

Yapay Arı Kolonisi ile Hazne Kapasitesinin Optimizasyonu: Köprüçay Örneği

Kemal SAPLIOĞLU, Fatih Ahmet ŞENEL, Fatih TOPÇU

Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

Geliş Tarihi: 28.07.2017

Kabul Tarihi: 22.09.2017

Özet

Gerek artan nüfus gerekse sanayileşmede meydana gelen gelişmelerle birlikte suya olan ihtiyaç hızla artmaktadır. Bu artış ise beraberinde yeni su kaynaklarının bulunması ve mevcutların optimum şekilde kullanılması problemini beraberinde getirmiştir. Akarsular, başlıca su kaynakları içerisinde yer almaktadır. Bu kaynaklar üzerine yapılacak sulama ve depolama sistemleri ile su ve enerji ihtiyaçları karşılanabilmektedir. Ancak planlama aşamasının çok titiz bir çalışma ile yapılması hem ihtiyaçların karşılanması hem de ekonomik açıdan oldukça önemlidir. Bu nedenle ölçüm istasyonlarından elde edilen verilerin mevcut veya geliştirilen yöntemler içerisinde çalışılan bölgeyi en iyi temsil eden metotla analiz edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada Köprüçay nehri Beşkonak akım gözlem istasyonundan elde edilen 63 yıllık aylık ortalama veriler kullanılmıştır. Literatürde mevcut Rippl, Eklenik Farklar ve Minimum Akımlar yöntemlerine ek olarak Yapay Arı Kolonisi (YAK) optimizasyonu ile modellenmiş ve %67, %75 ve %90 verimle çalışan hazne kapasiteleri belirlenmiştir. Bu depo kapasiteleri ile minimum %20 kapasite baz alınarak işletme çalışması yapılmıştır. %20 kapasitenin altına düşme oranına göre modeller arasından en iyi yöntem belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada YAK modelinin otomatik olarak kullanımını sağlayan bir yazılımda literatüre kazandırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Köprüçay; Optimizasyon; Rippl; Yapay Arı Kolonisi; Eklenik Farklar; Minimum Akımlar

Optimization of the Reservoir Capacity by means of Artificial Bee Colony: Köprüçay Example

Abstract

The need for water is increasing rapidly due to the population growth and development processes in industrialization. This increase has brought with it the problem of finding new water resources and using the existing ones optimally. Rivers are one of the main water resources. The need for water and energy can be met with irrigation and storage systems to be built on these resources. However, it is very important that the planning phase is carried out very carefully both in terms of meeting the needs and economically. For this reason, the data obtained from the measurement stations should be analyzed with the method that best represents the region in which the current or developed methods are used. 63-year average monthly data obtained from Beşkonak stream flow monitoring station at the Köprüçay river basin have been used in this study. In addition to the Ripple, Additive Difference and Minimum Flow methods available in the literature, reservoir capacities modeled with Artificial Bee Colony (ABC) optimization and operating with 67%, 75% and 90% efficiencies have been specified. Plant operations on the basis of these storage capacities with a minimum 20% capacity have been carried out. The best method has been chosen among the models according to the rate of drop below 20% capacity. Furthermore, literature has gained a software that enables the automatic use of the ABC model thanks to this study.

Keywords: Köprüçay; Optimization; Rippl; Artificial Bee Colony; Supplemental Differences; Minimum Flows

1. Giriş

Günümüzde gerek artan nüfus gerekse buna bağlı olarak gelişen sanayileşmedeki artış, su ve enerji açığını beraberinde getirmiştir. Bu açık ise insanoğlunu yeni su kaynakları aramaya veya bulunan bu su kaynakları ile mevcut kaynakları optimum bir şekilde kullanmaya zorlamıştır. Su ve enerji ihtiyacını karşılamada kullanılan

projelendirmelerin başında barajlar gelmektedir. Barajların projelendirme aşamasında ise çok iyi fizibilite çalışması ve optimizasyon gereklidir. Seçilen baraj haznesi hacminin, optimum hacmin altında olması durumunda, su ihtiyacının fazla olduğu kurak dönemlerde baraj yetersiz kalacaktır. Çünkü yeterli miktarda su depolanamayacaktır. Bununla birlikte eğer baraj hacmi optimum

düzeyden daha fazla olursa maliyet gereksiz yere artırılmış olacaktır. Bu nedenle birçok araştırmacı, hazne büyüklüğünün belirlenmesi için pek çok yöntem geliştirmiş ve geliştirmeye de devam etmektedir.

