



Lojistikte Taşıma Şekillerinin Belirlenmesi: Bir Kombine Taşımacılık Örneği

Bahadır GÜLSÜN^{1*}, Burak ERKAYMAN²

¹Doç. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü,
orcid id: 0000-0003-2660-8041

²Dr. Öğr. Üyesi, Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü,
orcid id: 0000-0002-9551-2679

Geliş Tarihi/Received: 13.07.2018

Kabul Tarihi/Accepted: 08.08.2018

Araştırma Makalesi/Research Article

ÖZET

Bu çalışmada, Türkiye'nin en büyük problemlerinden biri olan ulaştırma, lojistik sektörü içerisinde incelenmiştir. Kombine taşımacılığın önemi, uygulanabilirliği, avantajları-dezavantajları ve geleceği tartışılmıştır. Burada Türkiye için ortaya konulan problem Gezgin Satıcı Problemi (GSP)'nin bir çeşididir. GSP bir ulaştırma ağı tasarımında kullanılabilir. Gezgin Satıcı Problemlerini çözme metotları ikiye ayrılır. Bunlardan birincisi kesin sonucu bulan algoritmalar, diğeri ise yaklaşık sonucu bulan sezgisel algoritmalar. Çözümün alacağı zaman ve çözümün karmaşıklığı seçilecek olan çözüm metodunu değiştirebilir. Oluşturulan problem PyGenetix yazılımı ile çözülmüş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Bu çalışmada çözüm için optimizasyon tekniklerinden biri olan Genetik algoritmaları önerilmiş ve bir Genetik Algoritmalar tabanlı yazılım ile çözülmüştür. Programın çıktıları, Türkiye'de verimli ve etkin bir ulaştırma ağı tasarımı konusunda gerçekçi fikirler vermiştir.

Anahtar kelimeler: Kombine Taşımacılık, Ulaştırma Ağı, Genetik Algoritmalar, Lojistikte Taşımacılık.

Determining Transportation Types in Logistics: An Application of Combined Transportation

ABSTRACT

In this study, one of the major problems of Turkey; "transportation" is examined in logistics. The importance, applicability, advantages-disadvantages and the future of Combined Transport is discussed. The solution which is created for the case of Turkey here, is a kind of

Traveling Salesman Problem (TSP). TSP can be used to design a transportation network. Methods to solve the TSP problems are classified in two groups. First of these is exact algorithms, and the other is heuristics. The time of solution and the complexity of the solution can change the methods which will be used in the problem. Created problem is solved by the PyGenetix software and the conclusions are analyzed. In this study, Genetic Algorithms is proposed as an optimization technic for the problem and solved by Genetic Algorithms based software. Outputs of the program give realistic ideas to design an effective and productive transportation network in Turkey.

Keywords: Combined Transport, Transportation Networks, Genetic Algorithms, Transportation in Logistics.

1. GİRİŞ

Son yıllarda tüm dünyada hızlı bir teknolojik ve ekonomik gelişme yaşanmaktadır. Bunun sonucunda tanımı, önemli değişikliklere uğrayan geleneksel taşımacılık ve ulaşım anlayışı çağımızda lojistik kavramı içinde ele alınmaktadır. Bu gelişmeler, küreselleşme dediğimiz olguyu her geçen gün daha da ileriye götürmektedir. Böylelikle rekabet ortamı da küresel düzeye taşınmaktadır. Küresel düzeyde yaşanan rekabet şirketleri pazar payını muhafaza etmek ve artırmak için ürünlerini daha hızlı hazırlamaya ve zamanında, çabuk teslim etmeye doğru zorlamaktadır. Günümüzde üretim maliyetlerinin birbirine yakın değerler arz ettiği bir ortamda rekabet edebilir olabilmek açısından lojistik hizmetlerin önemi artmıştır. Lojistik faaliyetler üzerinde yapılacak uyarlamalarla rakiplerin bir adım önünde olmak mümkün olabilmektedir. Ancak ülke sınırları içindeki işlemler ile tedarik zinciri sürecinin karmaşıklığı bütün bunların yapılmasını güçleştirmektedir. Bu değişiklik; sürekli olarak yeni pazarlar, yeni ürünler, yeni önlemler, yeni fabrika ve tesisler, yeni tehditler ve olanaklara eşlik etmektedir. Sorun; şirketlerin bu güç alanlarda piyasa payını ve karlılığı nasıl arttırmayı başarabilecekleridir. Böyle bir rekabet ortamında pazar payının ve karın arttırılabilmesinin ve muhafazasının en önemli ayağı, düşük maliyetle girdi teminini ve malların rekabet edebilir fiyatlarla ve zamanında piyasaya sunulmasını sağlayan lojistik faaliyetlerdir. Diğer bir deyişle, verilen lojistik hizmetin kalitesi uluslararası pazarlarda rekabet edebilmenin önemli bir unsuru olarak karşımıza çıkmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde ekonomik gelişme ve yaşam kalitesinin arttırılması için ulaştırma politikalarında topyekûn bir dönüşüm kaçınılmazdır. Yolcu ve eşya taşımacılığı, tüm taşıma türleri boyutunda yurtiçi ve yurtdışı

etkileşimler göz önünde bulundurularak ele alınmalıdır. Lojistik sektörünün gelişmesi birçok alanda uluslararası standartların sağlanmasından geçmektedir (Erkayman, 2007:10).

