1.1. Genetik Algoritmanın Tarihçesi

Genetik Algoritma, doğal seçim ilkelerine dayanan bir eniyileme yöntemidir. Temel ilkeleri 1970li yıllarda Michigan Üniversitesinde yapılan çalışmalarda atılmış ve ilk kez araştırmaya liderlik eden John Holland'ın 1975 yılında yayınlanan Doğal ve Yapay Sistemlerde Adaptasyon kitabında yayınlanmıştır. Ancak Holland'ın öğrencilerinden Goldberg'in 1989'da yayınlanan kitabına kadar konu ilgi çekmemiş, bu tarihten itibaren pek çok araştırmaya konu olmuştur. Holland'ın araştırmaya başlama amacı Darwin'in evrim teorisini mekanik öğrenme üzerinde uygulamaktı. Genetik algoritmanın atası olarak Holland kabul edilse de öncesinde şuanki ahlinden çok farklı olarak ilkel biçimde 1967 yılında Bagley tarafından bir oyun programını yenmek üzere tasarlanmasında kullanılmış, aynı yıllarda Rosenberg bu algoritmaya biyolojik etmenleri eklemiş ve De Jong ise matematiksel olarak modelleyerek en küçüklemede kullanmıştır (Özkan, 2003). Bu çalışmaların öncülüğünde yaptığı çalışmada Holland genetik operatörlerden üreme ve çaprazlamayı tanımlamıştır. Ancak köklü gelişim Goldberg'in çalışmasında görülmüş ve o güne kadar yalnızca teoride kalan Genetik Algoritma modellemelerine 83 uygulamayı örnek vermiştir (Goldberg, 1989)

6.1.2. **Genetik Algoritma'da Temel Kavramlar**

Genetik Algoritma Darwin'in canlı organizmalar için kurduğu Evrim teorisi üzerine kurulmuştur. Sezgisel olarak daha iyi olan çözümü bulmak için çözüm kümesinin oluşturduğu populasyonu eş zamanlı olarak inceleyerek doğal seleksiyon yasasında olduğu gibi güçlü olanın yani en iyi bireyin hayata hayatta kalacağını yani problemin optimize edileceğini öne sürer. Geleneksel optimizasyon yöntemlerine göre farklılıkları olan genetik algoritmalar, parametre kümesini değil kodlanmış biçimlerini kullanırlar. Olasılık kuramı dahilinde çalışan GA'lar yalnızca amaç fonksiyonuna gerek duyarlar. Çözüm uzayının tamamını değil belirli bir kısmını tararlar, böylelikle etkin arama ile daha kısa sürede sonuca ulaşırlar (Goldberg, 1989). GA'nın bitirilmesi tümüyle verilen bitiş ölçütlerinin tamamlanmasına bağlıdır.

GA'nın üzerine kurulduğu temel evrim algoritması çok basit bir şekilde aşağıdaki gibidir (Bkz. Şekil 6.1)

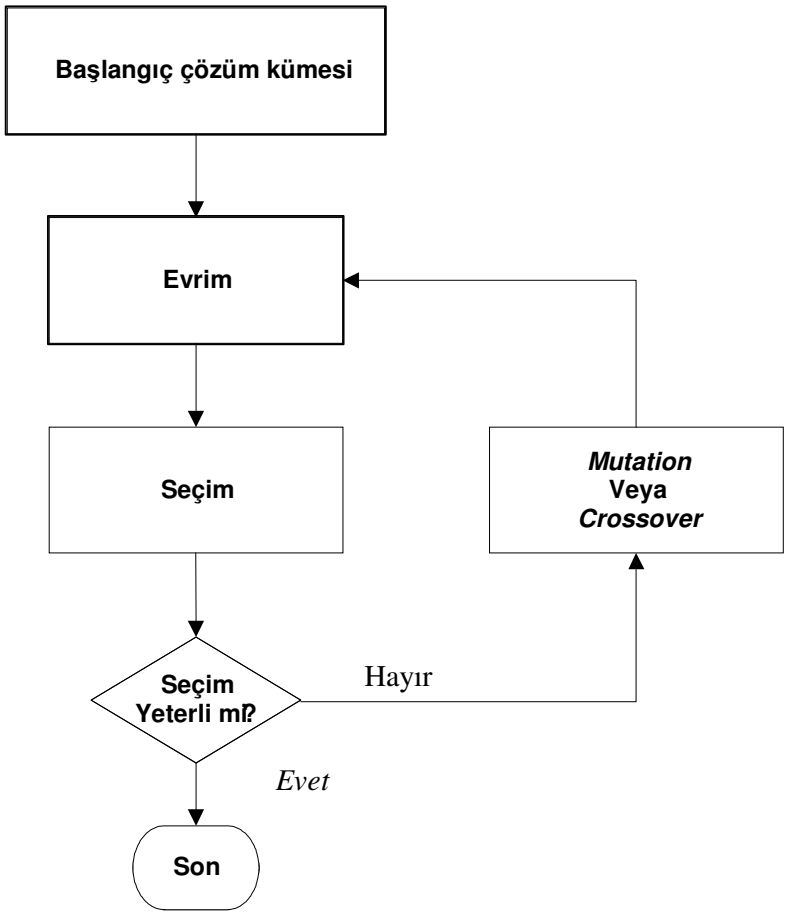
```
{
        Başlangıç kitlesini belirle;
        Kitleyi evrimleştir;
        while Cikis_Kriteri_Saglanmadikca
                {
                        uretim icin secim yap;
                        Mutasyona uğrat ya da tekrar üret;
                        Kitleyi evrimleştir;
                }
}
```

Evrim algoritmasındaki temel kavramlar benzeri şekilde GA'da da kullanılmaktadır.

Gen: GA'daki karşılığı karakter özelliğidir. Bit olarak da tanımlanır. Bireyin karakterini dolayısıyla de değerini belirleyen öğedir.

Kromozom: GA'daki karşılığı bireydir. Dizi olarak da tanımlanır. Genlerin birleşerek oluşturduğu dizidir. Kromozomlar belli bir kodlama sistemiyle oluşturulurlar. Aday çözümleri gösterirler.

Genotip: GA'daki karşılığı bireyin gen yapısıdır. Aday çözüm olan kromozomların içindeki belirli gen gruplarına genotip denir.



Şekil 6.1 Temel Evrim Algoritması (Üçer, 2007)

Fenotip: GA'daki karşılığı deşifre edilmiş yapıdır. Alternatif çözüm kümesidir. Genotipin deşifre edilerek asıl değerin belirlenmiş halidir.

Allel: GA'daki karşılığı özellik değeridir. Genlerin alabildiği özelliklerin kümesidir.

Lokus: GA'daki karşılığı karakterin yeridir. Genin kromozomdaki yapısını ifade eder.

Popülasyon: GA'daki aday çözümler topluluğudur. Kromozomların bir araya gelerek oluşturduğu çözüm topluluğudur. Genellikle algoritma boyunca sabit tutulur. Bu sayı çoğunlukla 10 ila 100 arasında değişir.

Uygunluk Fonksiyonu: GA'daki amaç fonksiyonudur. Bireyin hayatta kalma durumunu yani uyumunu gösteren değerdir. Yüksek değerler bireyin hayatta kalma olasılığının daha yüksek olduğunu belirtir.

Seleksiyon: GA'daki seçim işlemidir. Populasyon içinden hayatta kalabilen canlıların seçilmesidir. Seçim için uygulanan yöntemler açıklanacaktır.

Genetik algoritmaların nasıl arama yaptığı alt dizi kavramıyla açıklanmaktadır. Alt diziler, genetik algoritmaların davranışlarını açıklamak için kullanılan teorik yapılardır. Bir alt dizi, belirli dizi kümeleri arasındaki benzerliği tanımlayan bir dizidir. Alt diziler, {0 , 1 , *} alfabesi kullanılarak tanımlanır. Örneğin H alt dizisi, ilk konumunda 0, ikinci ve dördüncü konumunda 1 değeri olan kromozomlar kümesi içindir.

H = 0 1 * 1 *

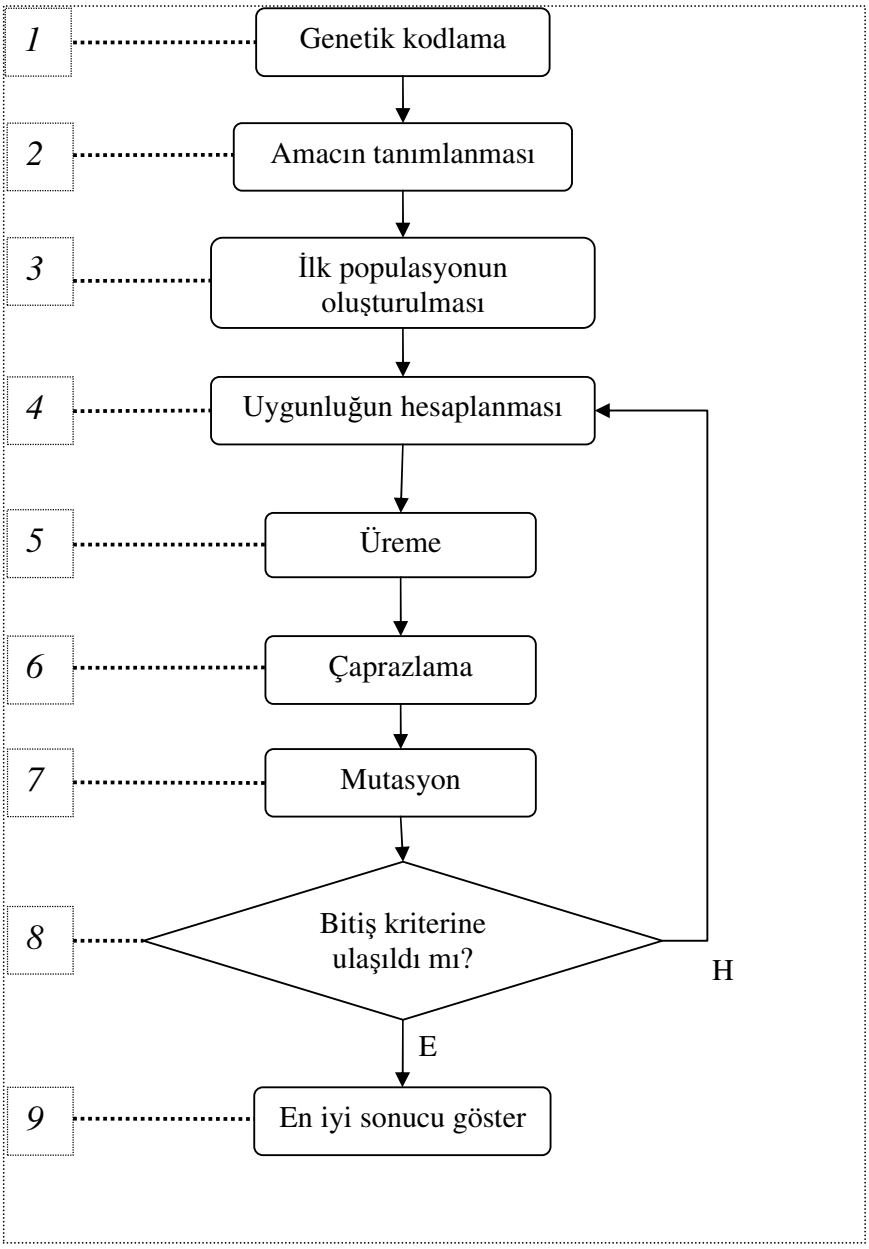
* sembolü dizinin o konumunun hangi değeri alıp almadığının önemli olmadığı anlamındadır. Dizi o konumda 0 veya 1 değeri alabilir. Eğer bir x dizisi, alt dizinin kalıbına uyarsa x dizisine "H'nin bir örneğidir" denir (Goldberg, 1989).

Alt dizilerin iki özelliği mevcuttur. Bir H *alt dizisinin derecesi* o(H) ile gösterilir ve mevcut alt dizi kalıbında bulunan sabit konumların sayısıdır. Bir H *alt dizisinin uzunluğu* δ(H) ile gösterilir ve mevcut alt dizi kalıbında bulunan belirli ilk ve son konumlar arasındaki uzaklıktır. Bu dizilerden kısa uzunluğa ve düşük dereceye sahip olanlar üstel olarak çoğalırlar. Bu çoğalma genetik işlemler aracılığı ile gerçekleşmektedir ve sonucunda ana-babadan daha üstün özellikler taşıyan bireyler ortaya çıkmaktadır. Bu işlemler sırasında:

- Başarısız olan bireylerin üreme şansları azaldığı için kötüye gidiş zorlaşmaktadır.
- Zaman içinde hızlı bir iyiye gidiş de sağlayabilmektedir.

6.2. BASİT GENETİK ALGORİTMA

Şekil 6.2de Genetik Algoritma'nın temel süreci görülmektedir. Sürecin tüm adımları ayrıntılarıyla açıklanacaktır.



Şekil 6.2 Basit Genetik Algoritma

6.2.1. Genetik Kodlama

Bir problemin çözümü için genetik algoritma geliştirmenin ilk adımı tüm çözümlerin aynı boyutlarda bitler dizisi şeklinde gösterilmesidir, diğer bir ifadeyle fenotipin genotipe dönüştürülmesi de denebilir. Her bir dizi problemin olası çözüm uzayındaki noktalardan yanız ve yalnız birini simgeler. Bu şekilde tüm parametrelerin

kodlanmasıyla problemin genetik algoritmanın kullanılmasına uygun şekle çevrilmesini sağlar (Gen & Lin, 2008).

Gerçek sayılar, tamsayılar, harfler ya da bazı semboller kodlama için uygundur ancak kodlama için en çok kullanılan yöntem Holland tarafından geliştirilen 0-1 ikili kodlama sistemidir. Kodlamanın doğru yapılması GA'nın işleyişi için çok önemlidir (Sakawa, 2002). Kullanılan kodlama yöntemleri aşağıda verilmiştir.

6.2.1.1. İkili Kodlama

Daha önce belirtildiği gibi Holland tarafından geliştirilen bu yöntem en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. İkili kodlamada her kromozom 0 ya da 1 bitlerinden oluşan bir dizi ile ifade edilir.

Örneğin;

Kromozom A: 10001101000001110001000 0

Kromozom B: 00111111110111000011110 1

Yukarıda verilen kromozomlar, bir problemin çözüm uzayındaki 2 ayrı noktayı simgeler.

0-1 ikili kodlama ile çok küçük parametre kümeleri bile çok sayıda kromozomla ifade edilebilir. Diğer taraftan birçok problem için uygun değildir ve kimi zaman mutasyon veya çaprazlama işlemlerinden sonra düzeltmelerin yapılmasını gerektirir. Örneğin 01111111 ve 10000000 fenotip uzayında komşu noktalarken genotip uzayında yani ikili sistemde en büyük uzaklığa sahiptir. Hatanın düzletilmesi için Gri Kodlama tekniği geliştirilmiştir (Gen & Lin, 2008).

6.2.1.2. Gri Kodlama

0-1 ikili kodlamadan farkı Hamming Uzaklığı kavramını geliştirmesidir. Sayıları ikili sistemde yazmaya başlandığında ilk olarak Hamming Uzaklığı ölçülür. Hamming Uzaklığı, kromozomdaki değişen genlerin sayısını gösterir. Oysa ikili kodlamada aradaki Hamming Uzaklığı'nın 1 olması istenir (MacKay, 2003).

Tablo 6.1 Gri Kodlama Sistemi

Sayı	İkili Kodlama Karşılığı	Hamming Uzaklığı	Gri Kodlama Karşılığı	Hamming Uzaklığı
0	000		000	
1	001	1	001	1
2	010	2	011	1
3	011	1	010	1
4	100	3	110	1
5	101	1	111	1

6.2.1.3. Permütasyon Kodlama

Permütasyon kodlama, gezgin satıcı problemi veya görev sıralama gibi sıralama problemlerinde kullanılabilir. Permütasyon kodlamada, her kromozom sıra'da konum belirten numara karakter dizisinden oluşur.

Kromozom A: 1 5 3 2 6 4 7 9 8

Kromozom B: 8 5 6 7 2 3 1 4 9

Permütasyon kodlama, sıralama problemleri için yararlıdır. Bazı problemlerde bazı çaprazlama ve mutasyon türleri için kromozomların tutarlılığı için (örneğin içerisinde gerçek sırayı tutan) düzeltmeler yapılması gerekmektedir (Kalaycı, 2006).