Depolama kapasitesi ile ilgili ilk yapılan çalışma Rippl tarafından geliştirilen ve günümüzde en çok kullanılan metotlardan birisi olan Eklenik akımlar yöntemidir [1]. Grafikselsel bir yöntem olan bu çalışma genellikle aylık veriler ile çalışılmıştır. Ancak aylık veriler ile yapılan bu çalışmalar büyük haznelere için yeterli olmasına rağmen küçük depolama gerektiren problemler için yeterli olmayıp günlük akımlarla çalışılmayı gerektirmektedir [2]. Daha sonra araştırmacılar tarafından çok çeşitli yöntemler teklif edilmiştir. Moran hazne depolama sistemlerinin olasılık teorisini formülleştirmiş ve Moran olasılık matrisi yöntemini ileri sürmüştür [3]. Gould, hazne kapasitesinin belirlenebilmesi için, aylık akımların içsel bağımlılığı ve mevsimselliğini de dikkate alarak Moran olasılık matrisi yöntemini geliştirmiştir [4]. Sattari ve arkadaşları Doğu Azerbaycan'da (İran'ın kuzey batısında) bulunan sulama amaçlı Yalkız Ağaç barajının kapasitesini, klasik ve optimizasyon yöntemleriyle belirlemişlerdir [5]. Özkul Moran ve Gould olasılık matrisi yöntemleri ile Çağlayan barajının planlanan hazne kapasitesinin kuruma olasılığını hesaplamış ve irdelemiştir [6].

Hazne hacmi hesaplaması için yukarıda bahsedilen yöntemlere ek olarak optimizasyon yöntemleri de kullanılabilir. Male ve Muelle, yeraltı suyu akımının tükenmeden kullanımını sağlamak için doğrusal programlama tabanlı bir optimizasyon modeli geliştirmişlerdir [7]. Yine on yıllık bir süre zarfında yeraltı suyu sürdürülebilirliğini sağlayabilmek için Peralta ve arkadaşları tarafından optimizasyon yöntemi kullanılmıştır. [8]. Tracy, Santa Barbara'daki su kaynaklarının optimum kullanımı için optimizasyon modeli oluşturmuştur [9]. Hajilal ve arkadaşları, Hindistan'da 15 günlük periyotları dikkate alarak sulama amaçlı haznedeki çekilen suyu optimize etmişlerdir [10]. Devi ve arkadaşları, büyük bir nehir havzası sistemi için doğrusal programlama yöntemi geliştirmişlerdir

[11]. Rao ve arkadaşları optimizasyon yöntemleri ile simülasyon yapmışlar ve çok kuyu açmak yerine daha az kuyunun daha verimli çalışmasının daha önemli olduğunu söylemişlerdir [12]. Arslan, barajlardan üretilen enerjinin optimum seviyede olması için Lagrangian ve indirgenmiş gradyan algoritmalarını kullanmıştır [13].

Bu çalışmanın ikinci bölümünde modellerin uygulanması için seçilen örnek bölge olan Köprüçay nehri ve Beşkonak akım gözlem istasyonu hakkında bilgilerin yanı sıra Rippl, Eklenik Farklar, Minimum Akımlar ve Yapay Arı Kolonisi (YAK) yöntemleri hakkında bilgiler verilmiştir. Üçüncü kısımda çalışmanın yapılışı ve elde edilen sonuçlar verilerle kıyaslamalar yapılmıştır. Son bölümde ise çalışmanın literatüre kazandırdığı fayda ile birlikte elde edilen sonuçların karşılaştırılması ve öneriler verilmiştir.

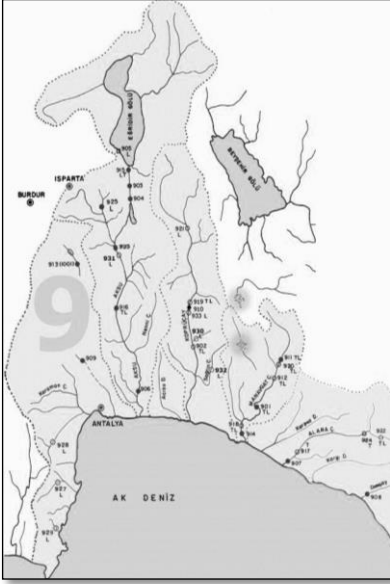
2. Materyal ve Metot

Bu bölümde ilk olarak, verilerin elde edildiği Köprüçay nehri ve nehir üzerinde bulunan Beşkonak akım gözlem istasyonu ile ilgili bilgiler verilmiştir. Daha sonra ise çalışmada kullanılan yöntemlerin (Rippl, Eklenik Akımlar, Minimum Akımlar ve YAK) uygulanışı anlatılmıştır.