Ülkemizde ve dünyada kullanılan taşıma şekilleri havayolu, karayolu, denizyolu, demiryolu, boru hattı taşımacılığı ve günümüzde en yaygın ve çağdaş nakliye metodu olan modlar arası, çok modlu veya kombine taşımacılık, ürünün hareket hızını kesmeden, ölçeğini değiştirmeden birden fazla yöntemle yapılan taşımacılıktır. Bu çalışmanın ikinci bölümünde lojistikte taşıma ve dağıtım şekilleri, lojistikte taşıma şekillerinin önemi ve bunların şirketler arası rekabette ne oranda etkili olduğu ele alınmıştır. Üçüncü bölümde, günümüzün en çağdaş ve etkin taşıma şekli olan “Kombine Taşımacılık” tüm yönleri ile ele alınarak lojistikteki yeri ve önemi üzerinde durulmuştur. Dördüncü bölümde, taşıma şekillerinin belirlenmesinde kullanılan optimizasyon tekniklerinden biri olan Genetik Algoritmaların incelenmesine ayrılmıştır. Çalışma oluşturulan problemin bir genetik algoritma tabanlı yazılım ile çözülüp sonuçlarının değerlendirilmesi ile tamamlanmıştır.

2. KOMBİNE TAŞIMACILIK

Ulaştırma, “bir yarar sağlamak üzere ekonomik, hızlı ve güvenli olarak kişi veya eşyanın yerlerinin değiştirilmesi” olarak tanımlanabilmektedir.

Ulaştırma türü seçiminde birbiriyle yakından bağlantılı bazı faktörler önem kazanmaktadır. Bunlar;

- Maliyet
- Hız
- Kalite
- Verimlilik ve esneklik
- Güvenlik
- Konfor
- Çevrenin korunması
- Kullanılan enerji miktarının minimum olması
- İlk tesis ve bakım onarım kolaylığı

gibi faktörlerdir (Kayabaşı, 2007: 23) .

Yolcu ve yük taşımacılığında ekonomi, hız, güvenlik ve konfor her ulaşım türünde aranması gereken özelliklerdir. Bunların yanı sıra çevreyi en az kirletmesi, ülkede mevcut

enerji kaynaklarını kullanması ve bu sırada yolcu-km veya ton-km başına tükettiği enerjinin minimum olması, ilk tesis ve bakım / onarım kolaylığı, ulaştırma türlerinin tercihinde göz önünde tutulması gereken diğer temel unsurlardır (Şahbaz ve Yüksel, 2008: 25).

Ulaştırma sistemlerinin birbirlerine karşı avantajlarının birbirlerini bütünleyecek şekilde değerlendirilmesi ile oluşturulan “kombine taşımacılık” önemli bir seçenek olarak düşünülmektedir. Ulaştırma faaliyetinin yerine getirilmesinde farklı ulaştırma sistemlerinden yararlanılmaktadır. Bu sistemler, karayolu taşımacılığı, havayolu taşımacılığı, denizyolu taşımacılığı, demiryolu taşımacılığı ve boru hattı taşımacılığıdır.

Artan uluslararası rekabet ortamında, taşımanın daha süratli ve ekonomik bir şekilde gerçekleştirilmesi bir zorunluluk haline gelmiştir. Günümüzde işletmeler dünya pazarlarına ulaşmak için taşımacılık hizmetlerinden faydalanmak zorundadırlar. İşletmelerin rekabet avantajlarını korumak için ürünlerini müşterilerin kapısına kadar taşıyacak ekonomik çözümlere ihtiyaçları vardır. Kombine taşımacılık, daha sık yük taşımacılığı için kullanılmaktadır. Bununla birlikte, yolcu taşımacılığı için de yaygın olarak kullanılabilir. Yolcuların havaalanlarına ulaşmak için, demiryolu veya başka bir ulaşım sistemi kullanması buna örnek olarak gösterilebilir. Ne var ki, kombine yolcu taşımacılığı, yani tek bilet ile iki veya daha çok ulaşım sisteminin kullanılmasının yaygın olmadığı düşünülse de, paket halinde satılan tatiller buna örnek oluşturabilir. Hızlı tren ve uçak taşıma araçlarının ardışık ve tek bilet ile kullanılmasını sağlayan kombine yolcu taşımacılığı sistemleri mevcuttur. Karayolu taşımacılığına alternatif oluşturmak için çok modlu taşımacılığın önemine dikkat çekilmektedir. Ancak bugüne kadar iyi demiryolu ya da kanal bağlantılarına sahip birkaç liman haricinde kayda değer başarı sağlanamamıştır. Bu nedenle, tüm taşıma türlerini birleştirerek etkin şekilde yönetilen bir taşıma zinciri oluşturmak için taşımacılık kapasitesi artırılarak taşıma şekillerinin tam olarak bütünleştirilmesi amaçlanmaktadır.

