

PERMUTASYON KODLAMALI GENETİK ALGORİTMADA OPERATÖRLERİN ETKİNLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Timur KESKİNTÜRK
İstanbul Üniversitesi

ÖZET

Gezgin satıcı, en kısa yol, işyeri düzenleme gibi problemlerin genetik algoritma ile çözümünde permutasyon kodlama kullanılmaktadır. Bu kodlama tipine uygun geliştirilmiş birçok çaprazlama ve mutasyon operatörü bulunmaktadır. Bu çalışmada, permutasyon kodlamaya yönelik geliştirilmiş bu operatörlerden bir kısmının kombinasyonlarının etkinliği araştırılmaktadır. Farklı tip ve boyuttaki örnek problemler üzerinde operatör kombinasyonları denenmiş ve sonuçlar raporlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Genetik algoritma, permutasyon kodlama, çaprazlama, mutasyon.

1. GİRİŞ

Sezgisel optimizasyon tekniği olan genetik algoritma (GA), farklı yapıdaki problemlere uygun olarak düzenlenen, her biri bir çözüm alternatifini temsil eden kromozomların genetik operatörler yardımıyla değiştirilmesi sürecini temsil eder. Problem değişkenleri kromozomun genlerinde temsil edilir. Bu temsil değişkenin sayısal değeri olabileceği gibi sırası, ağırlığı, hacmi, konumu vb. de olabilir. Kromozomlar buna göre ikili, gerçek sayılı, permutasyon kodlama gibi farklı yapılarda oluşturulabilir.

Birden çok unsur varsa ve bunların dizilişleri önem arz ediyorsa burada sıralama söz konusudur. Örneğin otomobil üretiminde proses üzerinde yapılacak işlemlerin sırası oldukça önemlidir. Belli bir düzen dahilinde, önceliklere uyularak ve tamamlanma zamanı minimum olacak şekilde yapılması gerekmektedir. Bir dağıtım aracı ya da elemanı dağıtım noktalarını en kısa zamanda veya en az mesafeyi kat ederek dolaşmak isteyecektir. Örneklerden ilki iş çizelgeleme, ikincisi ise gezgin satıcı problemidir. İşyeri düzenleme, montaj hattı dengeleme, en kısa yol diğer bazı sıralama problemleridir. Bu tip problemlere genel olarak kombinatorial problemler de denmektedir. NP-hard sınıfına dahil edilen bu problemlerin çözümünde genetik algoritma yaygın olarak kullanılmaktadır. İkili ve gerçek değerli kodlamadan farklı olarak kromozomdaki genler değişkenlerin alacağı değerleri değil sıralarını temsil etmektedirler. Çözüm değeri de tur uzunluğu, toplam iş zamanı gibi sıralamanın farklı kombinasyonlarına göre değişebilen değerleri ifade eder. Kromozomlar üzerinde daha iyi çözüm değerlerine ulaşma amaçlı değişikliklerin yapılmasında genetik algoritma operatörleri kullanılmaktadır. Bu operatörler çaprazlama, mutasyon ve seçim operatörleridir. Operatörler kodlama çeşidine bağlı olarak da birbirlerinden ayrılmaktadır.

Çünkü ikili kodlamalı GA'da kullanılan operatörler permutasyon kodlamalı GA'da kullanılamaz. Kullanılması durumunda çözüm değerleri uygun olmayan uzaya kayabilir ve dejenerasyon olur. Permutasyon kodlamaya yönelik birçok çaprazlama ve mutasyon operatörü vardır. Bunların seçiminde bir kural söz konusu olmayıp bu noktada kullanıcının tercihi söz konusudur.

Bu çalışmada, permutasyon kodlamalı genetik algortmada kullanılan operatörlerin etkinlikleri örnek problemler üzerinde yapılan denemelerle araştırılmıştır. İkinci bölümde sıralama problemlerinin genel özelliklerinden bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde genel olarak genetik algoritmanın yapısı anlatılmış ve permutasyon temelli genetik operatörler tanıtılmıştır. Bir sonraki bölümde test problemleri üzerinde yapılan denemelerin sonuçlarına yer verilmiştir. Sonuç kısmında elde edilen sonuçlar yorumlanmış, en iyi sonucu veren operatörler tespit edilmiştir. Ayrıca çalışmanın eksik yönleri belirtilmiş bu konuda yapılabilecek çalışmalara değinilmiştir.