2.1. Köprüçay Nehri ve Beşkonak ölçüm istasyonu

Köprüçay nehri Mütferrik Orta Akdeniz suları içerisinde yer alan ve Amanas dağından doğan bir nehirdir. Bu nehir yaklaşık 156 km'lik anakola sahiptir. 2498 km²'lik yağış alanına sahip olan havza yıllık 3,2x10⁹ akışa sahiptir. Havzanın yıllık ortalama akış katsayısı yaklaşık olarak 0,37 olarak belirlenmiştir [14] (Şekil 1).

Köprüçay Nehri üzerinde bulunan 902 nolu Beşkonak akım gözlem istasyonu bu nehir üzerindeki 12 istasyondan bir tanesidir. Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından kurulmuş olan bu istasyon 37,141 kuzey enlemi ve 31,187 doğu boylamında yer almaktadır. Antalya Serik havzasının 36m kuzeyinde bulunan istasyon 2072,8 km²'lik bir yağış alanına sahiptir. Deniz seviyesinden yüksekliği ise 95m'dir [14].



Şekil 1. Müteferrik Orta Akdeniz Suları Havzası yer bulunduru haritası [15]

2.2. Kullanılan yöntemler

2.2.1. Rippl yöntemi

Hazne kapasitesinin hesaplanmasında ilk çalışmalardan biri Avusturyalı mühendis W. Rippl tarafından 1883 yılında geliştirilmiş olup bu metoda göre, hazneye giren sularla, haznedeki çekilen sular ve depolama gereksinimleri arasındaki bağıntının araştırılması yapılmıştır. Rippl metodu, bugün bile halen pek çok su kaynakları planlamacıları tarafından kullanılmaktadır. Metod, gözlenmiş veya simüle edilmiş akımlar (Q_t) ile haznedeki çekilecek suların (R_t) maksimum pozitif kümülatif farkını bulmayı içerir [16]. Aktif hazne kapasitesi Denklem 1'de verildiği gibi hesaplanır.

$$K_a = \text{maksimum} \sum_{t=i}^j (R_t - Q_t) \quad (1)$$

Burada K_a , Hazne kapasitesi, R_t , grafikte eğilimin azaldığı noktada çizilen teğetin t anındaki değeri, Q_t grafikte eğilimin arttığı noktada çizilen teğetin t anındaki değeridir. Teğet çizgilerinin eğimi amaca göre düzenlenebilir. Örneğin %100 verimlilikle kullanılacak bir hazne depolama için ortalama akım debisi kullanılırken %67 verimle çalışacak bir hazne için ortalama debinin 0.67 ile çarpılmış değeri kullanılır.

Rippl yönteminde, haznenin kritik dönemin başında dolu olduğu, ihtiyaçların üniform olarak karşılandığı ve gelecekte mevcut verilerle gözlenenden daha

büyük bir kurak dönemin yaşanmayacağı varsayılmaktadır. Buharlaşma kayıplarının dikkate alınmaması, belirlenen hazne hacminin mevcut veri uzunluğuyla orantılı olarak artması ve belirlenen hacmin ihtiyacı karşılayamama olasılığının belirlenememesi yöntemin en büyük dezavantajıdır. Avantajları ise, yöntemin basit ve anlaşılır olması, gözlenen akım değerleri aynen kullanıldığından mevsimsellik, içsel bağımlılık gibi akım özelliklerinin göz önünde bulundurulmasıdır [3][17][18].

2.2.2. Eklenik farklar yöntemi

Eklenik farklar yöntemi, Rippl yönteminin biraz daha karmaşık versiyonudur. Ancak grafik ölçek olarak daha uygundur. Her bir akım verisinden ve çekim değerinden ortalama akımlar çıkartılarak farklar elde edilir. Daha sonra bu farkların eklenik değerleri çizilir. Çekim ve eklenik fark arasındaki en büyük ölçüm, hazne hacmini vermektedir [3][17][18]. Eklenik farkların en büyük avantajı görsellik ve hesaplama kolaylığıdır. Tepe ve çukur arasındaki en büyük fark depolama hacmini vermektedir.

