

GENETİK ALGORİTMA YÖNTEMİ İLE SU ŞEBEKELERİNDE HİDROLİK KALİBRASYONUN GELİŞTİRİLMESİ

Sarper GÖZÜTOK ve Osman N. ÖZDEMİR

İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gazi Üniversitesi, 06570 Maltepe, Ankara,
ozdemir@gazi.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada bir optimizasyon tekniği olan genetik algoritma yönteminin içme suyu şebekelerinde boru pürüzlülükleri ve düğüm noktası tüketim değerlerinin daha doğru belirlenmesi için kullanımı incelenmiştir. Bu yöntem hidrolik modeli bulunan bir su şebekesinin daha iyi kalibre olmasına yardımcı olmaktadır. Genetik algoritma uygulanırken kullanılan ilk yöntem Goldberg'ın klasik olarak tanımladığı seçim çaprazlama ve mutasyondan oluşan basit genetik algoritmadır. Çaprazlama tekniğinde yapılan bir değişiklik ile yöntem geliştirilmiş ve daha iyi sonuçlar alınmıştır. Genetik algoritma tekniğinde uygunluk belirlemek için literatürde var olan gerçek bir şebeke üzerinde yapılan flor ölçümlerinin yakınsanması esas alınmıştır. Hidrolik analizleri ve suda bulunan flor ile ilgili konsantrasyon hesaplamaları ise EPANET adı ile bilinen program yardımı ile yapılmıştır. Sonuçlar genetik algoritma tekniği kullanılarak su şebekelerinde model kalibrasyonu için iyileştirmeler sağlanabildiğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Genetik algoritma, içme suyu şebekeleri, hidrolik model, kalibrasyon.

REFINEMENT OF HYDRAULIC CALIBRATION FOR WATER SUPPLY NETWORKS WITH GENETIC ALGORITHMS

ABSTRACT

This study uses genetic algorithms, a relatively new approach to optimization, to refine roughness values of pipes and demand values associated with nodes in a network. The approach is used to obtain more precise hydraulic calibration of an existing network. The first approach to the problem solution is Goldberg's simple genetic algorithm technique which consists of selection, crossover and mutation. Then, the crossover mechanism was redesigned to facilitate better accuracy. The technique described in this study uses a fitness function based on observed fluoride measurements on an existing network available in the literature. The hydraulic calculations and trace of fluoride concentrations in the network pipes and nodes are performed by the use of EPANET a well known software available. The results show that the genetic algorithm technique applied to the problem can give a better approximation to the measured concentrations in the network which may improve the calibration studies.

Keywords: Genetic Algorithms, water supply networks, hydraulic model, calibration.

1. GİRİŞ

Belediye su idareleri büyüyen içme suyu şebekelerinin analiz ve işletmelerini bilgisayar programları yardımı ile yapmaktadırlar. Bu programlar yardımı ile kurulan modeller gerçek şebekenin çalışma koşullarını yansıttıkları oranda faydalı olabilirler. Bilgisayarda oluşturulan modelin gerçek şebekeyi temsil ettiği oranı her zaman yükseltmek ve daha iyi modele yönelmek mümkündür. Bu modeller ile daha iyi sonuç

alabilmek için şebekeleri izole olmuş bölümlere ayırmak ve bu bölümleri daha detaylı çalışmak iyi sonuç verebilir. Şebekelerin uzak (üçra) bölümlerinde yani pompadan ve su depolarından uzak dağıtım bölgelerinde hidrolik kalibrasyon hataları daha sık görülebilmektedir [1].

Şebekelerin uzak noktalarında tüketimlerin azalabileceğinden, hızlarında düşük olması mümkündür. Boru içinde akan suların daha yavaş aktıkları hatta durgun oldukları izlenebilmektedir. Bu

nedenler borulardaki pürüzlülük ve kayıp katsayılarının değişmesine de neden olabilmektedir. Ayrıca tüketimlerin düşük ve düzensiz dağılışı da doğru tahmin edilebilmelerini zorlaştırmaktadır.

