TEDARİK ZİNCİRİ ULAŞTIRMA PROBLEMİ İÇİN BİR SEZGİSEL ÇÖZÜM: GENETİK ALGORİTMA YAKLAŞIM

Yrd. Doç. Dr. Ali İhsan ÖZDEMİR
Erciyes Üniversitesi, İ.İ.B.F., İşletme Bölümü, Kayseri
e-mail: ozdemir@erciyes.edu.tr

Araş. Gör. Gökhan SEÇME
Nevşehir Üniversitesi, İ.İ.B.F., İşletme Bölümü, Kayseri
e-mail: gsecme@nevsehir.edu.tr

Öz

Tedarik zinciri ağ tasarım problemi, tedarik zincirini oluşturan öğelerin sayılarının ve konumlarının tespiti, birbirleri arasındaki ürün akış miktarının belirlenmesi şeklinde tanımlanabilir. Tasarım probleminin ana hedefi bu planlama faaliyetlerinin minimum maliyet ile gerçekleştirilmesi olarak tanımlanabilir. Ulaştırma problemi olarak formüle edilebilen bu problemde amaç değişik arz noktalarından değişik talep noktalarına toplam maliyeti en küçükleyecek şekilde ürünün nasıl taşınacağının tespit edilmesidir. Bu çalışmada standart lineer ulaştırma problemi temelinde genetik algoritmalar uygulanmış ve ulaştırma probleminin genetik gösterimi ile karşılaşılan zorluklar açıklanmıştır. Problemin genetik gösteriminde kullanılan vektör gösterim yapısı ve matris gösterim yapıları genetik operatörlerin uygulanması ve amaç fonksiyonun değerlendirilmesi açısından incelenmiştir. Yapılan analizler ile ulaştırma probleminin çözümünde vektör ve matris gösterimlerinin etkinlikleri belirli bir iterasyon sayısında optimum çözüme yaklaşma amacı açısından incelenmiştir. Sonuç olarak ulaştırma probleminin genetik algoritmalar ile çözümünde matris gösterimin vektör gösterime göre daha başarılı sonuçlar ürettiği ve ayrıca kod basitliği ve uygulanabilirliği açısından da daha üstün olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Tedarik Zinciri Yönetimi, Standart Lineer Ulaştırma Problemi, Genetik Algoritmalar, Genetik Operatörler, Matlab*

AN HEURISTIC SOLUTION FOR SUPPLY CHAIN TRANSPORT PROBLEM: GENETICS ALGORITHMS APPROACH

Abstract

Supply chain network design problem can be defined as determining the locations, number of supply chain members and the amount of product flows between the chain members. The main purpose of the design problem can be defined as realizing these planning activities supply points to different demand points with minimum cost. In this study, genetic algorithms were applied to standard linear transportation problems and difficulties were explained by using the genetic illustration of the transportation problem. Vector structure and matrix structure of the genetic problem are examined in terms of application of genetic operators and evaluation of objective function. By analyzing the solutions of the transportation problem, vector and matrix structure efficiencies are examined in terms of achieving the optimum solution by specific iteration numbers. The article concludes that matrix structure of genetic problems is superior to vector structure in terms of providing better solutions, code simplicity and applicability.

Keywords: Supply Chain Management, Standart Linear Transport Problem, Genetic Algorithms, Genetic Operators, Matlab

1. Giriş

Tedarik zinciri, hammaddeleri temin etmek, bu hammaddeleri bitmiş ürünlere dönüştürmek ve bu ürünleri müşterilere dağıtmak için organize edilmiş, tedarikçiler, üretim tesisleri, depolar ve dağıtım kanallarından oluşan bir ağdır. Tedarikçi ve müşteri bağlantısını sağlayan tedarik zinciri, tedarikçilerin ham maddeleri üretmesiyle başlar ve ürünün müşteriler tarafından tüketilmesiyle son bulur. Tedarik zincirinde malların tedarikçiler ve müşteriler arasındaki akışı çeşitli aşamalardan geçer ve her bir aşama birçok tesisten oluşabilir[1]. Bir tedarik zincir ağının oluşturulması stratejik bir karar olup kurulacak üretim tesislerinin sayısı, konumu, kapasitesi ve teknolojisi gibi iyi planlanmış faaliyetleri gerektirir.

Tedarik zinciri ağı; tedarikçi, nakliyeci, üretici, dağıtım merkezleri, perakendeci ve tüketici ile ortaya çıkan tedarik zincirini oluşturan sistemler, alt sistemler, operasyonlar, aktiviteler ve bunların birbirleriyle olan ilişkilerini içeren karmaşık bir bütündür[2] Tedarik zincir ağı tasarım problemi, tedarik zincirini oluşturan öğelerin sayılarının ve konumlarının tespiti, birbirleri arasındaki akışın miktarının belirlenmesi ve bütün bu planlama faaliyetlerinin toplam maliyeti en küçükleme gibi ortak bir amaç doğrultusunda gerçekleştirilmesidir. Literatürde ulaştırma problemi olarak da incelenen bu problem teorik ve ekonomik öneminden dolayı üzerinde çokça çalışılan bir problemdir. Ulaştırma Probleminde amaç değişik arz noktalarından değişik talep noktalarına toplam maliyeti en küçükleyecek şekilde ürünün nasıl taşınacağının tespit edilmesidir[3].

Kombinatöryel optimizasyon problemlerinin basit bir türü olan ulaştırma problemi, belirli sayıdaki kaynaklardan belirli sayıdaki hedeflere minimum maliyetli ulaştırma planını belirlemektedir. Her bir kaynağın arz kapasitesinin, her bir hedefin talep miktarının ve her bir kaynaktan her bir hedefe ulaştırma maliyetinin bilindiği varsayılır.

---

[1] Ehap H. Sabri, Benita M. Beamon, "A multi-objective approach to simultaneous strategic and operational planning in supply chain design",*Omega*,Vol.28,2000, pp.582.

[2] Turan Paksoy, "Tedarik Zinciri Yönetiminde Dağıtım Ağlarının Tasarımı ve Optimizasyonu: Malzeme İhtiyaç Kısıtı Altında Stratejik Bir Üretim-Dağıtım Modeli", *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Sayı:14, 2005, s. 435.

[3] İsmail Karaoğlan, Fulya Altıparmak, "Konkav Maliyetli Ulaştırma Problemi için Genetik Algoritma Tabanlı Sezgisel bir Yaklaşım", *Gazi Üniversitesi Mimarlık Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Cilt.20, 2005, s. 444.

Tedarik zincir ağı tasarım problemleri basit tek ürün tipinden karmaşık çok ürünlü olanlara ve lineer deterministik modellerden karmaşık non-lineer stokastik problemlere kadar geniş bir alanda formüle edilen problemleri kapsar. Literatürde, tedarik ağlarının tasarımı problemi ile ilgilenen farklı çalışmalar mevcuttur ve bu çalışmalar[4] tarafından özetlenmiştir.

Tedarik zincir ağı tasarım ve analizinin önemli bir bileşeni uygun performans ölçülerinin kullanımıdır. Performans ölçütü ve performans ölçütleri kümesi, mevcut sistemin etkinliğini ve/veya etkililiğini belirleyerek alternatif sistemlerle karşılaştırmada ve önerilen bir sistemi tasarlamada kullanılır. Bu ölçütler kalitatif ve kantitatif olarak sınıflandırılabilmektedir. Müşteri memnuniyeti, esneklik ve etkili risk yönetimi kalitatif performans ölçütlerindendir. Kantitatif performans ölçüleri ise birinci olarak; maliyet minimizasyonu, satış maksimizasyonu, kar maksimizasyonu gibi diret olarak maliyet veya kar'a dayalı hedefler, ikinci olarak ise doluluk oranının maksimizasyonu, müşteri tepki zamanının minimizasyonu, tedarik zamanı minimizasyonu gibi müşteri tepkiselliğine dayanan hedefler olmak üzere iki alt kategoriye ayrılabilir[5].