2.2.3. Minimum akımlar yöntemi

Minimum akımlar yöntemi ile yıllar arası düzenleme yapmak için gerekli kapasiteyi belirlerken önce akım gözlemlerinden en küçük 5, 10, 20, ... , 100 aylık toplam akımlar bulunur. Bulunan değerler zaman ekseninde sırasıyla 5, 10, 20, ... , 100 aya karşı gelecek şekilde noktalanarak minimum akımlar (kuraklık) eğrisi elde edilir. Bu doğru ile çekim eğrisi arasındaki en büyük düşey uzaklık hazne kapasitesi olarak belirlenir [3][17][18][19].

2.2.4. Yapay Arı Kolonisi Algoritması

YAK, popülasyon tabanlı çalışan bir global optimizasyon yöntemidir. YAK, bal arılarının bal yaparken ki zeki davranışlarından esinlenilerek geliştirilmiştir [20]. Bu optimizasyon yöntemi temel olarak üç bileşenden oluşmaktadır; işçi arılar, işsiz arılar ve yiyecek kaynakları. İşçi ve işsiz arılar kovana yakın zengin yiyecek kaynaklarını aramakla görevlidirler. Arılar ise kendi aralarında üç farklı kategoriye ayrılmaktadır; yiyecek kaynağından kovana yiyecek taşıyan ve yiyecek kaynağının

komşuluklarında daha iyi yiyecek kaynağı arayan işçi arılar, kovan içinde işçi arıların dansını izleyerek hangi yiyecek kaynağının seçilmesi gerektiğini belirleyen izleyici arılar ve rasgele arama yapan kâşif arılar. İşçi ve izleyici arılar yiyecek kaynaklarındaki yiyecek miktarlarını hesaplarlar. En uygun yiyecek kaynağını belirleyerek işçi arılar nektar taşımaya başlarlar. Sürekli olarak yiyecek kaynaklarındaki nektar miktarları hesaplanır ve anlık olarak yiyecek kaynağı seçimi yapılır. Her bir yiyecek kaynağı için sadece tek bir işçi arı görevlendirilmektedir. Yani yiyecek kaynağı sayısı kadar işçi arı bulunmaktadır. Herhangi bir yiyecek kaynağındaki nektar tükendiğinde, o yiyecek kaynağında görevli olan işçi arı kâşif arı görevine geçerek yeni kaynaklar keşfetmek için aramaya başlar.

Başlangıç popülasyonu

YAK, global optimizasyon yönteminde başlangıçta popülasyonu, arama uzayı içinde rasgele olarak belirlenir. Denklem 2’de başlangıç popülasyonunun nasıl oluşturulduğu verilmiştir.

$$P_{i,j} = lb_j + rand(0,1) \times (ub_j - lb_j) \quad (2)$$

Denklem 2’de P yiyecek kaynağını (popülasyon), i popülasyondaki i. bireyi, j problem boyutunu, ub_j ve lb_j ise j. boyutun alt ve üst limitini ifade etmektedir.

İşçi arılar

İşçi arılar mevcut yiyecek kaynağından nektar taşıırken aynı zamanda yiyecek kaynağının komşuluklarında da daha iyi bir yiyecek kaynağı araması yapmaktadırlar. Eski yiyecek kaynağını sürekli hafızada tutarlar ve daha iyi bir kaynak bulurlarsa yiyecek kaynağını daha iyi olan kaynakla değiştirirler. Arama işlemini rasgele olarak yapmaktadırlar.

$$C_{i,j} = P_{i,j} + rand(-1,1) \times (P_{i,j} - P_{k,j}) \quad (3)$$

Denklem 3’de C aday yiyecek kaynağını, P_k rasgele seçilen komşu yiyecek kaynağını ifade etmektedir. Hafızada tutulan mevcut en iyi yiyecek kaynağından daha iyi bir yiyecek kaynağı bulunduğu, işçi arılar kovan içinde ki dansları ile diğer arıları yönlendirmektedirler.

İzleyici Arılar

İzleyici arılar, işçi arılardan gelen bilgiler doğrultusunda yeni yiyecek kaynağını seçme işlemini yapmaktadırlar. İzleyici arılar seçim işlemini yiyecek kaynağının uygunluk değerine göre (yiyecek miktarı) yapmaktadırlar. Seçme işlemi rulet tekerleği mantığına göre yapılmaktadır. Rasgele arama yapıldığı için yiyecek kaynağı güncelleme işlemi de belli bir olasılığa göre yapılmaktadır. Denklem 4 ve 5’te yiyecek kaynağı değiştirme olasılığı hesaplama formülü gösterilmiştir.

$$Uygunluk_i = \begin{cases} \frac{1}{f_i} & f_i \geq 0 \\ 1 + abs(f_i) & f_i < 0 \end{cases} \quad (4)$$

$$Olasılık_i = \frac{Uygunluk_i}{\sum_{i=1}^{FN} Uygunluk_i} \quad (5)$$

Burada, f_i ; i. bireyin uygunluk fonksiyonunu, FN yiyecek kaynağı sayısını, $Uygunluk_i$; uygunluk değerlerini ve $Olasılık$ ise izleyici arılar tarafından i. bireyin seçilme ihtimalini ifade etmektedir.