Bir su şebekesinin tam hidrolik kalibrasyonu demek tüm bilgisayar model parametrelerinin fiziki şebekenin verileri ile tutarlı olması demektir. Bu parametreler genelde boru pürüzlülük katsayıları, düğüm noktası tüketim değerlerini kapsamaktadır. Bilgisayar model parametrelerinin uygunluğu fiziki şebeke üzerinde yapılabilecek debi ve basınç ölçümleri ile saptanabilmektedir. İyi bir hidrolik kalibrasyon bilgisayarda kurulan modeldeki boru hızlarının fiziki şebekede gerçekleşmesi demektir. Şebekede yer alan boru içi hızlar ile suyun bir noktadan bir başka noktaya ilerleme süresi arasında direk bir ilişki kurulabilir. Bu sürelerin araştırması şebeke içine halk sağlığına zararlı olmayacak hatta yararlı olabilecek kimyasalları eklemekle mümkün olabilmektedir [1-3]. Bu tür kimyasallara örnek flor olabilmektedir. Flor ABD’de birçok şehir su şebekesine ağız ve diş sağlığını korumak amacı ile özellikle eklenmektedir. Bu halojen kendisini muhafaza edebilmekte yani su veya boru malzemeleri ile etkileşime girmemektedir. Su içine bir noktadan bırakılan bir miktar florun şebeke içi diğer noktalardan takibi mümkün olabilmektedir. Standartlarda belirtilen flor miktarı aşılmadığı sürece sağlık sorununda yaratmamaktadır [2]. Flor su şebekelerinde eklenebildiği gibi bir süre bu işlem durdurularak florun şebekedeki kaybolma süresi de izlenebilir. Bu da yine halk sağlığına bir zarar vermemektedir.

Bu çalışmada oldukça yeni sayılabilecek bir optimizasyon tekniği olan genetik algoritmaların içme suyu şebekelerinde boru pürüzlülükleri ve düğüm noktası tüketim değerlerinin daha doğru belirlenmesi için kullanımı ile ilişkili bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntem ile hidrolik kalibrasyonu çalışılan bir su şebekesinin daha doğruya yönelmesine yardımcı olmaktadır. Kullanılan method ABD’de varolan, birçok makaleye bahis konusu olan ve verileri elde olan bir şebekeye ait flor ölçümlerini esas almaktadır.

2. GENETİK ALGORİTMA

Genetik algoritmalar stokastik bir arama yöntemidir. Genetik algoritma yöntemi, Darwin’in en iyi olan yaşar prensibine dayalı olarak biyolojik sistemlerin gelişim sürecini modellemektedir [4]. Genetik algoritma tekniği, çözüm uzayının büyüklüğüne rağmen iyi bir çözüme kısa zamanda yakınsamaktadır. Genetik algoritma üç temel işlemde (operatörden) meydana gelmektedir: (1) Seçim, (2) Çaprazlama ve (3) Mutasyon. Genetik algoritmada her çözüm bir dizi (birey) olarak kodlanmakta ve bireylerin bir yığını ile çözüme ulaşılmaktadır. Genetik algoritmanın basit formunda başlangıç yığını rassal olarak oluşturulur.

