

SU DAĞITIM ŞEBEKELERİNİN TASARIMI İÇİN KONUMSAL ALGORİTMALAR

Orhan Kurt¹, Önder Ekinci², Türker Akbulut³

¹KOÜ, Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Umuttepe, Kocaeli, orhnkrt@yahoo.com

²KOÜ, Kocaeli Üniversitesi, Asım Kocabıyık MYO, İnşaat Bölümü, Hereke, Kocaeli, oeikinci@kocaeli.edu.tr

³SoftEB Yazılım, SoftEB Yazılım ve Teknoloji Ticaret A.Ş.Necatibey Cad., Kızılay, Ankara, turkerakbulut@gmail.com

ÖZET

Su dağıtım şebekelerinin tasarımı için oluşturulan uygulama yazılımlarının, seçilen tasarım yöntemi ile konumsal ilişkiler arasındaki uygun algoritmaların etkileşimli olarak kullanılmaması, şebeke ile ilgili başlangıç değer ve koşullarının ekrandan girilmesi gibi nedenlerden dolayı uzman olmayan kişiler tarafından bu yazılımların kullanılmasını güçleştirmiştir. Bu çalışmayla; etkileşimli, kullanımı kolay, nokta, doğru alan dosyaları genellemeleriyle Hardy Cross yönteminin dışında seçilebilecek farklı yöntemlerle de kullanılabilen C++ ortamında geliştirilen, konumsal ilişkilere dayanan başlangıç değerlerinin bulunmasına yönelik algoritmalar ve uygulama yazılımı önerilerek, literatürde genel kabul görmüş bir test şebekesine uygulanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Alt yapı, Mekânsal Veri, Modelleme, Programlama, Veri yapısı.

ABSTRACT

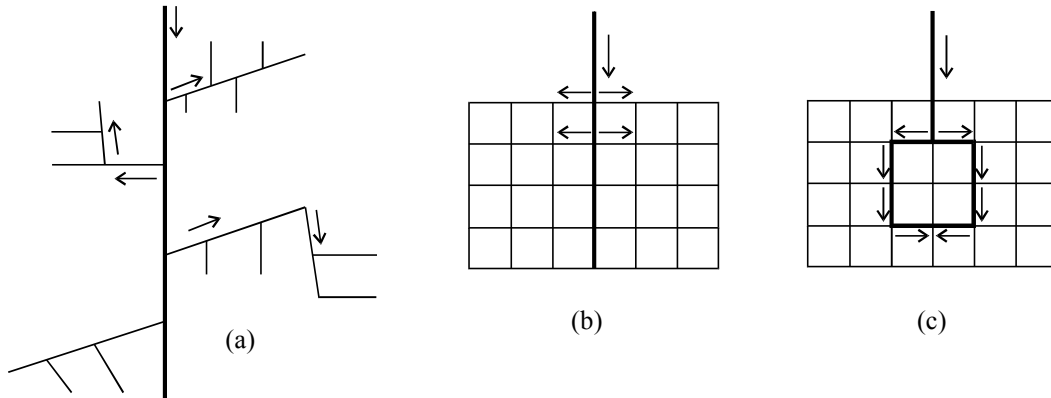
SPATIAL ALGORITHMS FOR WATER DISTRIBUTION NETWORKS DESIGN

Since developed softwares for the water distribution design are not used interactively and the initial values and the restrictions required for the network solution have to be entered data from the screen or files, it is very hard to utilize from those software by nonexpert people. In this study, it is suggested some spatial algorithms to develop a water distribution network design software, which can be used efficiently by the people. The algorithms based on four data bases, which are the data bases of points, lines and areas, are performed efficiently in Hardy Cross solution method and the some can be also applied the other solution method. Moreover, the algorithms are tested on a test network well-known by the litterateur.

Keywords: Infrastructure, Spatial Data, Modeling, Programming, Structure of Data.

1. GİRİŞ

Su dağıtım şebekeleri, suyu yeterli miktarda, istenilen basınçta ve kullanılabilir kalitede tüketiciye ulaştıran sistemlerdir. Sokakların plandaki durumuna göre üç tip su dağıtım sistemi ortaya çıkar. Bu sistemler; dal sistemi, dal şeklinde ağ sistemi ve kapalı gözlü (loop) ağ sistemi olarak bilinirler (Şekil 1).



Şekil 1: Su dağıtım sistemleri; a) Dal sistemi, b) Dal şeklinde ağ sistemi, c) Kapalı gözlü ağ sistemi (Al-Yayla vd., 1977).