Ulaştırma problemi türleri ve çözüm yöntemleriyle ilgili oldukça geniş bir literatür bulunmaktadır. Lojistik, kombine taşımacılık, optimizasyon teknikleri, simülasyonlar vb. birçok konu farklı boyutlarıyla ele alınmıştır. Çok modlu taşımacılıkta yer rotalama problemi zaman penceresi ve bulanık talepler dahil edilerek iki parçalı genetik algoritmalar yöntemi yardımıyla çözülmüştür (Fazayeli vd., 2018: 233). Bir petrokimya üreticisi için iki hedefli çok modlu taşıma planlama problemi bir uygulama olarak ele alınmıştır (Tokcaer ve Özpeynirci, 2018: 72). Şehir içi çok modlu taşımacılık ile ekonomik gelişim arasındaki birliktelik bir otopregresyon modeli yardımıyla incelenmiştir (Zhao vd., 2018: 56). Çok modlu taşıma

rotalarının düşük karbon salınımı çerçevesinde değerlendirilmesiyle ilgili bir çalışma da mevcuttur (Liu ve Liu, 2018). Çok modlu taşımacılık ağ tasarımı çok etmenli bir model kullanılarak yapılmıştır (Vanukuru ve Velaga, 2018). Kombine taşımacılıkta taşıma rotalarıyla ilgili karar verme problemi bir meşrubat firması için modellenmiştir (Kaewfak ve Ammarapala, 2018). Kombine taşımacılıkta şebeke akış probleminin çözümü için ürünlerin korunmasını da dikkate alan bir meta sezgisel yöntem önerilmiştir (SteadieSeifi vd., 2017: 321).

Taşımacılıkta lojistik anlayışının gelişmesi birçok ulaştırma türünden verimli ve etkin bir şekilde yararlanma fırsatı doğurmuştur. Daha önce de belirtildiği gibi bir ulaştırma sistemi, farklı özelliklere sahip demiryolu, denizyolu, karayolu, havayolu ve boru hattı taşımacılığı gibi çeşitli alt sistemlerden oluşur ve hepsinin artıları ve eksileri vardır. Örneğin demiryolları, yük taşımacılığında uzun mesafelerde, kendi değeri ve zaman değeri düşük olan yük cinslerinde, kapıdan kapıya taşıma zorunluluğu olmayan büyük miktardaki ve sürekli taşımalarda tercih edilmesi gereken bir ulaştırma türü iken kısa mesafelerde, kırılabilir ve bozulabilir, zaman değeri yüksek olan, kapıdan kapıya taşınması gereken mallarda karayolu ulaştırmasının kullanılması daha uygundur.

Küreselleşme ile birlikte son yıllarda tüm dünyada benimsenen yaklaşım, lojistikte taşımacılığı bütün bir sistem olarak görüp, bu sistemin alt sistemleri olarak tanımlayabileceğimiz ulaştırma alt sistemlerinden en etkin şekilde faydalanma yaklaşımıdır. Yüklerin bir ve aynı yükleme ünitesinde birbirini izleyen iki ya da daha fazla ulaştırma sistemi ile taşındığı, Avrupa kısmındaki taşımanın büyük kısmının denizyolu, demiryolu veya nehir yolu ile gerçekleştiği, yükün çıkış ve/veya varış noktasına ulaşımında karayolunun kullanılarak kapıdan kapıya taşınmasıdır (Erkayman, 2007).

Çoklu veya birleşik ulaşım hizmeti olarak tanımlanan kombine taşımacılık, tek bir ileticinin yükün yolculuğunun bütünden sorumlu olması ve yolculuk boyunca taşıma türlerinden birden fazlasının kullanılması anlamına gelmektedir.

Kombine taşımacılık; karayolu, havayolu, denizyolu, demiryolu ve boru hattı gibi taşıma sistemlerinden başka bir ifade ile kamyon, tren, gemi, uçak gibi taşıma araçlarından en az ikisini kullanarak taşımaya konu malların göndericiden alıcıya taşıma üniteleri içerisinde taşınması sürecinin tamamını kapsayan taşıma sözleşmesine dayalı bir taşımacılık türüdür. Kombine taşımacılık; genellikle taşıma isleri organizatörleri (freight forwarder) aracılığıyla,

kombine taşımacılık operatörü (Combined Transport Operatör) olarak yürütülür. Bu tür taşımacılıkta konteynerlerle taşımacılık yaygın olarak kullanılmaktadır (Demir, 2006).

Bu tanımlara göre kombine taşımacılık hizmetini kapıdan-kapıya veya depodan-depoya verilen bir hizmet olarak görmek ve malın teslimine kadar yolculuğun bütünü için müşterinin taleplerinin tümünün yerine getirildiği bir taşıma şekli olarak kabul etmek mümkündür.

Böylece taşımacılıkta etkinliği artırmak mümkün olurken, diğer taraftan ulaştırma türleri arasında da dengeli dağılımın sağlanması mümkün olacaktır. Kombine taşımacılıkta karşılaşılabileceğimiz ulaştırma biçimlerinden bazıları aşağıdaki gibidir:

Denizyolu-Karayolu (RO-RO)

Denizyolu-Demiryolu (RO-LA)

Denizyolu-Demiryolu-Karayolu

Karayolu-Denizyolu-Karayolu-Demiryolu

Son yıllarda ortaya çıkan kombine taşımacılık, farklı yapıdaki lojistik işlemlerinin uzman işletmecilik anlayışı ile bütünleştirilmesi gereğinden doğmuştur. Kombine taşımacılık yani çoklu taşımacılık, malların istenilen noktaya ulaştırılmasında karayolu, demiryolu, denizyolu ve havayolu gibi temel taşıma türleri kullanılarak, birbirine entegre ve organize biçimde gümrükleme, elleçleme ve depolama faaliyetlerini de kapsayarak etkili ve verimli bir şekilde gerçekleştirilmesidir.

