

HIZLI YAKINSAYAN GÖÇ YÖNTEMİNİN FARKLI TEST FONKSİYONLARI İÇİN İNCELENMESİ

Gültekin KUVAT¹ Nihat Adar² Selçuk Canbek² Erol Seke¹

¹ Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir
² Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir

e posta: {kuvat, nadar, selcuk, eseke}@ogu.edu.tr

Özetçe

Paralel genetik algoritmalarda alt popülasyonlardaki bireylerin paylaşılmasını sağlamak için göç işlemi uygulanır. Kullanılacak göç yönteminin seçimi, başarılı bir algoritma performansı için önemlidir. Bu çalışmada, rosenbrock, rastrigin ve sphere fonksiyonları, hızlı yakınsamayı sağlayan yeni bir göç yöntemi olan FCPGA (Fast Converging Parallel Genetic Algorithm) yöntemi ile halka yönteminin kıyaslanması amacıyla kullanılmıştır. Bağımsız denemelerden elde edilmiş olan sonuçlar ve FCPGA yönteminin davranışı analiz edilmiştir. Denemeler 8 işlemcili kümeli bilgisayarlar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Değerlendirme sonucuna göre FCPGA göç yönteminin kullanılan tüm fonksiyonlar için halka göç yönteminden daha başarılı sonuçlar verdiği gösterilmiştir.

Anahtar kelimeler : Paralel hesaplama, göç, paralel genetik algoritmalar

1. Giriş

Matematik, kimya, fizik, biyoloji, meteoroloji, ekonomi ve mühendislik gibi farklı disiplinlerde yapılan çalışmalarda ortaya çıkan bazı problemler nondeterministic polynomial (NP-complete) olarak adlandırılan problem sınıfına girmektedir. Bu tür problemlerin en iyi çözümlerine ulaşılabilmesi için sezgisel yaklaşımlar kullanılmaktadır. Bu yaklaşımlar random search, simulated annealing, great deluge, threshold accepting, tabu search, genetik algoritmalar şeklinde sıralanabilir. Yapısı gereği doğal seçim ilkelerine dayanan ve modellenmesi kolay bir arama ve optimizasyon metodu olan genetik algoritmalar (GA), karşılaşılan optimizasyon problemlerinin çözümlerinde yaygın olarak kullanılan bir yöntem olmuştur. GA'lar aramaya tek bir noktadan değil, bir nokta ailesinden başlarlar. Bu özellikleri ile kesikli ve çoklu optimum problemlerin çözümünde başarılıdırlar [1].

Popülasyon üzerinde yapılmakta olan seçim – çaprazlama – mutasyon birbirinden bağımsız işlemlerdir. Bu özellik sayesinde birden fazla alt popülasyon üzerinde birbirinden bağımsız olarak uygulanabilirler. GA'lar bu yapıları ile paralel olarak kullanılabilirler. Paralel Genetik Algoritmalar (PGA), farklı bireylere sahip birden fazla alt popülasyon üzerinde GA uygulanarak çalıştırılır [2,3,4]. PGA'larda birçok alt popülasyon üzerinde GA uygulanarak büyük bir popülasyon üzerinde gerçekleştirilmek istenen arama işlemi modellenmiş olur.

PGA'lar, arama kalitesini ve performansı etkileyen farklı parametreler içermektedir. Bu parametreler topoloji, göç eden birey sayısı (migration rate), göç aralığı (migration frequency), alt popülasyon büyüklüğü, alt popülasyon sayısı ve göç sonrası yerdeğiştirme politikası şeklinde sıralanabilir. Bu parametrelerin PGA'yı nasıl etkilediği ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır [5,6,7,8,9]. PGA'ların performansını etkileyen parametrelerin davranışını incelemek amacıyla farklı optimizasyon problemleri kullanılmaktadır. Değişik özelliklere sahip bu fonksiyonlar, PGA'larda yapılan çalışmaların sonuçlarını kıyaslamak için kullanılır [10,11,12].