Su dağıtım şebekelerindeki akım ve basınçların analizi, çözümü zor bir hidrolik problemdir. Bu problemin çözümünde; 1924 yılında Kesit Yöntemi, su şebekelerindeki hidrolik koşullar ile elektrik devrelerindeki elektronik koşulların benzeşimi esas alınarak 1934 ve 1950 yıllarında geliştirilen Elektrik Analog Yöntemleri, 1936 yılında, ardışık yaklaşımlarla sayısal çözüm yöntemi olan Hardy-Cross yöntemi geliştirilmiştir. 1955 yılından sonra, bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle birlikte, Hardy Cross yöntemi kullanımı yaygınlaşmış ve aynı zamanda bu ardışık

yaklaşım ile sayısal çözüm yöntemine benzer Newton-Cross, Newton-Raphson ve Doğrusal (Lineer) Analiz gibi bilgisayarla çözüm yöntemleri de geliştirilmiştir (Sevük ve Altınbilek, 1977).

Bu çalışmada, yukarıda kısaca bahsedilen su dağıtım şebekesi ağlarının hidrolik çözüm yöntemlerinde gerekli olan konuma bağlı başlangıç verilerinin, elle (manuel) ekrandan girilmesi yerine otomatik olarak planlanıp, girilmesi için bazı algoritmalar önerilmiştir. Çalışmada önerilen algoritmaların hepsi Hardy Cross ve Newton Cross yöntemlerine uygun olmakla birlikte, diğer yöntemler için gerekli olan ön bilgilerin (başlangıç değerlerin) elde edilmesinde doğrudan ya da benzer yapılar geliştirilerek kullanılabilir.

2. KONUMSAL ALGORİTMALAR

Çalışmada, hidrolik açıdan şebeke çözüm yöntemi olarak Hardy Cross yöntemi seçilmiş ve önerilen konumsal algoritmalar nokta, doğru, alan tabloları kullanacak şekilde bu yöntemle oluşturulmuştur. Önerilen algoritmalar, Alperovits ve Shamir'in (1977) varsaydıkları, literatürde test şebekesi olarak kabul gören şebekede kullanılmıştır. Algoritmaların irdelenmesinde bu test şebekesinin nokta, doğru, alan, katmanları kullanılmıştır.

2.1 Hardy Cross Yöntemi

Hardy-Cross Yöntemi bir ardışık yaklaşım yöntemidir. Bu yöntem iki temel ilkeye dayanır:

- Bir düğüm noktasına gelen debiler, çıkan debilere eşittir.
- Bir metredeki yük kaybı J ise, L uzunluğundaki yük kaybı $h_k = J \times L$ olur.

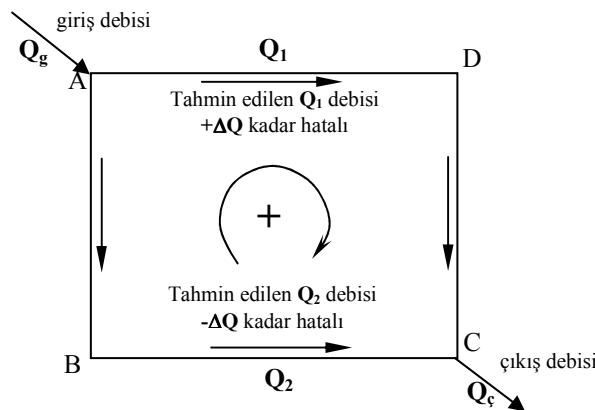
Herhangi bir kapalı gözde, yük kayıplarını saat ibresi yönünde (+) ve aksi yönünde (-) seçersek, toplam yük kaybı her bir gözde sıfırdır.

Bu yöntem iki şekilde uygulanır:

- Çap ve debiler önceden tahmin edilir ve yük kayıpları dengeleninceye kadar yani toplam yük kaybı sıfır oluncaya kadar debi ve gerekirse çaplar düzeltilir.
- Çap ve basınçlar, önceden verilir, debiler dengeleninceye kadar yük kayıpları düzeltilir. Şebekeye giren ve çıkan debiler bilinmediği ve birkaç noktadan su, şebekeye girdiği zaman, suyun şebekeye giriş ve çıkış noktalarında, enerji çizgisinin yüksekliklerinin (basınçlarının) bilinmesi gerekir. Daha sonra, düğüm noktalarındaki basınçlar ve düğüm noktaları arasındaki borularda meydana gelen yük kayıpları tahmin edilir.