Kâşif arılar

Kâşif arılar aynı zamanda işsiz arılar olarak adlandırılır. Görevleri, arama uzayı içinde rasgele olarak yeni yiyecek kaynakları aramalarıdır. Yiyecek kaynakları tükenen veya yiyecek kaynağı değersiz olduğu için onaylanmayan işçi arılar kâşif arı olarak yeni yiyecek kaynağı arama ile görevlendirilirler.

3. Bulgular

3.1. Rippl yönteminin uygulanışı ve elde edilen sonuçlar

Öncelikle Köprüçay Beşkonak Akım gözlem istasyonuna ait akımlar toplanarak toplam debi gidiş çizgisi elde edilmiştir. Daha sonra elde edilen bu grafikte eğimlerin döndüğü noktalarda ortalama debiye göre %67, %75 ve %90 işletim oranlarına göre eğimler çizilmiştir. Bu noktalar arasındaki maksimum fark depolama kapasitesi olarak tespit edilmiştir. Ancak bu işlem veri sayısının fazla olmasından dolayı hata yapılması muhtemel ve zaman alan bir işlem olduğundan dolayı MATLAB yazılımı ile modellenmiş böylelikle işlemin otomatik

olarak yapılması sağlanmıştır. Oluşturulan bu modelde elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilir.

%67 verimle çalıştırıldığında Rippl yöntemine göre 418 milyon m³ hazne kapasitesi bulunmuş ve 63 yıllık işletmede 6 ay hazne hacminin %20'lik kritik seviyenin altında değer aldığı görülmüştür. 18 aylık bir dönem ise kritik dönem olarak belirlenmiştir. %75 verimle çalıştırıldığında Rippl yöntemine göre 727 milyon m³ hazne kapasitesi bulunmuş ve 63 yıllık işletmede 6 ay hazne hacminin %20'lik kritik seviyenin altında değer aldığı görülmüştür. 18 aylık bir dönem ise kritik dönem olarak belirlenmiştir. %90 verimle çalıştırıldığında Rippl yöntemine göre 2,13 milyar m³ hazne kapasitesi bulunmuş ve 63 yıllık işletmede 5 ay hazne hacminin %20'lik kritik seviyenin altında değer aldığı görülmüştür. 55 aylık bir dönem ise kritik dönem olarak belirlenmiştir.

3.2. Eklenik Farklar uygulaması ve elde edilen sonuçlar

Rippl yönteminde kullanılan oranlara göre giren debi çıkan debi ve bir önceki ayda biriken debi üst üste toplanarak gidiş çizgisi oluşturulmuş ve tepe noktalardan gerçekleştirme oranına göre eğimler çizilmiştir. Oluşan en büyük fark depo kapasitesi olarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçları ise aşağıdaki gibi özetleyebiliriz.

%67 verimle çalıştırıldığında Eklenik Farklar yöntemine göre 374 milyon m³ hazne kapasitesi bulunmuş ve 63 yıllık işletmede 9 ay hazne hacminin %20'lik kritik seviyenin altında değer aldığı görülmüştür. 12 aylık bir dönem ise kritik dönem olarak belirlenmiştir. %75 verimle çalıştırıldığında Eklenik Farklar yöntemine göre 693 milyon m³ hazne kapasitesi bulunmuş ve 63 yıllık işletmede 7 ay hazne hacminin %20'lik kritik seviyenin altında değer aldığı görülmüştür. 21 aylık bir dönem ise kritik dönem olarak belirlenmiştir. %90 verimle çalıştırıldığında Eklenik Farklar yöntemine göre 2.089 milyar m³ hazne kapasitesi bulunmuş ve 63 yıllık işletmede 6 ay hazne hacminin %20'lik kritik seviyenin altında değer aldığı görülmüştür. 55 aylık bir dönem ise kritik dönem olarak belirlenmiştir.

3.3. Minimum Akımlar yönteminin uygulaması ve elde edilen sonuçlar

En küçük 5, 10, 20, ... , 100 aylık toplam akımlar bulunarak bir eğri oluşturulmuştur. Oluşturulan bu eğri ile çizilen ortalama debinin %67, %75 ve %90'lık debi toplam çizgisi arasındaki en yüksek fark bu oranlar için hazne hacmi olarak belirlenmiştir.