PGA'larda göç, alt popülasyonun seçilen bireylerinin başka bir alt popülasyona belirlenmiş kurallar içerisinde aktarılmasıdır. Gönderilen bireyler yerdeğiştirme politikasına göre hedef alt popülasyona dahil edilir. Göç işlemi, alt popülasyondaki bireyin başka bir alt popülasyon ile paylaşılmasını, bunun sonucu olarak da genel bir iyileştirme elde edilmesini sağlar. Ayrıca alt popülasyonun yerel optimumlara takılması engellenmiş olur [13]. Göç işleminin başarılı bir şekilde uygulanması, PGA'larda büyük popülasyon davranışının elde edilmesi için önemli bir işlemdir.

PGA'ların önemli bir parçası olan göç politikası aşağıda belirtilen 5 faktöre [14] bağlı olarak tanımlanır;

- Göç eden birey sayısı (migration rate)
- Göç aralığı (migration frequency)
- Göç edecek bireylerin seçim politikası
- Göçten sonra yer değiştirme politikası
- Haberleşme modeli, senkron veya asenkron

Paralel algoritmaların başarısı, maliyet-performans analizlerine göre değerlendirilir. Buna göre düşük maliyetli ve yüksek performans elde edilebilen algoritmalar tercih edilmektedir. [15]'de farklı göç yöntemlerinin maliyetleri analiz edilerek FCPGA göç yönteminin optimum maliyet ile yüksek performans gösterdiği ortaya konmuştur.

Bu çalışmada, PGA'larda çok kullanılan halka göç yöntemi ile FCPGA göç yönteminin performansı farklı optimizasyon problemleri için kıyaslanmış ve sonuçlar analiz edilmiştir. Çalışmada 2. bölümde FCPGA yöntemi, 3. bölümde rosenbrock, rastrigin ve sphere fonksiyonları kullanılarak yapılmış olan deneysel çalışmalar ve sonuçların analizi, 4. bölümde sonuç olarak değerlendirme ve gelecekte yapılması planlanan çalışmalar verilmiştir.

2. Hızlı Yakınsayan Göç Yöntemi

GA'lar popülasyon bireylerinin birbiri ile benzeştiği nokta olarak kabul edilen "dirsek noktası" seviyesinden sonra uzun süre çalıştırılmazlar. Bunun nedeni, birbirine benzeşmiş olan popülasyon bireylerinin daha iyi bir sonuca ulaşmalarındaki zorluktur. PGA'larda kabul edilebilir bir maliyet ile bu noktaya erişmek, performansın değerlendirilmesi için önemlidir. FCPGA göç yönteminde iyi bireylerin iyi alt popülasyonlarda toplanması ile dirsek noktasına hızlı bir yakınsama sağlanır.

FCPGA göç yönteminde iyi bireylerin iyi alt popülasyonlara gönderilmesi işlemi işlemci uyum değerine, f_p , bağlı olarak yapılmaktadır [15, 16]. f_p , denklem 1'de gösterildiği gibi hesaplanmaktadır. f_p değerleri yüksek olan, yani iyi bireylerden oluşan alt popülasyonun hedef alt popülasyon olarak seçilme olasılığı daha fazladır. Yeni göç yönteminde bir alt popülasyon, aynı anda birden fazla alt popülasyonun iyi bireylerini alma imkânına sahiptir.

$$f_p = \frac{\sum_{i=0}^{p_s} f_i}{p_s}, \quad p_s = \text{popülasyon boyutu} \quad (1)$$

FCPGA'de, f_p değerinin düşük olmasından dolayı bazı alt popülasyonlar göç alamamakta ve bunun sonucu olarak yerel optimumlara takılabilmektedir. Yerel optimumlara takılmış olan alt popülasyonları sisteme dahil etmek için f_p değerlerine bağlı olarak gerçekleştirilen göç işlemine ilave olarak doğrudan göç yapılmaktadır. Böylece yerel optimumlara takılan alt popülasyonlar beslenmekte ve yerel optimumdan kurtarılmaktadır. FCPGA göç yönteminin çalışması, Algoritma 1'de görülmektedir.