Bu çalışmada, Hardy Cross yöntemi, çap ve debiler önceden tahmin edilip yük kayıplarının dengelenmesi şekliyle kullanılmıştır.

Şekil 2'de görüldüğü gibi, kollar üzerinde herhangi bir sarfiyatın olmadığını düşünürsek ($Q_g = Q_l$), şebeke gözüne giren Q_g akımı saat ibresi yönündeki akımın debisi Q_1 ve aksi yöndeki akımın debisi $Q_2 = Q_g - Q_1$ olur ve debi iki kol arasında dağıtılır. ABC kolundaki yük kaybı h_{k1} , ADC kolundaki yük kaybı h_{k2} ise $h_{k1} - h_{k2} = 0$ olmalıdır.

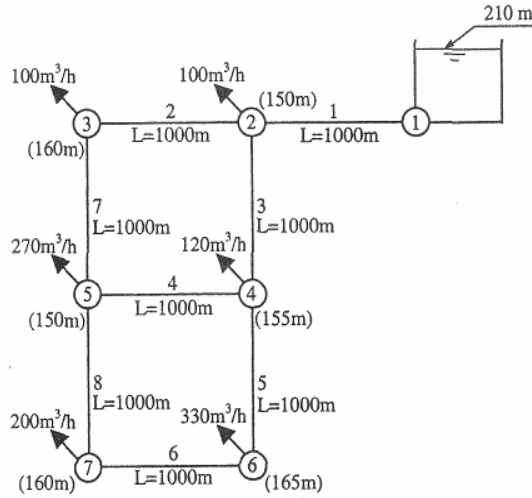


Şekil 2: Hardy Cross yönteminin temel düşüncesi (Muslu, 1980).

Debilerin ardışık olarak düzeltilmesi için gereken ΔQ değeri genel olarak, $\Delta Q = -Q \frac{\sum h_k / g}{\sum h_k}$ (g : göz sayısı) eşitliğiyle elde edilir. Toplam yük kaybı, $\sum h_{ki}$ sifıra yakın bir değere gelinceye kadar ardışık düzeltmelere devam edilir (Muslu 1980, Al-Layla vd. 1977, Ekinci vd., 2005).

2.2 Alperovits ve Shamir'in 1977 Test Şebekesi

Şekil 3, Alperovits ve Shamir'in (1977) varsaydıkları, literatürde test şebekesi olarak kabul gören ve çalışmanın konusu olan konumsal algoritmaların uygulanıp, veri tabanlarının oluşturulduğu şebeke Şekil 3'deki gösterilmiştir.



Şekil 3: Alperovits ve Shamir'in (1977) Varsaydıkları Test Şebekesi.

Konumsal algoritmalar 3 adet konumsal veri tabanına göre kurgulanmıştır. Tablo 1'de, su şebekesinde yer alan bütün bağlantı noktalarının 3B (3 boyutlu) konum bilgileri, noktanın cinsi (depo yeri ya da düğüm noktası), depo su yüzeyi kotu ve düğüm noktalarındaki tüketim debileri sunulmaktadır. Test şebekesindeki depo veri tabanının birinci elemanıdır. Depo su yüzeyi kotu, potansiyel enerjiyi ifade ettiğinden, borularda veya düğüm noktalarındaki basınçların (yükseklik cinsinden) belirlenmesinde başlangıç değeri olarak ele alınır. İçmesuyu şebekelerinde, boruların tam dolu olarak kabul edilmesi nedeniyle, diğer noktalardaki su yüzeyi kotları çözüm açısından bir önem taşımadığından dikkate alınmayıp, sıfır olarak gösterilmektedir. Ancak, bu değerler istenirse 3B konum bilgileri ve boru çapları kullanılarak hesaplanabilir. Tablo 1'in son sütunu düğüm noktalarında ihtiyaç duyulan, tüketilmesi öngörülen ön görülen su miktarlarını göstermektedir.

Tablo 1: Birinci veri tabanı, nokta katmanı (Şekil 3).

NN	yukarı[m]	saga[m]	H[m]	OzNitlk	SuYuzKot[m]	Tüketim Debiler[m ³ /h]
1	2099.9375	2099.1872	190.000	Depo	210.000	1120.0
2	2099.9375	1099.9875	150.000	Düğüm	0.000	100.0
3	2099.9000	100.0375	160.000	Düğüm	0.000	100.0
4	1099.9500	1099.9875	155.000	Düğüm	0.000	120.0
5	1099.9500	100.0000	150.000	Düğüm	0.000	270.0
6	100.0000	1099.9875	165.000	Düğüm	0.000	330.0
7	100.0000	100.0000	160.000	Düğüm	0.000	200.0

Tablo 2: İkinci veri tabanı, doğru katmanı (Şekil 3).