Bu yöntemle elde edilen sonuçları özetlediğimizde, %67 verimle çalıştırıldığında Minimum Akımlar yöntemine göre 1.008 milyar m³ hazne kapasitesi bulunmuş ve 63 yıllık işletmede hiçbir ayın hazne hacminin %20'lik kritik seviyenin altında değer aldığı görülmemiştir. %75 verimle çalıştırıldığında Eklenik Farklar yöntemine göre 1.492 milyar m³ hazne kapasitesi bulunmuş ve 63 yıllık işletmede hiçbir ayın hazne hacminin %20'lik kritik seviyenin altına düştüğü görülmemiştir. %90 verimle çalıştırıldığında, Eklenik Farklar yöntemine göre 2.632 milyar m³ hazne kapasitesi bulunmuş ve 63 yıllık işletmede hiçbir ayın hazne hacminin %20'lik kritik seviyenin altında değer aldığı görülmemiştir. Bulunan hazne hacimleri ile kritik seviyenin altına düşülmemiş olmasına rağmen hazne hacmi çok büyük belirlendiğinden ekonomik olmanın dışına çıkmıştır.

3.4. YAK kullanılarak oluşturulan optimizasyonun uygulaması ve elde edilen sonuçlar

Çalışmanın son kısmında YAK kullanılarak Optimum hazne hacmi elde edilmeye çalışılmıştır. Optimizasyon işlemi yapılırken bazı kısıtlar dikkate alınmıştır. Tüm kısıtlar kullanıcı ara yüzünden ayarlanabilecek şekilde tasarlanmıştır. Optimum değer hesaplanırken baraj doluluk oranının %20'nin altına düşmemesi dikkate alınmıştır. Kullanıcı isterse ara yüz ile bu değeri değiştirebilmektedir. Ayrıca baraj yüksekliği belirlenen kısıt doluluk oranının altına inmeyecek şekilde en minimum değerde olması amaçlanmıştır. Optimizasyon yönteminin amacı, belirlenen doluluk oranının altına yılın hiçbir döneminde düşmeden en minimum baraj yüksekliğinin hesaplanmasıdır. Uygunluk fonksiyonu olarak Denklem 6 ve 7 kullanılmıştır.

$$Oranlar_{i,j} = \begin{cases} 0 & Dol_{i,j} \geq Oran_yuzde \\ 1 & Dol_{i,j} < Oran_yuzde \end{cases} \quad (6)$$

$$Uyg_i = Aday_yuk_i * (1 + \sum_{j=1}^T Oranlar_{i,j}) \quad (7)$$

Burada *Oran_yuzde* kullanıcı tanımlı minimum doluluk oranını yüzde olarak temsil etmektedir. $Dol_{i,j}$; i. bireyin veri setindeki j. gündeki yüzde olarak baraj doluluk oranını, Uyg_i ; toplam veri setindeki istenmeyen durum sayısını ve T ise veri setindeki kayıt sayısını ifade etmektedir. *Aday_yuk* değeri i. bireyin değerini tutmaktadır.

Gerçekleştirilen problem tek değişkenli bir optimizasyon problemidir. Optimize edilen değişken $[10^8 - 10^{10}]$ aralığındadır. Popülasyon büyüklüğü 50 ve iterasyon sayısı 1000 olarak seçilmiştir. Amaç baraj hacmi yüksekliğinin istenilen kısıtlar altında minimum olacak şekilde optimize edilmesidir.

Geliştirilen program, son 50 yıllık verileri açılışta TXT dosyasından okumaktadır. Kullanıcının girdiği akım yüzdesi oranına göre günlük çekilen akımı otomatik olarak hesaplayarak formda ilgili yere yazmaktadır. Ayrıca yine tüm verilerin ortalamasını da kullanıcıya bilgi amaçlı olarak vermektedir (Şekil 2).

Şekil 2. Kullanıcı Arayüzü Çalışma Ekranı

Kullanıcı istenilen akım yüzde değerini ve minimum seviyeyi giriş yaptıktan sonra "Hesapla" butonunu seçerek işlemi başlatmaktadır. Hesaplama işlemi bittikten sonra Çıktılar bölümünde hesaplanan en optimum baraj hacim değeri ve istenmeyen durum sayısı kullanıcıya gösterilmektedir (Şekil 3). İstenmeyen durum sayısı; kullanıcının başlangıçta belirttiği minimum seviyenin altına düşen gün sayısını ifade etmektedir.