Geleneksel tedarik zinciri yönetiminde, tedarik zinciri ağ tasarımı genellikle minimum maliyet veya maksimum kar gibi tek hedefe odaklanır. Örneğin birçok çalışmada tedarik zincirinin toplam maliyeti amaç fonksiyonu olarak değerlendirilmiştir[6]. Bunun yanında, tek amaçlı problemlerde tasarım görevleri yoktur. Tasa-

---

4 Carlos J. Vidal, Marc Goetschalckx, "Strategic production-distribution models: A critical review with emphasis on global supply chain models", *European Journal of Operational Research*, Vol. 98, 1997, pp.3; Benita M. Beamon, "Supply chain design and analysis: models and methods", *International Journal of Production Economics*, Vol. 55, 1998, pp.282; Selçuk Ş. Erenguc, N. C. Simpson, Asoo J. Vakharia,
"Integrated production/distribution planning in supply chains: An invited review", *European Journal of OperationalResearch*, Vol. 115, 1999, pp.220.; P.Pontrandolfo, O. G. Okogbaa, "Global manufacturing: A review and a framework for planning in a global corporation", *International Journal of Production Research*, Vol. 37, No. 1, 1999, pp. 2.

5 Bonita M. Beamon, "Supply chain design and analysis: models and methods", *International Journal of Production Economics*, Vol. 55, 1998, pp.281.

6 V. Jayaraman, H. Pirkul, "Planning and coordination of production and distribution facilities for multiple commodities", *European Journal of Operational Research*, Vol. 133, 2001, pp. 395;V. Jayaraman, A.Ross, "A simulated annealing methodology to distribution network design and management", *European Journal of Operational Research*, Vol. 144, 2003, pp. 629; H. Yan, Z. Yu, T.C. E. Cheng, "A strategic model for supply chain design with logical constraints: Formulation and solution", *Computers and Operations Research*, Vol. 30, No. 14, 2003, pp. 2135; S.S. Syam, "A model and methodologies for the location problem with logistical components", *Computers and Operations Research*, Vol. 29, 2002, pp.1175. ; A. Syarif, Y. Yun, M. Gen, "Study on multi-stage logistics chain network: A spanning tree-based genetic algorithm approach", *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 43, 2002, pp. 300.; A. Amiri, "Designing a distribution network in a supply chain system: Formulation and efficient solution procedure", *European Journal of Operational Research*, Vol. 171, No.2, 2006, pp. 568.; M. Gen, A. Syarif, "Hybrid genetic algorithm for multi-time period production / distribution planning", *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 48, No. 4, 2005, pp. 799.; T.H. Truong, F.

rım/planlama/çizelgeleme projeleri genellikle farklı amaçlar arasında değiş tokuşu içerir. Son yıllarda tedarik zinciri ağlarının çok amaçlı optimizasyonu literatürde farklı araştırmacılar tarafından değerlendirilmiştir. Sabri ve Beamon, ürün, talep ve dağıtım belirsizlikleri altında operasyonel ve stratejik tedarik zinciri planlaması için bütünleşik çok amaçlı tedarik zinciri modeli geliştirmişlerdir[7]. Maliyetler, doluluk oranları ve esneklik amaçlar olarak değerlendirilirken ε – kısıt metodu çözüm yöntemi olarak kullanılmıştır. Chan vd. talep yönlendirmeli tedarik zincir ağında sıralı dağıtım problemi için çok amaçlı genetik optimizasyon prosedürünü sunmuşlardır[8]. Amaçlar olarak sistemin toplam maliyetinin, toplam dağıtım günlerinin minimizasyonunu ve üreticiler için kapasite kullanım oranlarının eşitliğini kullanmışlardır. Chen ve Lee belirsiz ürün fiyatlı ve talepli çok aşamalı tedarik zincir ağı için çok ürünlü, çok aşamalı ve çok dönemli çizelgeleme modeli geliştirmişlerdir[9]. Tüm katılımcılar arasında karın, güvenlik stoku seviyelerinin ve maksimum müşteri hizmet seviyelerinin eşit dağılımı ve ele alınan belirsiz talepler için alınan kararların kararlılığı amaçlar olurken problemin çözümü için iki aşamalı bulanık karar alma metodu gösterilmiştir. Erol ve Ferrel tedarikçileri depolara ve depoları da müşterilere atayan bir model önermişlerdir[10]. Bu modelde maliyetin minimizasyonu ve müşteri memnuniyetinin maksimizasyonu için çok amaçlı optimizasyon modeli çerçevesini kullanmışlardır. Guillen vd. tedarik zincir ağı tasarım problemini ε – kısıt metodu ve dal sınır tekniği ile çözülebilen çok amaçlı stokastik karma tamsayılı doğrusal programlama modeli olarak formüle etmişlerdir[11]. Amaçlar zaman ufku boyunca tedarik zinciri karı ve müşteri memnuniyet seviyesidir. Chan vd. çok fabrikalı tedarik zincir modellerinde üretim ve dağıtım problemleri için genetik algoritmalar ve analitik hiyerarşi prosesine (AHP) dayanan hibrid bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Çalışmalarında operasyon maliyetlerini, hizmet seviyesini ve kaynak kullanım oranını amaçlar olarak kullanmışlardır[12].

Son yıllarda, üretim yönetimi alanındaki kombinatöryel ve NP-zor yapıdaki çok çeşitli tek ve çok amaçları problemleri genetik algoritmalar kullanarak

---

Azadivar, "Optimal design methodologies for configuration of supply chains", *International Journal of Production Researches*, Vol. 43, No.11, 2005, pp. 2217.

7 Ehap H. Sabri, Benita M. Beamon, "A multi-objective approach to simultaneous strategic and operational planning in supply chain design",*Omega*,Vol.28,2000, pp.590.

8 F.T.S. Chan, S.H. Chung, S.A. Wadhwa, "A hybrid genetic algorithm for production and distribution", *Omega*, Vol. 33, 2004, pp. 346.

9 C. Chen, W. Lee, "Multi-objective optimization of multi-echelon supply chain networks with uncertain product demands and prices", *Computers and Chemical Engineering*, Vol. 28, 2004, pp. 1140.

10 I. Erol, W.G. Junior Ferrell, "A methodology to support decision making across the supply chain of an industrial distributor", *International Journal of Production Economics*, Vol.89, 2004, pp.120.

11 G. Guillen, F.D. Mele, M.J. Bagajewicz, A.Espuna, L.Puigjaner, "Multiobjective supply chain design under uncertainty", *Chemical Engineering Science*, Vol. 60, 2005, pp.1536.

12 F.T.S. Chan, S.H. Chung, S.A. Wadhwa, "A hybrid genetic algorithm for production and distribution", *Omega*, Vol. 33, 2004, pp. 351.

çözme konusunda artan bir ilgi vardır[13]. Bu çalışmada NP-zor problemlerden olan tedarik zincir ağlarının tasarımı problemlerinin genetik algoritmalara dayalı olarak çözümü sunulmaktadır. Burada dikkate alınan amaç toplam maliyetin en küçüklenmesidir. Bu çalışmanın amacı bir çok NP-zor optimizasyon probleminde başarıyla uygulanan genetik algoritmalar sezgisel yaklaşımının tedarik zincir ağı tasarım probleminde kullanımının gösterilmesidir. Ayrıca ulaştırma modelinin matematiksel formülasyonunun GA ile çözüm aramaya yatkın olduğu (0-1 değişkenler kullanma, alternatiflerin incelenmesi gibi) görülmektedir.