SN	DN	BN	Öngörülen Boru Çapları [inç]
1	1	2	20
2	2	3	10
3	2	4	18
4	4	5	4
5	4	6	16
6	6	7	12
7	3	5	8
8	7	5	8

Tablo 2'de, boruların başlangıç (DN: durulan nokta) ve bitiş (BN: bakılan nokta) düğüm noktası numaraları ile beraber boruların öngörülen, başlangıç çap değerleri yer alır. Bu tabloda en önemli kısım DN⇒BN sütunlarıdır. Bu sütunlar tasarlanan hattın, su akım yönünü göstermektedir. Şebekede tasarlanan su akım yönü her bir boru için DN' dan BN'ya

şeklinde girilmelidir. Başlangıç boru çaplarının, gerçek değerlere yakın olarak tahmin edilmesi Hardy Cross yöntemindeki iterasyon sayısını azaltacak yönde etki eder, sonuca herhangi bir etkisi yoktur.

Tablo 3: Üçüncü veri tabanı, alan katmanı (Şekil 3).

Göz No	Gözdeki Düğüm Noktası Sayısı (n_j)	Gözdeki Düğüm Noktaları
1	4	2, 4, 5, 3
2	4	4, 6, 7, 5

Tablo 3’de, içmesuyu şebekesinde borularla (su hatlarıyla) kapanan şekillerin (gözlerin, lupların) düğüm noktaları yer alır. Bu alan katmanı iki durumda işe yarar; birincisi çalışmada kullanılan Hardy Cross yöntemine göre şebeke çözüm algoritması için borunun şebekedeki konumunun belirlenmesini sağlar, ikincisi ise herbir gözdeki boruların akım yönlerinin Hardy Cross yöntemi için gereken yönlerinin (saat ibresi yönünde +, tersi yönde -) belirlenmesini sağlar. Akım yönünün işareti alanlardan yararlanarak belirlendiğinden, gözü oluşturan düğüm noktalarının bir düğümden başlayarak alanı çevreleyecek şekilde girilmesi ve hiçbir düğüm noktası atlanmaması gerekir. Alan katmanlarının (gözlerin) oluşturulmasında düğüm noktalarına göre başlangıç akım yönlerinin hangi yönde kabul edildiğinin önemi yoktur.

2.3 Borunun Ait Olduğu Kapalı Gözü Belirleyen Algoritma

Borunun hangi göze ait olduğu Tablo 2 ve Tablo 3 kullanılarak yapılır. Tablo 2’deki her bir doğru (boru) okunur ve Tablo 3’deki alan (göz) noktaları ile aşağıdaki algoritma ile irdelenerek ait olduğu gözler belirlenir. Bir doğru sadece iki kapalı alanın kenarı olabilir. Öyleyse, aynı durum borular için de geçerlidir. Algoritma bu mantık üzerine kurulmuş her bir doğrunun ait olduğu gözler aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

b Bütün şebekedeki doğru (boru) sayısı
 g Alan (göz, lup) sayısı
 n_j j . gözdeki düğüm noktası sayısı ($j=1, 2, \dots, g$)
 b_j j . gözdeki boru sayısı

Algoritma 1:

```

Döngü (i=1 (1) b) {
  g1i = g2i = 0 ; // Bir doğrunun (boru) ait olduğu iki alan (göz)
  s = 0 ;
  Döngü (j=1 (1) g) {
    NNjnj+1 = NNj1 ; // Alanı kapatmak için son noktadan sonraki nokta birinci nokta olmalı
    Döngü (k=1 (1) nj) {
      Eğer ( (DNi==NNjk ∧ BNi==NNjk+1) ∨ (BNi==NNjk ∧ DNi==NNjk+1) ) {
        s++ ;
        Eğer (s==1) g1i=j ;
        Eğer (s==2) g2i=j ;
      }
    }
  }
}

```

Algoritma 1’den sonra her bir doğrunun (borunun) şebekedeki yeri belirlenir. Ana boru hiçbir göze ait olmadığından $g1_i=g2_i=0$ dır.