3. GENETİK ALGORİTMALAR

Genetik algoritmalar yapay zekanın oldukça hızlı ilerleyen konularından olan evrimsel hesaplama yönteminin kullanışlı parçalarından birini oluşturmaktadır. Evrimsel hesaplama tekniğinin bir parçası olan genetik algoritmaların esin kaynağı olarak Darwin'in evrim teorisini esas aldığı adından da anlaşılmaktadır. Herhangi bir problemin genetik algoritmalar yardımı ile çözümü, problemi bilgisayar programları yardımıyla evrimden geçirilerek yapılmaktadır.

Genetik algoritma geleneksel yöntemlerle çözümü zor veya imkânsız olan problemlerin çözümünde kullanılmaktadır (Mansfield, 1990; Konuralp vd., 1998: 9; Gizolme

vd., 1998: 263). Genetik algoritmaların endüstriyel uygulamalar, optimizasyon ve sınıflandırma sistemleri olmak üzere genel anlamda üç uygulama alanı bulunmaktadır.

Genetik algoritmalar çok geniş bir alanda kendine çalışma imkanı bulmuş oldukça kullanışlı bir evrimsel yöntemdir. Gıda sektöründen ulaştırma sektörüne, üretim hattı dengelemeden parça kesim problemlerine kadar yeterince iyi sonuçlar verdiği ispatlanmıştır. Örneğin evrimsel algoritmalar için bir seçim yöntemi altın seçime dayalı olarak geliştirilmiştir (Cuevas vd., 2018: 183). GSM hücresel şebeke kullanıcılarının hareketlilik yönetimi için uyarlanabilir bir genetik algoritma geliştirilmiştir (Dahi vd., 2018: 290). Büyük ölçekli içerik teslim ağlarında veri replikasyonu için bir genetik algoritma önerilmiştir (Fatin vd., 2018). Zaman bağımlı stokastik ortamda kişisel günlük tur rotalarının oluşturulması için evrimsel bir algoritma çalışması sunulmuştur (Liao ve Zheng, 2018: 284). Bunlarla beraber, sürdürülebilir çoklu depolu acil durum tesisleri yerleşim seçimi için (Zhang vd., 2018: 506), müşteri kümelemeye dayalı zaman pencereli yerleşim rotalama problemi için (Wang vd., 2018: 244) ve sağlık sektöründe eş zamanlı teslim-toplama problemlerinin (Shi vd., 2018: 218) çözümünde de genetik algoritmalarından yararlanılmıştır.

Genetik Algoritma Tekniğinde, çözüme ilk önce kromozomlarla ifade edilen ve nüfus (popülasyon) denilen çözüm kümesi ile başlanır. Bir gruptan alınan sonuçlar bir öncekinden daha sağlıklı olması beklenen yeni bir popülasyon oluşturmak için kullanılır. Yeni popülasyon oluşturulması için bulunan çözümler arasından uyumluluklarına göre seçim yapılır. Çünkü uyumlu çözümlerin daha iyi sonuçlar üretmesi daha olasıdır. Bu adımlar arzu edilen çözüme ulaşıncaya kadar devam ettirilir.

3.1. Genetik Algoritma Aşamaları

1. Adım-Başlangıç: n adet kromozomdan bir popülasyon meydana getirilir (Uygun çözüm).

2. Adım- Uyumluluk: her x kromozom için $f(x)$ uyumluluğu değerlendirilir.

3. Adım- Yeni popülasyon Oluşturulması: Yeni popülasyon meydana gelinceye kadar şu adımlar tekrar edilir:

*Seçim: İki ebeveyn kromozom uyumluluklarına göre seçilir (seçilme şansını artırmak için daha iyi uyuma sahip olanlar daha yüksek olasılıkla seçilir).

*Çaprazlama: Yeni bir birey meydana getirmek için ebeveynlerin genleri bir çaprazlama ihtimaline göre çaprazlanır. Çaprazlama yapılmadığı durumlarda yeni birey ebeveynlerden birinin aynısı olacaktır.

*Mutasyon: Yeni bireyin kromozom içindeki konumu mutasyon ihtimaline göre değiştirilir.

*Ekleme: Yeni fert yeni çözüm popülasyonuna eklenir.

4. Adım- Değiştirme: Algoritma yeniden çalıştırılır ve ortaya çıkan yeni popülasyon kullanılır.

5. Adım- Test: İyi bir sonuca ulaşıldığı düşünülüyorsa algoritma tekrar çalıştırılmaz ve elde edilen nihai popülasyon çözüm olarak kabul edilir.

6. Adım- Döngü: Eğer gerekiyorsa 2. adıma dönlür.

Genetik algoritmaların bu genel yapısı onun her hangi bir probleme kolaylıkla uygulanmasını mümkün kılmaktadır. Kromozomlar genellikle ikili düzendeki sayılarla tanımlanır. Çaprazlama için iyi bireyler seçilir.

GA kullanılarak bir problem çözülecekse algoritmanın ne zaman sonlanacağına kullanıcı karar vermektedir. GA'nın kesin bir sona erme ölçütü yoktur. Sonuç, problem çözücüyeye göre yeteri kadar uygunsa veya uyguna yakınsa algoritma durdurulabilir.

Çaprazlama ve mutasyon işlemleri Genetik algoritmaların en önemli iki sürecidir. Bu süreçler genelde rasgele, bir ihtimal değeri ile uygulanır.