Şekil 3. Sonuçların Alındığı Ekran

Formun altında bulunan "ProgressBar" ile işlemin hangi aşamada olduğu da ayrıca gözlemlenebilmektedir.

Oluşturulan Arı kolonisi optimizasyon yöntemine bakıldığında %67 verim ile sonuçlar irdelendiğinde 523 milyon m³ hazne kapasitesi bulunmuş ve 63 yıllık dönemde hiçbir zaman hazne hacminin %20'lik kritik seviyenin altına düşmediği görülmüştür. %75 verimle çalışıldığında 906 milyon m³ hazne kapasitesi tespit edilmiştir. Bu hacimde de yine hiçbir zaman kritik seviyenin altına düşülmemiştir. Kritik seviyenin altına düşülmemeyen üçüncü bir işletme kapasitesi ise %90 verimle çalışılan hazne hacmidir. Bu seviyede de hazne hacmi 2.519 milyar m³ olarak tespit edilmiştir.

3.5. Modellerin karşılaştırılması

Sonuçlar karşılaştırıldığında Rippl ve Eklenik farklar yönteminden elde edilen hazne hacimlerinin tamamı YAK optimizasyon yönteminden elde edilen hacimlerden daha küçüktür. Bu nedenle bu yöntemler boyut olarak ekonomik gözükse de ihtiyacı tam olarak karşılayamadığından verimli değildirler. Diğer yandan Minimum Akımlar yönteminden elde edilen hacim değerleri ihtiyacı tamamen karşılamaktadır. Ancak bu hacim değerlerinin de YAK optimizasyon yöntemi ile elde edilen hacimlerden çok daha fazla hacme sahip olduğu bununda ekonomik olmadığı görülmektedir (Tablo 1). Elde edilen sonuçlara bakıldığında bu yöntemler arasında en ekonomik ve ihtiyaçlara cevap veren yöntemin, YAK optimizasyonu kullanılarak oluşturulan yöntemin olduğu görülmektedir. Oluşturulan modelin kullanımının kolay olması ve her türlü veri için hızlı sonuçlar elde edilmesi de bir başka artı yön olarak ifade edilebilir.

Tablo 1. Yöntemlere göre hazne hacimleri

	%67 (MİLYON M ³)	%75 (MİLYON M ³)	%90 (MİLYON M ³)
RİPPL	418	727	2.13
EKLENİK FARKLAR	374	693	2.089
MİNİMUM AKIMLAR	1.008	1.492	2.632
OPTİMİZASYON (TAK)	523	906	2.519

4. Tartışma ve Sonuç

Çalışma Köprüçay nehri Beşkonak ölçüm istasyonundan alınan 63 yıllık aylık veriler üzerinden gerçekleştirilmiştir. Çalışmada literatürde mevcut yöntemler olan Rippl, Eklenik farklar ve Minimum akımlar yöntemlerinin yanı sıra YAK kullanan bir optimizasyon yöntemi kullanılmıştır. Ortalama akımlar baz alınarak %67, %75 ve %90 işletme oranlarına göre hazne hacimleri tespit edilmiş ve bulunan değerler ile 63 yıllık işletmeleri yapılmıştır. Çalışmada hacimler göz önüne alındığında Eklenik farklar yönteminin hacim yönünden en ekonomik değeri verdiği tespit edilmiştir ancak hacmin 6 ila 9 ay arasında %20 kritik seviyenin altına düştüğü görülmüştür. Rippl yönteminde ise hazne hacimleri Eklenik farklar yönteminden daha fazla hacme sahip olmasına rağmen, 5 ila 6 ay arasında % 20'lik seviyenin altına düşmüştür. Minimum akımlar için bulunan hazne hacmine göre yapılan işletmelerin tamamında %20'lik seviyenin üzerinde kalınmıştır ancak bu yöntemde bulunan hacim değerlerinin de çok yüksek olduğu görülmüştür. Çalışmada oluşturulan optimizasyon yönteminde elde edilen değerler ile işletme yapıldığında konulan %20'lik sınırın tamamen üzerinde kaldığı ve hacimsel olarak ta sınır değere ulaşılmıştır. Hem ihtiyaç karşılama bakımından hem de ekonomiklik bakımından en uygun yöntemin YAK kullanılarak oluşturulan optimizasyon yöntemi olduğu tespit edilmiştir.