2.4 Borunun Ait Olduğu Gözdeki Akım Yönünü Belirleyen Algoritmalar

Hardy Cross yönteminde her bir borunun (doğrunun) ait olduğu gözdeki (alan) işaretinin belirlenmesi gerekir. Bu yöntemde, saat ibresi yönü pozitif (+) ve saat ibresinin tersi (-) olarak alınır. Kurgu, iki bölüm olarak düşünülmüştür. Herhangi bir su tüketim değeri olmaması gereken, depodan çıkan birinci boru (ana boru) hiçbir göze ait olmadığından, en az bir göze ait olan diğer borulardan farklılık gösterir, dolayısıyla ana boru diğer (esas ve tali) borulardan ayrı olarak değerlendirilmez.

Algoritma 2 (Depo Çıkış Borusu (ana boru) (1-2)): Bütün noktalara göre ağırlık merkezi bulunur. DN=1 ve BN=2 noktalarının bu ağırlık merkezine göre açıklık açısı hesaplanır. BN açıklık açısından, DN noktasının açıklık açısı çıkarılır, farkın işaretine bakılır. Farkın işareti (+) pozitifse borunun akım yönü pozitif, tersi durum için negatif alınır. Bu kurgu,

ender karşılaşılabilecek bir durum olan; ana borunun durulan ve bakılan noktaları ile ağırlık merkezinin bir doğru üzerinde olma durumu haricinde her zaman çalışır. Bu olumsuz durum, uzmanın görüşüne göre etkileşimli olarak giderilebilir. Konunun uzmanı olmayanlar, birinci boru için (+) ve (-) olma halini ayrı ayrı ele alabilirler.

Algoritma 2:

```

isrt=1;
y0=ortm(y), x0= ortm(x); // Bütün şebekenin ağırlık merkezinin koordinatları
t1=mod( atan2(y1-y0, x1-x0)+2π , 2π ) ; // DN'nin açıklık açısı
t2=mod( atan2(y2-y0, x2-x0)+2π , 2π ) ; // BN'nin açıklık açısı
d=t2-t1 ; // Semtler farkı
Eğer ( d<0 V d>π ) isrt=-1;

```

Algoritma 3 (Diğer Borular) : Diğer (Şekil 3'deki test şebekesinde esas) borulardaki algoritma her koşul için doğru çalışır. Diğer boruların hepsi en az bir göze dâhildir. Tablo 3 oluşturulurken, Hardy Cross yöntemine göre, saat ibresi yönü pozitif olacak şekilde kurgulanmış ise, ele alınan gözün alanının işareti pozitif çıkar. Saat ibresinin tersi yönü negatif olur. Diğer borulardaki akım yönlerinin işaretleri, DN⇒BN yönü, alanın sıralanışına uygunsuzsa pozitif, tersi durumda negatif değerini alır.

Algoritma 3:

```

Döngü (i=1 (1) b) {
  Döngü (j=1 (1) g) {
    Eğer ( g1i == j ) {
      Alanİşrtj = sign( (Σxkyk+1-Σykxk+1)/2 ) ; //k=1,2,...,nj
      Döngü (k=1 (1) nj) {
        Eğer ( DNi==NNk ∧ BNi==NNk+1 ) İşrti = Alanİşrtj ;
        Eğer ( BNi==NNk ∧ DNi==NNk+1 ) İşrti = -Alanİşrtj ;
      }
    }
  }
}

```

Not: Algoritmada geçen değişkenlerin $Alanİşrt_j, İşrt_i \in \{-1, 1\}$ değerlerini alır. Bu $sign()$ işaret fonksiyonu sonucudur.

Söz konusu algoritmalar; Tablo 1, 2 ve 3'e benzer şekilde kurulmuş veri tabanlarını kullanır. Tablo 2'den boru numaraları (DN, BN) okunur, boruların ait olduğu göz veya gözler Tablo 3'den bulunur. Tablo 3'deki gözleri oluşturan düğüm nokta numaraları kullanılarak Tablo 1'deki yatay konumlardan, Gauss ya da Cross alan bulma yöntemlerine göre alan hesabı yapılır. Alanın aldığı işaret bu gözün yönünü belirler. DN⇒BN yönünün alan yönünde olup olmadığı algoritmada belirtildiği şekilde yapılarak, Hardy Cross yöntemi için gereken borulardaki akım yönleri işaretleriyle bulunmuş olur.