6.2.1.4. Değer Kodlama

Gerçek sayılar gibi karmaşık değerlerin kullanıldığı problemlerde doğrudan değer kodlama kullanılabilir. İkili kodlamanın bu tip problemler için kullanılması problemlerin zorlaşmasına neden olacaktır. Değer kodlamada, her kromozom bazı değerlere eşittir. Değerler problemle ilgili herhangi bir şey olabilir. Gerçek sayılar, karakterler veya herhangi nesneler olabilir.

Değer kodlama ile kodlanmış kromozom örnekleri:

Kromozom A: 1.2324 5.3243 0.4556 2.3293 2.4545

Kromozom B: ABDJEIFJDHDIERJFDLDFLFEGT

Kromozom C: (geri), (geri), (sağ), (ileri), (sol)

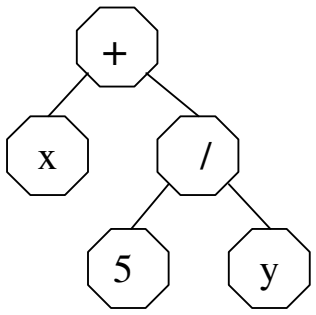
Değer kodlama bazı özel problemler için iyi bir seçimdir. Ancak, bu tip kodlamada

probleme özgü yeni çaprazlama ve mutasyon yöntemleri geliştirmek gereklidir (Kalaycı, 2006).

6.2.1.5. Ağaç Kodlama

Ağaç kodlama genellikle evrimleşen program veya ifadeler için kullanılmaktadır. Örneğin genetik programlama için Ağaç kodlamada her kromozom bazı nesnelerin ağacıdır, örneğin işlevler veya programlama dilindeki komutlar gibi. Ağaç kodlama evrimleşen programlar veya ağaç şeklinde kodlanabilecek herhangi diğer yapılar için uygundur. LISP programlama dilinde programların ağaç şeklinde temsil edilmesi nedeniyle LISP bu iş için en çok kullanılan dildir. LISP'te bu ağaçlar kolayca ayrıştırılıp, çaprazlama ve mutasyon kolayca yapılmaktadır (Kalaycı, 2006).

Kromozom A: (+ x (/ 5 y))



Şekil 6.3 Ağaç Kodlama

6.2.2. Amacın Tanımlanması

Olurlu noktalardan oluşan çözüm uzayının her bir fenotipinin ne kadar iyi olduğunu tespit etmek için amaç fonksiyonu tanımlanmalıdır. Amaç fonksiyonunu formüle etmenin zor olduğu problemlere kullanım kolaylığı getirmesi GA'nın avantajlarından biri olarak karşımıza çıkar.

6.2.3. İlk Populasyonun Oluşturulması

Olası çözümlerin kodlandığı bir çözüm grubu oluşturulur. Çözüm grubu populasyon, çözümlerin kodları da kromozom olarak adlandırılır. İkili alfabenin kullanıldığı kromozomların gösteriminde, ilk populasyonun oluşturulması için rastsal sayı üreticileri kullanılabilir. Rastsal sayı üreticisi çağrılır ve değer 0,5'den küçükse konum 0'a değilse 1 değerine ayarlanır (Yeo ve Agyel, 1998). Birey sayısının ve

kromozom uzunluğunun az olduğu problemlerde yazı-tura ile de konum değerleri belirlenebilmektedir. Genetik algoritmalarda ikili kodlama yöntemi dışında, çözümü aranan probleme bağlı olarak farklı kodlama yöntemleri de kullanılmaktadır (Goldberg, 1989). Az sayıda birey algoritmada kullanılabilecek bir çok değerin işlenmeden atlanmasına neden olur. Bunun nedeni çaprazlamanın az sayıda birey arasında gerçekleşmesi ve çeşitliliğin daha az olmasıdır. Çok sayıda birey ise algoritmanın yavaşlamasına neden olur. Burada her döngüde (nesil) daha çok birey incelenir. Populasyon sayısı belli bir değeri geçtikten sonra daha fazla arttırmak algoritmanın verimliliği azalmaktadır. Her problem tipi için en iyi çözümün başlangıç populasyonu sayısı farklıdır (Beasly, Bull & Martin, 1993).

6.2.4. **Uygunluk Değerinin Hesaplanması**

Bir kuşak oluşturulduktan sonraki ilk adım, populasyondaki her üyenin uygunluk değerini hesaplama adımıdır. Örneğin, bir maksimizasyon problemi için i. üyenin uygunluk değeri *f(i),* genellikle o noktadaki amaç fonksiyonunun değeridir (Jang, 1997). Çözümü aranan her problem için bir uygunluk fonksiyonu mevcuttur. Verilen belirli bir kromozom için uygunluk fonksiyonu, o kromozomun temsil ettiği çözümün kullanımıyla veya yeteneğiyle orantılı olan sayısal bir uygunluk değeri verir. Bu bilgi, her kuşakta daha uygun çözümlerin seçiminde yol göstermektedir. Bir çözümün uygunluk değeri ne kadar yüksekse, yaşama ve çoğalma şansı ile bir sonraki kuşakta temsil edilme oranı da o kadar yüksektir (Yeniay, 2001).

6.2.5. **Üreme**

Üreme operatörü, doğadaki doğal seleksiyon işleminin GA tarafından uygulanmasıdır. Bu işlemle güçlü bireylerin hayatta kalması ve güçlü çocuklar oluşturması hedeflenir (Sakawa**,** 2002). Burada öncelikle çocukları oluşturacak bireylerin eşleşmesi gerekmektedir. Bunun için 2 temel model vardır: Göç Modeli ve Komşuluk Modeli (Vural, 2005). Göç Modeli'nde populasyondaki kromozomlar belli sayıdaki alt gruplara ayrılır. GA il her alt populasyon ayrı ayrı değerlendirilir. Değerlendirme işleminden sonra alt populasyonlar arası göç yolları oluşturularak gen aktarımı yapılır (Gehring & Bortfeldt**,** 2004). Komşuluk Modeli'nde ise daha önce belirlenmiş n boyutlu uzayda her kromozomun yeri belirlenir. Bu kromozomlar için belirli bir komşuluk seçilir ve bu noktalardaki bireyler belirlenir. Seçilen komşuluk

bir uzaklık fonksiyonunun temsil ettiği kromozomlar bütünüdür. Komşuluk içinde kalan bireylerle seçilen ana kromozom çiftleştirilerek tüm sonuçlar birbiriyle karşılaştırılır. Böylelikle çiftleşme için en iyi birey seçilir. Üreme için bir seçilmesinin en basit yolu ise rassal seçimdir (Man, Tang & Kwong, 1999).

Bireyler seçildikten sonra üreme işlemine geçilir. Üreme için bir çok yöntem bulunmaktadır.

6.2.5.1. Rassal Üreme

Varolan ebeveynlerden populasyon sayısı kadar rassal seçim yapılır.

6.2.5.2. Rulet Çarkı Yöntemi

En sık kullanılan yöntemlerden biridir. Bu yöntemle uygunluk değeri yüksek olan güçlü bireyin doğma olasılığının yüksek olması sağlanır. Bu yöntemin adımları şu şekildedir (Deb, 2001).

- Tüm fonksiyonlar için uygunluk fonksiyonun aldığı değer diğer bir deyişle uygunluk değeri (f_i) hesaplanır.
- Uygunluk değerinin toplamı ($\sum f$) bulunur.
- Bireylerin seçilme olasılığı $p_i = f_i / \sum f$ hesaplanır.
- Her birey için bu olasılık değerleri sınır alınarak rassal sayı aralıkları belirlenir.
- Birey sayısı kadar rassal sayı atılır.
- Rassal sayılara karşılık gelen kromozomlar yeni bireyler olarak alınır.

6.2.5.3. Beklenen Değer Yöntemi

Rulet çarkından daha hassas bir yöntem olarak kabul edilir. Bu yöntemde daha önce geliş olasılıkları hesaplanmış olan bireylerin beklenen değerleri bulunur. Beklenen değer, olasılıkla birey sayısının çarpımına eşittir. Bu da aşağıdaki eşitlikte verildiği üzere her kromozomun uygunluk değerinin ortalama uygunluk değerine bölünmesiyle elde edilir.

$$E_i = \frac{f_i}{\sum f} \cdot n = \frac{f_i}{f_{avg}}$$

Buradan diğer nesle geçmek gerekmektedir. Bir sonraki nesil için kromozomdan beklenen değerinin tamsayısı kadar alınır (Sakawa, 2002).

6.2.5.4. **Boltzmann Yöntemi**

Bu yöntem bir bireyin bir sonraki nesle aktarılma olasılığını şu şekilde hesaplar:

$$p_i = e^{\beta \cdot \frac{f_i}{\sigma}}$$

Burada σ uygunluk değerlerinin standart sapmasıyken β karar verici tarafından seçilen bir sıcaklık parametresidir. Bu yöntem olasılıklar arasında orantı sağlamak için kullanılmaktadır ve bu formül sonucu çıkan olasılıklar doğrusal olarak değil ivmeli olarak artmaktadır.Bu olasılık değerleri arasındaki oran β değerinin ayarlanmasıyla belirlenir (Elsayed, 2006).

6.2.5.5. Sıralı Seçim Yöntemi

Rulet çarkı yönteminde çok yüksek olasılıklı bir kromozoma karşı çeşitlilik yaratmak için kullanılır. Bu yöntemde kromozomlar uygunluk değerine göre azalacak şekilde sıralanır. Bu sıralamaya göre olasılıklar belirlenir ve rassal sayı atışı yapılarak yeni nesilde hangi bireylerin olacağı belirlenir (Vural, 2005).

6.2.5.6. Turnuva Yöntemi

Bu yöntemde kromozomlar bir eşleşme havuzuna atarak eşleştirilirler. Bu eşleşmelerden galip çıkan birey güçlü birey olarak tanımlanır ve bir sonraki nesle geçmesi istenir. Bunun için bir p olasılığı belirlenir. *p* değeri *[0.5 – 1]* aralığında seçilir. Turnuva yönteminde en iyi

1. birey diğer nesle *p* olasılığıyla geçer.

2. birey diğer nesle *p(1-p)* olasılığıyla geçer.

3. birey diğer nesle $p(1-p)^2$ olasılığıyla geçer.

.

n. birey diğer nesle $p(1-p)^{n-1}$ olasılığıyla geçer. Ayrıca, 2 turnuvadan fazlasını kazanan birey diğer nesle aktarılır (Miller & Goldberg, 1995).

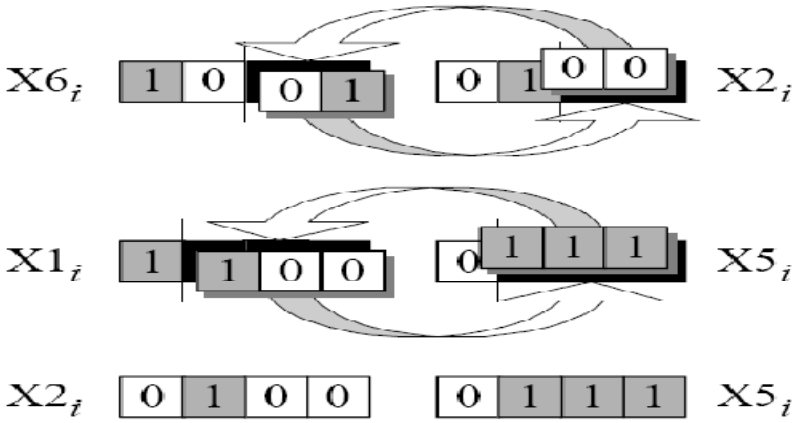
6.2.5.7. **Elitizm Yöntemi**

Bu yöntem en güçlü bireyin bir sonraki nesilde yer almasını garantilemek ve nesilleri güçlendirmek için uygulanır. Çaprazlama ve dönüşüm sonrasında en güçlü birey yeni nesil arasında yer almamışsa, yeni nesildeki en güçsüz birey öldürülerek yerine bir önceki neslin en güçlü bireyi yerleştirilir (Vural, 2005).

6.2.5.8. Denge Durumu Seçim Yöntemi

Bu yöntemde populasyonlar arasından belirlenen birey(ler) diğer tüm nesillere aktarılır (Deb, 2001).

6.2.6. Çaprazlama



Şekil 6.4 Çaprazlama Gösterimi (Üçer, 2007)

Çaprazlama, atalardaki seçili genler üzerinde işlem yapar ve yeni yavrular oluşturur. Bunun en basit sekli, rastgele bir kesme noktası (çaprazlama noktası) seçip, bu noktadan önceki her şeyi ilk atadan, sonraki her şeyi ikinci atadan alıp birleştirerek yavruyu oluşturmaktır.

Örnek:

Kromozom 1 11011 | 00100110110

Kromozom 2 10011 | 11000011110

Yavru 1	11011 | 11000011110
Yavru 2	10011 | 00100110110

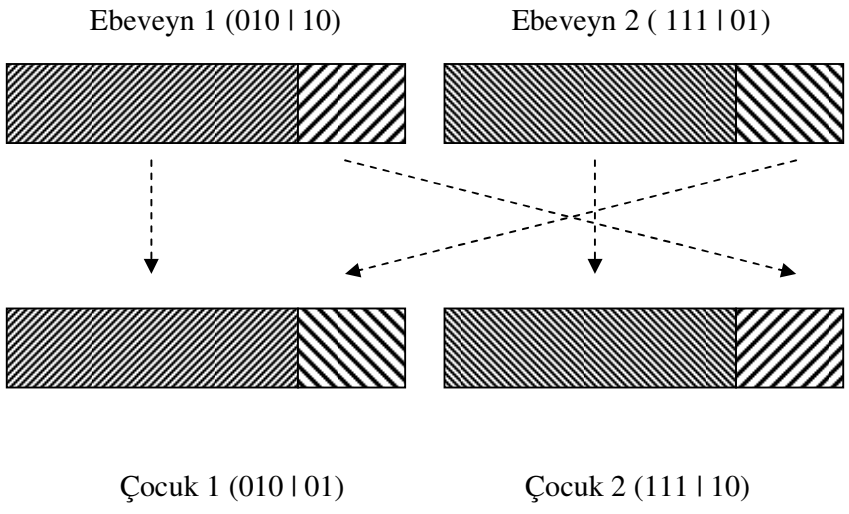
Çaprazlamanın birçok yolu mevcuttur, örneğin birden fazla kesme noktası seçilebilir. Çaprazlama daha da karmaşık olabilir ve tamamen kromozomların kodlanmasına bağlıdır. Özel problemler için yapılmış özel çaprazlamalar genetik algoritmanın başarımını arttırabilir. Literatürde sık rastlanan çaprazlama yöntemleri aşağıda verilmiştir.

6.2.6.1. Basit Çaprazlama

n noktalı çaprazlama da denir *(n = 1,2,…)*. En çok kullanılanları bir ve iki noktalı çaprazlamadır (Elsayed, 2006).

6.2.6.1.1. Tek Noktalı Çaprazlama

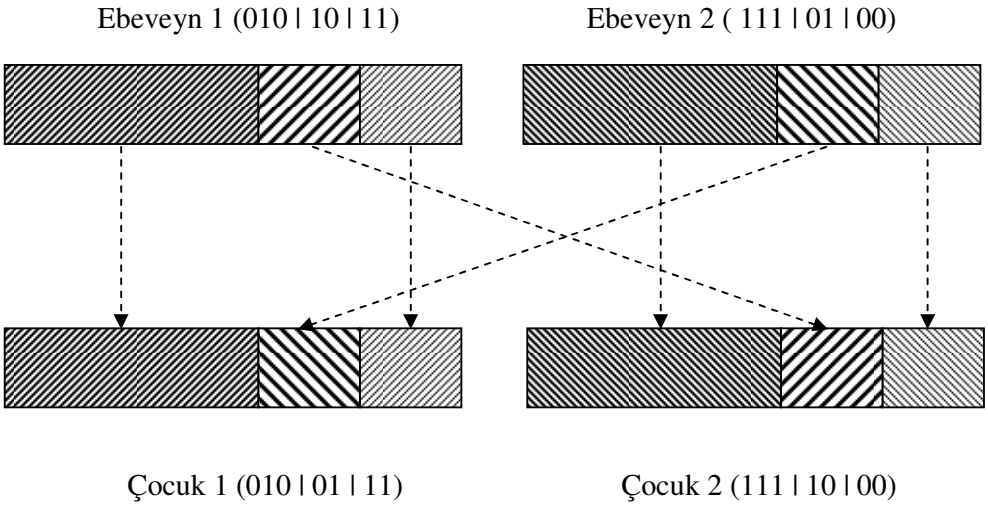
Tek bir kesme noktası seçilir, ilk atanın kromozomundan kesme noktasına kadar bastan itibaren alınır ve geri kalan kısım ikinci atanın kesme noktasından sonraki kısmıyla birleştirilip yavrunun kromozomu oluşturulur.