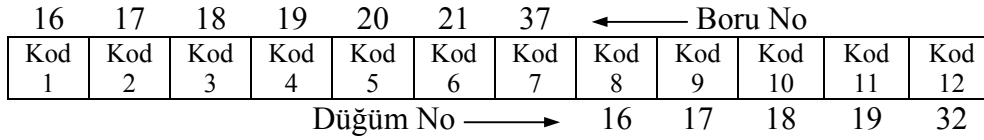
Yığındaki her birey ikili düzende veya tamsayı olarak kodlanabilmektedir. Bu bireyler değerlendirme aşamasında deşifre edilerek belirli amaç fonksiyonu yada fonksiyonlarında gösterdikleri performanslarına (uygunluklarına) göre değerlendirilmektedir. Bireyler uygunluk değerlerinin yüksekliğine göre daha büyük bir olasılıkla seçilmektedir (rulet-şans çemberi). Seçim operatörü ile seçilmiş olan bireyler çaprazlama havuzuna girmeye hak kazanırlarken seçilemeyen bireyler yok olmaktadır. Goldberg [5], turnuva, rulet çemberi gibi farklı seçim operatörlerinin avantaj ve dezavantajlarından bahsetmiştir. Seçim operatörleri ile tıpkı gerçek doğada olduğu gibi en iyilerin hayatta kalması sağlanılmaktadır. Seçim operatörü sonrasında hayatta kalan her birey çaprazlama topluluğundaki diğer bir birey ile rasgele bir şekilde eşleştirilmektedir. Amaç, yüksek uygunluk değerlerine sahip bireylerde bulunduğu kabul edilen yapı taşlarının (iyi özelliklerin) çaprazlama sonucunda ebeveynlerden sonraki nesillere daha fazla sayıda geçirilmesi yoluyla daha yüksek uygunluk değerlerine sahip bireylerin oluşturulmasını sağlamaktır. Çaprazlama bir olasılık değeri ile yapılmaktadır. Eğer çaprazlama meydana gelmez ise ebeveynler aynen bir sonraki yığına aktarılmaktadır. Genetik algoritmalar sadece seçim ve çaprazlama operatörlerinden meydana gelselerdi çok hızlı bir şekilde yerel bir optimuma ulaşabilirlerdi. Yığında çeşitlilik yaratabilmek, çaprazlama sonucunda kaybolabilen iyi özellikleri geri kazanabilmek ve genel en iyiye ulaşabilmek için bireylerdeki kodlar belli bir olasılık ile değişime (mutasyon) uğratılmaktadır. Genetik algoritmanın bu işleyişi önceden belirlenen bir durdurma koşulu sağlanıncaya kadar devam etmektedir.

3. GENETİK ALGORİTMANIN UYGULANIŞI

Genetik algoritma tekniğini su şebekeleri kalibrasyonu için uygulamak amacı ile Visual Basic programlama dilinde 2 ayrı bilgisayar programı geliştirilmiştir. Birinci program Basit Genetik Algoritma (BGA) tekniğini yani seçilme operatörü için şans çemberini kullanmaktadır. Basit genetik algoritma ile ilgili daha fazla bilgi Goldberg’in [5] kitabından edinilebilir. İkinci program ise bu çalışmada basit genetik algoritma tekniği üzerinde yapılan değişiklikler ile elde edilen Gelişmiş Genetik Algoritma (GGA) tekniğidir ve ilerideki paragraflarla açıklandığı gibi çalışmaktadır.

Her iki programda kullanılan genetik algoritma birey yapısı Şekil 1’de verildiği gibidir. Şekil 1’de verilen birey yapısı Şekil 3’de gösterilen şebekede kalibrasyonu yapılan bölgedeki boru ve düğüm noktası numaralarına göre oluşturulmuştur. Şekil 3 sadece kalibrasyon bölgesi içinde kalan düğüm noktalarının numaralarını gösterebilmektedir.

Birey yapısına göre boru pürüzlülük katsayıları ve düğüm noktası tüketim değerleri aynı birey içerisinde



Şekil 1. GA birey yapısı

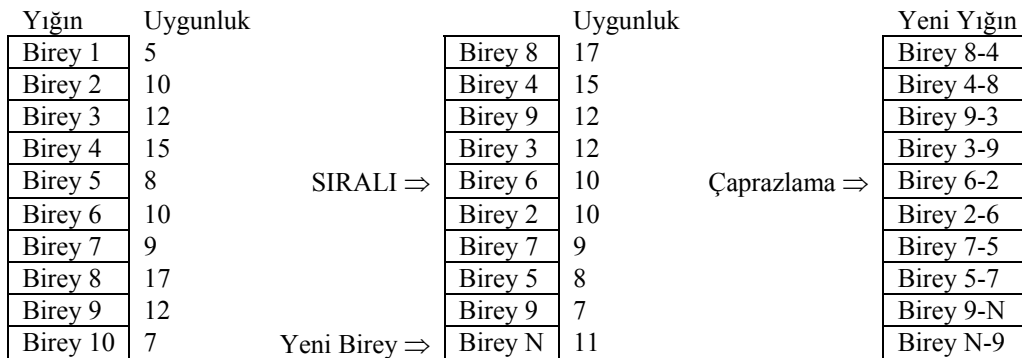
herbiri 15 farklı kod değerini alabilecek şekilde düşünülmüştür. Bir kod değerine karşılık olabilecek pürüzlülük katsayıları ve tüketim çarpanları ilgili borunun ve düğüm noktasının bulunduğu yere ve duruma bağlıdır. Tablo 1 kod değerlerini göstermektedir.