2. Problemin Yapısı

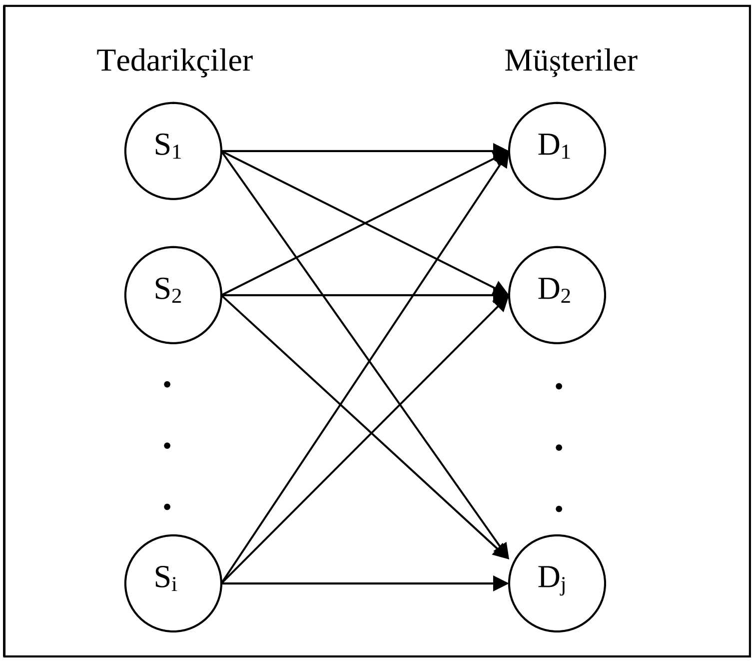
Bu çalışmada ele alınan problem belirli sayıdaki tedarikçiler ve belirli sayıdaki müşterilerden oluşan tek aşamalı basit ulaştırma problemidir. Ulaştırma probleminin çözümünde dikkate alınacak amaç ise toplam ulaştırma maliyetinin en küçüklenmesidir. Problemin çözümünde kullanılan genetik algoritma yaklaşımı, çok aşamalı ulaştırma problemlerinin her aşamasını alt problemler olarak değerlendirmek suretiyle çok amaçlı ve çok aşamalı (tedarikçiler, üretim merkezileri, dağıtım merkezleri, müşteriler) ulaştırma problemleri içinde kullanılabilmektedir. içinde benzer şekilde kullanılabilmektedir.

Ulaştırma probleminde kaynaklardan hedeflere gönderilecek ürünlerin maliyeti ulaştırılacak miktarın bir oranı ise bu tür problemlere lineer ulaştırma problemi denir. Burada ele alınan lineer ulaştırma probleminde sadece bir ürün olduğundan, müşteriler talep edilen ürün miktarlarını bir veya daha fazla tedarikçi kaynağından karşılayabilmektedirler.

Genel ulaştırma problemi, *S* tedarikçiler kümesi, *D* müşteriler kümesi olmak üzere iki parçalı şebeke olarak tanımlanır (Şekil 1). Matematiksel notasyon ve formüller aşağıdaki gibidir.

---

[13] M. Gen, R. Cheng, *Genetic algorithms and engineering optimization*. New York: Wiley, NY, 2000, p. 15; C. Dimopoulos, A.M.S. Zalzala, "Recent developments in evolutionary computation for manufacturing optimization: Problems, solutions and comparisons", *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, Vol. 4, No.2, 2000, pp.94.; H. Aytug, M. Khouja, F.E. Vergara, "Use of genetic algorithms to solve production and operations management: a review", *International Journal of Production Researches*, Vol. 41, No.17, 2003, pp. 3955.



Şekil 1. Genel ulaştırma problemi yapısı

i tedarikçiler için indeks (*i Є I*), *S(i) i* tedarikçisinin kapasitesi (arzı), *j* müşteriler için indeks (*j Є J*), *D(j) j* müşterisinin talep ettiği ürün miktarı, c_{ij} *i* kaynağından *j* hedefine birim ulaştırma maliyeti ve x_{ij} *i* tedarikçisinden *j* müşterisine ulaştırılan miktar olmak üzere;

$$\min\ f(x) = \sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij}$$

Kısıtla

$$\sum_j x_{ij} \le S_i \quad i = 1,2,...n$$

$$\sum_i x_{ij} \ge D_j \quad j = 1,2,...n$$

$$x_{ij} \ge 0 \ ve\ tamsayı$$

Birinci kısıtlar kümesi bir kaynaktan tüm hedeflere gönderilen toplam miktarın kaynağın kapasitesini aşmamasını, ikinci kısıtlar kümesi ise her bir hedefin talebinin karşılanmasını sağlamaktadır. Amaç fonksiyonu toplam ulaştırma maliyetini en küçüklemektir. Genel ulaştırma probleminde amaç fonksiyonu doğrusaldır ve bu problemin çözümünde doğrusal programlama teknikleri kullanılabilmektedir[14]. Genel ulaştırma probleminde verilen yapı toplam kapasitenin toplam talebe eşit olduğu dengeli ulaştırma problemi yapısıdır. Toplam talep toplam kapasiteden büyükse aylak tedarikçi, tam tersi durumda ise aylak müşteri eklenmek suretiyle problemde denge şartı sağlanır. Aylak tedarikçinin kapasitesi artık talebe (toplam talep - toplam kapasite), aylak müşterinin talebi ise artık kapasiteye (toplam kapasite - toplam talep) eşittir[15].

Ulaştırma problemlerinin çözümünde doğrusal ve doğrusal olmayan programlama, amaç programlama, dal sınır tekniği ve çeşitli sezgisel teknikler başarıyla uygulanmaktadır. Çalışmanın sonraki bölümlerinde de kullanacağımız bir örnek ile genel ulaştırma problemini ve çözümünü açıklayalım.

Örnek 1: 3 kaynak ve 4 hedeften oluşan bir ulaştırma modeli düşünelim. Kaynakların kapasiteleri S(1)=15, S(2)=25, S(3)=5 ve hedeflerin talepleri D(1)=5, D(2)=15, D(3)=15 ve D(4)=10 olarak belirlensin. Kaynakların kapasitelerinin ve hedeflerin taleplerinin birbirine eşit (45) olduğunu unutmayalım. Birim ulaştırma maliyeti c_{ij} aşağıda Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Birim Ulaştırma Maliyetleri

Kaynak/Hedef	**1**	**2**	**3**	**4**	**Kapasite**
1	10	0	20	11	15
2	12	7	9	20	25
3	0	14	16	18	5
Talep	5	15	15	10	45/45

Bu küçük örneğin optimum çözümü aşağıdaki gibi olacaktır. Toplam maliyet 315 olarak bulunmuştur.

14 Wayne L. Winston, *Operations Research: Applications and Algorithms*, Duxbury Pres, The USA, 1994, pp.338.

15 İsmail Karaoğlan, Fulya Altıparmak, "Konkav Maliyetli Ulaştırma Problemi için Genetik Algoritma Tabanlı Sezgisel bir Yaklaşım", *Gazi Üniversitesi Mimarlık Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Cilt.20, 2005, s. 450.

