

Metasezgisel Algoritmaların Jeodezi’de Kullanımı

Doç. Dr. Mevlüt YETKİN*

İzmir Katip Çelebi Üniversitesi

Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İzmir, Türkiye

Öz

Geomatik mühendisliği dahil olmak üzere çok sayıda mühendislik disiplininde önemli rol oynayan matematiksel programlama veya optimizasyon bir uygulamalı matematik konusu olup bilgisayar bilimi ve yöneylem araştırması ile yakından ilişkilidir. En basit şekliyle reel değişkenlere sahip bir fonksiyonun, bu değerler için optimum değerlerin bulunması suretiyle minimum veya maksimum yapılması optimizasyon olarak adlandırılır. Parametre kestirimi, optimal jeodezik ağ tasarımı ve karayolu yatay ve düşey alınyan optimizasyonu geomatik mühendisliğindeki önemli optimizasyon uygulamalarıdır. Bu çalışmada optimizasyon ile ilgili temel kavramlar ve başlıca jeodezik optimizasyon problemleri ele alınmıştır. Son zamanlarda yaygın bir şekilde kullanılır hale gelen metasezgisel optimizasyon algoritmaları üzerinde durulmuştur. Metasezgisel bir optimizasyon algoritması olan Kurbağa Sıçrama Algoritması (KSA) incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Optimizasyon, Metasezgisel Algoritmalar, Kurbağa Sıçrama Algoritması, Jeodezi*

GİRİŞ

Optimizasyon, matematiksel olarak, probleme özgü bir amaç fonksiyonunun minimum veya maksimum yapılması şeklinde tanımlanabilir. Herhangi bir optimizasyon probleminde belli bir amaç fonksiyonunun minimum veya maksimum değerini sağlayan değişken değerlerin araştırılması söz konusudur. Böyle bir problemin çözülmesi için çeşitli optimizasyon algoritmaları kullanılmaktadır.

Optimizasyon algoritmaları çeşitli şekillerde tanımlanabilir ve sınıflandırılabilir. Söz gelimi, deterministik optimizasyon algoritmaları ve stokastik optimizasyon algoritmaları şeklinde bir sınıflandırma mümkündür. Öte yandan optimizasyon algoritmalarını lokal ve global optimizasyon algoritmaları şeklinde de ikiye ayırabiliriz. Optimizasyon algoritmaları tanımlı bir araştırma uzayında etkin ve başarılı bir tarama yaparak çok sayıda lokal çözüme takılmadan

global optimum çözüme ulaşabilmelidir. Optimizasyon algoritmaları bahsedilen arama işlemini iteratif bir şekilde elde edilen çözüm veya çözümleri iyileştirmek suretiyle gerçekleştirirler.

Lokal optimizasyon algoritmaları bir başlangıç çözümünden hareket ederek optimum çözüme ulaşmayı amaçlar. Bununla birlikte, eğer başlangıç çözümümüz global optimuma yeteri kadar yakın değil ise çoğu kez lokal optimizasyon algoritmaları global optimum çözümü vermede yetersiz kalır. Örneğin kenar ağlarının dengelenmesi gibi doğrusal olmayan dengeleme hesabı problemleri, kaba hatalı gözlemler olması durumunda, En Küçük Kareler Yöntemi (EKKY) ile çözüldüğü zaman başlangıç çözümü kaba hatalar yüzünden global optimum çözümden uzak olacağı için birkaç iterasyon sonucunda EKKY bir lokal optimum çözüme yansiyacaktır.

Geliş Tarihi: 04.11.2016

Kabul Tarihi: 11.12.2016

Global optimum çözümlerin elde edilmesinde çoğu kez global optimizasyon algoritmaları kullanılır. Xu (2003) her iki farklı yaklaşımın avantajlarını bir araya getiren hibrid bir optimizasyon algoritması geliştirmiştir. Bir global optimizasyon algoritması deterministik veya stokastik karakterde olabilir. Deterministik algoritmalar hesapsal olarak daha maliyetli olsa da global optimal çözümü doğru bir şekilde bulabilirler. Stokastik optimizasyon algoritmaları ise kolaylıkla gerçekleştirilebilirler ve zor optimizasyon problemlerinin çözümünde başarılıdır. Bununla birlikte global optimum çözümü garanti etmezler (Yetkin ve Berber, 2013).