Tablo 1. Birey Kodları

Kod	William-Hazen Pürüzlülüğü C (80-130)	Tüketim Çarpanları ±%
1	C1	D1
2	C2	D2
3	C3	D3
4	C4	D4
5	C5	D5
6	C6	D6
7	C7	D7
8	C8	D8
9	C9	D9
10	C10	D10
11	C11	D11
12	C12	D12
13	C13	D13
14	C14	D14
15	C15	D15

İçme suyu şebeke modellerini oluştururken ihtiyaç duyulan en kritik parametreler düğüm noktalarında çekildiği düşünülen tüketim değerleri ile boru içi pürüzlülük katsayılarıdır. Uzun yıllar kullanılmış su borularının üretici firma tarafından verilen pürüzlülük katsayıları ile modele dahil edilmesine imkan yoktur. Bu nedenlerle genetik algoritmada kullanılan birey yapısında düğüm noktası tüketimleri ile zamanla değişmiş olan boru pürüzlülük katsayıları kullanılmıştır.

Geliştirilmiş genetik algoritma aşağıda belirtilen işlemleri her nesil oluşumunda gerçekleştirmektedir.



Şekil 2. Gelişmiş genetik algoritmanın şematik açıklaması

- i) Her nesil bireylerinin uygunlukları bir uygunluk fonksiyonuna göre belirlenir,
- ii) Uygunluk değerlerinin büyüklüğüne göre bireyler sıraya sokulurlar,
- iii) Rastgele üretilen yeni birey veya bireyler uygunluğu en düşük olan bireyler ile yer değiştirirler,
- iv) Çaprazlama ise her bir birey bir altındaki ile eşleştirilerek yapılmaktadır. Böylece uygunluğu en yüksek olan bireyin düşük olanlar ile çaprazlanması önlenmektedir.

Yukarıda belirtilen işlemlere ek olarak mutasyon işlemi de belli bir yüzde ile uygulanmaktadır. Belirtilen işlemler Şekil 2'de tarif edilmeye çalışılmıştır.

4. UYGUNLUK FONKSİYONU

Genetik algoritmalarda bireylerin iyi yada uygun olup olmadıklarını ölçebilmeleri için problemin yapısına göre bir uygunluk fonksiyonu kullanmaları gereklidir. Bu çalışmada karşılaştırılması ve yaklaştırılması gereken iki tür veri bulunmaktadır. Bu verilerden ilk set uygulaması yapılan şebekedeki flor ölçümleri diğer set ise bilgisayarda modeli kurulan şebeke için hesaplanan flor değerlerini kapsamaktadır. Bilgisayarda şebeke modeli kurmakta ve flor hesapları yapmakta kullanılan program ABD'de hükümete ait Amerikan Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından geliştirilen EPANET [6] adlı programdır. Uygunluk aramak için arazi ölçümleri ile bilgisayar model verileri arasında ilişkiyi sağlayacak bir fonksiyon aşağıda verildiği gibi kullanılmıştır.