Veri sayısı çokluğunda Rippl ve Eklenik farklar yöntemlerinin kullanımı hem karmaşık hem de zaman alıcı hale gelmektedir. Optimizasyon yöntemi ise veri sayısının çok olmasından neredeyse hiç etkilenmemektedir. Hızlı bir şekilde problemleri sonuca götürebilmektedir. Bu çalışmada da kullanılan YAK algoritması diğer yöntemlere göre daha hızlı kodlanarak sonuçların daha hızlı bir şekilde alınmasını sağlamıştır.

Çalışma sonucu oluşturulan programın başka akarsulardan elde edilen veriler içinde çok rahatlıkla kullanılabilmesi ve kısa sürede sonuç elde edilebileceği öngörülmektedir. Ayrıca oluşturulan programında hazne hacmi alt sınır değeri ve işletme oranlarının da değişken olması programın genel bir program olarak kullanılabilmesini sağlayacaktır.

Kaynaklar

- [1] Rippl, W. "The capacity of storage-reservoirs for water-supply". In Minutes of the Proceedings of the Institution of Civil Engineers, 270–278, 1883.
- [2] Schultz, T. ve Schultz, G. A. "Comparison of required reservoir storages computed by the Thomas-Fiering model and the 'Karlsruhe' model, type A and type B.", Hydrological Sciences Bulletin, 177–185, 1976.
- [3] McMahon, T. A. ve Mein, R. G. "River and reservoir yield", Water Resources Publications, 1986.
- [4] Gould, B. W. "Statistical methods for estimating the design capacity of dams", Journal of Institution of Engineers, 33(12): 405–416, 1961.
- [5] Sattari, M. T., Salmasi, F. ve Öztürk, F. "Sulama amaçlı hazne kapasitesinin belirlenmesinde çeşitli yöntemlerin karşılaştırılması", Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 1–7, 2008.
- [6] Özkul, S. "Çağlayan barajı aktif hazne hacminin olasılık matris yöntemleriyle irdelenmesi", DSİ Tek. BÜLTENLERİ - 107. SAYI, 27–38, 2010.
- [7] Male, J. W. ve Mueller, F. A. "Model for Prescribing Ground-Water Use Permits", Journal of Water Resources Planning and Management, 118, 543–561, 1992.
- [8] Peralta, R. C., Cantiller, R. R. A. ve Terry, J. E. "Optimal Large-Scale Conjunctive Water-Use Planning: Case Study", Journal of Water Resources Planning and Management, 121, 471–478, 1995.
- [9] Nishikawa, T. "Water-Resources Optimization Model for Santa Barbara, California", Journal of Water Resources Planning and Management, 124, 252–263, 1998.
- [10] Hajilal, M. ., RAO, N. H. ve SARMA, P. B. "Real time operation of reservoir based canal irrigation systems", Agricultural Water Management, 103–122, 1998.
- [11] Devi, S., Srivastava, D. K. ve Mohan, C. "Optimal Water Allocation for the Transboundary Subernarekha River, India", Journal of Water Resources Planning and Management, 131, 253–269, 2005.
- [12] Rao, S. V. N., Kumar, S., Shekhar, S. ve Chakraborty, D. "Optimal Pumping from Skimming Wells", Journal of Hydrologic

- Engineering, 11, 464–471, 2006.
- [13] Arslan, O. "An Optimization Model for the Management of Multi-Objective Water Resources Systems with Multiple Dams in Series", *Fresenius Environmental Bulletin*, Vol. 24, No. 10, pp. 3100, 2015.
- [14] Saplıoğlu, K. Parametrik Havza Modellemesi ile Akım Tahmini: Köprüçay Nehri Havzası, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010.
- [15] Elektrik İşleri Etüt İdaresi. <http://www.eie.gov.tr/turkce/hidroloji/09oakdeniz.html>, 2006.
- [16] Akkaya, C. ve Tanrıverdi, M. "Sulama amaçlı barajlarda kısıntılı sulama ve işletme çalışmaları", *Planlama Semineri*, 1–32, 1992.
- [17] Bayazıt, M. Biriktirme Haznelerinin Tasarımı ve İşletilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 1997.
- [18] Halden, E. ve Özkul, S. "Kritik dönem yöntemleri ile hazne hacminin belirlenmesi", *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 99–113, 2004.
- [19] Babacanlı, Ü. G. ve Baran, T. "Çine çayı örneğinde biriktirme haznelerinin tasarımında farklı yöntemlerin değerlendirilmesi", *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27–36, 2006.
- [20] Karaboga, D. ve Basturk, B. "A powerful and efficient algorithm for numerical function optimization: artificial bee colony (ABC) algorithm", *Journal of Global Optimization*, 39, 459–471, 2007.