Tablo 2. Çözüm Tablosu

Kaynak/Hedef	1	2	3	4	Kapasite
1	0	5	0	10	15/15
2	0	10	15	0	25/25
3	5	0	0	0	5/5
Talep	5/5	15/15	15/15	10/10	45/45

Çözüm tablosu incelendiğinde birinci kaynaktan ikinci hedefe 5 br, dördüncü hedefe 10 br; ikinci kaynaktan ikinci hedefe 10 br, üçüncü hedefe 15 br ve üçünçü kaynaktan birinci hedefe 5 br ürün gönderilmektedir. Toplam Ulaştırma maliyeti ise (11x10)+(10x7)+(15x9)=315 pbr olmaktadır.

3. Genetik Algoritmalar

Birçok optimizasyon problemini de içeren zor problemlerin büyük bir kısmı, çözümü yeterince hızlı şekilde garanti eden algoritmalar ile çözülememektedir. Bazı durumlarda eğer yeterince hızlı hesaplanabiliyorsa yaklaşık optimum çözümler kabul edilebilmektedir.

Genetik algoritmalar, doğadaki doğal seçilim ve evrim olgularını benzeterek problemlerin çözümünde kullanılabilen probabilistik algoritmalardır[16]. Genetik algoritmalar rastgele oluşturulmuş çözüm adaylarından oluşan başlangıç populasyonunun oluşturulması ile başlayarak, daha iyi bireyler elde etmek için genetik operatörler yardımıyla populasyonun evrim geçirerek en iyi adayın bulunması işlemi olarak açıklanabilir. Genetik algoritmaların işleyişinde, verilen problem için çözümlerden oluşan popülasyon oluşturularak bu popülasyonun doğal seçilime göre evrim geçirerek kötü bireylerin/çözümlerin ölmesi, iyi bireylerin/çözümlerin yaşaması ve sonuçta en iyi bireye/çözüme ulaşılması esastır. Basit bir genetik algoritma yapısı Şekil 2'de görülmektedir.

---

[16] D.E. Goldberg, *Genetic Algorithms in Search, Optimization* & *Machine Learning.*Reading, Addison Wesley, MA, 1989, pp.13.

```
Begin
        t=0
        P(t) oluştur
        P(t)'yi evrimleştir
        While (durdurma kriteri sağlanmadığı sürece) Do
                begin
                t=t+1
                P(t-1) den P(t)'yi seç
                P(t) yi yeniden oluştur
                P(t) yi evrimleştir
                End
        End
End
```

Şekil 2. Genetik algoritma süreci

Genetik algoritma, t iterasyonu süresince $x_1^t,...,x_N^t$ çözümlerinden oluşan P(t) popülasyonunda her bir x_i^t çözümünün uygunluk derecesi $f(x_i^t)$ hesaplanarak değerlendirilecektir. Uygunluk değerlerine göre çözümler seçilecek, seçilen çözüler genetik operatörler (çaprazlama, mutasyon, inversion) uygulanmasıyla yeniden üretilerek yeni popülasyon (t+1 iterasyonu) elde edilecektir.

Çaprazlama operatöründe, iki bireyin özeliliklerinin birleştirilmesiyle iki yeni çocuk elde edilmektedir. Aileleri gösteren dizilerin parçalarının yer değiştirmesi şeklinde gerçekleştirilir. Örneğin, aileler 5 elemandan oluşan vektörler (a_1, b_1, c_1, d_1, e_1) ve (a_2, b_2, c_2, d_2, e_2) ile gösterilir ve çaprazlama aralığı olarak 2 ve 5. genler seçilirse oluşacak çocuklar (a_1, b_1, c_2, d_2, e_2) ve (a_2, b_2, c_1, d_1, e_1) şeklinde olacaktır.

Mutasyon operatörüyle popülasyondaki çeşitlilik arttırılır. Mutasyon işleminde seçilen bireyin yapısındaki bir veya daha fazla sayıdaki elemanın değeri değiştirilir. Popülasyondaki her bir çözüm vektörünün her bir konumu mutasyon oranı olarak isimlendirilen belirli bir olasılıkla rasgele olarak değiştirilir.

Inversion operatörü, çözümü gösteren vektördeki değerlerin tamamının veya bir kısmının ters döndürülmesiyle gerçekleştirilir. Sadece belirli bazı çözüm gösterimleri için tanımlanmıştır.

Problem çözmede genetik algoritmaların genel kabul görmüş bileşenleri şunlardır:

- Problemin çözümlerinin genetik gösterimi
- Çözümlerin başlangıç popülasyonunun oluşturulması
- Çözümlerin uygunluklarını belirleyecek bir değerlendirme fonksiyonu

- Yeniden üretim sürecinde oluşturulacak yeni bireylerin yapılarını etkileyecek genetik operatörler
- Genetik algoritmaların kullandığı parametrelerin değerleri (popülasyon büyüklüğü, genetik operatörlerin uygulanma olasılıkları vb.)

Bir problemin genetik algoritmalar ile çözüm sürecinin en önemli aşaması problemin gösterim şeklidir. Ulaştırma probleminin genetik algoritmalar ile çözümü için problemin iki temel gösterim şekli mevcuttur. Birincisi vektör gösterim yapısı ve ikincisi matris gösterim yapısıdır. Son yıllarda yapılan bazı çalışmalarda çok aşamalı ulaştırma problemlerinin ağ yapısını genetik algoritmalarda göstermek üzere prüfer sayıları kullanılmaktadır. Problemin tüm özelliklerini yansıtabilmesi ve genetik işlem kolaylığı sağlaması açısından çok aşamalı ve çok amaçlı ulaştırma problemlerinde oldukça iyi sonuçlar vermektedir.

3.1. Vektör gösterim yapısı

Klasik genetik algoritmalar, kromozomları (çözümler) 0 ve 1'lerden oluşan bit dizileridir. Ulaştırma probleminde çözüm için bit dizilerinin tanımlanmasında basit $<v_0,v_2,\ldots,v_p>$ (p=n.k) vektörü kullanılır. Bu vektörün her bir v_i bileşeni $<w_0^i, \ldots w_s^i>$ alt vektör parçasına karşılık gelir ve atama matrisindeki *j*. satır ve *m*. sütundaki değeri gösterir. Burada j=[(i-1)/k + 1] ve m=(i-1)mod k + 1 olarak hesaplanabilir. *W* vektörünün uzunluğu (*s* parametresi) gösterilecek maksimum tam sayıyı (2^{s+1} -1) belirler.

Yukarıda açıklanan bu gösterimin kısıtların tatmini, fonksiyon değerlendirmesi ve genetik operatörler açısından çalışmasını inceleyelim.

Sınırların Sağlanması: Her bir çözüm vektörünün aşağıdaki şartları sağlaması gerektiği açıktır.

V_q>= 0 tüm *q=1,2,…,k.n için*

$$\sum_{i=c\bullet k+1}^{c\bullet k+k} v_i = S(c+1), \quad c = 0,1,\ldots,n-1 \; için$$

$$\sum_{j=m,\ step\ k}^{k\times n} v_j = D(m), \quad m = 1,2,\ldots,k \; için$$

Birinci kısıtın her zaman sağlandığı açıktır (pozitif tamsayılar olarak 0 ve 1'lerin bir sıralaması olması anlamında). Diğer iki kısıt formüller simetrik olmadığında her bir kaynak ve her bir kısıt için toplamları sağlar.