Bir kromozom aşağıdaki şekilde ikili sayılarla temsil edilebilir:

A Kromozomu 1101100100110110

B Kromozomu 1101001001011010

Kromozom sunduğu çözümle ilgili bilgiyi barındırmalıdır. Her kromozom ikili diziden meydana gelir. Dizi içindeki bit denilen her bir sayı tamamen bir sayıyı temsil edilebildiği gibi bir çözümün yapısını da temsil edebilir.

Kromozom en çok ikili (binary) düzendeki sayı dizisiyle ifade edildiği bilinse de reel ya da tam sayılar şekli de faydalanılan bir ifade şeklidir. İkili düzenin tercih edilmesinin

sebebi basit olması ve bilgisayar sistemleri tarafından etkin, hızlı ve kolay işlenebilmesidir. Üreme işlemi belli bir seçme kriterine göre bireylerin seçilip yeni kuşağın oluşturulması işlemidir. Uyumluluklarına göre yeni bireyler seçilebilir ya da yeni nesle aktarılırken rasgele seçim yoluna gidilir.

Çaprazlama işlemi kromozomların temsil şekline karar verildikten sonra yapılabilir. Çaprazlama ebeveynlerden seçilen genlerin alınarak yeni fertler oluşturulması işlemidir.

Çaprazlamanın yapılacağı yer rasgele seçilir. Ortaya çıkan yeni fert ebeveynlerin çeşitli özelliklerini almış ve bir bakıma ikisinin çok benzeri olmuştur. Çaprazlama işleminin farklı yöntemlerle de yapılması mümkündür. Örneğin sadece bir çaprazlama noktası seçilmez. Daha başarılı sonuçlar almak amacıyla farklı çaprazlama şekilleri kullanılabilir.

Çaprazlama işlemi yapıldıktan sonra mutasyon işlemine geçilir. Mutasyon işleminin yapılma sebebi oluşan yeni bireylerin önceki bireylerin birebir kopyalanmasının önüne geçmek ve daha hızlı şekilde sonuca varmak amacıyla yapılır. Mutasyon işlemi ortaya çıkan yeni ferdin ikili düzende ifade edilmek koşuluyla bir bitini rasgele değiştirir.

Bütün bu işlemler gerçekleştiikten sonra en iyi uyumluluğa sahip olan fert kesinlikle bir sonraki nesle aktarılacaktır diye bir kural yoktur. Aktarılmasını sağlamak için bu işlemlerden sonra ortaya çıkan yeni kuşakta önceki kuşağın en iyi bireyi yeni kuşaktaki herhangi bir birey ile değiştirilir. Buna elitizm adı verilir.

Çaprazlama ihtimali ve mutasyon ihtimali olmak üzere genetik algoritmalarda iki basit parametre mevcuttur.

Çaprazlama ihtimali çaprazlama işleminin hangi sıklıkta yapılacağını gösterir. Çaprazlama ihtimalinin %0 olduğu yani çaprazlamanın hiç yapılmadığı durumlarda yeni fertler eski fertlerin aynısı olur ancak bu yeni kuşağın eski kuşakla aynı olacağı manasına gelmez. Eğer çaprazlama ihtimali %100 olursa yeni fertler tamamen çaprazlama yoluyla elde edilir. Çaprazlama işlemi eski fertlerin iyi tarafları alınarak elde edilecek yeni fertlerin daha iyi olması ümidiyle yapılır.

Mutasyonun yapılma sıklığını belirten mutasyon ihtimalidir. Mutasyon yapılmazsa yeni fert çaprazlama işlemi veya kopyalama işlemi sonrasında olduğu gibi kalır. Eğer mutasyon işlemi yapılırsa yeni ferdin bir kısmı değişir. Mutasyon oranı %100 olursa kuşaktaki fertler tamamen değişir, bu oran %0 olursa aynı kalır.

GA tekniğinin ihtiva ettiği farklı parametreler de vardır. Populasyon büyüklüğü en önemli parametrelerden biridir. Bu parametre bir kuşakta kaç adet fert birey olduğunu gösterir. Eğer yeterli sayıda kromozom yoksa GA çözüm aranan uzayın kısıtlı bir kısmını gezebilir ve çaprazlama işlemi için fazla seçeneği kalmaz. Eğer çok fazla sayıda kromozom varsa GA yavaş çalışır. Önceki çalışmalar göstermiştir ki belli bir sayıdan sonra populasyon sayısının artmasının bir yararı yoktur.

Yeni fertler rasgele ya da uyumluluğa göre seçilebilir. Yeni fertlerin tamamen rasgele seçilmesi yakınsamayı zorlaştırabilir. Tüm fertlerin uyumluluğa göre seçilmesi durumunda oluşan yeni kuşak içinde yerel yakınsamalar oluşması ihtimali belirir. Uyumluluk seçimi ve rasgele seçimin belli bir oranlarda yapılması bu sorunu çözebilir. Bu oranı ifade eden kavram Kuşak Farkı kavramıdır. Eğer kuşak farkı %100 ise yeni fertlerin hepsi uyumluluğa göre seçilmiş olur (ErKayman, 2007).

Ebeveynleri meydana getirmek için bazı fertlerin seçilmesi gerekir. Teoriye göre sağlıklı fertler yaşamını sürdürmeli ve bu fertlerden yeni fertler üremelidir. Seçim işlemi çeşitli ölçütlere göre yapılabilir. Rulet, Boltzman, turnuva seçimi, sıralı seçim bu işlem yöntemlerinden bazılarıdır (Kurt ve Semetay, 2001: 19).