$$F = \sum_{i=1}^N \frac{1}{|V_{fm} - V_{fc}|}$$

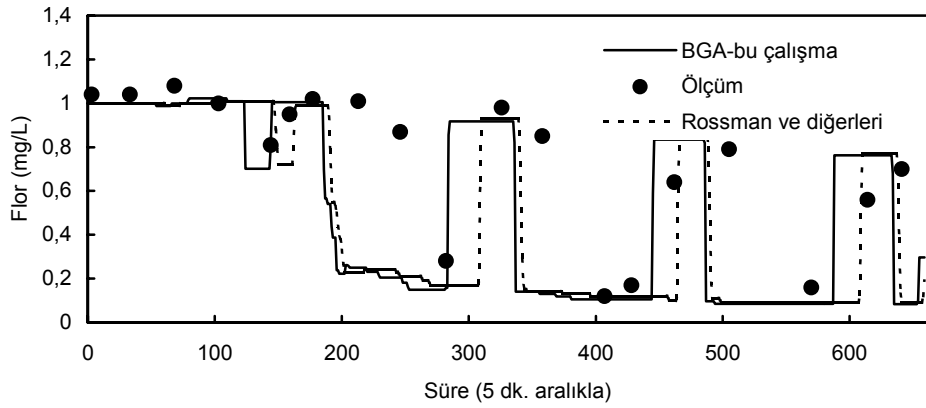
Verilen eşitlikte:

F= Her bir bireyin uygunluk fonksiyonu

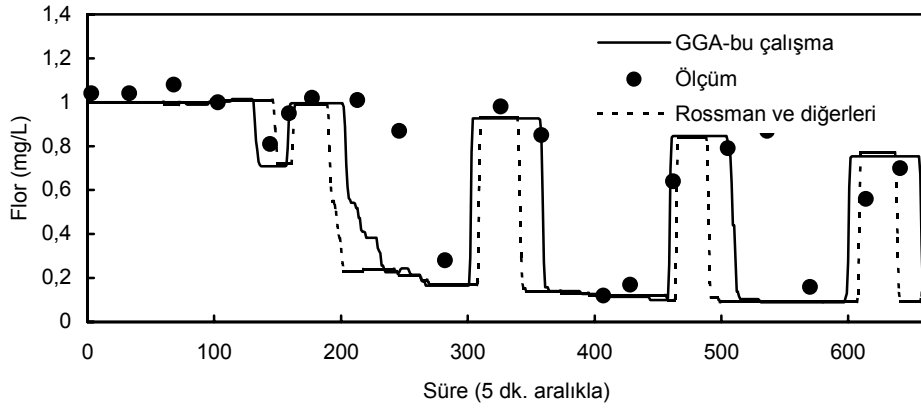
yalnız bu bölgede varolan tüketim değerleri ve boru pürüzlülüklerindeki hatalardan kaynaklanmış olabileceği varsayımdır. Şekil 1 genetik algoritma kullanılan bireyde sembolize edilen boru ve düğüm noktalarını göstermektedir. Genetik algoritma ilk yığın büyüklüğü 50 olarak denenmiştir.

Mutasyon ise basit ve gelişmiş genetik algoritma olmak üzere 1/500 ve 1/750 gibi oranlarla denenmiştir. Gelişmiş genetik algoritma her nesilde 5 yeni bireyin yığma girmesi sağlanmıştır. Flor ölçümleri yapılan 19 numaralı düğüm noktası için bu çalışma ile önceki araştırmacıların sonuçları ve ölçümler karşılaştırmalı olarak Şekil 4'de basit

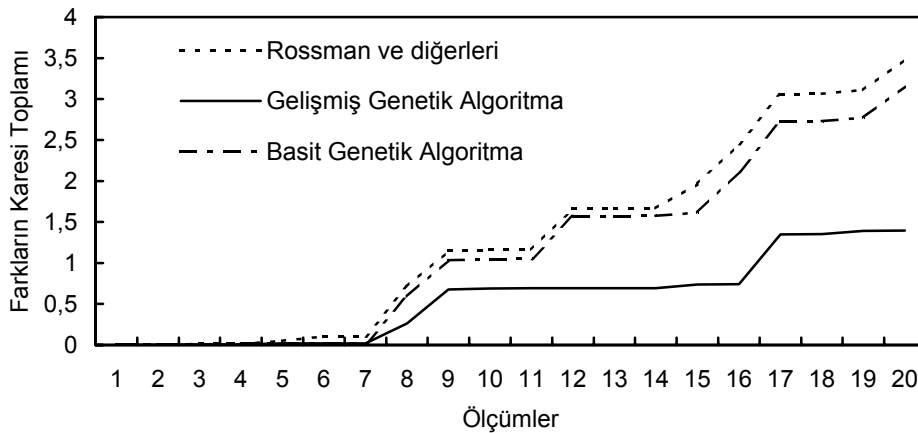
genetik algoritma için Şekil 5'de ise gelişmiş genetik algoritma için gösterilmektedir. Şekil 4 ve 5'de gösterildiği gibi 19 numaralı düğüm noktasında 19 adet flor ölçümü yapılmıştır. Yapılan ölçümler ile daha önce yapılan (Rossman ve diğerleri) model çalışmaları sonuçları ve bu çalışmada uygulanan genetik algoritma sonucu oluşturulan model arasındaki farklar izlenebilir durumdadır. Şekil 6 ise arazi ölçümleri ile model sonuçlarının farklarını hataların karesi ve kümülatif olarak sunmaktadır. Şekil 6'dan izleneceği gibi önceki model çalışmaları ve basit genetik algoritma uygulaması sonucu ortaya çıkan çözümler ile ölçümler arası farkların artışı gelişmiş genetik algoritma sonucu oluşturulan