Değerlendirme Fonksiyonu: Problemin yapısından dolayı doğal değerlendirme fonksiyonu birimleri kaynaklardan hedeflere ulaştırma maliyetidir ve aşağıdaki formül ile gösterilir.

$$\text{Eval}(<v_1,v_2,\ldots,v_p>)=\sum_{i=1}^{p} v_i \times C_{jm} \qquad j=[(i-1)/k+1] \text{ ve } m=(i-1)\text{mod } k+1$$

Genetik Operatörler: Ele alınan gösterim şekli için ulaştırma probleminin genetik operatörlerinin doğal bir tanımlaması yoktur. Mutasyon ise genellikle çözüm vektöründeki tek bir gen (bit) değerinin değişmesi olarak tanımlanır. Bu durum problemimizde sınırların sağlanması için farklı konumlardaki değerler için bir dizi değişikliği beraberinde getirmektedir. Ayrıca matris gösterimi dışındaki gösterimlerde hangi satır ve sütunlarda değişiklik yapıldığını her zaman hatırlamamızı gerektirecektir. Bu durum oldukça karmaşık formülleri beraberinde getirecektir ve bu karmaşıklığın ilk belirtisi sınırları tanımlarken ortaya çıkan simetri kaybıdır. Ayrıca diğer bazı cevaplanmamış sorularda mevcuttur. Örneğin, mutasyon çözüm vektöründeki küçük değişimler olarak anlaşılırken yukarıda açıklandığı gibi bir değerdeki tek bir değişiklik belirli konumlardaki en az 3 farklı değişikliği de beraberinde getirmektedir. Bu yüzden tek bir gendeki değişikliği içeren mutasyon yöntemleri seçilen elemanın ilgili satır ve sütununu kontrol etmede karmaşıklık sebebiyle etkili yöntemler olamamaktadır. Bu durum çaprazlama operatörünü ele aldığımızda daha da içinden çıkılmaz bir hal olacaktır. Bir vektörün rasgele bir noktadan kesilmesi; kısıtları aşan, kaynak kapasiteleri ve hedef taleplerinden daha büyük değerli elemanların ortaya çıkmasına sebep olabilecektir. Çaprazlama sonucu oluşturulan tüm bireylerdeki sayıların kabul edilebilir bir aralıkta olmasını sağlayacak bir yöntem geliştirilse de yeni çözümlerin de sınırları aştığı görülecektir. Tüm kısıtların sağlanması için bu çözümleri düzenlemeye çalışırsak bu kez de çocukları oluşturan ailelerle benzerlikler kaybedilecektir. Ayrıca bunun nasıl yapılacağı da belli değildir.

Bu değerlendirmelerin sonucunda ele alınan kısıtlı problem için yukarıda açıklanan vektör gösteriminin genetik operatörlerin uygulanması için en iyi yöntem olmadığı anlaşılmaktadır.

Vektör gösteriminin temel yapısını koruyarak çözüm gösterimini geliştirebiliriz. Öncelikle tüm kısıtları sağlayan çözümler üretmenin yolunu tanımlamamız gerekir. Bu süreci başlangıç ayarlaması olarak isimlendiriyoruz. Bu süreçte tüm sınırları sağlayan en fazla k+n-1 adet sıfır olmayan elemandan oluşan bir matris oluşturulur. Bu matrisi oluşturan algoritma şekil 3'de görülmektedir. Matrisin oluşturulması ise örnek 1 verileri kullanılarak örnek 2 de açıklanmaktadır.

```
Begin
    1'den kxn e kadarki tüm sayıları seçilmemiş olarak işaretle
    repeat
      1 – kxn arasındaki sayılardan daha önce seçilmemiş rasgele q sayısını seç
          ve          onu seçili olarak işaretle
      i=[(q-1)/k + 1] (satır) olarak ayarla
      j=(q-1) mod n + 1 (sütun) olarak ayarla
      deger=min(S(i), D(j)) olarak ayarla
      v_ij=Value
      S(i)=S(i)-Value   olarak ayarla
      D(j)=D(j)-Value   olarak ayarla
    Until tüm sayılar işaretlenene kadar
End
```

Şekil 3. Başlangıç ayarlaması süreci

Başlangıç ayarlaması süreci ile problemin çözümü için uygun çözümlerin üretilmesi sağlanmaktadır.

Örnek 2: Örnek1'de incelenen ve birim maliyetleri Tablo 1'de verilmiş olan problemin verilerini kullanarak genetik algoritmayı üzerinde uygulayalım.

Yukarıda açıklanan algoritmayı uygularsak öncelikle 3x4=12 adet sayının tamamı işaretlenmemiş olarak belirlenir. Birinci rasgele sayı örneğin 10 olarak belirlensin. Bu sayı i=[(q-1)/k + 1] =[(10-1)/3+1]=3,25≈3 satır numarasına ve j=(q-1) mod k+1=(10-1)mod 4+1= 9 mod 4+1= 1+1=2 sütun numarasına dönüştürülür. Deger=min[S(3), D(2)]=min(5,15)=5 ve dolayısıyla v_{32}=5 olarak belirlenir. Birinci iterasyondan sonra S(3)=0 ve D(2)=10 olarak güncellenir.

Bu hesaplamaları işaretlenmemiş sonraki 3 rasgele sayı (8, 5, 3) için tekrarlarsak sırasıyla (satır=2, sütun=4; satır=2, sütun=1; satır=1, sütun=3) olacaktır. Eğer12 iterasyon boyunca rasgele sayılar (10, 8, 5, 3, 1, 11, 4, 12, 7, 6, 9, 2) sırasında alınırsa oluşan son matris aşağıdaki gibi olacaktır.

Tablo 3. Genetik Algoritma Uygulaması

Kaynak/Hedef	1	2	3	4	Artan Kapasite
1	0	0	15	0	0/15
2	5	10	0	10	0/25
3	0	5	0	0	0/5
Artan Talep	0/5	0/15	0/15	0/10	0/0

Dikkat edilirse 12 iterasyon sonunda tüm kapasite ve talepler sıfıra düşmüş olmaktadır. Ayrıca, başlangıç ayarlaması süreci için optimal sonucu üretecek sayıların çeşitli sıralamaları mevcuttur. Örneğin, örnek 1 de elde edilen optimum çözüme <7,9,4,2,6,*,*,*,*,*,*,*> sıralamalarından herhangi birisiyle ulaşılabilmektedir.

Bu yöntem en fazla k+n–1 adet sıfır olmayan tam sayı içeren herhangi bir uygun çözüm üretebilmektedir. Başlangıç ayarlaması süreci değiştirilerek lineer olmayan ulaştırma problemlerinin çözümünde de kullanılabilmektedir.

Problemle ilgili bu bilgiler ve çözüm özellikleri, ulaştırma probleminin çözümünün vektör gösterimi ile ilgili başka fırsatlar da sağlamaktadır. Çözüm vektörü başlangıç ayarlaması süreci ile kabul edilebilir bir çözüm üretilebilen <1, *k*x*n*> aralığındaki *k*x*n* adet farklı sayının bir sıralamasıdır. Yani çözüm vektörünü sayıların bir permütasyonu olarak değerlendirebiliriz ve optimal çözüm için farklı permütasyonları inceleyebiliriz. Bu gösterimin sınırların sağlanması, fonksiyonun değerlendirilmesi ve genetik operatörler açısından nasıl uygulanabilirliğini inceleyelim.

*Sınırların Sağlanması: k*x*n* adet farklı sayının herhangi bir permütasyonu sınır şartlarını karşılayan sadece tek bir çözüm üretir. Bu durum başlangıç ayarlaması süreci ile sağlanabilir.

Değerlendirme Fonksiyonu: Herhangi bir matrisin amaç fonksiyonunun hesaplanması belirli bir v_{ij} matrisiyle ilişkili olması sebebiyle oldukça kolaydır. Değerlendirme fonksiyonu $\sum_i \sum_j v_{ij} \times c_{ij}$ olacaktır.