Stokastik bir şekilde global optimum çözüm araştırması yapan metasezgisel algoritmalar, araştırma uzayında, mevcut çözümlere operatörler uygulayarak yeni çözümler üretirler. Bu iteratif araştırma işlemi sırasında istatistiksel olarak daha iyi çözümler üretmeye meyil gösterirler. Yapılan işlem çoğu kez doğada mevcut olan zeki bir optimizasyon sürecinin taklit edilmesidir. Bu nedenle bu algoritmalar doğal optimizasyon algoritmaları şeklinde de adlandırılabilir. (Haupt ve Haupt 2004). Bu tür algoritmalar jeodezide de sıklıkla karşılaşılan doğrusal olmayan optimizasyon algoritmalarının optimize edilmesinde ihtiyaç duyulan türevleme işlemini uygulamadıkları için global optimum araştırmasında daha başarılı olmaktadır.

Metasezgisel algoritmaların en önemli iki bileşeni en iyi çözümlerin seçilmesi ve randomizasyondur. En iyi çözümlerin seçilmesi sayesinde optimal çözüme yakınsama sağlanır. Rastgele sayı üreticileri sayesinde kolaylıkla gerçekleştirilebilen randomizasyon algoritmanın lokal bir optimum çözüme takılmasını önler. Bu iki bileşen başarılı bir şekilde uygulanırsa global optimum çözüme ulaşma şansı artar (Yetkin ve Berber, 2014). Matlab, Maple ve Mathcad gibi yazılımlar rastgele sayı üretiminde kullanılabilir. Rastgele sayı üreticileri, tanımlı olan araştırma uzayında başlangıç çözümlerinin üretiminde de faydalıdır.

Ayrıca iteratif araştırma sürecinde araştırma uzayının farklı bölgelerinden yeni çözümlerin üretilmesini de sağlarlar.

Metasezgisel algoritmalara örnek olarak Genetik Algoritmalar (Haupt ve Haupt 2004), Parçacık Sürüsü Optimizasyon Algoritması (Kennedy ve Eberhart 1995), Karınca Koloni Optimizasyon Algoritması (Dorigo ve Stützle 2004), Ateşböceği Algoritması (Yang 2008), Yapay Arı Kolonisi Algoritması (Karaboğa ve Baştürk 2007) ve Kurbağa Sıçrama Algoritması (Elbeltagi ve ark., 2005) verilebilir.

Optimizasyon problemleri amaç fonksiyonuna ilaveten bir veya daha fazla sayıda kısıtlamayı da gerçekleştirecek şekilde kapsamlı olabilir. Kısıtlamalı optimizasyonda karşılaşılan eşitlik veya eşitsizlik şeklinde olabilir. Bu tür problemler kısıtlamalı optimizasyon problemi olarak adlandırılırlar. Bu tür optimizasyon problemlerinin metasezgisel algoritmalar ile çözümünde genellikle penaltı fonksiyonu yaklaşımı tercih edilir. Bu sayede problem kısıtlamasız optimizasyon problemi haline getirilmiş olur (Yang, 2008).

İteratif bir şekilde uygulanan metasezgisel algoritmaların doğru yerde durdurulması optimizasyon probleminin başarılı bir şekilde çözülmesinde büyük rol oynar. Burada farklı stratejiler seçilebilir. Örneğin algoritma 100. İterasyon adımında durdurulabilir. İdeal olarak istenen algoritmanın global optimum çözüme yakınsamasıdır. Öte yandan eğer tatmin edici bir sonuç elde edilmişse algoritma durdurulabilir.

Eğer optimizasyon problemlerini amaçların sayısına göre sınıflandırmak istersek iki kategori elde ederiz: tek amaçlı optimizasyon ve çok amaçlı optimizasyon. Çok amaçlı optimizasyon çok kriterli optimizasyon olarak ta isimlendirilebilir (Yang, 2008). Çok amaçlı optimizasyon problemlerinin çözümünün daha karmaşık olduğu söylenebilir.

Geomatik Mühendisliği ve Optimizasyon

Geomatik Mühendisliğinde en önemli optimizasyon problemleri jeodezik ağların optimal tasarımı ve çeşitli parametre kestirim yöntemlerinin gerçekleştirilmesidir. Geomatik Mühendisliğinin katkı sağladığı ve multidisipliner bir mühendislik sahası olan karayolu mühendisliğinde de yatay ve düşey alinyman optimizasyonu sayesinde optimal yol tasarımı mümkün olmaktadır.