4. PROBLEMİN TANIMLANMASI VE ÇÖZÜMÜ

Ele alınan probleme göre merkez fabrikaları İzmir ve İstanbul'da bulunan bir firmanın ürettiği ürünleri Ankara, İskenderun, Samsun ve Erzurum'daki dağıtım merkezlerine gönderdiği öngörülmüştür. Gönderilecek ürünlerin taşıma şekli için Türkiye'de kullanılan bütün taşıma türleri problemde hesaba katılmıştır. Bu çalışmanın amacına uygun olması itibarıyla de kaynaklar ve hedefler arasında gerek doğrudan gerek aktarmalı olarak bütün olası rotalar problemde düşünülmüştür.

Kaynak noktaları, diğer bir deyişle taşıma olayının başlangıç noktaları liman, hava limanı, demiryolu istasyonu ve karayolu ulaşımı imkânının bulunması ve aynı zamanda endüstri kuruluşlarının yoğun olarak bu şehirlerimizde yerleştiği göz önüne alınarak seçilmiştir.

İskenderun ve Samsun şehirleri deniz taşımacılığının da etkin kullanımının araştırılması bakımından özellikle seçilmiştir. Ankara şehrinin, Türkiye'nin coğrafi konumu itibarıyla merkezde bulunması sebebiyle ve yine ulaştırma ve dağıtım ağında kolaylık sağlayabileceği düşünülerek probleme konulmuştur. Problemde nihai maliyet hesabında

kullanılacak olan maliyet değerleri sektörde hizmet veren firmalardan temin edilmiş olup doğruluğu garanti edilmemektedir.

Problemde taşımaya konu olan ürün çürümeye ve bozulmaya karşı korumalı, kuru yükten ibaret olup, elleçlenmede ve taşınmada yüklenici firmalara hiçbir cezai sorumluluk yüklemeyen içeriktedir. Söz konusu yükün taşınması sürecinde zaman kısıtı yoktur veya yükün mahiyeti itibariyle ihmal edilebilir. Yükün akışı batıdan doğuya, kuzeyden güneye, güneyden kuzeye doğru olabilmektedir ve doğudan batıya her hangi bir akış olmamaktadır. Ayrıca kaynaklar arasında da herhangi bir alış-veriş mümkün değildir.

Taşımacılıkta kullanılan araçlar problemde bahsi geçen ulaştırma ağı içerisinde hareket edebilmektedirler. Bu maliyetlere araçların boş gitme (taşımama) maliyetleri, bakım, arıza ve yakıt giderleri de dâhil edilmiştir. Maliyet hesaplarında probleme konu olan şehirler arasındaki mesafeler her ulaştırma türü için hesaba katılmıştır.

Problemimizde toplam taşıma maliyeti hesaplanırken, taşınacak mal miktarı, taşıyacak aracın kapasitesi, yükün taşınacağı şehirlerarasındaki mesafe ve her bir taşıma aracının kilometre başına taşıma maliyeti esas alınmıştır.

$$\text{Taşıt Sayısı} = (\text{Taşınacak Miktar} / \text{Taşıt Kapasitesi}) + 1$$

$$\text{Toplam Maliyet} = (\text{Noktalar arası Mesafe}) * \text{Taşıt Sayısı} * \text{Taşıma Maliyeti}$$

İstanbul'dan Samsun'a havayolu, karayolu, denizyolu ve demiryolu ulaştırma alternatiflerinin tamamı mevcuttur. İstanbul'dan Ankara'ya havayolu, karayolu, demiryolu varken, İskenderun'a denizyolu, demiryolu ve karayolu ulaşımı vardır. Ayrıca İstanbul'dan Erzurum'a doğrudan, hiçbir yere uğramadan giden havayolu, karayolu ve demiryolu alternatifleri mevcuttur. İzmir'e gelince, İzmir'den İskenderun'a karayolu, demiryolu ve denizyolu seçenekleri bulunurken, Ankara'ya karayolu, havayolu, demiryolu ulaşımı mevcuttur. Bunun yanında İzmir'den Samsun'a aktarmasız havayolu, karayolu ve demiryolu ulaştırma türleri kullanılabilir. Bunların yansın Ankara'dan İskenderun, Samsun ve Erzurum'a karayolu ve demiryolu seçenekleri ulaşılabilir olup, Samsun ve Erzurum'a havayolu ulaştırma türü de mevcuttur. Samsun İskenderun arasında doğrudan karayolu ve demiryolu ulaştırma türleri bulunmaktadır.

4.1. Problem için PyGenetix Programının Çalıştırılması

Problemimiz için oluşturulan fonksiyonuna taşınacak yükün, hangi şehre hangi miktarda gideceğini girdikten sonra programın “Genetik Algoritmalar” ile çözümünün elde edilmesi için şu parametrelerde karar kılınmıştır:

Populasyon Sayısı: 10,

Kromozom Uzunluğu: 8 bit ($4 \times 2 = 8$)

Elitleme Oranı (Elitism Rate) : 0.1

Mutasyon Oranı: 0.8

Çaprazlama Oranı: 0.3

Elitlerin Sayısı: 1

Çaprazlanan Çiftlerin Sayısı: 1

Jenerasyon Sayısı: İsteğe göre değişebilir. Problemin kolaylık-zorluk derecesi uygun çözümün bulunma zamanında etkilidir. Burada problem nispeten daha kolay bir problem olduğu için program uygun çözümü ilk denemelerinde bulabilmiştir. Bununla ilgili ayrıntılı bilgi aşağıdaki çıktılarda görülebilir.