Şekil 3'de test şebekesindeki 4-5 borusu gibi bazı borular iki göze de dahil olabilirler. Böyle durumlarda, borunun akım yönü 1. göze göre pozitif ise Hardy Cross yönteminde saat ibresi yönü pozitif olarak kabul edildiğinden, ikinci göze göre negatif olur. Hardy Cross yönteminde, ΔQ düzeltme debisi değerini herbir göz için ayrı ayrı hesaplayıp, debileri dengelemeye çalıştığından, 4-5 borusu gibi her iki göze de komşu olan boruların başlangıçta kabul edilen akım yönü, Hardy Cross yöntemiyle debilerin dengelenmesi sonucunda değişebilir. Ayrıca, iki göze ait olan borularda farklı göze göre yön seçimi, çözüm sonuçlarını değiştirmektedir (Şekil 4). Çok gözlü büyük şebekeler söz konusu olduğunda, farklı iki göze komşu boruların alabilecekleri yön koşulları kombinasyonlu olarak düşünülerek, ayrı bir algoritma ile çözüme gidilmesi önerilmektedir.

2.5 Başlangıç Debileri Ağırlıklı Olarak Hesaplayan Algoritma

Doğrusal olmayan denklem takımlarının çözümü ardışık yaklaşımlar ile yapıldığı için, ilk aşamada tahmin edilen değerlerin (başlangıç değerleri) gerçek değerlerden çok farklı olmaması gerekir. Bu nedenle tüm yaklaşımların birinci aşamasında bilinmeyenlerin değerlerini tahmin etmek ilk bakışta önemli bir işlem niteliğinde gözükmez ise de, çözüme ulaşabilmek açısından temel bir işlemdir (Sevük ve Altınbilek 1977).

Hardy Cross yönteminde başlangıç değerleri debi ve çaplar olduğundan, göz yaklaşımı esas alındığında, borulardaki debilerin tahmini önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Karar verici, kendi tercihlerine göre herhangi bir başlangıç debi dağılımı belirlese de, çözüm algoritmasının bir lokal çözüme yakınsayacağı kaçınılmaz bir durumdur.

Ancak burada, hem iterasyon sayısı artacak, hem de karar verici tercihlerini değiştirmesi durumunda farklı bir lokal çözüme ulaşacaktır.

Literatürde ilk ağırlık algoritmasını (weighting algorithm), problemi düğüm noktası yaklaşımı ile ele alan Morgan ve Goulter (1985) geliştirmiştir. Bir başka ağırlıklı toplam yaklaşımı ise; λ_i , ağırlıklar olmak üzere;

$$\min \sum_{j=1}^k \lambda_j f_j(x) \quad (\lambda_j > 0 , \sum \lambda_j = 1) \quad (1)$$

Andersson 2000'de sunulmuştur. Göz yaklaşımının benimsendiği, borunun kendi ağırlığıyla, söz konusu borunun beslediği ardışık tüm boruların ağırlıklarının toplamı, o borunun şebekedeki gerçek ağırlığını ifade edecek bir ağırlık algoritması da önerilmiştir (Ekinci 2003, Ekinci vd. 2005, Ekinci ve Konak 2009).

Bu çalışmada, suyun yayılımına daha uygun olduğu öngörüsü ile dairesel yayılımla özdeşleşen ağırlıklandırma yöntemi belirlenmiştir. Bu algoritma boruların orta noktalarının başlangıç borusunun orta noktasına uzaklıklarının tersinin normlandırılması üzerine kurulmuştur ve konuma bağlıdır. Ana borunun ağırlığı $p_1=1.0$ ya da $p_1=0.5$ olarak seçilebilir. Ana borudan beslenen diğer boruların ağırlıklarının, fiziksel açıdan ana boru ağırlığından küçük olması beklenir.

Algoritma 4:

```
tp = 0.0 ; // Ağırlıkların toplamı
p1 = 1.0 ; // yada p1=0.5
x0=(xDN1+xBN1)/2 , y0=(yDN1+yBN1)/2 ; // Başlangıç borusunun ortası
Döngü (i=2 (1)b) {
    xi=(xDNi+xBNi)/2 , yi=(yDNi+yBNi)/2 ; // i. borunun ortası
    si=sqrt((xi-x0)2+(yi-y0)2) ; // i. borunun başlangıca uzaklığı
    pi=1/si ;
    tp+=pi ;
}
Döngü (i=2 (1)b) {
    pi/=tp ; // Ağırlıkların normlandırılması
}
Debi1=TplmDebi ; // Ana borunun başlangıç debisi = Toplam debi
Döngü (i=2 (1)b) {
    Debi_i= pi*TplmDebi ; // i. borunun başlangıç debisi
}
}
```

Not: Normlandırmadan sonra $\sum_{i=2}^b p_i = 1$ olur.