Jeodezik ağ optimizasyonunun temel iki amacı optimal ağ konfigürasyonunun elde edilmesi ve optimal gözlem planının oluşturulmasıdır. Optimal datum problemi ve mevcut bir ağın iyileştirilmesi de önemli jeodezik ağ optimizasyon problemleri arasında yer alır. Optimizasyon sayesinde duyarlılık, güvenilirlik, robustluk, hassasiyet ve maliyet kriterleri açısından yeterli ağlar tasarlanabilir ve gereksiz gözlemler önlenir (Kuang, 1996).

Klasik olarak jeodezik ağ optimizasyon problemlerinin çözümünde deneme yanılma yöntemi veya analitik yöntemler kullanılabilir. Örneğin lineer programlama problemleri simpleks yöntemi ile çözülebilir (Kuang, 1996). Çok sayıda metasezgisel algoritmanın geliştirilmesi ve bunların farklı disiplinlerdeki optimizasyon problemlerinin çözümünde başarılı bir şekilde kullanılması nedeniyle bu tür algoritmalar jeodezik ağ optimizasyon problemlerinin çözümünde de denenmiştir. Literatürde ki çalışmalar bu yöntemlerin jeodezik ağ optimizasyon problemlerinin çözümünde oldukça başarılı olduklarını göstermektedir. Bu tür yöntemlerin jeodezik ağ optimizasyon problemleri açısından en önemli farkı Taylor Serisi açılımlarına duyulan ihtiyacı ortadan kaldırmalarıdır. Bu sayede lokal optimum çözüme takılma tehlikesi önlenmiş olmaktadır. Jeodezik ağ optimizasyon problemlerinin metasezgisel algoritmalar ile çözümü konusu üzerine yapılmış önemli çalışmalar Yetkin ve ark., (2009); Yetkin ve İnal (2011); Yetkin ve ark., (2011) ve Yetkin (2014) şeklinde sayılabilir.

Geomatik Mühendisliği disiplini için önemli olan bir diğer optimizasyon problemi ise parametre kestirimidir. Örneğin klasik EKKY, düzeltmelerin karelerinin toplamının minimum yapıldığı bir optimizasyon problemidir. Bu yöntem jeodezik ağların dengelenmesinde en yaygın bir şekilde kullanılan parametre kestirimi yöntemidir (Simkooei, 2003). EKKY’ni tamamlayıcı veya ona alternatif olarak düşünebileceğimiz pek çok robust parametre kestirimi yöntemi (Özellikle Huber ve Andrews gibi M-Kestirim yöntemleri ve Danimarka yöntemi burada örnek olarak verilebilir) iteratif yeniden ağırlıklandırılmalı EKKY ile çözülmektedir (Hekimoğlu ve Berber, 2003). Burada da yine bir optimizasyon problemi çözülmektedir. Öte yandan çok sayıda uyumsuz ölçüye karşı başarılı bir parametre kestirimi yapılmasına olanak sağlayan En Küçük Medyan Kareler (EKMK) gibi yüksek kırılma noktalı robust yöntemler daha güçlü optimizasyon algoritmalarına gereksinim duyar. Bu problemlerin çözümünde metasezgisel algoritmalar başarılı olabilirler (Yetkin ve Berber, 2013; Yetkin ve Berber, 2014). Klasik optimizasyon yöntemlerinden olan Simpleks yöntemi ile lineer programlama yaklaşımı ise L1 norm minimizasyon problemi ile jeodezik ağların dengelenmesinde başarılı bir şekilde kullanılabilir (Yetkin ve İnal, 2011).

Kurbağa Sıçrama Algoritması (KSA)

KSA, Eusuff ve Lansey (2003) tarafından sunulan memetik bir metasezgisel algoritmadır. Bu algoritma sosyal davranış tabanlı parçacık sürüsü optimizasyon algoritması ve genetik tabanlı memetik algoritmaların bir kombinasyonu olarak düşünülebilir. Bir bataklıkta zıplayarak yiyecek araştırması yapan bir grup kurbağanın memetik evriminden esinlenerek geliştirilmiş bir algoritmadır. Bu algoritmada aday çözümlerden (kurbağalardan) oluşan bir popülasyon memetiksiz adı verilen alt gruplara bölünür. Her bir memetiksiz ayrı bir kurbağa kültürü olarak düşünülür. Her bir memetiksiz bir lokal arama gerçekleştirir.