2. SIRALAMA PROBLEMLERİ

Bu çalışmada GA operatörlerinin permutasyon kodlamalı problemlerin çözümündeki etkinlikleri araştırılmaktadır. Test için sıralama problemlerinden gezgin satıcı problemi (GSP) seçilmiştir. Bunun sebebi oldukça kolay kodlanabilen ve uygunluk fonksiyonunun hesabının kolay olmasıdır. Burada GSP'nin genel olarak sıralama problemlerini temsil ettiği düşüncesiyle testler yapılmakta ve sonuçlar yorumlanmaktadır. Ancak bu konuda varsayımdan öteye gidilmemekte herhangi bir deneme yapılmamaktadır.

Gezgin satıcı problemi, doğrusal olmayan, kombinatoriyal bir optimizasyon problemidir. Belli bir noktadan başlayıp, tüm noktalara ya da merkezlere uğradıktan sonra yine aynı noktaya, toplam mesafeyi minimum yapacak şekilde dönülmesi işlemidir. Düğüm olarak da adlandırılan noktalara sadece bir kere uğranılmaktadır. Buna göre Marmara Bölgesindeki yedi şehre İstanbul'dan çıkan bir satış elemanının dağıtım yapması GSP olarak tasarlanırsa bu probleme ait düğüm (değişken) sayısı sekiz olacaktır (Şekil 1). GSP'de mümkün çözüm sayısı n düğüm sayısı olmak üzere $(n-1)!$ 'dir.



Şekil 1. GSP problemi örneği

Örnekte 8 düğüm söz konusudur. Bu probleme ait tüm mümkün çözümlerin sayısı $(8-1)! = 40320$ 'dir. Konuyla ilgili olarak Taha (2000)'nin eserine bakılabilir. Problemin tamsayılı programlama modeli aşağıdaki gibidir:

Girdiler:

n = düğüm sayısı,

c_{ij} = i düğümünden j düğümüne uzaklık

Karar değişkenleri:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } i' \text{ den } j' \text{ ye gidiliyorsa} \\ 0, & \text{aksi takdirde} \end{cases}$$

Minimize:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ij} c_{ij} \quad (1)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1 \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n x_j = 1 \quad (3)$$

3. GENETİK ALGORİTMA

Genetik algoritma, populasyon temelli sezgisel bir optimizasyon tekniğidir (Goldberg, 1989; Michalewicz, 1992). Özellikle zor problemlerin çözümünde etkin olarak kullanılmaktadır. Birden çok noktadan çözüm arayışına başlanır. Yani tek bir noktadan değil noktalar ailesinden arama devam ettirilir. Böylelikle lokal optimumlara takılma olasılığı azaltılmış olur. Kromozom denen çözüm alternatiflerinde her iterasyonda değişiklikler yapılarak daha iyi noktalar yakalanmaya çalışılır. Bu değişiklikler çaprazlama, mutasyon ve seçim denen operatörlerle ve stokastik olarak gerçekleştirilir. GA' ya ait işlemler sırasıyla aşağıda verilmiştir:

- 1- Başlangıç populasyonunun belirlenmesi
- 2- Uygunlukların hesaplanması
- 3- Seçim
- 4- Çaprazlama
- 5- Mutasyon
- 6- Durdurma kriteri sağlanmadıysa ikinci adıma dön
- 7- Algoritmayı durdur.