Şekil 6.5 Tek Noktalı Çaprazlama

6.2.6.1.2. *2* Noktalı Çaprazlama

Çalışma prensibi tek noktalı çaprazlamada olduğu gibidir. Farklı olarak *2* kesme noktası belirlenir.



Şekil 6.6 *2* Noktalı Çaprazlama

6.2.6.2. Uniform (Tek Biçimli) Çaprazlama

Literatürde farklı uniform çaprazlama uygulamaları vardır.

Daha basit düzeyde olan ilk uygulama herhangi bir araç kullanmaksızın *n* bitlik 2 ebeveynin genlerinin tümüyle rastsal olarak *n* bitlik yeni birey oluşturmak üzere seçilmesine dayanır. Bu yöntemde iki ebeveynden tek bir çocuk elde edilir (Colin, 1999).

Örneğin;

Ebeveyn 1 : 1010101010

Ebeveyn 2 : 1110001110

Çocuk : 1110101110

Diğer uygulamada ise mevcut *n* bitlik kromozoma sahip ebeveyenlerin eşleşmesinde yine *n* bitlik bir maske kullanılır. Çocuk 1'in genleri eğer maskede o genin lokusundaki değer 1 ise Ebeveyn 1'den, 0 ise Ebeveyn 2'den gelir. Çocuk 2'nin

genleri ise eğer maskede o genin lokusundaki değer 0 ise Ebeveyn 1'den, 1 ise Ebeveyn 2'den gelir.

Örneğin;
Ebeveyn 1 : 110000001
Ebeveyn 2 : 101110100

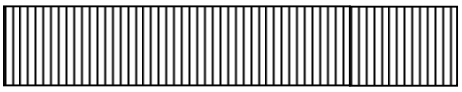
Maske : 101101101

Çocuk 1 : 100010001
Çocuk 2 : 111000100

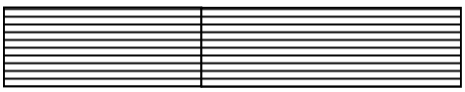
6.2.6.3. Kes-Ekle Çaprazlama

Ebeveyn 1 ve Ebeveyn 2'de rassal çaprazlama noktaları seçilir. Ebeveynlerde sağda kalan parçalar değiştirilerek yeni bireyler oluşturuluyor. Örnekte görüldüğü gibi yeni bireylerin kromozom uzunluklarının bir önceki kuşaktan ve birbirinden farklı olması karşılaşılması kuvvetle muhtemel bir durumdur, bu da kimi problemlerde sorun teşkil etmektedir.

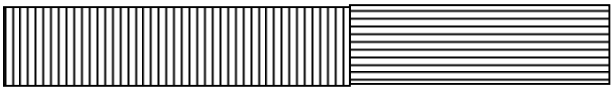
Ebeveyn 1



Ebeveyn 2



Çocuk 1



Çocuk 2



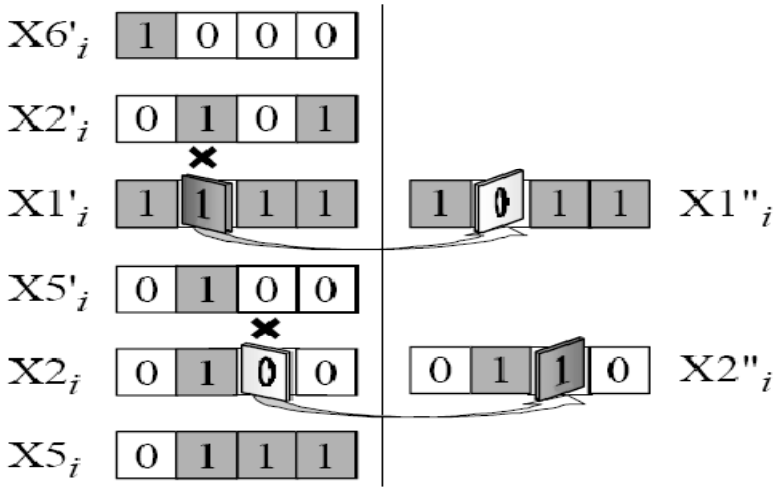
6.7 Kes-Ekle Çaprazlama

Literatürdeki çaprazlama yöntemleri bununla sınırlı olmayıp, aşağıda kullanılan diğer yöntemlerin kısa bir listesi verilmiştir.

- Kısmi Planlı Çaprazlama
- Sezgisel Çaprazlama
- Sıralı Çaprazlama
- Sıra Tabanlı Çaprazlama
- Pozisyon Tabanlı Çaprazlama
- Dairesel Çaprazlama

6.2.7. Mutasyon (Dönüşüm)

Mutasyon genetik algoritma operatörlerinden biridir. Bu operatör nesiller boyunca kaybolan bir allel varsa onun geri getirilmesinde kullanılır. Mutasyon operatörü bir geni alarak allellerinden biriyle değiştirir (Deb, 2001). Mutasyon operatörünün en önemli özelliği dönüşüm olasılığı *(p_m)*dır. Mutasyon olasılığı bir genin dönüşüme uğrama olasılığıdır. Bir populasyon içinde dönüşümün beklenen değeri dönüşüm olasılığının o populasyondaki gen sayısıyla çarpımına eşittir (Vural, 2005). Mutasyon olasılığı genellikle *0.001* ile *0.01* arasındadır. Bu hız genlerin kaybolma hızına bağlıdır (Man, Tang & Kwong, 1999).



Şekil 6.8 Mutasyon Gösterimi (Üçer, 2007)

6.2.8. Bitiş Kriteri

İterasyonun durdurulması yani nesillerin durdurulması için ölçüt tanımlanması gerekir (Man, Tang & Kwong, 1999).. Literatürde geçen bazı ölçüt tipleri şu şekildedir

- Belli bir nesil sayısı bitirildikten sonra döngüler durdurulur.
- Evrim sonucunda uygunluk fonksiyonundaki iyileşme belli bir değerin altına düştüğünde döngüler bitirilir.
- Evrim için belirli bir süre verilerek, bu süre bittiğinde evrim durdurulur.
- Uygunluk fonksiyonu için belirli bir değer verilerek, bu değeri geçen ilk döngüde döngü bitirilir.

6.2.9. En İyi Sonucun Gösterilmesi

Bitiş ölçülerine ulaşıldıktan sonra döngülerde elde edilen en iyi sonuç problemin çözümü olarak verilir.

6.3. GENETİK ALGORİTMADA PARAMETRELER

Bir Genetik Algoritmada 6 farklı kontrol parametresi vardır ve algoritmanın performansı bu parametrelerin değerlerine çok bağlıdır. Bu nedenle, bir probleme genetik algoritma uygulanmadan önce bu parametrelerin en iyi şekilde belirlenmesi gerekmektedir (Güden, bt).

6.3.1. **Yığın Genişliği (Populasyon Büyüklüğü)**

Yığın genişliği küçük olduğunda GA' in performansı azalır. Çünkü küçük yığınlar arama uzayını örneklemede yetersiz kalmaktadır ve zamansız yakınsamaya sebep olmaktadır. Yığın genişliğinin büyük olması ise, çözüm uzayının çok iyi örneklenmesini sağladığı için aramanın etkinliğini artırır ve zamansız yakınsamayı önler. Ancak yığın genişliği büyük olduğunda, her iterasyonda dizilerin değerlendirilmesi çalışma zamanını artırmakta ve yakınsama çok yavaş gerçekleşmektedir (Kalaycı, 2006).

6.3.2. Çaprazlama Oranı

Bu parametre çaprazlamanın ne kadar sıklıkla yapılacağını belirtir. Eger herhangi bir çaprazlama yoksa yavrular ataların aynısı olacaktır. Eğer bir çaprazlama yapılırsa yavrular ataların parçalarından oluşur. Eğer çaprazlama olasılığı %100 ise yavrular tamamen çaprazlama ile yapılır. Eğer %0 ise yavrular ataların kromozomlarının aynısına sahip olurlar. Çaprazlama, yeni kromozomların eski kromozomların iyi parçalarını alıp daha iyi olacakları düşüncesiyle yapılır, ancak eski toplumun bazı parçalarının bir sonraki nesle aktarılması da iyidir (Kalaycı, 2006).

6.3.3. **Mutasyon Oranı**

Kromozom parçalarının ne kadar sıklıkla mutasyon geçireceğini belirtir. Eğer mutasyon yoksa yavrular çaprazlamadan hemen sonra değiştirilmeden üretilir (veya doğrudan kopyalanır). Eğer mutasyon varsa, yavruların kromozomlarının bir veya daha fazla parçası değişir. Eğer mutasyon olasılığı %100 ise tüm kromozom değişecektir. %0 ise hiçbir şey değişmez. Mutasyon genellikle Genetik algoritmanın yerel aşırılıklara düşmesini engeller. Mutasyonlar çok sık oluşmamalıdır, çünkü GA rastgele aramaya dönüşebilir (Kalaycı, 2006).

6.3.4. Nesil Ayrılığı

Her kuşaktaki yeni kromozom oranına kuşak aralığı denmektedir. Genetik operatörler için kaç tane kromozomun seçildiğini gösterir. *G = 1.0*, tüm yığının her iterasyonda değişeceğini göstermektedir.

6.3.5. Seçim stratejisi

Genel olarak rulet çemberi kullanılsa da, elitist strateji de sıklıkla karşımıza çıkan yöntemlerdendir (Elsayed ,2006).

6.3.6. Ölçeklendirme fonksiyonu

Arama sırasında zamansız yakınsamayı önlemek için yığındaki uygunluk değerlerinin kullanılacak bir metot yardımı ile ölçeklendirilmesi gerekir. Doğrusal ölçekleme, üstsel ölçekleme gibi yöntemler mevcuttur.

6.4. GENETİK ALGORİTMANIN UYGULAMA ALANLARI

Genetik algoritmalar birçok farklı iş probleminin çözümünde kullanılmaktadır.

Finans: Portföy yönetimi, hisse senedi dalgalanmalarının takibi, kredibilite değerlendirmesi, yatırım araçlarının değerlendirilmesi gibi birçok finansal alanda bulanık mantık ve yapay sinir ağlarıyla birlikte kurulan hibrid sistemler kullanılır.

Pazarlama: Pazar ve tüketici verilerinin analizi için büyük veri yığınlarının incelenmesinde kullanılan tekniklerden biridir. Veri madenciliği ile tahmin modellerinin kurulumunda önemli araçlarından biri halini almıştır.

Operasyonel İşlemler: Çizelgeleme, montaj hattı dengeleme, tesis yerleşimi, hücresel üretim, atama problemleri gibi üretim odaklı ya da gezgin satıcı, dağıtım, araç rotalama gibi lojistik tabanlı çalışmalarda yoğun olarak kullanılmaktadır.

Yayılan Ağaç Problemi: Çizge teoreminin klasik alanlarından biridir. Bu tezin konusunu oluşturduğundan genetik algoritma uygulaması ilerleyen bölümlerde ayrıntılı olarak anlatılacaktır.

6.5. GENETİK ALGORİTMANIN AVANTAJLARI

Goldberg 1989'da genetik algoritmanın diğer optimizasyon yöntemlerine olan üstünlüklerini şu şekilde sıralamıştır.

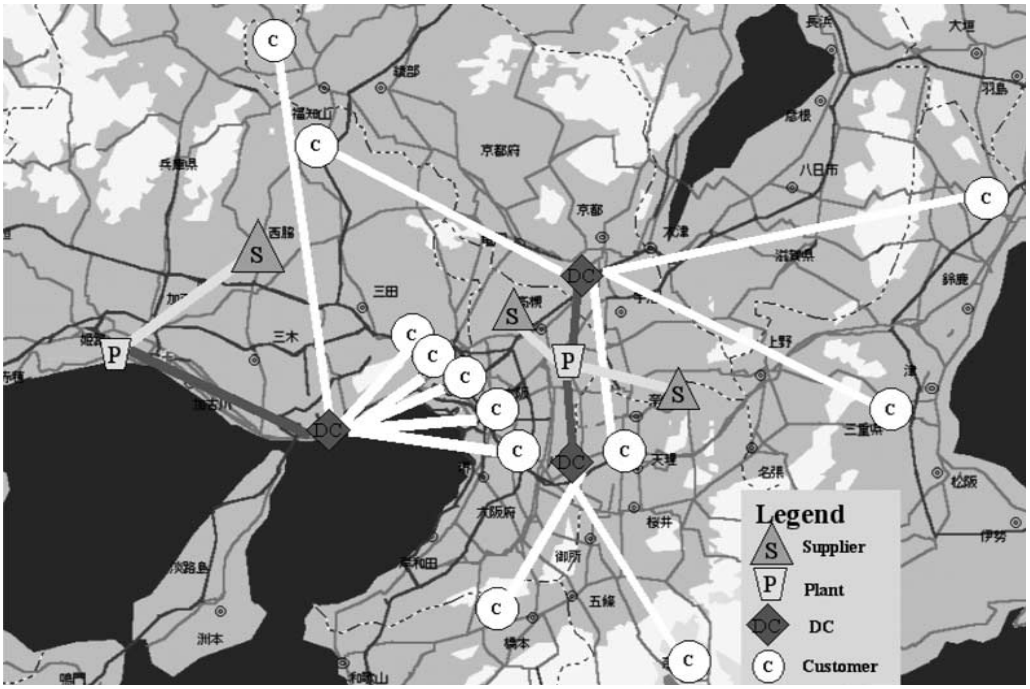
- Genetik Algoritma parametrelerin aslıyla değil, kodlanmış parametre kümeleriyle çalışır. Bu da kavramların kolaylıkla tasarlanabilmesini sağlar.
- Genetik Algoritma birden çok noktayı aynı anda araştırır, noktaları tek tek araştırmaz. Bir grup çözümü aynı anda inceler. Böylelikle kısa sürelerde iyi sonuçlar verir.
- Sadece amaç fonksiyonu değerini kullanır, türev ya da benzer başka bilgiye ihtiyaç duymaz.
- Olasılıkları hesaba katar, deterministik değildir, yani çok karmaşık ortamlara uyarlanabilir.

7. ÇOK AŞAMALI TEDARİK ZİNCİRİ OPTİMİZASYONU PROBLEMİNİN YAYILAN AĞAÇ TABANLI GENETİK ALGORİTMA İLE ÇÖZÜMÜ

7.1. LİTERATÜR

Evrimsel algoritma metotları içinde literatürde en sık rastlanan dolayısıyla en popüler metot olarak değerlendirilen metot Genetik Algoritmadır. Karar değişkenleri yerinde problemin kodlamasına odaklandığından yapılan çalışmalar da kodlama sistemlerinin geliştirilmesine dayanmaktadır. Ulaştırma/Dağıtım Problemleri için Genetik Algoritma'yı kullanan ilk çalışmalar 1991 yılında Michalewicz ve Vignaux tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda, çözüm kodlaması için "vektör tabanlı" ve "matris tabanlı" olmak üzere iki alternatif yaklaşım sunularak, matris tabanlı kodlama için özel çaprazlama ve mutasyon operatörleri geliştirilmiştir. Bilindiği gibi, bir çözümün kodlanmasında kullanılan yaklaşım Genetik Algoritma'nın performansında büyük etkiye sahiptir. Bu nedenle, literatürde Ulaştırma Problemleri için vektör ve matris tabanlı kodlamaya alternatif kodlama yapısının araştırıldığı çalışmalar söz konusudur. Bu çalışmalar incelendiğinde özellikle Prof. Dr. Mitsuo Gen'in çalışmalarının ön plana çıktığını görülmektedir. Gen ve Cheng 1997 ve 2000 yılarında yaptıkları çalışmalarda ve Gen ve Li 1998 yılında yaptıkları bir çalışmada çözümün kodlanmasında Prüfer Sayının kullanılmasını önermişler ve bu yaklaşımı "yayılan ağaç tabanlı" kodlama olarak isimlendirmişlerdir. Çalışmada, klasik genetik operatörlerin kullanıldığı bir Genetik Algoritma geliştirilmiş ve algoritmanın etkinliği matris tabanlı kodlamanın kullanıldığı Genetik Algoritma ile çözüm kalitesi ve çözüm zamanı açısından karşılaştırmalı incelenmiştir. Diğer bir çalışmada çok amaçlı Ulaştırma Problemi için yayılan ağaç tabanlı kodlamanın kullanıldığı bir Genetik Algoritma geliştirmişlerdir (1998). Çalışmada, ulaştırma maliyeti ve ulaştırma zamanı olmak üzere iki amaç dikkate alınmıştır. Sabit maliyetli Ulaştırma Problemleri için Gen ve Li (1999) aynı

problem için yayılan ağaç tabanlı kodlamanın kullanıldığı bir Genetik Algoritma önermişlerdir. Bazı ürün gruplarının aynı depoya taşınamadığı Ulaştırma Problemi için Syarif ve Gen (2003) yine yayılan ağaç tabanlı kodlamanın kullanıldığı bir Genetik Algoritma geliştirmişlerdir. Ulaştırma modelleriyle eş zamanlı olarak çok aşamalı lojistik ağları üzerinde de yapılan çalışmalar vardır. Zhou ve Gen (1996) prüfer sayısının kullanımının özellikle ulaştırma, minimum yayılan ağaç gibi problemler için çok uygun olduğunu göstermiştir. Aynı çalışmada *m* kaynaklı ve *n* hedefli bir şebekede yalnızca *m+n+2* haneli v**e** rakamları *1* ile *m+n* arasında değişen bir prüfer sayı ile ifade edilebileceği gösterilmiştir. Bu da prüfer sayısının hesaplama için matris tabanlı sistemden daha az bellek kullanımına neden olacağı sonucuna götürür. Benzer çalışmalar hala devam etmekte olup 2002'de yayınlanan bir çalışma problemin çok aşamalı halde incelenmesinde o zamana kadar yapılan en kapsamlı çalışmadır (Syarif, Yun & Gen). Bu çalışmada Şekil 7.1'de görünen dağıtım şebekesi modellenmiş, alternatif üretim yeri ve dağıtım depoları arasından seçim yapılabilmesi için gerekli düzeltmeler kromozom oluşumuna yansıtılmıştır.