Diğer bir deyişle her bir memeplekste kurbağalar birbirlerinin fikirlerinden esinlenir ve memetik bir evrime uğrar. Bu sayede bütün bireylerde (aday çözümler) iyileştirmeler sağlanır. Belli sayıda (söz gelimi 100) memetik evrim adımından sonra farklı memeplekslerdeki kurbağaların fikirleri arasında transfer gerçekleştirilerek bütün memepleksler karıştırılır ve ardından yeni memepleksler oluşturulur. Bu karıştırma işlemi global bilgi değişimini sağlar. Lokal arama ve karıştırma işlemi belli sayıda uygulanarak optimizasyon süreci gerçekleştirilir (Elbeltagi ve ark., 2005).

KKZA ile bir optimizasyon probleminin çözülmesi için ilk olarak bir araştırma uzayı tanımlanır. Araştırma uzayı optimizasyon problemine göre değişken değerlerin alabileceği değerlere göre tanımlanabilir. Örneğin bir GPS ağındaki noktaların üç boyutlu koordinat değerleri değişken değerler olabilir. Optimizasyon ile amaç bunlar için optimal değerleri bulmaktır. Değişken değerlerin sayısı araştırma uzayının boyutunu ifade eder. Daha sonra bu araştırma uzayında rastgele bir şekilde F adet çözüm üretilir. Rastgele sayı üreteçleri ile bütün araştırma uzayını kapsayacak şekilde çözümler elde edilebilir. Doğal olarak bu çözümlerin optimizasyon kriteri açısından kaliteleri birbirinden farklıdır. Analojide bu çözümlerin her biri kurbağa olarak isimlendirilir. Daha sonra her bir çözüm için amaç fonksiyonu değeri hesaplanır ve bunlar en iyi çözümden en kötü çözüme doğru sıralanırlar ve hepsine birden başlayarak bir numara verilir.

Populasyonda 100 adet kurbağa olsun. Memepleks sayısını da 10 adet seçmiş olalım. Dolayısıyla her bir memeplekste 10 adet kurbağa olacaktır. En iyi ilk 10 kurbağa sırasıyla birinci memepleksten başlayarak dağıtıldıktan sonra benzer şekilde 11. en iyi

kurbağadan itibaren bütün kurbağalar ilgili memeplekslere dağıtılacaktır.

Memepleksler oluşturulduktan sonra lokal araştırma işlemi yapılır. Burada amaç her bir memepleks içerisinde en kötü çözümü iteratif bir şekilde iyileştirmektir. Herhangi bir memepleksin en iyi ve en kötü çözümleri sırasıyla $X_{(en_iyi)}$ ve $X_{(en_kötü)}$ olsun. Bütün populasyon içerisinde en iyi çözüm ise X_{global} olsun. Burada amaç oldukça basit bir matematiksel işlem yaparak memepleks içerisindeki en kötü çözümü iyileştirmek olacaktır. Diğer bir deyişle bu çözümün amaç fonksiyonu değeri küçültülmeye çalışılır. Memepleks içindeki en kötü çözüme getirilecek olan düzeltmeler

$$S=(X_{(en_iyi)}-X_{(en_kötü)})\times rand$$

(1)

formülü ile hesaplanır. rand 0 ile 1 aralığında bir rastgele sayıdır. Bu şekilde iyileştirilmiş en kötü çözüm

$$X_{(en_kötü)}^{iyileştirilmiş}=X_{(en_kötü)}+S$$

(2)

eşitliği ile elde edilir. Bu işlem ile her zaman en kötü çözümde bir iyileştirme elde edilemeyebilir. Bu durumda (1) numaralı eşitlikte ki $X_{(en_iyi)}$ yerine X_{global} kullanılır. Bu da eğer iyileştirilmiş bir çözüm elde edilmesine olanak sağlamaz ise rastgele bir şekilde yeni bir çözüm üretilir ve iyileştirme olsun veya olmasın memepleks’in en kötü çözümü yerine artık bu yeni çözümlerle lokal araştırma sürdürülür. Her bir memepleks içindeki lokal araştırma süreci belli sayıda (örneğin 10 adet) iteratif olarak uygulanır.

Lokal araştırma yapıldıktan sonra bütün çözümler iyiden kötüye doğru tekrar sıralanır yeni memepleksler oluşturulur ve yine her bir

memepleks içinde (1) ve (2) numaralı eşitliklere göre lokal araştırma yapılır. Bu şekilde yakınsama veya tatmin edici bir sonuç elde edinceye kadar algoritma çalıştırılır.