Genetik Operatörler: Bu süreçte oldukça açık ve basittir.

- Inversion: Herhangi bir $<x_1,x_2,\ldots,x_q>$ ($q=k$xn) çözüm vektörü başka bir çözüm vektörüne kolayca ters çevrilebilir $<x_q,x_{q-1},\ldots,x_1>$.
- Mutasyon: $<x_1,x_2,\ldots,x_q>$ çözüm vektörünün herhangi iki elemanı x_i ve x_j olmak üzere yeni bir çözüm vektörü oluşturmak üzere yer değiştirilebilirler.
- Çaprazlama: Bu işlem biraz karmaşıktır. Rasgele yapılmış çaprazlama işleminin hatalı çözümler üreteceği unutulmamalıdır. <1,2,3,4,5,6,│7,8,9,10,11,12> ve <7,3,1,11,4,12,│5,2,10,9,6,8> vektörleri 6. genden itibaren çaprazlanırsa uygun çözümler olmayan <1,2,3,4,5,6,5,2,10,9,6,8> ve <7,3,1,11,4,12,7,8,9,10,11,12> vektörleri elde edilir. Dolayısıyla çaprazlama operatörü olarak permütasyon özelliğini bozmayan bir yaklaşım kullanılmalıdır. Diğer bir kombinatöryel problem olan gezgin satıcı probleminde de kullanılan PMX çaprazlama operatörü çözüm vektörünün uygunluğunu bozmadan yeni çözüm vektörleri üretebilmektedir.

Ulaştırma probleminin vektör gösterimi kullanılarak genetik algoritmalar ile çözüm süreci ve zorlukları yukarıda kısaca açıklanmıştır. Diğer bir gösterim şekli olan matris gösterimi ve genetik algoritmalar ile çözüm süreci ise aşağıda özetlenmektedir.

3.2. Matris gösterim yapısı

Ulaştırma probleminin çözümü için muhtemelen en doğal gösterim şekli iki boyutlu matris yapısıdır. Ayrıca problemin gösterimi ve çözümünün nasıl yapılacağı da bellidir. Yani $V=v_{ij}$ ($1\leq i\leq k$, $1\leq j\leq n$) matrisi bir çözümü gösterebilir. Matris gösterimin sınırların sağlanması, değerlendirme fonksiyonu ve genetik operatörler açısından uygulanmasını inceleyelim.

Sınırların Sağlanması: Her bir $V=v_{ij}$ çözüm matrisinin aşağıdaki sınırları sağlaması gerektiği açıktır.

- $v_{ij}\geq 0$ i=1,2,…,k; ve j=1,2,…,n
- $\sum_{i=1}^{k} v_{ij} = D_j \quad j = 1,...,n$
- $\sum_{j=1}^{n} v_{ij} = S_i \quad i = 1,...,k$

Bu yaklaşım önceki bölümde açıklanan basit vektör gösterimi yaklaşımına benzemekle birlikte sınırlar daha kolay ve daha doğal bir yolla gösterilmiştir.

Değerlendirme Fonksiyonu: Problemin doğal amaç fonksiyonu değerlendirme fonksiyonu olarak kullanılır.

$$eval(v_{ij}) = \sum_{j=1}^{k}\sum_{j=1}^{n} v_{ij} \times c_{ij}$$

Burada da, verilen formül önceki bölümdeki yaklaşımdan daha kolay ve daha hızlıdır.

Genetik Operatörler: Burada Mutasyon ve çaprazlama olmak üzere iki genetik operatör tanımlanmıştır. Inversion operatörünün tanımlanması oldukça güçtür.

- Mutasyon:

  $\{i_1,i_2,\ldots,i_p\}$ kümesinin $\{1,2,\ldots,k\}$ kümesinin alt kümesi olduğunu ($2\leq p\leq k$) ve $\{j_1,j_2,\ldots,j_q\}$ kümesinin $\{1,2,\ldots,n\}$ kümesinin alt kümesi olduğunu ($2\leq q\leq n$) varsayalım.

V=(v_{ij}) matrisini (kxn) mutasyon için ata olarak belirleyelim. V matrisinin tüm elemanlarından W=(w_{ij}) alt matrisini (pxq) aşağıdaki gibi oluşturalım.

Bir v_{ij} Є V elemanı eğer sadece ve sadece i Є {i_1,i_2,…,i_p}ve j Є {j_1,j_2,…,j_q} ise v_{ij} elemanı W kümesindedir (eğer $i=i_r$ ve $j=j_s$ ise v_{ij} elemanı W matrisinin r. satır ve s. sütuna yerleştirilir).

Simdi W matrisi için $S_w(i)$ ve $D_w(j)$ nin yeni değerlerini atayabiliriz (1≤p≤i ve 1≤j≤q).

$$s_w(i) = \sum\nolimits_{j \in \{j_1, j_2, \dots j_p\}} v_{ij}, \quad 1 \le i \le p$$

$$D_w(i) = \sum\nolimits_{i \in \{i_1, i_2, \dots i_p\}} v_{ij}, \quad 1 \le j \le q$$

Başlangıç ayarlaması sürecini W matrisine tüm kısıtların $S_w(i)$ ve $D_w(j)$ sağlandığı yeni değerler atamak için kullanabiliriz. Daha sonra V matrisinin uygun elemanları W matrisindeki yeni elemanlarla güncelleştirilir. Bu yolla tüm global kısıtlar S(i) ve D(j) korunmuş olur. Aşağıdaki örnek mutasyon operatörünün uygulanmasını göstermektedir.

Örnek 3: 4 kaynak ve 5 hedeften oluşan ulaştırma problemine ait bilgiler aşağıdaki gibidir. S(1)=8, S(2)=4, S(3)=12, S(4)=6; D(1)=3, D(2)=5, D(3)=10, D(4)=7, D(5)=5. Aşağıdaki V matrisinin mutasyon için aile olarak seçildiğini varsayalım.

$$V = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 5 & 0 & 3 \\ 0 & 4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 5 & 7 & 0 \\ 3 & 1 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix}$$

Rasgele iki satır {2,4} ve üç sütun {2,3,5} seçerek ilgili W alt matrisini oluşturalım.

$$W = \begin{vmatrix} 4 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 2 \end{vmatrix}$$

$S_w(1)=4$, $S_w(2)=3$, $D_w(1)=5$, $D_w(2)=0$ ve $D_w(3)=2$ olduğu görülmektedir. W matrisinin yeniden başlangıç ayarlamasının yapılmasından sonra matris aşağıdaki değerleri almaktadır.

$$W' = \begin{vmatrix} 2 & 0 & 2 \\ 3 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

Dolayısıyla sonuç olarak V matrisinin mutasyondan sonraki yeni bireyi aşağıdaki gibi olacaktır.

$$V' = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 5 & 0 & 3 \\ 0 & 2 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 5 & 7 & 0 \\ 3 & 3 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

- Çaprazlama:

Çaprazlama operasyonu için $V_1 = (v_{ij}^1)$ ve $V_2 = (v_{ij}^2)$ matrislerinin aile bireyler olarak seçildiğini varsayalım. Aşağıda V_3 ve V_4 çocuklarını oluşturmak için kullandığımız algoritmanın ana hatları bulunmaktadır.