Şekil 7.1 Üç aşamalı lojistik sistemi (Syarif, Yun & Gen, 2002)

Tüm bu yayınlara karşın literatürde Prüfer sayılarını ve kullanılan çözüm algoritmalarını eleştiren bazı araştırmalarda mevcuttur. GECCO-2001'de yayınlanan bir bildiride Prüfer sayılarının yayılan ağaçları simgelemekte çok zayıf kaldığı iddia

edilmiştir (Gottlieb, vd). Yine aynı yıl Florida Üniversitesi'nde yapılan bir çalışmada prüfer sayılarına alternatif olacak kodlama sistemleri anlatılmış ve bu sistemlerin bazı durumlarda daha üstün olduğu belirtilmiştir (Deo & Micikevicius). Diğer taraftan 2006 yılında Hang, Rong ve Qingtai tarafından yapılan bir çalışmada *geliştirilmiş prüfer kodlaması* adı verilen bir yapı önerilmiş bu yapı ile mutasyon veya çaprazlama sonucu olurlu olmayan bir noktanın çözüm uzayına dâhil olması engellenmiştir (daha önceki çalışmalarda fizibilite fonksiyonu kullanılmaktaydı).
Bu tez kapsamında yapılacak çalışmada çok aşamalı dengelenmemiş bir tedarik zincirinde çok sayıda tedarikçi/üretim yeri/dağıtım deposu arasından her aşama için yapılacak bir seçim ile kapasite dengelemesi sağlanacak ve müşteri taleplerini en az maliyetle karşılayan model geliştirilecektir. Diğer çalışmalara ilave olarak daha önce hiç kullanılmamış olan tedarikçi seçimi de dahil edilecektir.

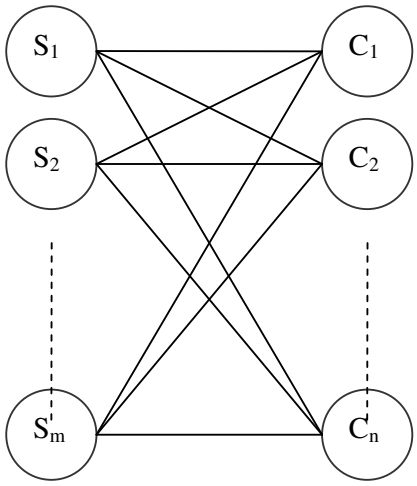
7.2. KODLAMA

Şebeke modelleri için literatürde kullanılan farklı kod yapıları vardır:

- Vektör tabanlı kodlama
- Matris tabanlı kodlama
- Direkt kodlama
- Yayılan ağaç tabanlı kodlama

Daha önce sözü edildiği gibi yayılan ağaç tabanlı kodlamanın diğer kodlama sistemlerine göre birçok avantajı tespit edilmiştir. Yayılan ağaç tabanlı kodlama sisteminin en büyük avantajlarından biri kullanılan Prüfer sayıları vasıtası ile mevcut şebekenin tek bir kromozom ile rahatlıkla ifade edilebiliyor olması böylelikle evrimsel algoritmalar için hem modelin kurulumunda hem de çözüm aşamasında kolaylık teşkil ediyor olmasıdır.

Tek aşamalı ve m tedarikçi n müşterili herhangi bir şebeke $m + n - 2$ haneli bir prüfer sayı ile temsil edilirken, sayının her bir rakamı 1 ve $m + n$ arasındadır (Şekil 7.2).



Şekil 7.2 m*n Şebeke *(Gen & Cheng, 2000)*

Prüfer sayının avantajları şu şekilde sıralanabilir

- Matris ve vektör tabanlı kodlama |n| * |m|, direk kodlama 2(|n|+|m|-1) boyutunda iken prüfer sayı dizisi |n|+|m|+2 adet tam sayıdan oluşur. Böylelikle çözüm esnasında daha az hafızaya ihtiyaç duyar.
- Prüfer sayıdan şebekeye, şebekeden prüfer sayıya dönüşüm mümkündür.
- Klasik çaprazlama ve mutasyon operatörleri kullanılabilir.

Yönlü yayılan ağaçta depolardan çıkan hat sayısı talep noktalarına giren hat sayısına eşit olmalıdır. Prüfer sayının bu özelliğe sahip olup olmadığının kontrolü ve olası olmayan bir Prüfer sayının onarımı için Syarif vd aşağıdaki prosedürü geliştirmişlerdir (2002).

Her $i \in S \cup D$ *için* R_i Düğüm *i*'nin Prüfer dizisi *P(T)* içinde kaç defa göründüğünü belirten sayı ve L_i düğüm *i*'nin bağlantı sayısı olmak üzere $\sum_{i=1}^{m} L_i = \sum_{i=m+1}^{m+n} L_i$ eşitliğinin sağlanması durumunda *P(T)* olasıdır denir.

Olası olmayan herhangi bir *P(T)* için onarım algoritması ise şekilde kurulabilir.

Adım 1. P(T) sayısından $i \in S \cup D$ için R_i belirlenir.

Adım 2. $L_i = R_i + 1$

Adım 3. Eğer $\sum_{i \in S} L_i > \sum_{i \in D} L_i$ ise *P(T)*'de bir *i* düğümü ($i \in S$ olmak üzere) seçilir ve bir *j* düğümü ($j \in D$ olmak üzere) ile değiştirilir. Ya da *P(T)*'de bir *i* düğümü ($i \in D$ olmak üzere) seçilir ve bir *j* düğümü ($j \in S$ olmak üzere) ile değiştirilir. Adım 1'e gidilir.

Prüfer sayılarının olası olup olmadığının kontrolü ve olası olmayanların onarımlarının ardından dağıtım stratejisine karar verebilmek için şebeke Prüfer sayıları şebekeye dönüştürülebilir. Prüfer sayının şebekeye şebekenin ise Prüfer sayıya dönüşüm algoritması aşağıda verilmiştir.

Şebekeden Prüfer Koda Dönüşüm:

Adım 1. *I-J* ağacının en küçük numaralı yaprak düğümü *Düğüm i*, *Düğüm i*'nin öncül düğümü ise *Düğüm j* olarak adlandırılır.

Adım 2. *Düğüm j* Prüfer sayının sonuna eklenir.

Adım 3. Bir daha hesaplamaya katılmaması için *(i,j)* hattı ağaçtan çıkarılır, böylelikle *i+j-1* düğümlü yeni ağaç elde edilir.

Adım 4. Ağaçta yalnızca iki düğüm kalana kadar işlem yinelenir.

Prüfer Koddan Şebekeye Dönüşüm:

Adım 1. *P(T)* Prüfer sayı, $P(\overline{T})$ *ise P*'de olmayan düğümleri içeren küme olsun, *i* $P(\overline{T})$'deki en küçük numaralı düğüm, *j* ise *P(T)*'nin en solundaki düğüm olsun.

Adım 2. Eğer *i* ve *j* aynı kümeye *(S veya D)* ait düğümler değilse *i-j* kenarını ağaca ekle. Değilse *i* ile aynı kümede olmayan ilk düğüm *k* seçilir ve *i-k* kenarı ağaca eklenir.

Adım 3. *i* düğümü $P(\overline{T})$'den silinir. *j (veya k) P*'den silinir ve bu kümede bir daha bulunmuyorsa $P(\overline{T})$'ye eklenir.

Adım 4. Eklenen ağa mümkün olan en büyük taşıma miktarı atanır ve müşteri talepleri ve tedarik miktarları güncelleştirilir.

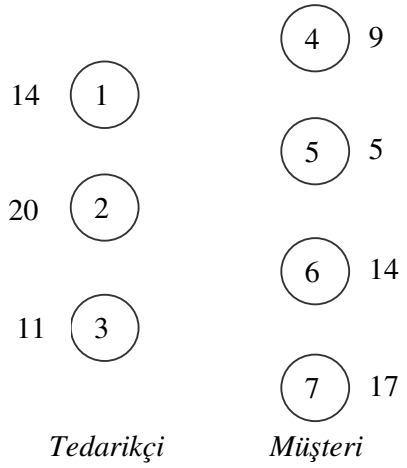
Adım 5. *P(T)* kümesinde eleman varsa Adım 1'e, aksi halde Adım 6'ya gidilir.

Adım 6. *P(T)* kümesinde eleman yoksa $P(\overline{T})$ kümesinde mutlaka iki düğüm kalmıştır. Bu iki düğüm ulaştırma ağacına eklenir ve mevcut miktarlar güncelleştirilir.

Adım 7. Kapasite ve taleplerde atanmamış miktar kalmamışsa (dengelenmiş bir ağda) durulur. Aksi takdirde atanmamış arz düğümü *r* ve atanmamış talep düğümü *s* arasında bir ağ eklenir. Atanmış miktarın *0* olduğu hat varsa şebekeden silinir. Böylelikle yeni yayılan ağaç *m+n-1* kenardan oluşur.

<u>Örnek 7.1</u>:

3 tedarikçi ve 4 müşteriden oluşan bir şebekeyi ele alalım.



Şekil 7.3 Prüfer Koddan Şebekeye Dönüşüm-1

Bu şebekeyi temsil eden bir Prüfer dizisini ele alalım.

P(T) = { **<u>6</u>**, 2, 7, 3, 3 } $P(\overline{T})$ = { **<u>1</u>**, 4, 5 }

Öncelikle olası olup olmadığının kontrolü yapılır.

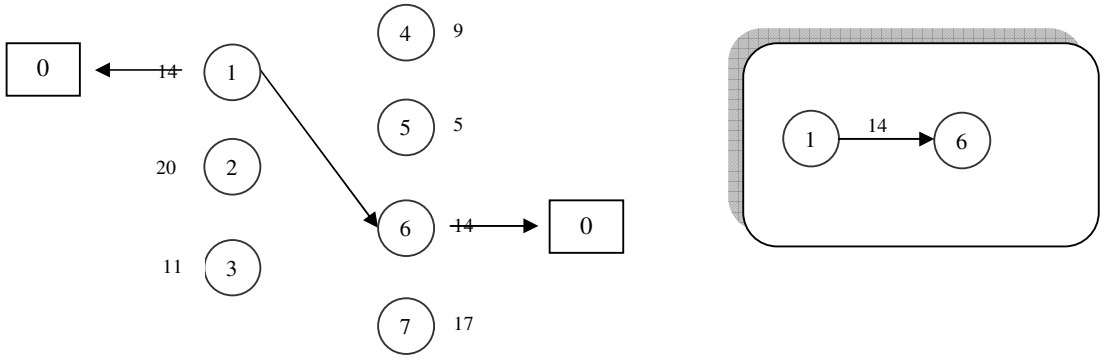
$$L_S + \overline{L_S} = L_D + \overline{L_D}$$

(((1+1)+(2+1))+1) = (((1+1)+(1+1))+(1+1))

eşitliği sağlandığından Prüfer dizisi olasıdır denilir ve işleme devam edilir.

$P(T)$ = { **6**, 2, 7, 3, 3 } $P(\overline{T})$ = { **1**, 4, 5 }

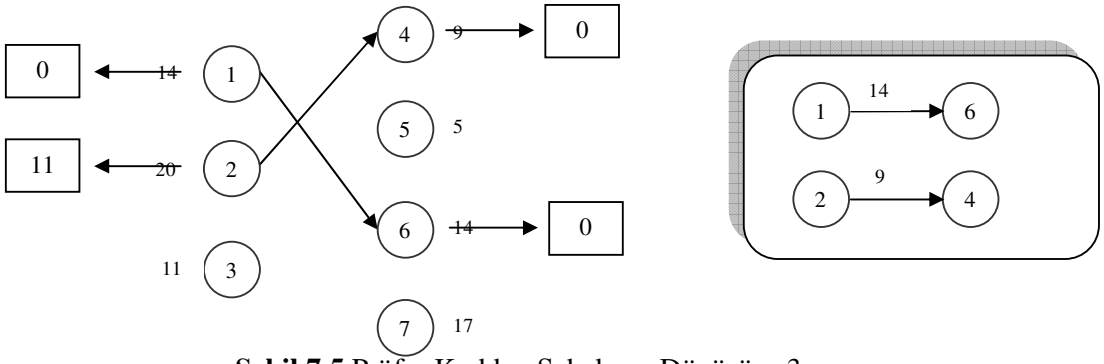
(1, 6) ikilisi arasında atama yapılır.



Şekil 7.4 Prüfer Koddan Şebekeye Dönüşüm-2

$P(T)$ = { **2**, 7, 3, 3 } $P(\overline{T})$ = { 6, **4**, 5 }

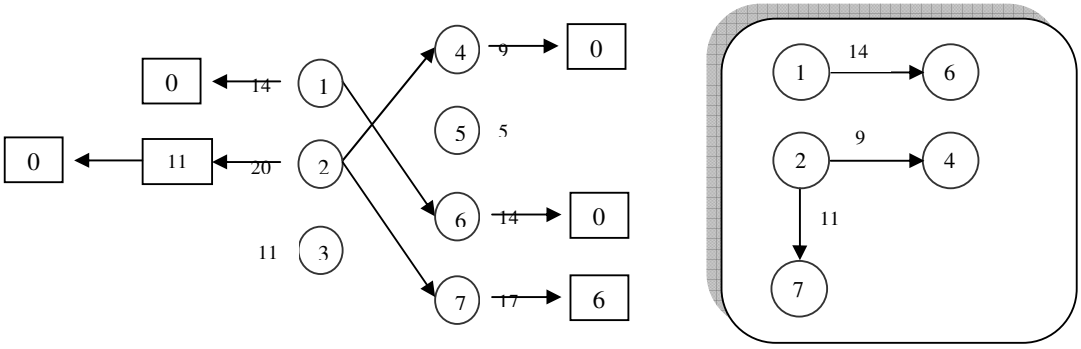
(2, 4) ikilisi arasında atama yapılır.



Şekil 7.5 Prüfer Koddan Şebekeye Dönüşüm-3

$P(T)$ = { **7**, 3, 3 } $P(\overline{T})$ = { **2**, 5, 6 }

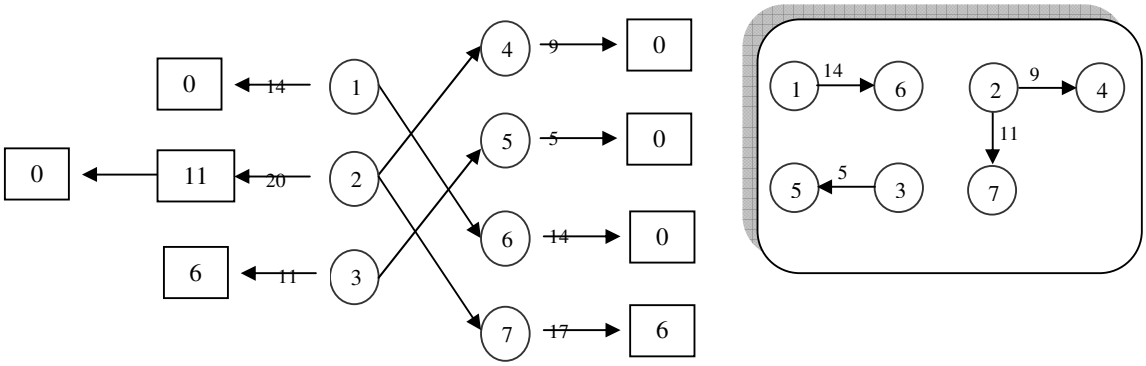
(2, 7) ikilisi arasında atama yapılır.