Algoritma 1. FCPGA Algoritması

```
initialize population; evaluate fitness;
do {
  for(i = 0; i < migration_frequency; i++)
  {selection; crossover; mutation; evaluate fitness; replace;}

  allgather  $f_p$ ;

  select target subpopulation using  $f_p$  values;

  migrate to target subpopulation;

  select best and worst subpopulations by using  $f_p$  values;

  if(best subpopulation) migrate to worst subpopulations;

} (while != stop_criteria);
```

3. Farklı Fonksiyonlar için Göç Davranışlarının İncelenmesi

PGA'ların performanslarını ölçme ve yöntemler arasında kıyaslamalar test fonksiyonları kullanılarak yapılmaktadır. Bu çalışmada test fonksiyonu olarak rosenbrock (f_{Ros}), rastrigin (f_{Ras}) ve sphere (f_{Sph}) fonksiyonları [10] kullanılmış ve bu fonksiyonların maksimize edilmesi amaçlanmıştır.

Fonksiyonlardaki n parametresi, kromozom içerisindeki gen sayısını ifade etmektedir. Çalışmada kromozom 10 adet gen içermekte, her bir gen 16 bit ile ifade edilmektedir. Her iterasyonda x_i değerleri kısıtlara uygun olarak normalize edilmiş ve uyum değeri hesaplanmıştır. Kromozom uzunluğu 160, alt popülasyon boyutu 1000, göç aralığı 80 değerleri kullanılarak 10'ar bağımsız denemenin ortalamaları değerlendirilmiştir. Toplam iterasyon sayısı 2000 olarak belirlenmiştir. Denemelerde aynı bireylerden oluşan başlangıç alt popülasyonları kullanılarak kıyaslamaların doğru olarak yapılması sağlanmıştır. Denemeler tüm test fonksiyonları için aynı PGA parametreleri kullanılarak yapılmıştır.

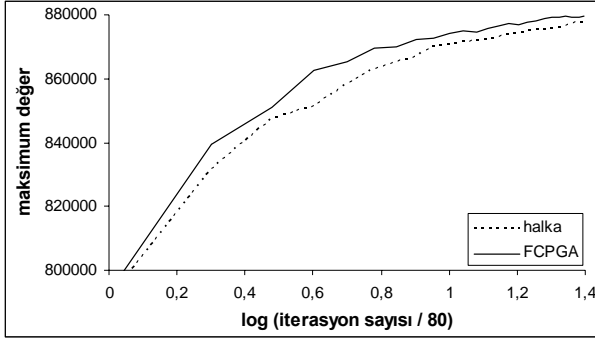
Halka yönteminde göç oranı bir değerle belirtilirken FCPGA göç yönteminde ise f_p değerlerine bağlı olarak gerçekleştirilen göç ve en iyi f_p değerine sahip alt popülasyonun en kötü 3 adet alt popülasyona doğrudan katkısını ifade etmek üzere kullanılan iki farklı oran ile gösterilir. Denemelerde kullanılan göç oranları halka yönteminde %10, FCPGA'de sırasıyla %7.2-%7.2 olarak gerçekleştirilmiştir. Bu değerlere göre bir göç adımında halka yönteminde 800 birey göç ederken FCPGA göç yönteminde 792 adet birey göç işlemine tabi tutulmaktadır. Göç alan alt popülasyon, aldığı bireyler ile var olan en kötü bireylerini yer değiştirmektedir.

3.1. Rosenbrock Fonksiyonu

Rosenbrock fonksiyonu, PGA'larda test amaçlı olarak çok kullanılan fonksiyonlardan biridir. Çalışmada denklem 2'de verilmekte olan rosenbrock fonksiyonunun maksimize edilmesi hedeflenmiştir. Birbirinden bağımsız olarak gerçekleştirilen denemeler, halka yöntemi ile FCPGA göç yönteminin kıyaslanması için kullanılmış ve 10 bağımsız denemenin sonuçlarının ortalaması grafiksel olarak verilmiştir.

$$f_{Ros}(x) = \sum_{i=1}^{n-1} (100 \cdot (x_{i+1} - x_i^2)^2 + (x_i - 1)^2) \quad (2)$$
$$-5.12 \leq x_i \leq 5.12$$

PGA'larda amaçlanan, en kısa sürede elde edilebilecek en iyi değere minimum maliyet ile ulaşmaktır. Bu noktadan yola çıkılarak göç modelinin hızlı yakınsamaya sağladığı katkı önemlidir. Şekil 1'de halka yöntemi ile FCPGA göç yönteminin grafiksel olarak davranışı gösterilmektedir. maksimum değer-log(iterasyon sayısı/80) grafiğinde FCPGA göç yönteminin en iyi sonuca daha hızlı yakınsadığı ve tüm iterasyon adımları için halka yönteminden daha başarılı sonuçlar verdiği gösterilmektedir. Grafiklerin belirgin olması için iterasyon adımlarını ifade eden eksen logaritmik olarak kullanılmıştır.