Öncelikle iki geçici matris oluşturulur. DIV=(div_{ij}) ve REM=(rem_{ij}).

$$div_{ij} = [(v_{ij}^1 + v_{ij}^2)/2]$$

$$rem_{ij} = (v_{ij}^1 + v_{ij}^2) \bmod 2$$

DIV matrisi her iki aileden gelen yuvarlanmış ortalama değerleri saklarken, REM matrisi herhangi bir yuvarlamanın uygun olup olmadığı ile ilgili işaretleri saklar. REM matrisinin bazı ilginç özellikleri vardır; örneğin her bir satır ve sütundaki 1'lerin sayısı sabittir. Diğer bir ifadeyle S_{REM}^i ve D_{REM}^j değerlerinin her ikisi de (REM matrisinin sırasıyla satır ve sütün toplamlarının marjinalleri) tamsayıdır. Bu özelliği REM matrisini REM1 ve REM2 olarak iki alt matrise dönüştürmede kullanacağız. REM=REM1+REM2, $S_{REM1}(i)=S_{REM2}(i)=S_{REM}(i)/2$, i=1,2,…,k. $D_{REM1}(j)=D_{REM2}(j)=D_{REM}(j)/2$, j=1,2,…n. V_3 ve V_4 çocukları ise aşağıdaki oluşturulur:

$V_3=DIV+REM_1$

$V_4=DIV+REM_2$

Aşağıdaki örnek 4'de bu işlem daha detaylı gösterilmiştir.

Örnek 4: Örnek 3 de incelenen problemi aynen kullanalım. Aşağıdaki V_1 ve V_2 matrislerinin çaprazlama için seçildiğini varsayalım.

$$V_1 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 7 & 0 \\ 0 & 4 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 4 & 0 & 5 \\ 0 & 0 & 6 & 0 & 0 \end{vmatrix} \qquad V_2 = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 5 & 0 & 3 \\ 0 & 4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 5 & 7 & 0 \\ 3 & 1 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix}$$

DIV ve *REM* matrisleri ise aşağıdaki gibi olacaktır.

$$DIV = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 2 & 3 & 1 \\ 0 & 4 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 4 & 3 & 1 \\ 1 & 0 & 3 & 0 & 1 \end{vmatrix} \qquad REM = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

REM_1 ve REM_2 matrisleri aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$REM_1 = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} \qquad REM_2 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

Son olarak V_3 ve V_4 çocukları elde edilir.

$$V_3 = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 3 & 3 & 2 \\ 0 & 4 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 4 & 4 & 2 \\ 2 & 0 & 3 & 0 & 1 \end{vmatrix} \qquad V_4 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 4 & 1 \\ 0 & 4 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 5 & 3 & 3 \\ 1 & 1 & 3 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Genetik algoritmaların matris yapısında çözümü yukarıda açıklanan prosedürlere dayanmaktadır. Vektör yapısı ve matris yapısıyla çözümler ve çözümlerin karşılaştırılması sonraki bölümde gösterilmektedir.

4. Deneyler ve Bulgular

Standart lineer ulaştırma probleminin çözümü için vektör gösterimli ve matris gösterimli genetik algoritmalar geliştirilmiştir ve farklı problemlerin çözümü için kullanılmıştır. Buradaki amaç vektör ve matris gösterimlerinin hangisinin daha iyi olduğunu tespit etmekten çok problem boyutuna bağlı olarak genetik gösterimlerinin etkinliğinin karşılaştırılmasıdır. Oluşturulan genetik algoritmalar farklı boyutlarda rasgele oluşturulan ulaştırma problemleri için çözülerek performansları karşılaştırılmıştır. Ayrıca literatürdeki iki problem[17] için de karşılaştırmalar yapılmıştır.

Öncelikle oluşturulan her bir problem standart ulaştırma algoritmaları ile çözülerek optimal çözüm tespit edilmiştir. Bu bilgi genetik algoritmalarda durdur-

[17] Hamdy A. Taha, H.A., *Operations Reseach: An Introduction*, Prentice Hall, NJ.,1994, pp.182.; Wayne L. Winston, *Operations Research: Applications and Algorithms*, Duxbury Press, The USA,1994, pp.338.

ma kriteri olarak kullanılmıştır. Karşılaştırma için kullanılan problemlere ait bilgiler Tablo 4'de görülmektedir.

Tablo 4. Karşılaştırmada Kullanılan Problemler ve Özellikleri

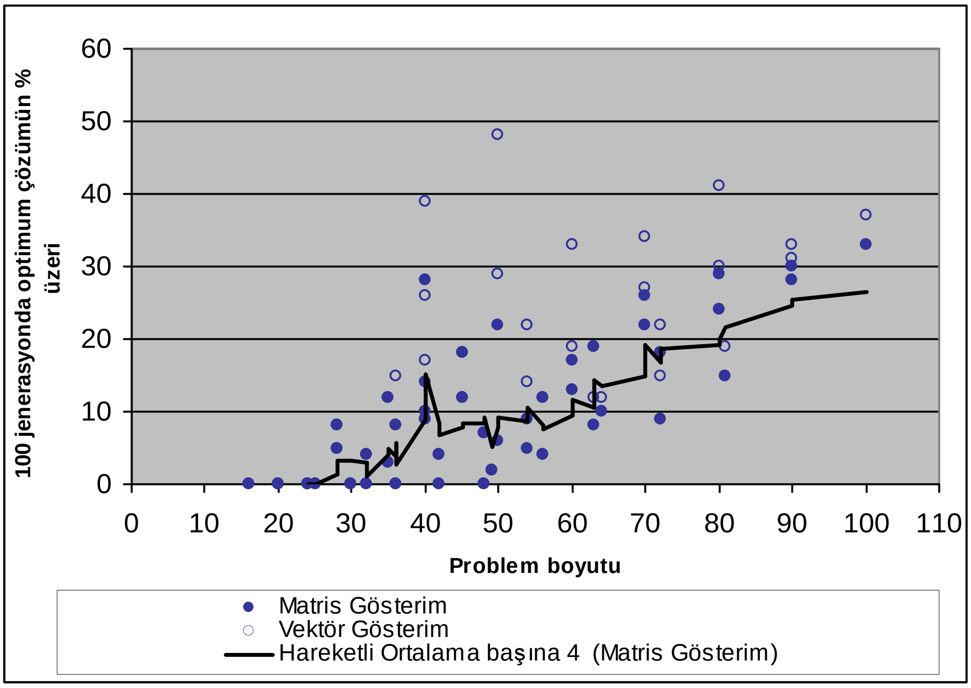
Problem No	**Boyut**	**Referans**
Prob1 – Prob2	4x4 – 10x10	Rasgele üretilmiştir
Taha	3x4	Taha(1994)
Winston	9x5	Winston(1994)

Genetik algoritma gösterimlerinin karşılaştırılması için kullanılabilecek kriterlerin başında optimum çözüm elde edilirken ulaşılan jenerasyon sayısıdır. Jenerasyon sayısı değerinin işlem ve hesaplama zamanı ile ilişkili olduğu açıktır. Bazı durumlarda parametrelerin bazı değerleri için optimum çözüme ulaşılamadan süreç sonlandırılmaktadır. Ayrıca jenerasyon sayısını etkileyen en önemli faktörlerden birisi de başlangıç çözümüdür. Genetik algoritma rasgele oluşturulan başlangıç çözümünü evrimleştirerek çalıştığından başlangıçtaki değerler optimuma ulaşmak için gerekli jenerasyon sayısını direkt olarak etkilemektedir.

Performans karşılaştırmasında kullanılabilecek bir diğer önemli kriter de belirli bir jenerasyon sayısı için en iyi çözümün optimum çözüme yakınlığıdır. Bu çalışmada 100 jenerasyon da optimum çözüme % yaklaşma derecesi kullanılmıştır. Ayrıca 1000 jenerasyon için yapılan deneylerde, jenerasyon sayısına ulaşılmadan optimum çözümün yakalandığı görülmüştür.