Şekil 7.6 Prüfer Koddan Şebekeye Dönüşüm-4

$P(T) = \{ \underline{\mathbf{3}}, 3 \}$ $P(\overline{T}) = \{ \underline{\mathbf{5}}, 6, 7 \}$

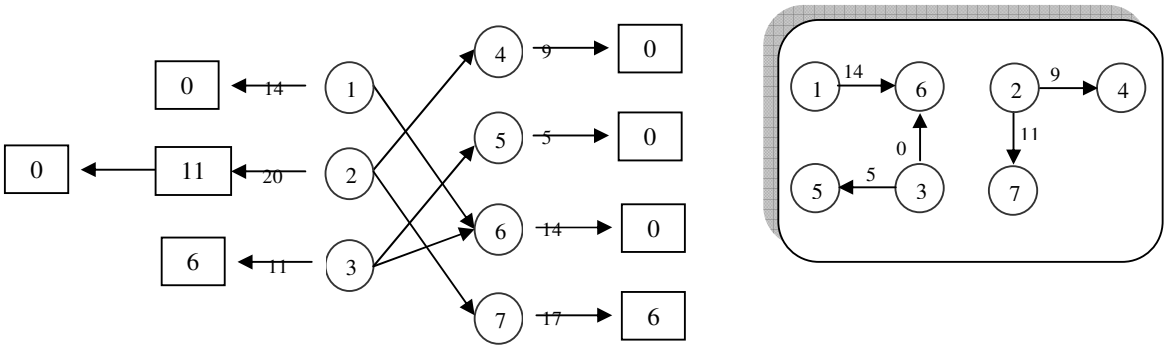
(3, 5) ikilisi arasında atama yapılır.



Şekil 7.7 Prüfer Koddan Şebekeye Dönüşüm-5

$P(T) = \{ \underline{\mathbf{3}} \}$ $P(\overline{T}) = \{ \underline{\mathbf{6}}, 7 \}$

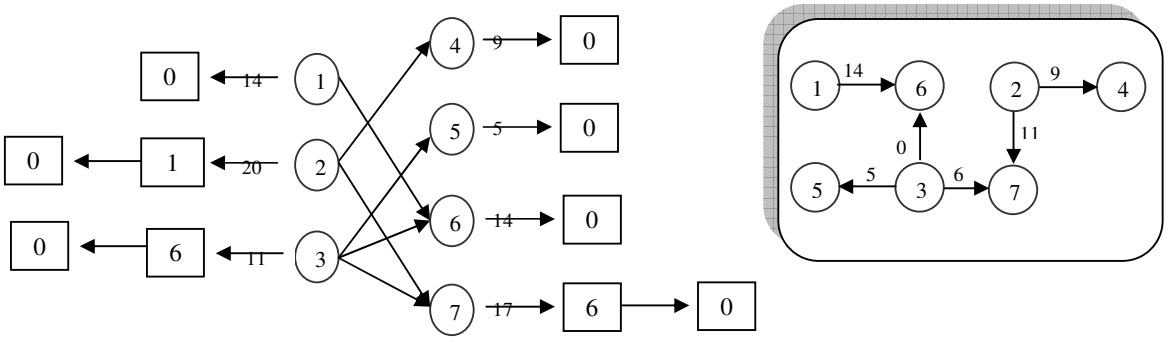
(3, 6) ikilisi arasında atama yapılır.



Şekil 7.8 Prüfer Koddan Şebekeye Dönüşüm-6

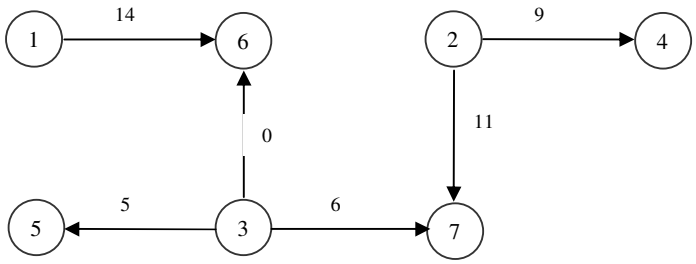
$P(\overline{T}) = \{ \underline{\mathbf{3}}, 7 \}$

(3, 7) ikilisi arasında atama yapılır.



Şekil 7.9 Prüfer Koddan Şebekeye Dönüşüm-7

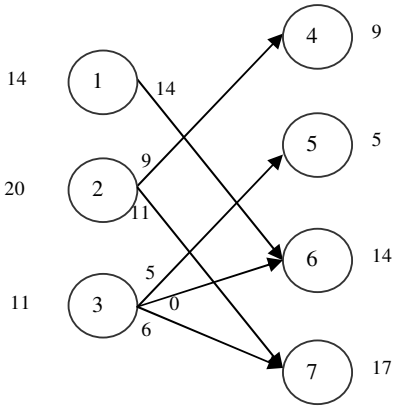
Dağıtıma ilişkin yayılan ağaç aşağıdaki gibi olacaktır.



Şekil 7.10 Prüfer Koddan Şebekeye Dönüşüm-8

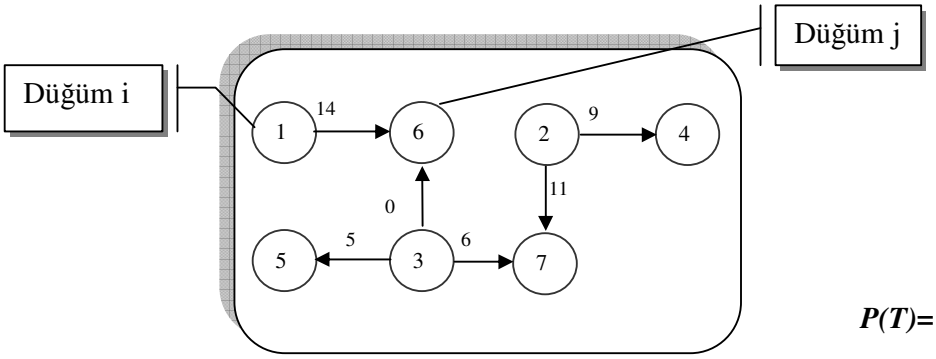
Yayılan ağaç daha önce belirtildiği gibi *m+n-1 = 6* kenarlıdır.

Şebeke ve dağıtım şu şekilde elde edilir.



Şekil 7.11 Prüfer Koddan Şebekeye Dönüşüm-9

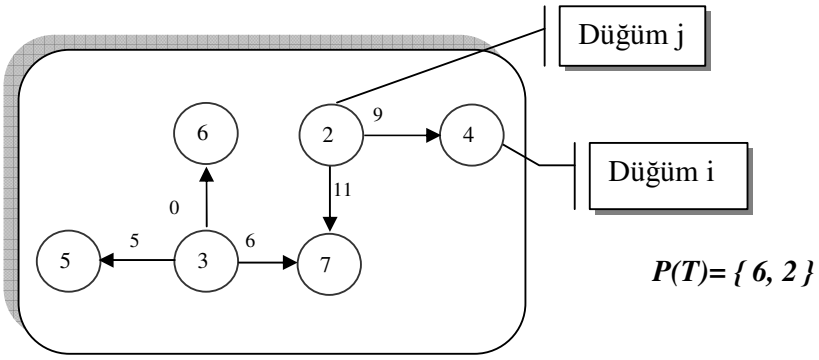
Ulaşılan yayılan ağacı kullanarak Prüfer sayıyı elde etmeye çalışalım.



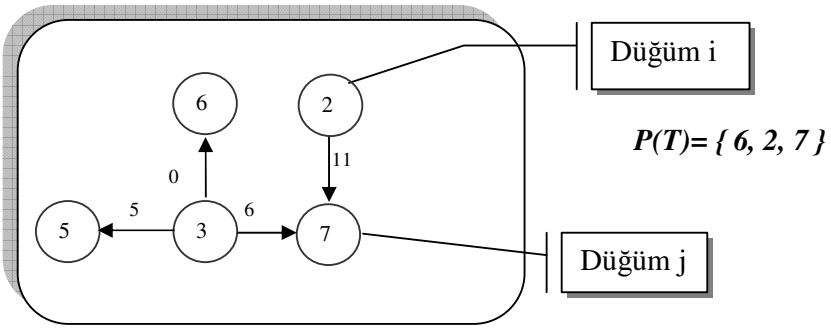
P(T)= { 6 }

Şekil 7.12 Şebekeden Prüfer Koda Dönüşüm-1

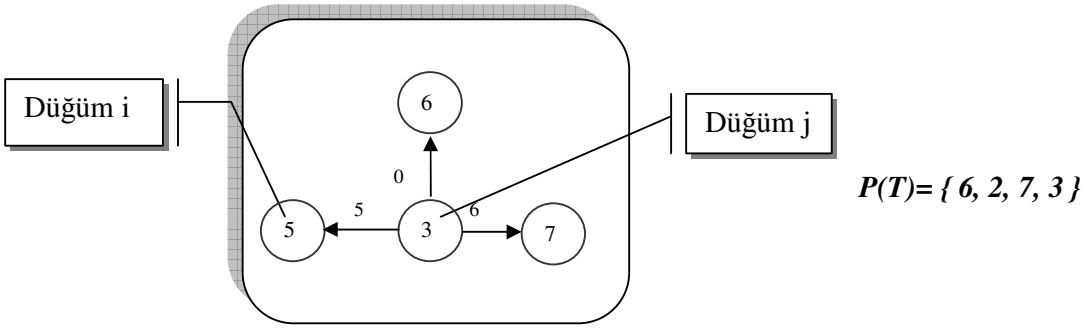
Kodlama algoritmasında anlatıldığı gibi en küçük yaprak düğüm *I* öncül düğümü ise *J* olarak adlandırılır, *J* prüfer dizinin ilk elemanı olarak kaydedilir ve *IJ* ağı şebekeden silinir.



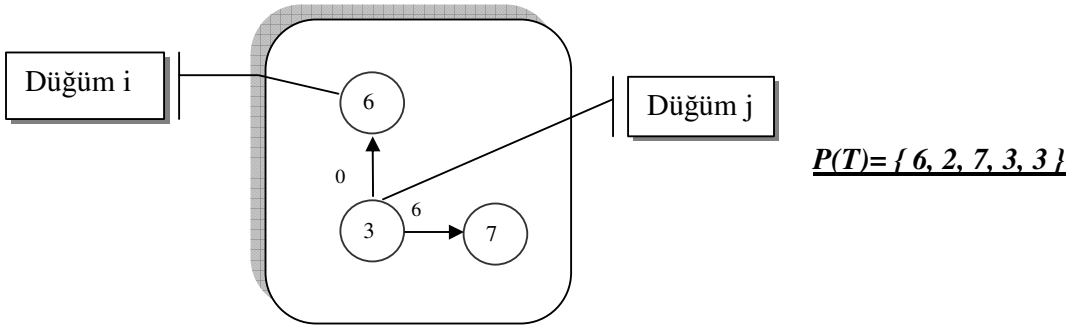
Şekil 7.13 Şebekeden Prüfer Koda Dönüşüm-2



Şekil 7.14 Şebekeden Prüfer Koda Dönüşüm-3

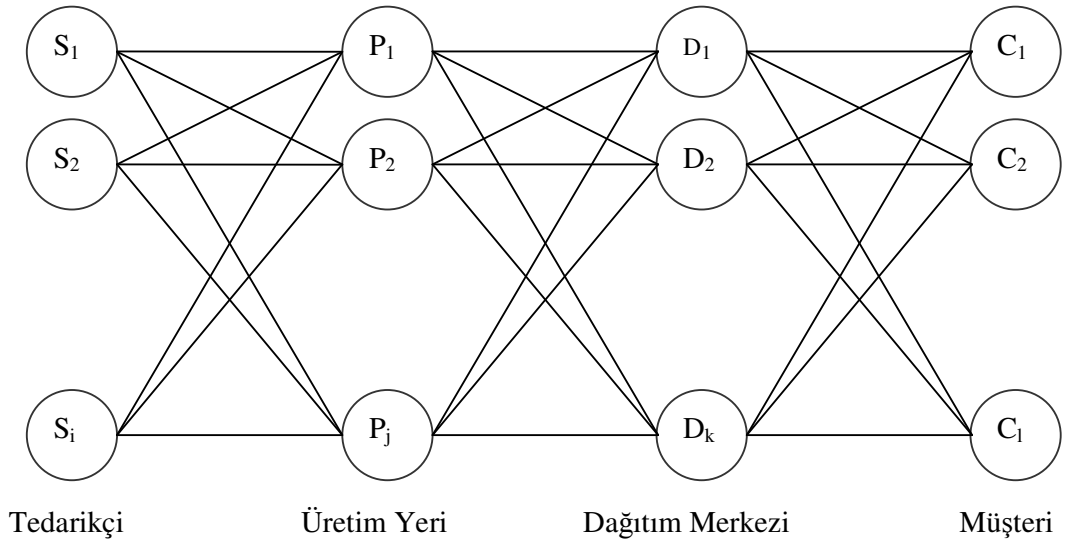


Şekil 7.15 Şebekeden Prüfer Koda Dönüşüm-4



Şekil 7.16 Şebekeden Prüfer Koda Dönüşüm-5

7.3. PROBLEMİN TANIMI



Şekil 7.17 Çok aşamalı tedarik zincirinin şebeke gösterimi

Yayılan ağaç tabanlı genetik algoritmalar ile tedarik zinciri optimizasyonuna Bölüm5'te de anlatıldığı gibi birçok çalışmada değinilmiş ve çok aşamalı sistemler için büyük adımlar atılmıştır. Bugüne kadar probleme üretim yeri ve dağıtım depolarının seçimi ilave edilmiş ancak tedarikçi seçimi dahil edilmemiştir. Anlatılacak modelle dengelenmemiş yani arz-talep dengesi olmayan bir şebekede *tedarikçi*, *üretim yeri* ve *dağıtım merkezi* alternatiflerinin arasından yapılacak seçimle tüm müşteri taleplerinin en az maliyetle karşılanması hedeflenmektedir. Değişken maliyetleri taşıma giderleri oluştururken, sabit maliyetler olarak da her

faaliyet alanının açık olması halinde katlanılacak ekstra maliyet göz önünde bulundurulacaktır. Her *tedarikçi*, *üretim yeri* ve *dağıtım merkezi* için kapasite kısıtları ve müşteriler için de talep kısıtları mevcuttur. Ayrıca teknik destek ve yatırım olanakları nedeniyle faaliyette olacak *tedarikçi*, *üretim yeri* ve *dağıtım merkezi* sayıları için bir üst sınır olacaktır.

7.3.1. Matematik Programlama Modeli

Problem yapısı itibariyle bir matematiksel programlama modeli ile ifade edilebilir. Ancak gerçek dünya problemlerindeki veri yoğunluğu nedeniyle çok karmaşık bir yapıya ulaşılacağı ve çözüm süresi artan değişken, parametre ve kısıt sayısına paralel olarak artacağı için çözüm için yayılan ağaç tabanlı genetik algoritma kullanılacaktır.