Su dağıtım şebekelerinin hidrolik analizinde kullanılan Hardy Cross yöntemi için gerekli olan başlangıç değerleri, yukarıdaki dört algoritma sonucunda, el ile (manuel) veri girişine gerek kalmadan elde edilerek, Hardy Cross yöntemiyle çözüme ulaşılabilir.

3. SAYISAL UYGULAMALAR

Hardy Cross yöntemi için gerekli olan başlangıç bilgilerinin, konumsal bir kaynaktan elde edilmesini sağlayan dört algoritma C++ ortamından kodlanmış ve çalışmada sunulan test ağı (Şekil 3) üzerinde uygulanmış ve program çıktıları Şekil 4'de gösterilmiştir.

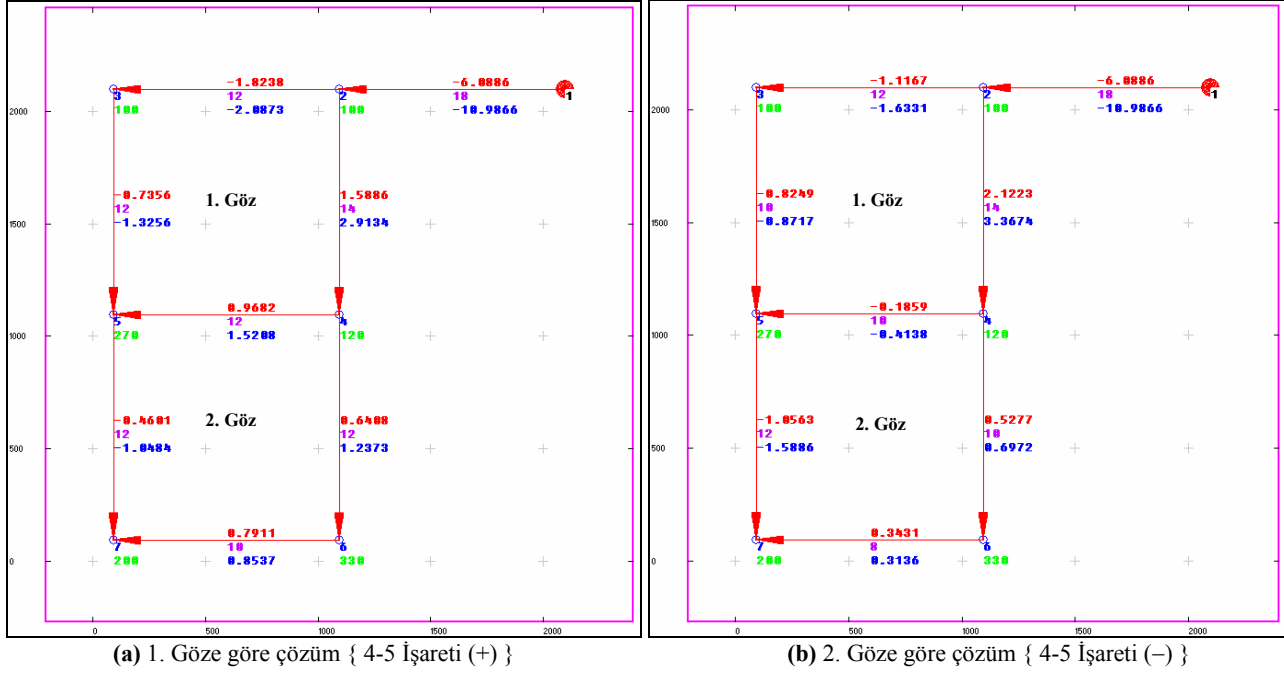
Geliştirilen yazılım, konuma bağlı üç tablodaki (Tablo 1, 2, 3) bilgileri kullanarak Hardy Cross şebeke çözüm yönteminde kullanılmak üzere ön bilgiler oluşturan 4 adet algoritmayı kullanmaktadır.

Önerilen algoritmalarındaki en önemli kısıtlardan birisi Şekil 4'den de görüldüğü gibi, farklı iki göze (alana) komşu olan boruların (doğruların) işaretlerinin belirlenmesidir. Test ağında bir borunun (4-5) farklı iki göze göre yapılan şebeke çözümünün nasıl farklılaştığını göstermektedir (Şekil 4).

Şekil 4a ve Şekil 4b' de renkler;

- Kırmızı : Her bir borudaki yük (enerji) kaybı (yükseklik cinsinden birim) ($\sum_{i=1}^{b_j} h_{k_i} = 0$)
- Eflatun : Hardy Cross yöntemiyle elde edilen optimum boru çapları (inç)
- Mavi : Hardy Cross yöntemiyle elde edilen debiler
- Yeşil : Alperovits ve Shamir'in (1977) varsayımları tüketim debileri
- İşaret (+/-) : Saat ibresine göre akım yönlerini

temsil etmektedir.