Tablolarda J.S. jenerasyon sayısını, K.B. uygun çözümün kaçınıcı jenerasyonda bulunduğunu, Ç.S. çözüm süresini, taşıma şekillerinde G harfi gemiyi, T harfi treni, K harfi ise karayolunu göstermektedir. Çizelge 1’de İzmir’den yola çıkan 50000 birimlik yükün 30000 birimlik kısmının Ankara’ya 20000 birimlik kısmının ise Erzurum’a teslim edildiği, programın İzmir- Ankara kısmı için 100 kez çalıştırıldığını, uygun çözümün 1. Çalıştırmada elde edildiğini, toplam maliyetinin 269000 TL olduğunu ve varış noktasına kadar Gemi-Tren-Tren ulaştırma şekilleriyle ulaştığını göstermektedir. Farklı taşıma senaryoları denenerek Çizelge 2, 3, 4, 5 ve 6’da gösterilmiştir.

Çalıştırılan program uygun çözümleri erken jenerasyon sayılarında bulduğu için çaprazlama ve mutasyon gibi Genetik Algoritma parametrelerinin sonraki denemeler için değiştirilmesine gerek duyulmamıştır.

Çizelge 1: İzmir-Ankara-Erzurum dağıtım planı program çıktısı

ÇIKIŞ	DURAK	VARIŞ	J.S.	K.B.	TOP.ML.	TAŞIMA	Ç.S.(sn)
İZMİR	SAMSUN(0) ANKARA(30000)	ERZ(20000)	100	1	296000	G-T-T	1,2
İZMİR	SAMSUN(0) ANKARA(30000)	ERZ(20000)	40	4	296000	G-T-T	0,9

Çizelge 2: İzmir-İskenderun-Erzurum dağıtım planı program çıktısı

ÇIKIŞ	DURAK	VARIŞ	J.S.	K.B.	TOP.ML.	TAŞIMA	Ç.S.(sn)
İZMİR	İSKENDERUN (30000)	ERZ(20000)	100	3	193000	G-T	1,3
İZMİR	İSKENDERUN (30000)	ERZ(20000)	40	1	193000	G-T	0,9

Çizelge 3: İzmir-Samsun-Erzurum dağıtım planı program çıktısı

ÇIKIŞ	DURAK	VARIŞ	J.S.	K.B.	TOP.ML.	TAŞIMA	Ç.S. (sn)
İZMİR	SAMSUN (30000)	ERZ(20000)	100	5	196000	G-T	1,2
İZMİR	SAMSUN (30000)	ERZ(20000)	40	1	196000	G-T	1,0

Çizelge 4: İstanbul-Ankara-Erzurum dağıtım planı program çıktısı

ÇIKIŞ	DURAK	VARIŞ	J.S.	K.B.	TOP.ML.	TAŞIMA	Ç.S. (sn)
İSTANBUL	SAMSUN(0) ANKARA(30000)	ERZ(20000)	100	1	269000	G-T-T	1,1
İSTANBUL	SAMSUN(0) ANKARA(30000)	ERZ(20000)	40	1	269000	G-T-T	1,0

Çizelge 5: İstanbul-İskenderun-Erzurum dağıtım planı program çıktısı

ÇIKIŞ	DURAK	VARIŞ	J.S.	K.B.	TOP.ML.	TAŞIMA	Ç.S.(sn)
İSTANBUL	İSKENDERUN (30000)	ERZ(20000)	100	1	212000	G-T	1,1
İSTANBUL	İSKENDERUN (30000)	ERZ(20000)	40	3	212000	G-T	0,9

Çizelge 6: İstanbul-Ankara-Erzurum dağıtım planı program çıktısı

ÇIKIŞ	DURAK	VARIŞ	J.S.	K.B.	TOP.ML.	TAŞIMA	Ç.S.(sn)
İSTANBUL	SAMSUN (30000)	ERZ(20000)	100	3	169000	G-T	1,2
İSTANBUL	SAMSUN (30000)	ERZ(20000)	40	1	169000	G-T	0,9

5. SONUÇLAR

Çalışmanın temel amacı lojistikte taşıma şekillerinin belirlenmesinde yapay zeka optimizasyon tekniklerinden olan genetik algoritmaları kullanarak taşımacılıkta taşıma türlerinin kombinasyonlarının kullanılmasının değişik çözümler üretebildiğini göstermektir.

Problemde ve çözümünde de görüldüğü gibi taşınacak her hangi bir mal Türkiye sınırları içerisinde sadece bir taşıma türü kullanılarak değil, taşıma türlerinin bir kombinasyonu ile de daha az maliyetle taşınabilmektedir. Burada taşınacak malın belirtilen hedefe taşınmasında olası bütün çözümlerin dikkate alınması en iyiye en yakın çözümün bulunmasında etkilidir. Ulaştırma modelinin bir sistemler topluluğu olduğu varsayılırsa, söz konusu alt sistemlerin birbirinden bağımsız kullanılması durumunda hız, esneklik, etkinlik gibi kriterlerin yerine getirilemeyeceği açıktır. Geliştirilen çözüm, farklı taşıma türlerinin biraraya getirilmesinin daha etkin ve esnek bir ulaştırma ağının oluşturulması açısından önemlidir. Ayrıca genetik algoritmalarla çözüm, geleneksel metotlarla aranan çözümün alacağı uzun zamandan tasarruf edilmesini sağlamaktadır.