7.3.1.1. Değişken ve Parametrelerin Tanımlanması

Dizinler

I	Tedarikçiler dizini
J	Üretim noktaları dizini
K	Dağıtım merkezleri dizini
L	Müşteriler dizini

Değişkenler

x_{ij}	i tedarikçisinden j üretim yerine taşınan hammadde miktarı
y_{jk}	j üretim yerinden k dağıtım merkezine taşınan ürün miktarı
z_{kl}	k dağıtım merkezinden l müşterisine taşınan ürün miktarı

$$q_i = \begin{cases} 1, & i \text{ tedarikçisi ile çalışılıyor ise} \\ 0, & \text{diğer halde} \end{cases}$$

$$w_j = \begin{cases} 1, & j \text{ üretim yeri faaliyette ise} \\ 0, & \text{diğer halde} \end{cases}$$

$$t_k = \begin{cases} 1, & k \text{ dağıtım merkezi faaliyette ise} \\ 0, & \text{diğer halde} \end{cases}$$

Parametreler

a_i	i tedarikçisinin kapasitesi
b_j	j üretim yerinin kapasitesi
c_k	k dağıtım merkezinin kapasitesi
d_l	l müşterisinin talebi
e_{ij}	i tedarikçisinden j üretim yerine taşımanın maliyeti
f_{jk}	j üretim yerinden k dağıtım merkezine taşımanın maliyeti
g_{kl}	k dağıtım merkezinden l müşterisine taşımanın maliyeti
h_i	i tedarikçisiyle yapılacak anlaşmanın sabit maliyeti
m_j	j üretimi faaliyette tutmanın sabit maliyeti
n_k	k dağıtım merkezini faaliyette tutmanın sabit maliyeti
S	çalışılabilecek tedarikçi sayısının üst sınırı
P	faaliyette tutulabilecek üretim yerlerinin üst sınırı
D	faaliyette tutulabilecek dağıtım merkezlerinin üst sınırı

7.3.1.2. **Model**

Amaç Fonksiyonu

$$\min \sum_i \sum_j e_{ij} x_{ij} + \sum_j \sum_k f_{jk} y_{jk} + \sum_k \sum_l g_{kl} z_{kl} + \sum_i h_i q_i + \sum_j m_j w_j + \sum_k n_k t_k \qquad (7.1)$$

Kısıtlar

Kapasite kısıtları

$$\sum_j x_{ij} \le a_i q_i \quad \forall i \in I \quad için \qquad (7.2)$$

$$\sum_k y_{jk} \le b_j w_j \quad \forall j \in J \quad için \qquad (7.3)$$

$$\sum_l z_{kl} \le c_k t_k \quad \forall k \in K \quad için \qquad (7.4)$$

Limitler

$$\sum_i q_i \le S \qquad (7.5)$$

$$\sum_j w_j \le P \qquad (7.6)$$

$$\sum_k t_k \le D \qquad (7.7)$$

Talep Kısıdı

$$\sum_k z_{kl} \ge d_l \qquad \forall l \in L \quad için \qquad (7.8)$$

$$q_i, w_j, t_k = \{ 0, 1 \} \qquad (7.9)$$

$$x_{ij},\ y_{jk},\ z_{kl} \ge 0 \qquad (7.10)$$

7.4. Genetik Algoritma

7.4.1. Genetik Kodlama

Problem prüfer dizi gösterimini kullanan köşe kodlaması (vertex encoding) ile gösterilecektir. 3 aşama için 3 farklı prüfer dizisi kromozom içinde yer alır. Ayrıca faaliyet alanlarının açık kapalı olma durumunu gösteren 3 farklı ikili kodlama içeren dizi bulundurur.

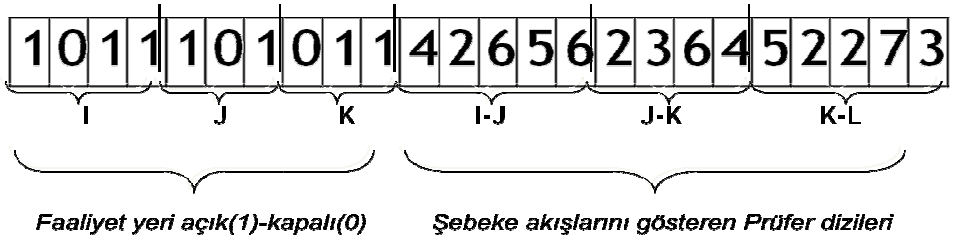
Kromozomun gen sayısı şu şekilde hesaplanabilir.
Tedarikçilerin açık-kapalı (0-1) durumunu simgeleyen *I* lokus
Üretim yerlerinin açık-kapalı (0-1) durumunu simgeleyen *J* lokus
Dağıtım merkezlerinin açık-kapalı (0-1) durumunu simgeleyen *K* lokus
I-J alt ağacını simgeleyen *I+J-2* lokus
J-K alt ağacını simgeleyen *J+K-2* lokus
K-L alt ağacını simgeleyen *K+L-2* lokus

Sonucunda oluşacak kromozomdaki lokus sayısını tespit etmek için
=I+J+K+I+J-2+ J+K-2+K+L-2
=2I+3J+3K+L-6 formülü kullanılabilir.

Örneğin;

- 4 tedarikçi alternatifi (en çok 3ü aktif olabilir)
- 3 üretim yeri alternatifi (en çok 2si aktif olabilir)
- 3 dağıtım merkezi alternatifi (en çok 2si aktif olabilir)
- 4 müşteri

Elemanlarını içeren bir şebekeyi temsil eden örnek kromozom şu şekilde verilebilir.



Şekil 7.18 Örnek Kromozom Yapısı

Kromozomun olası olup olmadığını kontrol etmek için her bir prüfer sayısı için daha önce anlatılan olurluk testi yapılır. Olurlu olmayan en az bir prüfer sayısı içeren kromozom reddedilir veya olurlo olmayan her bir prüfer sayısı için onarım algoritması kullanılır.

7.4.2. Amaç Fonksiyonun Tanımlanması

Problemin amacı daha önce belirtildiği gibi tüm müşteri taleplerini karşılayarak maliyeti en küçüklemektir. En küçük maliyeti veren kromozom uygunluğu en yüksek kromozom olarak tanımlanır.

$$\min \sum_i \sum_j e_{ij} x_{ij} + \sum_j \sum_k f_{jk} y_{jk} + \sum_k \sum_l g_{kl} z_{kl} + \sum_i h_i q_i + \sum_j m_j w_j + \sum_k n_k t_k$$

7.4.3. Başlangıç Populasyonun Oluşturulması

Kromozomlar belirlenen populasyon sayısında türetilerek başlangıç populasyonu oluşturulur. Dikkate edilmesi gereken konu populasyonu oluşturan kromozomların olurlu olmasıdır. Bu nedenle her bir kromozom teste tabi tutulmalıdır.

7.4.4. Üreme Operatörü

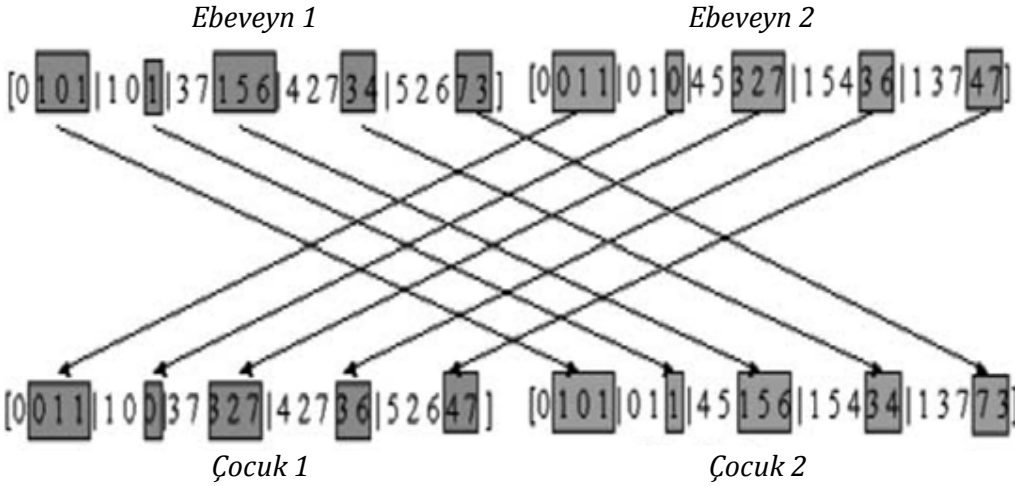
Üreme (seçim) operatörü olarak, en yaygın kullanılan rulet çarkı yöntemi seçilmiştir. Bu yöntem literatürde en çok rastlanan yöntemdir.

7.4.5. Genetik Operatörler

Populasyona çaprazlama ve mutasyon işlemleri uygulanarak yeni bireyler elde edilir.

7.4.5.1. **Çaprazlama Operatörü**

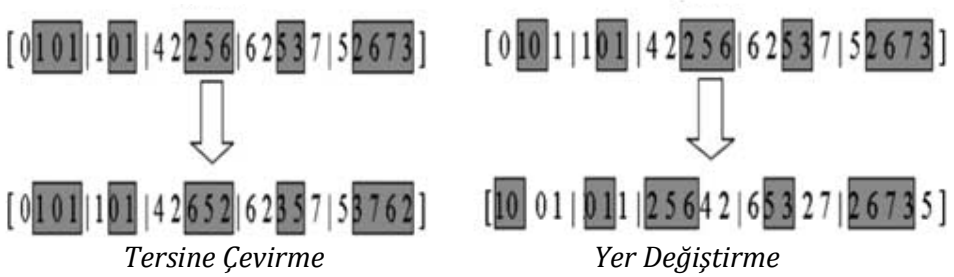
Çaprazlama işleminde ebeveyinlerden olurlu çocuklar türetebilmek için tek noktalı çaprazlama kullanılır, ancak yeni bireyleri talep ve kapasite kısıtları açısından incelemek hala gereklidir (Syarif vd, 2002).



Şekil 7.19 Önerilen Çaprazlama İşlemi ((Syarif vd, 2002)

7.4.5.2. Mutasyon (Yeniden dönüşüm) Operatörü

Mutasyon operatörü olarak tersine çevirme ve yer değiştirme kullanılacaktır.



Şekil 7.20 Önerilen Mutasyon İşlemleri (Syarif vd, 2002)

7.4.6. Hesaplama ve Değerlendirme

- Kromozomlara karşılık gelen prüfer sayıları şebeke dönüştürülür.
- Amaç fonksiyonuna göre toplam maliyet hesaplanır.
- Her birey için işlem tekrarlanır.
- Nesil sayısı bir arttırılır.
- Bitiş kriterine ulaşıldıysa sonlandırılır aksi halde üreme işleminden itibaren algoritma tekrarlanılır.
- Bitiş kriterine ulaşıldıysa o ana kadar elde edilen en iyi çözüm sunulur.

7.5. ÖRNEK PROBLEM

Problem 3 aşamalı bir lojistik sistemde hammaddenin ilk tedarikçiden çıkışından son müşteriye ulaşmasına kadar geçen süreci kapsar. Problemin tanımı Bölüm7.3'te ayrıntılı olarak verildiğinden bu bölümde yalnızca örnek probleme özgü parametrelere yer verilecektir. Sistemdeki alternatifler ve seçim kriterleri Tablo 7.1'de görüldüğü gibidir.

Tablo 7.1 Sistem Elemanları ve Seçim Kriterleri

Sistem Elemanı	Alternatif	Maksimum
Tedarikçi	5	4
Üretim Yeri	5	4
Dağıtım Merkezi	5	4
Müşteri	4	-

Sisteme ilişkin maliyet ve kapasite parametreleri Tablo 7.2, 7.3 ve 7.4'te verilmiştir.

Tablo 7.2 Sabit Maliyetler (x1.000YTL)

No	Tedarikçi	Üretim Yeri	Dağıtım Merkezi
1	570	770	1120
2	980	630	700
3	1200	1400	980
4	640	1470	630
5	1750	630	1050

Tablo 7.3 Dağıtım Maliyetleri (YTL/adet)

Aşama 1	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5
S-1	14	10	11	8	12
S-2	12	16	12	12	10
S-3	15	13	16	17	11
S-4	17	12	14	7	12
S-5	11	14	15	13	17

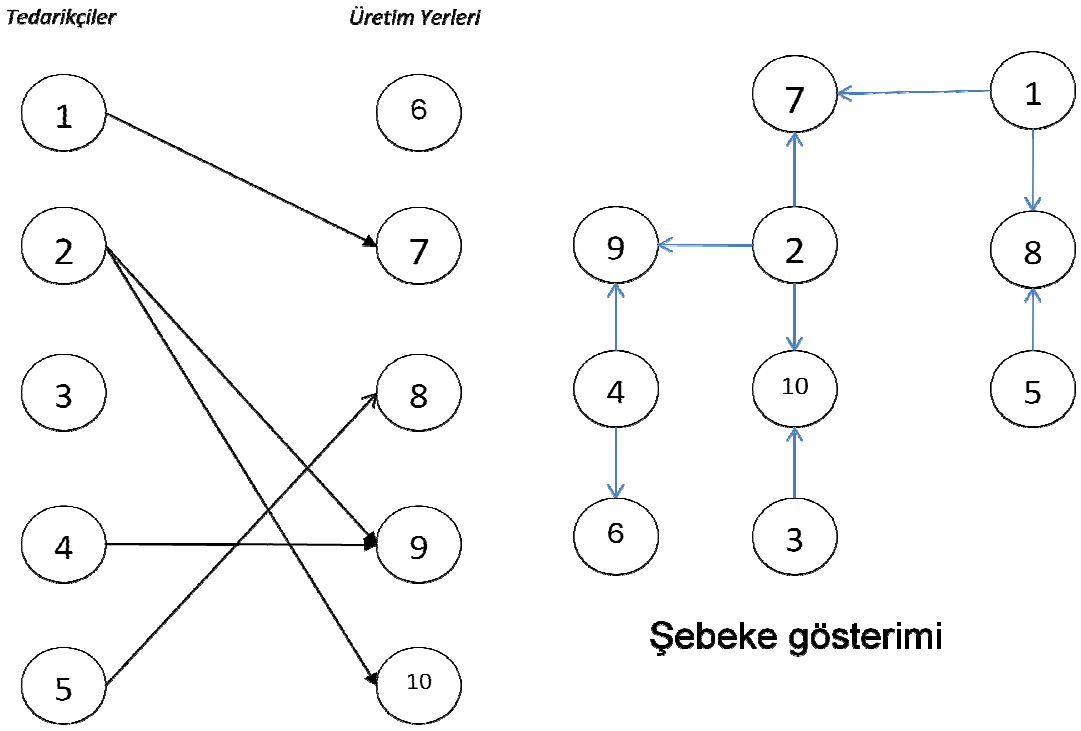
Aşama 2	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5
P-1	8	8	8	13	13
P-2	13	13	13	11	10
P-3	7	7	7	11	8
P-4	5	5	5	8	8
P-5	10	8	5	10	13

Aşama 3	C-1	C-2	C-3	C-4
D-1	5	4	6	3
D-2	6	5	4	3
D-3	5	2	6	4
D-4	3	5	2	4
D-5	6	4	3	5

Tablo 7.4 Kapasite ve Talepler (x1.000adet)

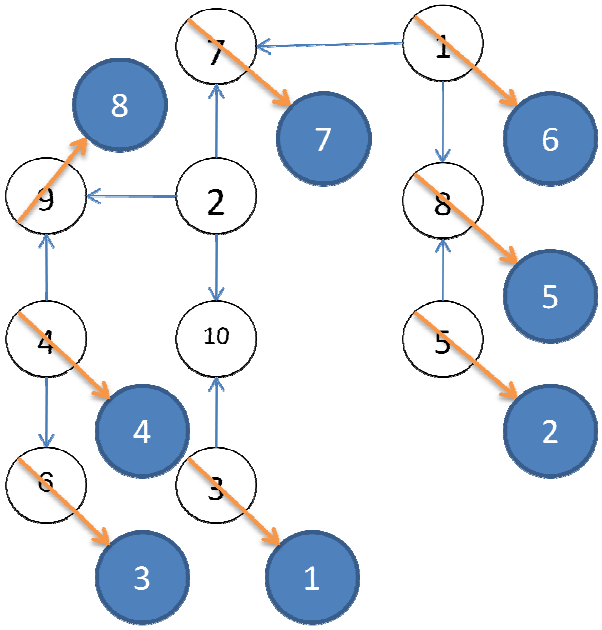
No	Tedarikçi	Üretim Yeri	Dağıtım Merkezi	Müşteri
1	350	200	280	210
2	455	350	371	315
3	275	300	406	322
4	273	343	413	231
5	410	385	250	

Problemin çözümüne uygun yazılım bulunmadığı için işlemler aşamalı olarak yapılmış ve farklı aşamalar için farklı paket programlar kullanımıştır. Başlangıç popülâsyonunun belirlenmesi için Wolfram Mathematica 6.0.0 versiyonu kullanılmış ve programın Combinatorica kütüphanesinden faydalanılmıştır. Her koşum sonunda oluşan yeni popülâsyonun olurlu olmasını sağlamak amacıyla genetik operatör olarak tek noktalı çaprazlama ile tersine çevirme ve yer değiştirme mutasyonları kullanılmıştır. Böylelikle yeni bireylerin kapasite/talep kısıtları dâhilinde yer alması halinde koşumlara devam edilebileceği açıktır. Koşumlar Palisade Evolver 5.0 Trial Version Genetik Algoritma Optimizasyonu yazılımı ile yapılmıştır.



Şekil 7.21 Başlangıç popülasyonunun oluşturulması-Şebeke Gösterimi

Aşamalardaki uygulanabilir dağılımlar önce şebeke gösterimine ardından da prüfer sayıya dönüştürülür. Elde edilen prüfer sayılarının testi için daha önce bahsedildiği gibi Mathematica kulannılmıştır.