Şekil 4: Konumsal algoritmalar ile desteklenen Hardy Cross yöntemine göre test şebekesi çözüm sonuçları.
($p_1=0.5$, $p_i = s_i^{-1}/\Sigma s_i^{-1}$ alınmıştır)

Diğer önemli kısıt ise, boruların debilerinin belirlenmesinde kullanılan ağırlıklardır. Çalışmada önerilen ağırlıklar; herhangi bir borunun orta noktasının, ana borunun orta noktasına uzaklıklarının tersinin normlandırılması ile elde edilmiştir. Ana boru ağırlığı $p=0.5$ alınarak, esas boruların ağırlık fonksiyonları $f(s)=1/s$ olarak alınmıştır. Global optimum çözüme ulaşmanın amaçlandığı literatürdeki çalışmalarda da, farklı ağırlık fonksiyonu seçimi, farklı başlangıç debi değerlerinin elde edilmesine yol açacağından, çözüm algoritmasının da farklı bir lokal optimum çözüme yakınsayacağı kaçınılmaz bir durumdur. Dolayısıyla, önerilebilecek farklı ağırlıklandırma algoritmaları veya fonksiyonlarıyla, daha iyi sonuçlar elde edilebileceği düşünülmektedir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, hidrolik açıdan şebeke çözüm yöntemi olarak Hardy Cross yöntemi seçildiğinde, yöntemin çalışması için gereken şebeke elemanlarının konumsal bilgilerinin, ekrandan yapılacak veri girişi yerine bilgisayar programınca belirlenebilmesi için Borunun Ait Olduğu Kapalı Gözü Belirleyen Algoritma ile Borunun Ait Olduğu Gözdeki Akım Yönünü Belirleyen Algoritmalar önerilmiştir. Ayrıca, boruların orta noktalarının ana borunun orta noktasına uzaklıklarının tersinin normlandırılması üzerine kurulan, konuma bağlı Başlangıç Debilerini Ağırlıklı Olarak Hesaplayan Algoritma önerilmiştir. Bu algoritmalar, Alperovits ve Shamir'in (1977) varsayımları, literatürde test şebekesi olarak genel kabul gören şebekeye uygulanmıştır.

Sonuç olarak; önerilen bu algoritmaların eleştirilebilir, tartışılabilir ve geliştirilebilir birçok yönü mutlaka olacaktır. Global optimum çözüme ulaşmanın amaçlandığı literatürdeki çalışmalara katkı yapıldığı düşünülen bu çalışmada, farklı konumsal veya ağırlıklı debi dağılımı algoritmalarıyla, daha iyi sonuçların elde edilebileceği, uygulamacılara daha cazip gelebilecek yazılımların oluşturulabileceği kanısındayız.

KAYNAKLAR

Al-Layla M. A., Ahmad S. And Middlebrooks E. J., 1977. *Water Supply Engineering Design*. Ann Arbor Science Publisher Inc., USA.

Alperovits E., Shamir U., 1977. *Design of Optimal Water Distribution Systems*. Water Resources Research, 13 (6), 885-458.

Andersson, J., 2000. *A Survey of Multiobjective Optimization in Engineering Design*. Dep. of Mechanical Eng., Linköping University, Technical Report -LiTH-IKP-R-1097, Linköping, Sweden.

Ekinci Ö., 2003. *Su Dağıtım Şebekeleri İçin Bir Optimizasyon Modeli*, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, KOÜ, Kocaeli.

Ekinci Ö., Konak H., Öztürk E., 2005. *Su Dağıtım Şebekeleri İçin Minimum Yük Kayıplı Bir Optimizasyon Stratejisi*, hkm Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, sayı: 2005/92, sayfa: 44.

Ekinci Ö., Konak H., 2009. *An Optimization Strategy For Water Distrubition Networks*, Water Resources Management, 23(1), 169.

Morgan, D. R. And Goulter, I. C., 1985. *Optimal Urban Water Distribution Design*. Water Resources Research, 21 (5), 642-652.

Muslu, Y., 1980. *Su Getirme ve Kullanılmış Suları Uzaklaştırma Esasları*, Teknik Kitaplar Yayınevi, İstanbul.

Sevük, S., Altınbilek, D., 1977. *Su Dağıtım Şebekeleri Projelendirme ve Bilgisayarla Çözüm Esasları*, ODTÜ.