Şekil 1: Göç yöntemlerinin rosenbrock fonksiyonu için davranışı

3.2. Rastrigin Fonksiyonu

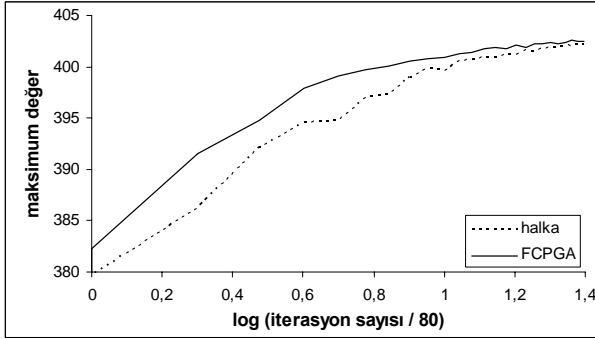
FCPGA ve halka göç yöntemlerinin performanslarının kıyaslanması için kullanılmış olan diğer test fonksiyonu rastrigin fonksiyonudur. Ölçeklenebilir ve sürekli bir fonksiyon olan rastrigin fonksiyonu denklem 3'de verilmektedir.

$$f_{Ras}(x) = a \cdot n + \sum_{i=1}^n (x_i^2 - a \cdot \cos(\omega \cdot x_i)) \quad (3)$$

$$a = 10, \quad \omega = 2\pi$$

$$-5.12 \leq x_i \leq 5.12$$

Şekil 2'de görüldüğü gibi FCPGA yönteminin amacına uygun olarak dirsek noktasına istenen hızlı yakınsama sağlanmış ve halka göç yönteminden daha başarılı sonuçlar ortaya konmuştur.



Şekil 2: Göç yöntemlerinin rastrigin fonksiyonu için davranışı

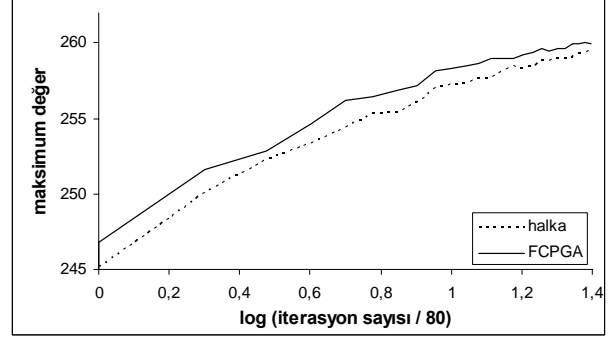
3.3. Sphere Fonksiyonu

Denemelerde kullanılmış olan diğer fonksiyon denklem 4'de verilmekte olan sphere fonksiyonudur. Kromozom içerisindeki her bir gen değerinin kareler toplamını maksimize etmeyi hedefleyen bu fonksiyon PGA'ların performanslarını kıyaslamak için çok kullanılan fonksiyonlardan bir tanesidir.

$$f_{Sph}(x) = \sum_{i=1}^n x_i^2 \quad (4)$$

$$-5.12 \leq x_i \leq 5.12$$

Şekil 3'de halka ve FCPGA göç yöntemlerinin sphere fonksiyonundaki davranışı verilmiştir. Şekil 3 incelendiğinde FCPGA göç yönteminin dirsek noktasına hızla yakınsadığı ve tüm iterasyon adımları için halka göç yönteminden daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.