P(T) = { 10, 8, 4, 9, 1, 7,2, 2}

Şekil 7.22 Başlangıç popülasyonunun oluşturulması-Şebekeden Prüfere Çevrim

Her aşama için oluşturulan Prüfer sayıları ve sistem elemanlarının kullanılırlık durumunu gösteren 0-1 (açık-kapalı) lokuslar birleştirilerek kromozom elde edilir. Örneğin yukarıdaki probleme devam edildiğinde elde edilecek kromozom şu şekilde olacaktır.

1 1 0 1 1 | 0 1 1 1 1 | 1 0 1 1 0 | 10 8 4 9 1 7 2 2 | 9 8 4 2 8 4 9 5 | 7 6 8 3 3 6 4

Bundan aşamadan sonra yapılan işlemlerin gösterilebilmesi için 4 kromozomdan oluşan bir test grubu kullanılacaktır.

Kromozom 1 : 1 1 1 1 0 | 0 1 0 1 1 | 1 0 1 1 0 | 7 8 4 9 1 4 9 5 | 9 9 4 3 8 4 8 2 | 7 6 8 3 3 6 4 |

Kromozom 2 : 1 1 0 1 1 | 0 1 1 1 1 | 1 0 1 1 0 | 10 8 4 9 1 7 2 2 | 9 8 4 2 8 4 9 5 | 7 6 8 3 3 6 4 |

Kromozom 3 : 1 1 0 1 1 | 0 1 1 1 1 | 0 1 1 1 0 | 10 8 4 9 1 7 2 2 | 9 8 2 8 4 4 9 5 | 6 7 8 3 3 6 4 |

Kromozom 4 : 1 1 0 1 1 | 0 1 1 1 1 | 0 1 1 1 0 | 10 8 4 9 1 7 2 2 | 7 9 2 8 4 8 3 3 | 6 7 8 3 3 6 4 |

Kromozomların ifade ettiği şebekelerin akış maliyeti değerleri amaç fonksiyonu yardımı ile elde edildiğinde değerlerin arasındaki farkların çok küçük olduğu görülür. Bu problemi aşmak için vektör normalizasyonuna tabi tutlan kromozomlar arasında rulet çarkı yöntemi ile seçim yapılır.

Tablo 7.5 Üreme-Vektör Normalizasyonu

Birey	Amaç Fonksiyonu Değeri	Vektör Normalizasyonu	Olasılık	Birikimli Olasılık
Kromozom 1	34.631	0,515985354	0,25803737	0,258037365
Kromozom 2	36.211	0,493471287	0,24677838	0,504815747
Kromozom 3	36.071	0,495386565	0,24773619	0,752551934
Kromozom 4	36.113	0,494810423	0,24744807	1

Tablo 7.6 Üreme-Rulet Çarkı

Rassal Sayı	Seçilen Birey
0,81	Kromozom 4
0,17	Kromozom 1
0,68	Kromozom 3
0,48	Kromozom 2

Seçilen kromozomlardan daha önce belirlenmiş olan tek noktalı çaprazlama tekniği kullanılarak yeni nesil elde edilir.

|11110|01011|1011C|78491495|99438482|76833354|

|11011|01111|C1110|108491722|98284495|6783364|

ÇOCUK2:|11011|01111|1011C 78491722|98284495|7683364|

|11011|01111|1011C|108491722|98428495|7683364|

|11011|01111|01110|108491722|79284833|6783364|

ÇOCUK 2: |11011|01111|10110|108491722|98428495|7783364|

|11011|01111|C1110|108491722|98284495|6783354|

|11011|01111|01110|108491722|79284833|6783364|

ÇOCUK 3: |11110|C1011|01110|1039210495|99434495 6783364|

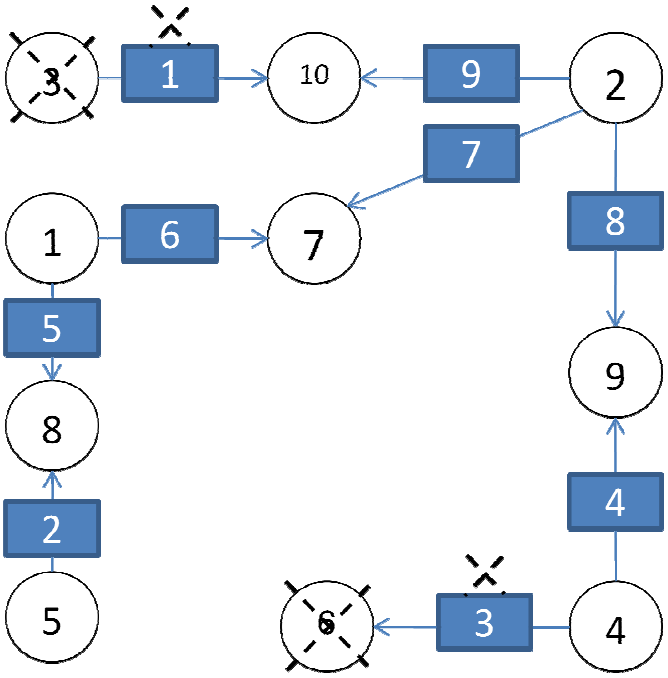
|11011|01111|10110|108491722|98428495|7683364|

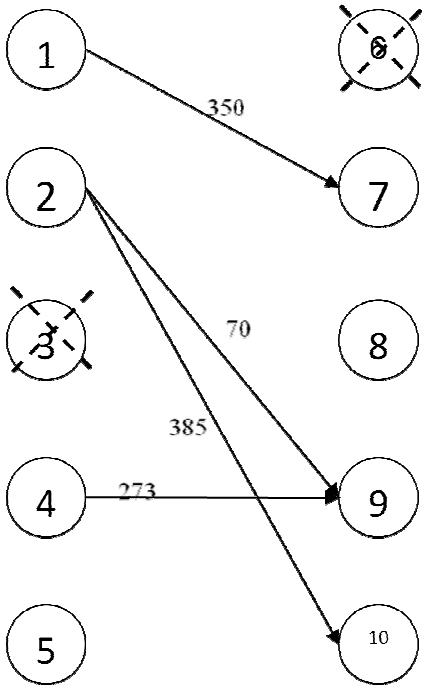
|11110|01011|1011C|78491495|99438482|7683354|

ÇOCUK 4: |11011|01111|01110|108491722|79428495 |6683364|

Yeni nesilin değerlendirilebilmesi için bireyler (kromozomlar) pürfer sayıdan şebekeye dönüştürme ile deşifre edilir.

ÇOCUK 2: |1 1 0 1 1|0 1 1 1 1|1 0 1 1 0|10 8 4 9 1 7 2 2|9 8 4 2 8 4 9 5|7 7 8 3 3 6 4|





Şekil 7.23 Prüfer Sayıdan Şebeye Çevirim

Tüm kromozoma ilişkin dağıtım tablosu şu şekilde edilir.

Tablo7.7 Dağıtım Tablosu

Aşama 1	**P-1**	**P-2**	**P-3**	**P-4**	**P-5**	**Toplam**	**Kapasite**
S-1	0	350	0	0	0	350	350
S-2	0	0	0	70	385	455	455
S-3	0	0	0	0	0	0	275
S-4	0	0	0	273	0	273	273
S-5	0	0	0	0	0	0	410
Toplam	0	350	0	343	385	**1078**	
Kapasite	200	350	300	343	385		

Aşama 2	**D-1**	**D-2**	**D-3**	**D-4**	**D-5**	**Toplam**	**Kapasite**
P-1	0	0	0	0	0	0	200
P-2	280	0	70	0	0	350	350
P-3	0	0	0	0	0	0	300
P-4	0	0	336	7	0	343	343
P-5	0	0	0	385	0	385	385
Toplam	280	0	406	392	0	**1078**	
Kapasite	280	371	406	413	250		

Aşama 3	C-1	C-2	C-3	C-4	-	Toplam	Kapasite
D-1	0	280	0	0		280	280
D-2	0	0	0	0		0	371
D-3	49	35	322	0		406	406
D-4	161	0	0	231		392	413
D-5	0	0	0	0		0	250
Toplam	210	315	322	231		**1078**	
Talep	210	315	322	231			

Bu şekilde tüm kromozomların dağılımları tespit edilerek amaç fonksiyonu değerleri elde edilir.

ÇOCUK 1: | 1 1 0 1 1 | 0 1 1 1 1 | 1 0 1 1 0 | 7 8 4 9 1 7 2 2 | 9 8 2 8 4 4 9 5| 7 6 8 3 3 6 4 | → 32.661

ÇOCUK 2: | 1 1 0 1 1 | 0 1 1 1 1 | 1 0 1 1 0 | 1 0 8 4 9 1 7 2 2 | 9 8 4 2 8 4 9 5| 7 7 8 3 3 6 4 | → 32.661

ÇOCUK 3: | 1 1 1 1 0 | 0 1 0 1 1 | 0 1 1 1 0 | 1 0 3 9 2 1 0 4 9 5 | 9 9 4 3 4 4 9 5 | 6 7 8 3 3 6 4 | → 36.709

ÇOCUK 4: | 1 1 0 1 1 | 0 1 1 1 1 | 0 1 1 1 0 | 1 0 8 4 9 1 7 2 2 | 7 9 4 2 8 4 9 5 | 6 6 8 3 3 6 4 → 31.296

Yeni nesil daha önceki popülasyona dahil edilerek bir sonraki koşuma geçilir.

Yukarıdaki işlemler asıl başlangıç popülasyonu üzerinde yapıldığında elde edilen sonuca ilişkin raporun bir bölümü Tablo 7.8'de görülebilir.

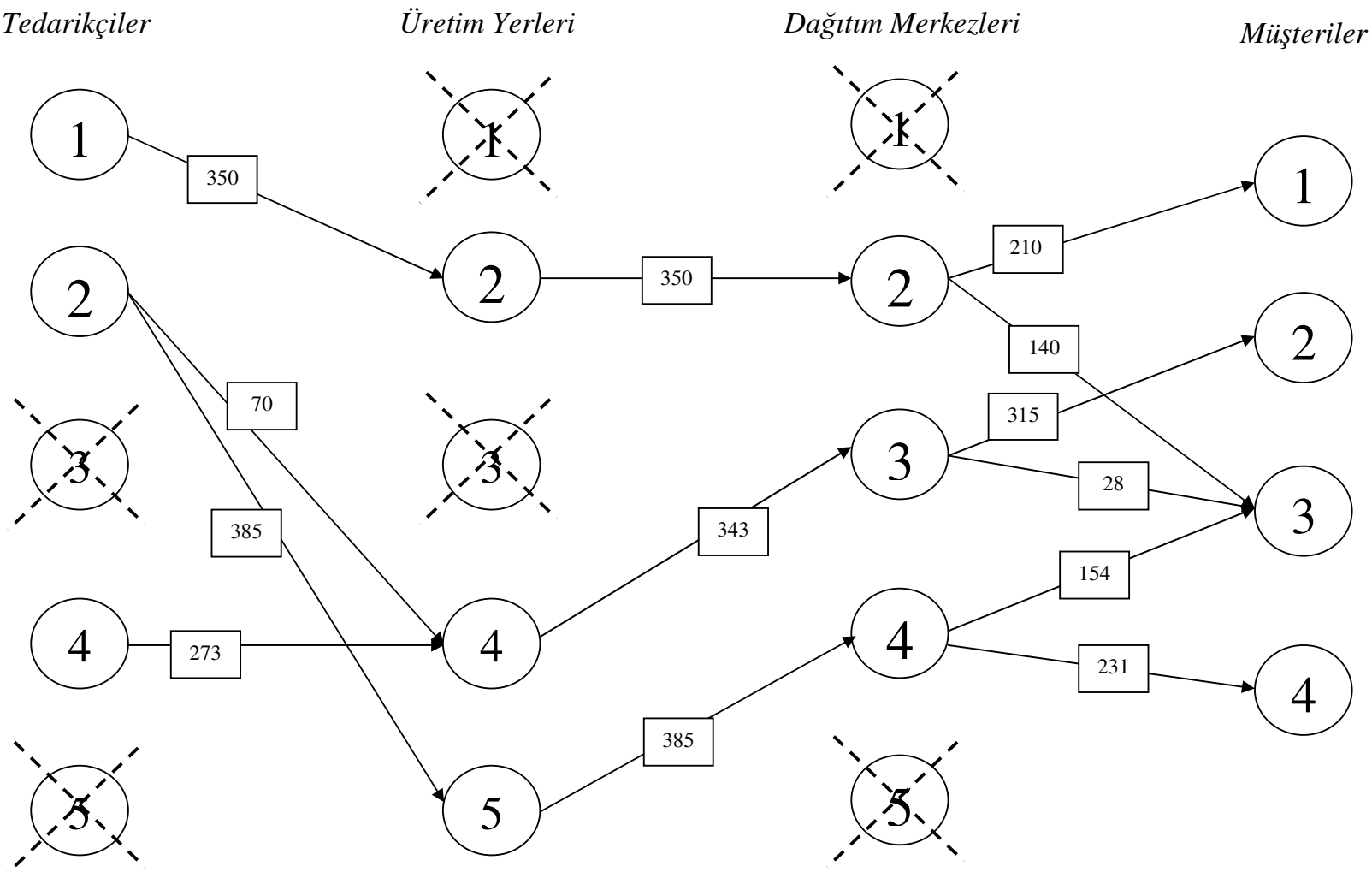
Çözüme ilişkin dağıtım ve sistem elemanlarına ilişkin kapasite kullanım bilgileri Şekil 7.24'te verilmiştir.

Ortaya çıkan dağılım incelendiğinde ihtiyaç fazlası kaynakların kullanımdan çıkarılarak sabit maliyetlerin azaltıldığı görülmektedir. Ayrıca akışlar yani dağılım en küçük maliyetli hatlar üzerinde yoğunlaşmış böylelikle değişken maliyetler de en aza indirgenmiştir. Toplam talep miktarı olan 1.078 şebekenin diğer aşamaları için de

kullanılmış böylelikle ihtiyaç fazlası ara stok birikimi engellenerek dengeli bir akış elde edilmiştir. Tüm akış talep miktarından alınan ön bilgiye göre dizayn edilmiştir.

Tablo 7.8 Optimizasyon sonucu

Evolver: Optimization Summary **Performed By:** ozturk **Date:** 18 Mayıs 2008 Pazar 11:35:34 **Model:** ÖRNEK PROBLEM ÇÖZÜM.xlsx	
Goal	
Cell to Optimize	'Ornek'!V1
Type of Goal	Minimum
Results	
Valid Trials	500
Total Trials	1864
Original Value	33771
+ soft constraint penalties	0
= result	32661
Best Value Found	32661
+ soft constraint penalties	0
= result	32661
Best Simulation Number	1
Time to Find Best Value	00:12:06



Şekil 7.24 Örnek Probleme İlişkin Dağıtım Planı

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüzde global pazarda giderek artan rekabet içersinde var olabilmenin en önemli koşulu tedarik zincirini iyi yönetebilmek, bu zincirin her noktasında verimliliği en üst düzeyde tutmaktır.

Bu çalışmanın ilk bölümünde tedarik zinciri yönetimi kavramından yola çıkılarak, başlangıçtan günümüze değin gelişimi ve tedarik zinciri yönetimi ile bilgi sistemleri arasındaki ilişki incelenmiştir. İkinci aşamada optimizasyon kavramından ve tekniklerinden kısaca bahsedilmiştir. Akabinde modellemede büyük kolaylık sağlayan çizge teoremi ve ulaştırma modellerinde kullanılan şekliyle şebeke analizi incelenmiştir. Bir optimizasyon tekniği olan genetik algoritma ve genetik kodlamadan bahsedilmiştir. Son aşamada ise tüm bu tekniklerin birleşimi olan Yayılan ağaç tabanlı Genetik Algortima yapısı literatürdeki gelişimden başlamak üzere anlatışmış ve geliştirilen model üzerinde durulmuştur.

Yayılan ağaç tabanlı Genetik Algortima ile tüm tedarik zincirindeki ulaştırma maliyetlerinin minimize edilmesi amaçlanırken, dengelenmemiş ağdaki tedarikçi, üretim yeri ve dağıtım merkezi alternatifleri içinden seçim yapacak bir algoritma geliştirilmiştir. Modelin daha önceki çalışmalara göre üstünlüğü ilk defa 3 aşamalı bir sistemde 3 farklı noktada alternatif değerlendirmesinin bir arada yapılıyor olmasıdır. Problemin sert optimizasyon teknikleri ile çözümünde değişken sayısının ulaşacağı boyut düşünüldüğünde çözüm sürecinin kısalacağı muhakkaktır.