Şekil 4. Basit genetik algoritma, önceki çalışma ve ölçümlerin karşılaştırılması



Şekil 5. Gelişmiş genetik algoritma, önceki çalışma ve ölçümlerin karşılaştırılması



Şekil 6. Hataların kümülatif olarak karşılaştırılması

çözümün artışından fazladır. Şebekede 19 numaralı düğüm noktasında yapılan 19 ölçüm ile ilgili yapılan fark hesaplarında gelişmiş genetik algoritma yöntemi nispi olarak daha iyi sonuçlar vermektedir.

6. SONUÇ

Genetik algoritma yöntemi kullanılarak şebeke hidrolik kalibrasyonu iyileştirilmeye çalışılmıştır. Basit genetik algoritma ile yapılan çözümlerin yanında çaprazlama tekniği uygulamasında bir fark yaratılarak gelişmiş genetik algoritma yöntemi ile daha iyi çözümlere ulaşılmıştır. Şebekelerde izole çalışılmış bölgeler için alınan sonuçlardan bir kalibrasyonun her zaman daha iyi olabileceği anlaşılmıştır. Genetik Algoritma tekniğinin birçok optimizasyon konusunda olduğu gibi içme suyu şebekelerinde de değişik uygulama alanları için geçerli bir teknik olarak uygulandığı görülmüştür.

KAYNAKLAR

1. Rossman, L. A., Clark, R. M., and Grayman, W. M. "Modeling chlorine residuals in drinking-water distribution systems." **J. Envir. Engrg.**, ASCE, 120(4), 803-820, 1994.
2. Kennedy, M. S., Sarikelle, S. and Suravallop, K. "Calibrating Hydraulic Analyses of Distribution Systems Using Fluoride Tracer Studies" **J. AWWA**, 83 (7), pp. 54-59, 1991.
3. Clark, R. M., Grayman, W. M., Goodrich, J. A., Deininger, R. A., Hess, A. F. (1991). "Field-Testing Distribution Water Quality Models" **J. AWWA**, 83 (7), pp. 67-75, 1991.
4. Gözütok, S. "**Genetik Algoritma Yöntemi ile İçme Suyu Şebekelerinde Kalibrasyon**", M.Sc. Theses, Civil Engineering Department, Gazi University, 2002.
5. Goldberg, D. E. **Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning**. Addison-Wesley, Reading, Mass, 1989.
6. Rossman, L. A. **EPANET User's Manual**. Risk Reduction Engrg. Lab., U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio, 1993.
7. Biswas, P. C. Lu, and Clark, R. M. "Chlorine concentration decay in pipes." **Water Research**, 27(12),1715-1724, 1993.
8. Özdemir, O. N., and Ger, A. M. "Realistic numerical simulation of chlorine decay in pipes." **Water Research**, 32(11), 3307-3312, 1998.
9. Özdemir, O. N., and Ucak, A. "Simulation of chlorine decay in drinking-water distribution systems." **J. Envir. Engrg.**, ASCE, 128(1), 31-39, 2002.