Çözümün iyileştirilmesine yönelik değişiklikler 3, 4 ve 5'inci adımlarda GA operatörleri vasıtasıyla yapılmaktadır. Seçim, mevcut çözüm alternatifleri içersinden daha elit bir populasyon oluşturabilmek için yapılan bir eleme ve çoğaltma işlemidir. Daha kötü bireyler elenirken bunların yerine daha iyi bireylerden çoğaltılmaktadır. Farklı seçim

metodları bulunmakla birlikte bu çalışmada Goldberg tarafından geliştirilen rulet tekerleği seçim yöntemi kullanılacaktır (Goldberg, 1989). Çaprazlama, genetik operatörler içerisinde çözümler üzerinde yaptığı değişiklikler açısından en önemli operatördür. Gerçek hayatta olduğu gibi genetik algorithmada da çaprazlama bilgi alışverişini sağlayan operatördür. Kromozomların belli genlerinin bir kural dahilinde karşılıklı olarak değiştirilmesi ile çözüm alternatifleri zenginleştirilmektedir. Mutasyon da kromozomlar üzerinde değişiklikler yapmaktadır. Çaprazlamadan farklı olarak tek bir kromozoma uygulanmakta, düşük bir olasılıkla genler üzerinde tesadüfi değişiklikleri içermektedir. Aşağıda permutasyon kodlamada kullanılan çaprazlama ve mutasyon operatörleri anlatılmaktadır.

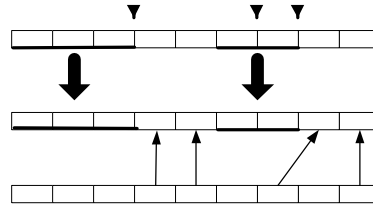
3.1 Permutasyon Kodlamada Çaprazlama Operatörleri

Permutasyon kodlamaya yönelik olarak geliştirilmiş olan birçok çaprazlama yöntemi vardır. Söz konusu çaprazlama yöntemleri sırasıyla incelenmiştir.

Tek nokta çaprazlama (Ç1): Tesadüfi olarak bir çaprazlama noktası belirlenir. Çaprazlama noktasına kadar olan kısım birinci ebeveynden alınır. Kalan kısım ise birinci ebeveynden alınmayan genlerin ikinci ebeveynde tespit edilip aynı sırada kopyalanması ile elde edilir.

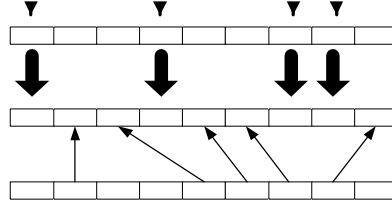
İki nokta çaprazlama (Ç2): Kromozom üzerinde iki çaprazlama noktası belirlenir. Belirlenen çaprazlama noktaları dışında kalan genler birinci ebeveynden aynen kopyalanır. Kalan genler ikinci ebeveynden sıraları bozulmadan aktarılır.

Üç nokta çaprazlama (Ç3): Üç noktalı çaprazlama yönteminde tesadüfi olarak belirlenen üç çaprazlama noktası ile kromozom dört parçaya ayrılır. Birinci ve üçüncü parçalar birinci ebeveynden yavru kromozoma kopyalanır. Kalan parçalardaki genler diğer ebeveynlerden tekrar olmayacak şekilde ve sıraları bozulmadan kopyalanır.



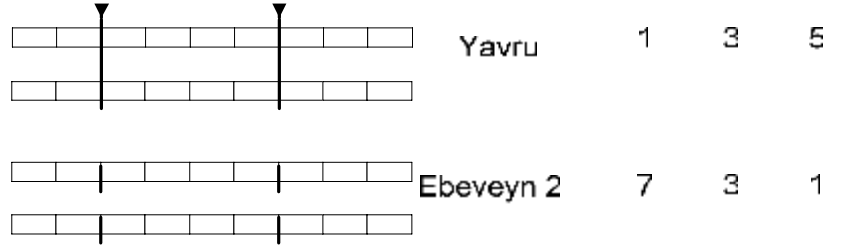
Şekil 2. Üç Nokta Çaprazlama

Pozisyona dayalı çaprazlama (Ç4): Birinci ebeveynden rassal olarak (%50 olasılıkla) seçilen genler, pozisyonlarını koruyarak oluşturulacak yavru kromozoma aktarılırlar. Kalan genler ise ikinci ebeveynden sıraları bozulmadan soldan sağa doğru yavru kromozoma aktarılırlar (Murata ve diğerleri, 1996).