Problemin çözümü birden fazla aşamanın birleşiminden oluştuğundan ve direk amaca yönelik yazılım eksikliğinden dolayı ilgili algoritmayı çözüm hızı performansı açısından değerlendirmek sağlıklı olmayacaktır. Ancak çözüme ulaşma hızının ve model kurum sürecinin doğrusal programlamaya nazaran daha kısa olduğu kolaylıkla görülebilir. Şu an için model kurulumundaki en büyük zorluk başlangıç popülâsyonunun oluşturulmasıdır, bu sıkıntı da geliştirilen programlama aşılabilir.

Yine aynı sebepler geliştirilen model çok küçük bir örnek problem üzerinde denenebilmiştir. İleride daha büyük şebekeler üzerinde yapılacak denemeler ile modelin performansı ve etkinliği ölçülebilir.

Bu çalışmada tedarik zinciri üzerinde kayıplar göz ardı edilmiş aynı zamanda bir birim hammaddeden bir birim ürün elde edildiği varsayılmıştır. Bu nedenle daha sonraki çalışmalar için önerilebilecek gelişim noktası ağlar üzerinde fire veya bir birim hammadden elde edilecek ürün gibi çarpanlar belirlenmesidir. Böylelikle modellemenin daha gerçekçi bir hal alması sağlanabilecektir.

KAYNAKLAR

Ali, A.I., Kennington, J. & Shetty, B., 1998. The Equal Flow Problem, *European Journal of Operational Research*, 36, pp. 107-115.

Allegri, T. H., 1991. Materials Management Handbook, McGraw Hill, USA.

Altıntaş, E., 2008, Yapay Sinir Ağları, http://www.yapay-zeka.org/modules/wiwimod/index.php?page=ANN adresinden 12.04.2008 tarihinde indirildi

Ashkenas, R., 1995. The Boundaryless Organization, Breaking The Chains of Organizational Structure. Jossey-Bass, San Fransisco.

Barnes, J., 1980. Network Flow Programming, Robert E. Krieger Publishing Company, Florida, USA.

Beasley D., Bull D.R. & Martin R.R. 1993, A Sequential Niche Technique For Multimodal Function Optimization. citeseer.ist.psu.edu/beasley93sequential.html adresinden 06/03/2008

Bhatt, G. D., & Emdad, A. F. (2001). An analysis of the virtual value chain in electronic commerce. *Logistics Information Management, 14* (1/2), 78-84

Biggs, N.L., 1976. Graph Theory, Oxford U. Press, Oxford.

Branch and Bound, bt. http://en.wikipedia.org/wiki/Branch_and_bound adresinden 12.03.2005 tarihinde indirildi.

Çetin, E, 2007**.** Matematiksel Programlama. http://www.biltek.tubitak.gov.tr/gelisim/matematik/kuralim.htm adresinden 23.04.2008 tarihinde indirildi.

Chopra, S. & Meindl, P., 2001. Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operations. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River.

Chorafas, D. N., 2001. Integrating ERP, CRM, Supply Chain Management, and Smart Materials. CRC Press, Florida.

Churcman, C.V., Ackoff, R. L. & Arnoff, E. L., 1957. Introduction To Operations Research. John Wiley, New York.

Copacino, W. C., 1997. The Basics and Beyond, St. Lucie Press, Florida, USA.

Croom, S., Romano, P & Giannakis, **M**, 2000. Supply Chain Management: A Literature Review and Taxonomy. *European Journal of Purchasing and Supply Management*. Vol. 6. No. 1. pp. 67-83

Davis, T. (1993), Effective supply chain management, Sloan Management Review, Summer, 35-46.

Davıs M.M., Aquılıano N.J., Chase R.B., (1999), Fundamentals of Operations Management, Irwin McGraw-Hill Inc.

Deb, K., 2001, Multi-Objective Optimization using Evolutionary Algorithms, John Wiley & Sons Ltd., England.

Deo N. & Micikevicius P..2001, Prufer-like Codes for Labeled Trees. *Congressus Numerantium*, vol. 151, pp. 65-73.

Eck, M., 2003. Advanced Planning and Scheduling, Is Logistics Everything?, Business Mathematics and Informatics Paper.

Elsayed, T., 2006, Genetic Algorithms Tutorial, *Ders Notları*, California Institute of Technology, 05.01.2008 tarihinde http://www.its.caltech.edu/~tamer/GATutorial.pdf adresinden indirildi.

Erentürk, M., 2004, Performance Analysis of Meta-Heuristic Approaches for Traveling Salesman Problem. *Yüksek Lisans Tezi,* Yeditepe Üniversitesi, İstanbul.

Esin, A., 1981. *Yöneylem Araştırmalarında Yararlanılan Karar Yöntemleri.* A.İ.T.İ.A Yayınları: Ankara.

Gehring, H. ve Bortfeldt, A., 2004, A Paralel Genetic Algorithm for Solving The Container Loading Problem, *2nd International Technology and*

Strategy Forum, "Logistics and Supply Management", Berkeley, 7-8 Ekim 2004.

Gen, M &Lin, L., 2008. Genetic Algorithms, John Wiley & Sons, Inc, http://mrw.interscience.wiley.com/emrw/9780470050118/ecse/article/ecse169/current/pdf adresinden 03.02.2008 indirildi.

Gen, M., Ida, K.& Li, Y, 1998 Bicriteria Transportation Problem by Hybrid Genetic Algorithm, *Computers and Industrial Engineering*, Cilt 35, Sayı 1-2, 363-366

Gen, M.& Cheng, R., 2000, Genetic Algorithms and Engineering Optimization, John Wiley & Sons, New York

Gen, M.& Li, Y., 1999, Spanning Tree Based Genetic Algorithm for Bicriteria Fixed Charge Transportation Problem, *Proceedings of the Congress on Evolutionary Computation*, Washington DC, 2265-2271.

Gen, M. & Cheng, R., 2000, Genetic Algorithms and Engineering Optimization, John Wiley & Sons, USA

Glover, F., Klingman, D. & Phillips, N., 1992. Network Models in Optimization and Their Applications in Practice. John Wiley & Sons, USA.

Goldberg, D.E, 1989, Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning, Addison-Wesley Publishing Company

Gottlieb, J, vd, 2001, Prüfer Numbers: A Poor Representation of Spanning Trees for Evolutionary Search, GECCO-2001. www.ads.tuwien.ac.at/publications/bib/pdf/gottlieb-01.pdf adresinden 21.03.2008 tarihinde indirildi.

Güden, H, bt. END407 Sezgisel Yöntemler www.baskent.edu.tr/~hsyngdn/END407/END407%20Ders1.pdf adresinden 08.02.2008 tarihinde indirildi.

Hamdy, T, A., 1987. Operation Research. Macmillan Publishing Company, New York, USA.

Hançerlioğulları, A, 2006. Monte Carlo Simülasyon Metodu Ve Mcnp Kod Sistemi, *Kastamonu Eğitim Dergisi,* Cilt:14 No:2, 545-556

Hang X, Rong Xu & Qingtai Y, 2006, Optimization of Unbalanced Multi-stage Logistics Systems Based on Prüfer Number and Effective Capacity Coding, *Tsinghua Science & Technology,* Volume 11, Issue 1, February 2006, Pages 96-101

Hicks, D.A, 1997. The Manager's Guide To Supply Chain And Logistics Problem-Solving Tools And Techniques. *IIIE Solutions*, 10, 24-29.

Hill Climbing, bt. http://en.wikipedia.org/wiki/Hill_climbing adresinden 12.03.2005 tarihinde indirildi.

Holmes, G., 1995. Supply Chain Management, Europe's New Competitive Battleground, E.IU Research Report, No. P. 608

Hugos, M., 2003. Essentials of Supply Chain Management, John Wiley & Sons, New Jersey, USA.

İşçi Ö, Serdar Korukoğlu, 2003. Genetik Algoritma Yaklaşımı ve Yöneylem Araştırmasında Bir Uygulama, Yönetim ve Ekonomi Dergisi

İşler, A, 2003. Dinamik Üretim İçin Dinamik Yerleşim, http://www.bilesim.com.tr/tr/index.nsf?lf=/tr/leftbarfuarcilik.html&rf=http://www.bilesim.com.tr/mistoportal/showmakale.nsf?xd=1863.xml adresinden 12.04.2008 tarihinde indirildi

Jang J. S. R. 1997, Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach To Learning and Machine Intelligence, Chapter 7: Derivative-Free Optimization, Prentice-Hall, USA, s. 173-196.

Kalaycı, T.E., 2002, Yapay Zeka Teknikleri Kullanan Üç Boyutlu Grafik Yazılımları İçin "Extensible 3d" (X3d) İle Bir Altyapı Oluşturulması Ve Gerçekleştirimi, *Yüksek Lisans* Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Karaoğlan, İ & Altıparmak, F, 2005, Konkav Maliyetli Ulaştırma Problemi İçin Genetik Algoritma Tabanlı Sezgisel Bir Yaklaşım, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi,* Cilt 20, No 4, 443-454

Keys, Paul, 1991. Operational Research And Systems: The systemic nature of O.R. New York: Plenum Press.

Kılıç, E., 2004. Tedarik Zinciri Yönetiminde Teknolojik Bakış ve i2, LDergi, *http://www.scm.com/News* adresinden 04.01.2005 tarihinde indirildi

Klivans, C, 2004, Cornell Üniversitesi'nde verdiği Information Modelling dersinin notları http://www.cis.cornell.edu/Courses/cis295/2004sp adresinden 02.03.2008 tarihinde indirildi.

Koçak, H, bt, Karar Verme ve Doğrusal Programlama Ders Notları, http://mimoza.marmara.edu.tr/~hkocak/Mat_programlama.htm adresinde 12.04.2008 tarihinde indirildi.

Lambert, D. **M., Stock J. R & Ellram, L. M.,** 1998. Fundamentals of Logistics Management. McGraw-Hill, Boston.

Li, Y.Z.& M. Gen, 1998 Spanning Tree-Based Genetic Algorithm For Bicriteria Transportation Problem With Fuzzy Coefficients, Australian Journal of Intelligent Information Processing Systems, Cilt 4, Sayı 3, 220-229

Lummus, R.R & R.J. Vokurka (1999). Defining supply chain management: a historical perspective and practical guidelines, *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 99/1, pp.11-17

Luscombe, M. 1993, MRPI*I,* Integrating The Business: A Practical Guide for Managers, Oxford.

MacKay, D.J.C. 2003. Information Theory, Inference and Learning Algorithms. Cambridge: Cambridge University Press.

Man, K.F., Tang, K.S. ve Kwong, S., 1999, *Genetic Algorithms,* Springer Publishing.

McBride, R.D., 1985. Solving Embedded Generalized Network Problems. *European Journal of Operational Research*, 21, pp. 82-92.

Miller, B.L. ve Goldberg, D.E., 1995, Genetic Algorithms, Tournament Selection and the Effect of Noise, Illinois, ABD.

Nesin, A, vd, 2003, Matematik Dünyası Dergisi 2003-III, http://www.matematikdunyasi.org/arsiv/?sayi=2003-III adresinden 11.01.2008 tarihinde indirilmiştir.

Özkan R, 2003, Tek Modelli Deterministik Montaj Hattı Dengelem Problemlerine Genetik Algoritma ile Çözüm Yaklaşımı. *Yüksek Lisans Tezi,* İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Paul E. Black, 2005, Greedy Algorithm, in Dictionary of Algorithms and Data Structures, http://www.nist.gov/dads/HTML/greedyalgo.html adresinden 05.04.2008 tarihinde indirildi.

Panos Y. Papalambros and Douglass J. Wilde, 2000, Principles of Optimal Design : Modeling and Computation, Cambridge University Press.

Porter, M.E., 1985. Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance., MacMillan, New York, USA.

PRTM ISC Benchmark Study, 1997. 12.02.2008 tarihinde www.pom.edu/blocher2/OtherFiles/RRBM%20SC%20Nov02%20Leslie.ppt adresinden indirildi

SAP, 2004. http://www.sap.com adresinden 04.03.2008 tarihinde indirildi

Sakawa, M., 2002, Genetic Algorithms and Fuzzy Multiobjective Optimization, Kluwer Academic Publishers

Shah, N. M., 1988. An Integrated Concept of Materials Management, McGraw Hill, Delhi.

Shapiro, J. F., 2001. Modeling the Supply Chain. Duxbury, CA, USA.

Sherman, R. J., 1998. Supply Chain Management for the Millennium. Warehouse Education and Research Council.

Spekman, R.E., vd. (1998), An empirical investigation into supply chain management: a perspective on partnershipsi, *Supply chain management*, 2, 53-67

Simatupang, T. M. & Sridharan, P., 2002. The Collaborative Supply Chain, *The International Journal of Logistics Management*, Volume 13, Number 1, Pages (15-30).

Simchi-Levi, David, Philip Kaminsky, and Edith Simchi-Levi (2000), Designing and Management the Supply Chain Concepts, Strategies, and Case Studies, New York: McGraw-Hill, pp39-107

Syarif,A, Yun, Y & Gen, M, 2002, Study On Multi-Stage Logistic Chain Network: A Spanning Tree-Based Genetic Algorithm Approach, *Computers & Industrial Engineering*, Vol.43,Iss.1-2;p.299

Tanyaş, M. & Baskak, M., 2003. Üretim Planlama ve Kontrol, İrfan Yayıncılık, İstanbul.

Tayur, S., 1999. Quantitive Models for Supply Chain Management. Norwell, Kluwer Academic

Üçer, G, 2007. Genetik Algoritma/Programlama Sunumu, http://ndn.netsis.com.tr/GokselUCER/Presentations/Forms/AllItems.aspx adresinden 12.03.2008 tarihinde indirildi.

Ülker, Ö & Özcan, E, bt, Çizge Boyama Problemleri İçin Evrimsel Tabu Arama Algoritması, http://cse.yeditepe.edu.tr/~eozcan/research/papers/TBD20_1.pdf adresinden 12.04.2008 tarihinde indirildi.

Vasudev, C, 2006, Graph Theory with Application, New Age Publishers (Web Versiyonu). http://books.google.com.tr/books?id=yFelrqitQTAC&printsec=frontcover&vq=cayley&output=html&source=gbs_summary_s&cad=0 adresinden 13.04.08 tarihinde indirildi.

Vignaux, G. A., Michalewicz, Z., 1991, A Genetic Algorithm for the Linear Transportation Problem, IEEE Transactions on System, Man and Cybernetics, Cilt 21, Sayı 2

Vural, M., 2005, Genetik Algoritma Yöntemi İle Toplu Üretim Planlama, *Yüksek Lisans Tezi,* İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Wilson, R., 1985, Introduction to Graph Theory, (3rd. edition), Longman Group, Harlow.

Winston, W. L., 1994. Operations Research, Duxbury Press, California, USA.

Yavuz, A.S., 2004, Genetic Algortihms Convergence To Traditional Optimization Methods, http://www3.itu.edu.tr/~okerol/Optimization%20Methods.pdf adresinden 05.11.2006 tarihinde indirildi.

Yeniay Ö., 2001, "An Overview of Genetic Algorithms", *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi,* Cilt: 2, Sayı: 1, s. 37-49.

Yenisey, M. M., 1997. Üniversite bütçelerinin uzun dönemli planlaması için şebeke analizi, *Doktora Tezi,* İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yeo M. F. ve Agyel E. O. 1996, "Optimising Engineering Problems Using Genetic Algorithms", *Engineering Computations,* Volume: 15, Number: 2, s. 268-280.

Zhou, G.& Gen, M., 1997, A Note on Genetic Algorithms for the Degree-Constrained Spanning Tree Problem, Networks, Cilt 30, 91-95

Zhou, G, Min, H & Gen, M, 2003. A Genetic Algorithm Approach To The Bi-Criteria Allocation Of Customers To Warehouses, *International Journal of Production Economics*, Vol.86,Iss.1;p.35

Zuckerman, A., 2002. Supply Chain Management, Capstone Publishing, USA

ÖZGEÇMİŞ

Mihrican ÖZTÜRK 1982 yılında İstanbul'da doğdu. 1996 yılında İlköğretimi okul birincisi olarak bitirerek girmeye hak kazandığı Pertevniyal Lisesi'nde yabancı dil olarak İngilizce öğrendi. İstanbul Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde 2000 yılında başladığı lisans eğitimini 2005 yılında tamamladı. Temmuz 2005'te İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Bölümü Yüksek Lisans Programına kaydoldu ve aynı zamanda profesyonel çalışma hayatına adım attı. Halen yüksek lisans tez çalışmasına devam etmekte ve özel bir kuruluşta çalışmaktadır.