SONUÇLAR

Optimizasyon hem başta mühendislik olmak üzere profesyonel hayatta hem de günlük yaşantımızda sıklıkla karşımıza çıkar. Maliyetin minimize edilmesi, kârın ve söz konusu ürünün verimliliğin maksimize edilmesi veya farklı amaçlar arasında belirli bir dengenin kurulması optimizasyon sayesinde gerçekleştirilebilir.

Geomatik mühendisliğinde genel olarak matematiksel optimizasyon uygulamalarına ihtiyaç duyulur. Bu amaç için doğal olarak matematiksel araçlardan yararlanır. Yoğun matematiksel hesaplamalara olanak veren yazılımlar sayesinde farklı optimizasyon algoritmalarından yararlanarak zor ve karışık gibi görünen pek çok optimizasyon problemi başarılı bir şekilde çözülebilmektedir.

Bu çalışmada global stokastik optimizasyon algoritmalarına vurgu yapılmıştır. Bu algoritmalar metasezgisel veya doğal optimizasyon algoritmaları olarak isimlendirilebilir. Rastgele sayı üreteçlerinin kullanımı, araştırma uzayında global tarama yapma, iterative olarak uygulanma ve doğada mevcut bulunan optimizasyon süreçlerinin taklit edilmesi bu optimizasyon algoritmalarının dört temel özelliğidir.

Jeodezi biliminde özellikle robust parametre kestirimi ve jeodezik ağ optimizasyonu en önemli optimizasyon problemlerinden olup metasezgisel algoritmalar ile çözülebilir. Matematiksel olarak ifade edilen belirli bir amaç fonksiyonun minimum veya maksimum yapılması gereken bütün durumlarda bu çalışmada bahsedilen veya yeni geliştirilen metasezgisel optimizasyon algoritmaları denenerek test edilebilir.

KAYNAKÇA

Dorigo, M., Stützle, T. (2004). Ant colony optimization. MIT Press, Cambridge.

Elbeltagi, E., Hegazy, T., Grierson, D. (2005). Comparison among five evolutionary-based optimization algorithm. Advanced Engineering Informatics, 19(1):43-53.

Eusuff, M.M., Lansey, K.E. (2003). Optimization of water distribution network design using the shuffled frog leaping algorithm. Journal of Water Resource Planning and Management, 129(3):210-225.

Haupt, R.L., Haupt, S.E. (2004). Practical Genetic Algorithms. Wiley, NY.

Hekimoğlu, Ş., Berber, M. (2003). Effectiveness of robust methods in heterogeneous linear models. Journal of Geodesy, 76(11):706-713.

Karaboga, D., Baştürk, B. (2007). A powerful and efficient algorithm for numerical optimization: artificial bee colony (ABC) algorithm. Journal of Global Optimization, 39(3):459-471.

Kennedy, J., Eberhart, R.C. (1995). Particle swarm optimisation. Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks IV:1942-1948, IEEE Service Center, Piscataway, NJ.

Kuang, S.L. (1996). Geodetic network analysis and optimal design. Ann Arbor Press, Ann Arbor, MI.

Simkoei, A.A. (2003). Formulation of L1 norm minimization in Gauss-Markov Models. Journal of Surveying Engineering, 129(1):37-43.

Xu, P. (2003). A hybrid global optimization method: the multi-dimensional case. Journal of Computational and Applied Mathematics, 155(2):423-446.

Yang, X.S. (2008). Nature-inspired metaheuristic algorithms. Luniver Press, University of Cambridge, UK.

Yetkin, M., İnal, C., Yiğit, C.Ö. (2009). Use of the particle swarm optimization algorithm for second order design of levelling networks. Journal of Applied Geodesy, 3:171-178.

Yetkin, M., İnal, C. (2011). L1 norm minimization in GPS networks. Survey Review, 43(323):523-532.

Yetkin, M., İnal, C., Yiğit, C.Ö. (2011). The Optimal design of baseline configuration in GPS networks by using the Particle Swarm Optimization algorithm. Survey Review, 43(323):700-712.

Yetkin, M., Berber, M. (2013). Application of the sign-constrained robust least squares method to surveying networks. Journal of Surveying Engineering, 139(1):59-65.

Yetkin, M. (2014). Metaheuristic optimisation approach for designing reliable and robust geodetic networks. Survey Review, 45(329):136-140.

Yetkin, M., Berber, M. (2014). Implementation of robust estimation in GPS networks using the artificial bee colony algorithm. Earth Science Informatics, 7(1):39-46.