Şekil 3. Pozisyona Dayalı Çaprazlama

Kısmi eşleşmeli çaprazlama (Ç5): Tesadüfi olarak kromozomda bir aralık belirlenir. Belirlenen aralık ebeveynler arasında karşılıklı olarak değiştirilir. Aynı kromozomda aynı genin birden fazla bulunması söz konusu olabilir. Bu durumda aralık içinde yer alan aynı değere sahip olan genler ile diğer kromozomda aynı pozisyona denk gelen genler değiştirilerek durum düzeltilir (Goldberg, 1989).



Şekil 4. Kısmi Planlı Çaprazlama

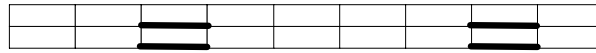
3.2 Permutasyon Kodlamada Mutasyon Operatörleri

Yakın kaydırma mutasyonu (M1): Kromozom boyunca iki bitişik pozisyon tesadüfi olarak seçilir ve bu pozisyonlardaki işler (genler) birbirleriyle değiştirilirler (Şekil 7).



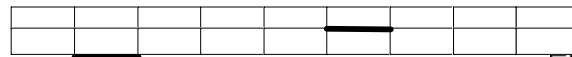
Şekil 5. Yakın kaydırma mutasyonu

Tesadüfi değiştirme mutasyonu (M2): Kromozom boyunca iki pozisyon tesadüfi olarak seçilir ve bu pozisyonlara ait işler (genler) birbirleriyle değiştirilir (Şekil 8).



Şekil 6. Tesadüfi değiştirme mutasyonu

Uzak kaydırma mutasyonu (M3): Tek bir pozisyon kromozom üzerinde tesadüfi olarak seçilir ve yine pozisyona ait iş tesadüfi olarak belirlenen bir aralığa yerleştirilir (Şekil 9).



Şekil 7. Uzak kaydırma mutasyonu

Ebeveyn 1	1	2	3
Ebeveyn 2	7	3	1
Yavru 1	3	6	1
Yavru 2	7	1	3

4. UYGULAMA

Bu çalışmada anlatılan yedi çaprazlama ve üç mutasyon operatörünün kombinasyonları farklı büyüklükteki gezgin satıcı problemlerine uygulanmıştır. $3 \times 5 = 15$ farklı operatör kombinasyonu 4 farklı boyuttaki GSP problemi üzerinde denenecektir. Her bir kombinasyon tüm test problemlerinde 50 kere çalıştırılmıştır. Yani $15 \times 4 \times 50 = 3000$ test yapılmıştır. 50 çalıştırmanın sonuçlarının ortalamaları alınmış hesaplanmıştır.

GSP problemleri düğüm sayısı 10, 20, 40 ve 50 olan ve rasgele üretilmiş beş ayrı probleme uygulanmıştır (tsp10, tsp20, tsp40 ve tsp50). Problemler üretilirken mesafeler 300-1500 arası rasgele belirlenmiştir.

Parametreler literatürdeki çalışmalarda genellikle kullanılan ortak parametre değerlerinden belirlenmiştir. Farklı boyuttaki problemler için parametreler Tablo 1’ de verilmiştir.

Tablo 1 GA parametreleri.

Problemler	Populasyon büyüklüğü	İterasyon	Çaprazlama oranı (CR)	Mutasyon oranı (MR)
tsp10	40	1000	0.9	0.01
tsp20	40	1000	0.9	0.01
tsp40	40	1000	0.9	0.01
tsp50	40	1000	0.9	0.01

Matlab 7.0’da yazılan GA kodu her bir problem için belirlenen iterasyon sayısından çalıştırılmış ve Tablo 2’deki sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 2 GSP problemlerine GA operatör ikililerinin performansları.