Genetik algoritmaların performansını etkileyen çok sayıda parametre olduğundan, öncelikle bazı parametre değerlerini karşılaştırma için sabitledik. Popülasyon büyüklüğü 50 ve yeniden üretime katılacak birey sayısı 25 (popülasyonun %50'si) olarak belirlenmiştir. Bu değer aynı zamanda her bir jenerasyonda çıkarılacak bireylerin sayısının da 25 olduğunu göstermektedir. Çaprazlama yöntemi olarak basit sıralı çaprazlama yöntemi seçilmiş ve yeni nesile seçilen bireylerin tümü çaprazlanmıştır. Mutasyon işlemi için ise gen takası mutasyonu benimsenmiş ve genler %1 ihtimalle mutasyona tabi tutulmuştur.

Matlab ortamında geliştirilen genetik algoritmalar belirlenen test problemleri için Pentium 4 1.8 Ghz işlemcili, 512 Mb Ram e sahip bir bilgisayarda çalıştırılmıştır. Vektör ve matris gösterim şekilleri için 100 jenerasyonda optimum çözüme % yaklaşma oranları şekil 4'de görülmektedir.



Şekil 4. Matris ve vektör gösterimlerin optimum çözüme % yaklaşma oranları

Burada dikkat edilmesi gereken nokta problem boyutunun optimum çözüme yaklaşma oranı üzerinde büyük etkiye sahip olduğudur. Dikkate alınan tüm problem boyutlarında matris yapısı vektör gösterimine göre optimum çözüme daha yakın değerler üretmiştir. Ayrıca matris gösterimi vektör gösterimine göre kolay kodlanabilirdir. Bu özellik kod basitliği açısından da matris gösterimine avantaj sağlamakta, işlem zamanı etkilemektedir.

5. Sonuç

Bu çalışmada standart lineer ulaştırma probleminin genetik algoritmalar ile çözüm yöntemi ve bu çözüm yönteminde kullanılabilecek vektör gösterim yapısı ve matris gösterim yapısı açıklanarak performansları değerlendirilmiştir. Daha karmaşık yapıya sahip (çok aşamalı çok amaçlı ulaştırma problemleri) problemlerin çekirdeğini oluşturan standart lineer ulaştırma problemi için açıklanan prosedürler, çok boyutlu olarak dikkate alınarak daha karmaşık boyutlu ulaştırma problemlerine uygulanabilir.

Yapılan deneyler sonucu dikkate alınan problem boyutlarında matris gösteriminin vektör gösterimine göre daha iyi sonuçlar verdiği, optimum çözümün üzerinde kalma yüzdesinin daha küçük değerlerde olduğu görülmüştür. Ancak problem boyutunun bu sonuçlar üzerindeki büyük etkisi açıktır. Yani bazı problem boyutlarında vektör gösterimi matris gösterimiyle eş başarıda sonuçlar üretmiştir.

Modern sezgisel yöntemlerden olan genetik algoritmaların ulaştırma probleminin çözümünde kullanılması gerçek hayat koşulları düşünüldüğünde zaman ve çabukluk açısından önemli avantajlar sağlayabilecektir. İleriki çalışmalarda daha karmaşık ulaştırma problemi türleri için genetik algoritmalar ile çözüm yaklaşımı araştırılarak algoritmanın etkin olarak kullanılabildiği problem sahaları genişletilebilir.

KAYNAKÇA

Amiri, A., Designing a distribution network in a supply chain system: Formulation and efficient solution procedure, *European Journal of Operational Research*, Vol. 171, No.2, 2006, pp. 567–576.

Aytug, H., Khouja, M., and, Vergara, F. E.., Use of genetic algorithms to solve production and operations management: a review, *International Journal of Production Researches*, Vol. 41, No.17, 2003, pp. 3955–4009.

Beamon, B. M., Supply chain design and analysis: models and methods, *International Journal of Production Economics*, Vol. 55, 1998, pp.281–294.

Chan, F. T. S., Chung, S. H., and, Wadhwa, S., A hybrid genetic algorithm for production and distribution, *Omega*, Vol. 33, 2004, pp. 345–355.

Chen, C., and, Lee, W., Multi-objective optimization of multi-echelon supply chain networks with uncertain product demands and prices, *Computers and Chemical Engineering*, Vol. 28, 2004, pp. 1131–1144.

Dimopoulos, C., and, Zalzala, A. M. S., Recent developments in evolutionary computation for manufacturing optimization: Problems, solutions and comparisons, *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, Vol. 4, No.2, 2000, pp.93–113.

Erenguc, S. S., Simpson, N. C., and, Vakharia, A. J., Integrated production/distribution planning in supply chains: An invited review, *European Journal of Operational Research*, Vol. 115, 1999, pp.219–236.

Erol, I., and, Ferrell, W. G. Jr., A methodology to support decision making across the supply chain of an industrial distributor, *International Journal of Production Economics*, Vol.89, 2004, pp.119–129.

Gen, M., and, Cheng, R., *Genetic algorithms and engineering optimization*. New York: Wiley, NY, 2000.

Gen, M., and, Syarif, A., Hybrid genetic algorithm for multi-time period production / distribution planning, *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 48, No. 4, 2005, pp. 799–809.

Goldberg D. E., *Genetic Algorithms in Search, Optimization* & *Machine Learning.*Reading, Addison Wesley, MA, 1989.

Guillen, G., Mele, F. D., Bagajewicz, M. J., Espuna, A., and, Puigjaner, L., Multiobjective supply chain design under uncertainty, *Chemical Engineering Science*, Vol. 60, 2005, pp.1535–1553.

Jayaraman, V., and, Pirkul, H., Planning and coordination of production and distribution facilities for multiple commodities, *European Journal of Operational Research*, Vol. 133, 2001, pp. 394–408.

Jayaraman, V., and, Ross, A., A simulated annealing methodology to distribution network design and management, *European Journal of Operational Research*, Vol. 144, 2003, pp. 629–645.

Karaoğlan, İ., Altıparmak, F., Konkav Maliyetli Ulaştırma Problemi için Genetik Algoritma Tabanlı Sezgisel bir Yaklaşım, *Gazi Üniversitesi Mimarlık Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Cilt.20, 2005, sayfa: 443-454.

Paksoy, T., Tedarik Zinciri Yönetiminde Dağıtım Ağlarının Tasarımı Ve Optimizasyonu: Malzeme İhtiyaç Kısıtı Altında Stratejik Bir Üretim-Dağıtım Modeli, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Sayı:14, 2005, sayfa: 435-454.

Pontrandolfo, P., and, Okogbaa, O. G., Global manufacturing: a review and a framework for planning in a global corporation, *International Journal of Production Research*, Vol. 37, No. 1, 1999, pp. 1–19.

Sabri, E. H.,and, Beamon, B. M., A multi-objective approach to simultaneous strategic and operational planning in supply chain design,*Omega*,Vol.28,2000,pp. 581–598.

Syam, S. S., A model and methodologies for the location problem with logistical components, *Computers and Operations Research*, Vol. 29, 2002, pp.1173–1193.

Syarif, A., Yun, Y., and, Gen, M., Study on multi-stage logistics chain network: A spanning tree-based genetic algorithm approach, *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 43, 2002, pp. 299–314.

Taha, H.A., *Operations Reseach: An Introduction*, Prentice Hall, NJ.,1994.

Truong, T. H., and, Azadivar, F., Optimal design methodologies for con.guration of supply chains, *International Journal of Production Researches*, Vol. 43, No.11, 2005, pp. 2217–2236.

This document was created with Win2PDF available at http://www.win2pdf.com.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.