Şekil 3: Göç yöntemlerinin sphere fonksiyonu için davranışı

4. Sonuçlar

FCPGA göç yöntemi, iyi bireylerin doğru alt popülasyonlara gönderilmesiyle en iyi sonuca hızlı yakınsama sağlayan yeni bir yaklaşımdır. Analizi yapılmış tüm test fonksiyonları için halka yöntemine göre daha başarılı bir yöntemdir. Kabul edilebilir maliyeti ve halka yönteminden daha başarılı sonuçlar vermesi nedeniyle kullanım alanı bulabilecek yeni bir göç yöntemidir. Çalışmanın devamında, FCPGA göç yöntemi üzerinde performansı artırıcı, maliyeti azaltıcı iyileştirmeler yapılması amaçlanmaktadır.

5. Kaynakça

- [1] L.S. Ochi, D.S. Vianna, L.M.A. Drummond, A.O. Victor, "A Parallel Evolutionary Algorithm for the Vehicle Routing Problem with Heterogeneous Fleet", *Future Generation Computer Systems*, 285-292, 1998.
- [2] E. Alba, J.M. Troya, "A Survey of Parallel Distributed Genetic Algorithms", *Complexity* 4, 31-52, 1999.
- [3] E. Cantú-Paz, D.E. Goldberg, "Efficient Parallel Genetic Algorithms: Theory and Practice", *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering* 186, 221-238, 2000.
- [4] E. Alba, M. Tomassi, "Parallelism and Evolutionary Algorithms", *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, Vol. 6, No. 5, October 2002.
- [5] E. Cantú-Paz, "Topologies, Migration Rates, and Multi-population Parallel Genetic Algorithms", *GECCO-99: Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference*, 91-98, San Francisco, CA: Morgan Kaufmann, 1999.
- [6] E. Cantu-Paz, "Migration Policies, Selection Pressure, and Parallel Evolutionary Algorithms" *In Brave, S., Wu, A. (Eds.) Late Breaking Papers at the Genetic and Evolutionary Computation Conference*. Orlando, FL, 1999.
- [7] E. Cantu-Paz, "On the Effects of Migration on the Fitness Distribution of Parallel Evolutionary Algorithms", *In Workshop on Evolutionary Computation and Parallel Processing at GECCO-2000*. 3-6, Las Vegas, NV, 2000.
- [8] T. Matsumura, M. Nakamura, D. Miyazato, J. Okech, K. Onaga, "Effects of Chromosome Migration on a Parallel and Distributed Genetic Algorithm", *Procs of the 1997*

International Symposium on Parallel Architectures, Algorithms and Networks, 357-361, 1997.

[9] T. Hiroyasu, M. Miki, M. Negami, "Distributed Genetic Algorithms with Randomized Migration Rate", *IEEE*, 1999.

[10] E. Alba, F. Luna, A.J. Nebro, J.M. Troya, "Parallel Heterogenous Genetic Algorithms for Continuous Optimization", *Parallel Computing* 30, 699-719, 2004.

[11] S. Oh, C.T. Kim, J. Lee, "Balancing the Selection Pressure of Migration Schemes in Parallel Genetic Algorithms for Planning Multiple Paths", *IEEE*, 2002.

[12] Y. Maeda, M. Ishita, Q. Li, "Fuzzy Adaptive Search Method for Parallel Genetic Algorithm with Island Combination Process", *International Journal of Approximate Reasoning* 41, 59-73, 2006.

[13] M. Rebaudengo, M.S. Reorda, "An Experimental Analysis of Effects of Migration in Parallel Genetic Algorithms", *EWPDP93: IEEE/Euromicro Workshop on Parallel and Distributed Processing, Gran Canaria (E)*, 232-238, Gennaio 1993.

[14] E. Alba, J.M. Troya, "Improving Flexibility and Efficiency by Adding Parallelism to Genetic Algorithms", *Statistics and Computing* 12, 91-114, 2002.

[15] G. Kuvat, N. Adar, S. Canbek, E. Seke, "Paralel Genetik Algoritmalarında Hızlı Yakınsayan Göç Yöntemi", *UMES 2007 – Ulusal Teknik Eğitim, Mühendislik ve Eğitim Bilimleri Genç Araştırmacılar Sempozyumu*, 71-74, Kocaeli, Türkiye, Haziran 2007.

[16] G. Kuvat, N. Adar, E. Seke, S. Canbek, "New Migration Schemes for Parallel Genetic Algorithms on Cluster Systems", *INISTA 2007 - International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications*, 268-272, Istanbul, Turkey, June 2007.