Problemler		M1	M2	M3
tsp10	Ç1	5517.154	5504.07	5582.49
	Ç2	5563.117	5532.65	5517.55
	Ç3	5499.68	5515.11	5622.14
	Ç4	5527.35	5547.97	5539.43
	Ç5	5562.818	5542.48	5521.72
tsp20	Ç1	11825.93	11753.35	11772.68
	Ç2	11917.79	11714.10	11868.93
	Ç3	11824.17	11777.77	11833.75
	Ç4	11862.67	11728.70	11878.97
	Ç5	11832.89	11810.34	11775.95
tsp40	Ç1	27131.63	27153.88	27178.23
	Ç2	27219.25	27153.13	27209.61
	Ç3	27122.99	27035.49	27261.40
	Ç4	27116.46	27195.16	27099.28
	Ç5	27111.25	27330.32	27131.80
tsp50	Ç1	35727.26	35689.21	35620.14
	Ç2	35501.2	35646.80	35253.17
	Ç3	35804.74	35691.31	35536.75
	Ç4	35678.25	35603.21	35558.82
	Ç5	35615.33	35620.10	35500.99

5. SONUÇLAR

Tablo 1'deki sonuçlar incelendiğinde herbir problem için ayrı operatör kombinasyonlarının en iyi sonucu verdiği görülecektir. tsp10 probleminde Ç1+M2. tsp20'de Ç2+M2. tsp40'ta Ç3+M2 ve tsp50'de Ç2+M3 kombinasyonu en iyi sonucu veren kombinasyonlar olmuştur. Buradan çıkarılabilecek sonuçlar: Düğüm sayısı 40'a ulaşana kadar M2 mutasyonu kullanılabilir. Farklı boyuttaki problemler için farklı çaprazlama operatörleri iyi çalışmakla birlikte Ç2 nispeten daha iyi sayılabilir.

Satır ve sütunlarda minimum değeri veren ikililer incelendiğinde ulaşılabilecek sonuçlar: M3 özellikle 50 düğümlü problem olmak üzere farklı çaprazlama tipleriyle birlikte en fazla minimum değeri veren (9 kere) operatör ikililerinin içinde yer almıştır. Ç2 ve Ç3 farklı mutasyon operatörleriyle birlikte en fazla minimum değeri veren (4+3=7 kere) çaprazlama operatörleri olmuştur.

Bu durumda üzerinde özellikle durulması gereken operatörler Ç2, Ç3, M2 ve M3 tür. Özellikle gezgin satıcı problemlerinde bu operatörler diğerlerine göre nispeten daha iyi sonuçlar vermişlerdir. En iyi değeri veren kombinasyonlardaki sekiz operatörden yedi tanesi bu operatörlerdendir.

Bu çalışmada gezgin satıcı problemi üzerinde farklı operatör ikilileri denenmiştir. Denemeler sırasında optimumu bulma gibi bir kaygı taşınmadığından diğer parametrelerle ilgili özel bir çalışma yapılmamış. literatürde en çok kullanılan parametre değerleri dikkate alınmıştır. Çünkü amaç diğer parametreler sabit tutulduğunda operatör ikililerinin performansını ölçmektir.

Bu çalışma, diğer birtakım çaprazlama ve mutasyon operatörleri katılarak zenginleştirilebilir. Hatta diğer parametrelerde katılarak çoklu kombinasyonlardan permutasyon kodlamaya yönelik en iyi operatör ve parametre bileşimi elde edilebilir.

KAYNAKLAR

- GOLDBERG, D.E., 1989. Genetic Algorithms in Search Optimization and Machine Learning. Addison Wesley Publishing Company, USA.
- MICHALEWICZ, Z., 1992. Genetic Algorithms + Data Structure = Evolution Programs. Springer-Verlag, Berlin.
- MURATA, T., ISHIBUCHI, H., TANAKA, H., 1996. "Genetic Algorithms for Flow Shop Scheduling Problems". Computers and Industrial Engineering, 30 (4), 1061-1071.
- TAHA, Hamdy A., 2000. Yöneylem Araştırması. Literatür Yayıncılık, İstanbul.