REFERENCES / KAYNAKLAR

Cuevas, Erik, Luis Enríquez, Daniel Zaldívar & Marco Pérez-Cisneros. (2018). A Selection Method for Evolutionary Algorithms Based on the Golden Section. *Expert Systems with Applications*, 106:183-96.

Dahi, Zakaria Abdelmoiz, Enrique Alba & Amer Draa. (2018). A Stop-and-Start Adaptive Cellular Genetic Algorithm for Mobility Management of GSM-LTE Cellular Network Users. *Expert Systems with Applications* 106:290-304.

Demir, Şeref. (2006). Uluslararası Taşımacılık/Lojistik-KDV İstisnası ve İadesi. Gelirler Kontrolleri Derneği Yayını, İstanbul.

Erkeyman, Burak. (2007). Lojistikte Taşıma Şekillerinin Belirlenmesi.

Fatin, Hadi Zare, Shahram Jamali & Gholamreza Zare Fatin. (2018). Data Replication in Large Scale Content Delivery Networks: A Genetic Algorithm Approach. *Journal of Circuits, Systems and Computers*, 1850189.

Fazayeli, Saeed, Alireza Eydi & Isa Nakhai Kamalabadi. (2018). Location-Routing Problem in Multimodal Transportation Network with Time Windows and Fuzzy Demands: Presenting a Two-Part Genetic Algorithm. *Computers & Industrial Engineering*, 119:233-46.

Gizolme, Olivier, Frédéric Thollon, Guy Clerc & Gérard Rojat. (1998). Shape Optimization of Synchronous Machine Rotor. *International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics*, 9 (3):263-75.

Kaewfak, Kwanjira, and Veeris Ammarapala. (2018). The Decision Making of Freight Route in Multimodal Transportation. *Suranaree Journal of Science & Technology*, 25 (1).

Kayabaşı, Aydın. (2007). İşletmelerin Rekabet Gücünün Geliştirilmesinde Lojistik Faaliyetlerin Performansının Arttırılması: Üretim İşletmeleri Üzerine Bir Uygulama. DEÜ Sosyal Bilimleri Enstitüsü.

Konuralp, MS, AH Işık & E Taçgın. (1998). Salınan Kol-Kızak Mekanizmaların Kinematik Sentezini Genetik Algoritma Tekniğini Kullanarak Gerçekleştiren Bir Prototip Yazılım. *Uluslararası Makina Tasarım ve Đmalat Kongresi*, 9-11.

Kurt, Mustafa & Cumali Semetay. (2001). Genetik Algoritma ve Uygulama Alanları. *Mühendis ve Makine*, 42 (501), 19-24.

Liao, Zhixue & Weimin Zheng. (2018). Using a Heuristic Algorithm to Design a Personalized Day Tour Route in a Time-Dependent Stochastic Environment. *Tourism Management*, 68, 284-300.

Liu, Lele & Jie Liu. (2018). Study on Multimodal Transport Route Under Low Carbon Background. Paper Presented at the AIP Conference Proceedings.

Mansfield, RA. (1990). *Genetic Algorithms: University of Wales, College of Cardiff. School of Electrical Electronic and Systems Engineering.*

Shi, Yong, Toufik Boudouh, Olivier Grunder & Deyun Wang. (2018). Modeling and Solving Simultaneous Delivery and Pick-Up Problem with Stochastic Travel and Service Times in Home Health Care. *Expert Systems with Applications*, 102:218-33.

StadieSeifi, M, NP Dellaert, W Nuijten & T Van Woensel. (2017). A Metaheuristic for the Multimodal Network Flow Problem with Product Quality Preservation and Empty Repositioning. *Transportation Research Part B: Methodological*, 106:321-44.

ŞAHBAZ, R Pars & Sedat Yüksel. (2008). Türkiye'de Ulaştırma Aracı Seçiminde Etkili Olan Etkenler ve Demiryollarının Rekabet Edebilirliği. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 25 (25).

Tokcaer, Sinem & Özgür Özpeynirci. (2018). A Bi-Objective Multimodal Transportation Planning Problem with an Application to a Petrochemical Ethylene Manufacturer. *Maritime Economics & Logistics*, 20 (1), 72-88.

Vanukuru, Rishi & Nagendra R Velaga. (2018). Multimodal Transportation Network Design Using Physarum Polycephalum-Inspired Multi-agent Computation Methods. Paper Presented at the International Conference on the Applications of Evolutionary Computation.

Wang, Yong, Kevin Assogba, Yong Liu, Xiaolei Ma, Maozeng Xu & Yinhai Wang. (2018). Two-Echelon Location-Routing Optimization with Time Windows Based on Customer Clustering. *Expert Systems with Applications*, 104:244-60.

Zhang, Bo, Hui Li, Shengguo Li & Jin Peng. (2018). Sustainable Multi-Depot Emergency Facilities Location-Routing Problem with Uncertain Information. *Applied Mathematics and Computation*, 333:506-20.

Zhao, Jinbao, Dong Guo, Jian Wang, Zhao Yang & Hefang Zhang. (2018). Examining the Association of Economic Development with Intercity Multimodal Transport Demand in China: A Focus on Spatial Autoregressive Analysis. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7 (2), 56.