

BULANIK MANTIK DENETLEYİCİ KULLANARAK TAŞKINLAR ESNASINDA BARAJ GÖL KOTUNUN KONTROLÜ

Derviş KARABOĞA*, Aytekin BAĞIŞ*, Tefaruk HAKTANIR**

*Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik Mühendisliği Bölümü

**Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü

38039, Kayseri

e-posta: bagis@erciys.es.edu.tr

Anahtar Sözcükler: Bulanık Mantık Denetleyici, Çatalan Barajı, Taşkın Hidrografı

ABSTRACT

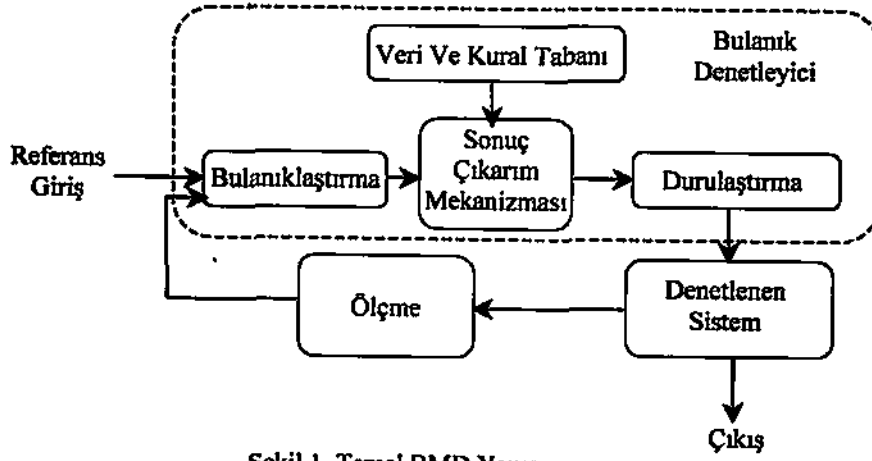
Water level control of the dams is a very important nonlinear control problem. This control mechanism must be designed and implemented carefully so that the system must be capable of handling different overflow conditions. This paper presents a fuzzy logic controller for managing the spillway gates of the dam. Input parameters of the system are the water surface elevation of the reservoir and its time rate of change. The fuzzy rule map is constructed entirely based on experience. The results obtained from simulations indicate that the proposed fuzzy controller exhibits superior performance over conventional control methods.

1. GİRİŞ

Barajlar yapılırken kuruldukları akarsuyun çeşitli zamanlardaki ve uzun yıllar boyunca gösterdiği debi özellikleri dikkate alınır [1-4]. Buradaki amaç, olabildiğince verimli enerji elde etmenin yanısıra kurulan barajın olası taşkın durumlarına karşı dayanabilecek durumda olmasını sağlamaktır. Sıklıkla rastlanırsa da, baraj gölünü besleyen akarsu kollarında meydana gelebilecek su miktarı artmalarında baraj dayanımının fazla olması gerekir. Zamanla barajda biriken milyonlarca metreküp suyun barajı aşarak çeşitli tahribatlara yol açmamasını sağlamak için, bırakılan suyun kontrolünün çok iyi yapılması gerekir. Bunun için baraj kapaklarının açıklıkları ve dolayısıyla barajdan bırakılması gereken suyun miktarı baraja gelen olası taşkın hidrogramının boyutuna göre ayarlanmalıdır [1-4]. Küçük taşkınlarla barajdan tahliye edilecek suyun miktarının aşırı yüksek tutulması, baraj gölünde depo edilmiş olan suyun gereksiz yere harcanmasına sebep olacaktır. Benzer şekilde olası taşkın boyutları büyük olmasına rağmen tahliye edilmesi gereken su miktarının gereğinden düşük ayarlanması durumunda baraj ve çevresinde istenmeyen zararlar meydana gelebilecektir.

Hidrolojik olaylar daha önceden tam olarak bilinemediğinden rezervuar işletiminin belirlenmesi, oldukça karmaşık bir problemdir. Bu problemin çözümünü amaçlayan modellerin genel bir incelemesi

Yeh [5], Simonoviç [6] ve Wurbs [7] tarafından yapılmıştır. Raudkivi [8], Mein ve McMahon'un [9] rezervuarların işletim teknikleri hakkında çalışmaları da mevcuttur. Bu konuda özellikle Loucks [10], Thampapillai ve Musgrave [11] ile Yeh'in [5] çalışmaları rezervuar tasarımı ve işletiminde kullanılan matematiksel eşitliklerin detaylı incelemesine yöneliktir. Rezervuar işletim probleminin çözümü için çeşitli bilgisayar yazılımları da geliştirilmiştir. Bu yazılımlar arasında en yaygın olanı HEC (hydrologic engineering center) adını taşımaktadır [3]. Ancak bu yazılım ile denetim mekanizmasına ait esneklik tam olarak elde edilememektedir. Bunun bir sonucu olarak, farklı genlik değerlerindeki olası taşkın hidrogramlarına karşılık tahliye edilecek su miktarı değişimleri arasında keskin geçişler söz konusudur. Bu geçiş seviyeleri arasındaki farklar, denetimi yapılan baraj gölü yüksekliğini derhal etkilemektedir. Halbuki arzu edilen durum, seviyeler arasında olabildiğince yumuşak bir geçişin sağlanmasıdır. Barajlarda halen uygulanmakta olan denetim yöntemi, göl kotuna bağlı olarak barajdan m^3/sn olarak sabit değerlerdeki suyun tahliye edilmesi şeklindedir [3, 4, 12, 13]. Bu işletim sistemi biraz basit ve bu yüzden de oldukça kabadır. Olası taşkın durumunun değişik aşamalarında göl kotu yükselmekte iken bırakılması gereken su miktarının nasıl sabit tutulacağı ise sistemin diğer bir zorluğunu ortaya koymaktadır. Barajlarda kapak açıklıklarının kontrolü genellikle insanoğlu tarafından yapılmaktadır. Yılların vermiş olduğu bilgi birikim ile insanoğlu hava şartlarını ve gölün durumunu değerlendirerek kapağın ne kadar açılıp ne kadar su bırakılacağına ya da bırakılmayacağına karar verir. Ancak insanoğlu duygusal, unutkan, ani ve zor şartlarda hata yapabileme ihtimali yüksek olduğu için bazı durumlarda kötü kararlar da verebilir. Bu dezavantajın ortadan kaldırılması için insanın sahip olduğu kontrol stratejisinin otomatik olarak yapılması daha uygun olacaktır. Bunun için kullanılacak en uygun teknik, temeli 1965'de L.A. Zadeh tarafından atılan bulanık küme teorisine dayanan bulanık mantıktır. Bulanık mantık denetim yöntemi bu problem için çok uygun görülmektedir. Bu çalışmada bulanık mantık



Şekil 1. Temel BMD Yapısı

denetim yöntemi probleme uygulanacak ve performansı test edilecektir.

Çalışmanın ikinci bölümünde kısaca bir bulanık mantık denetleyici (BMD) tanıtılmıştır. Üçüncü bölümde problemin tanımı yapılmış, önerilen BMD yapısı ve simülasyon neticeleri ise dördüncü bölümde verilmiştir.

2. BULANIK MANTİK DENETİM

Bulanık mantık denetim yöntemi bulanık küme teorisine dayanır. Bu yöntem özellikle yapısında belirsizlik bulunan sistemlerin tanımlanması amacıyla ortaya atılmıştır. Klasik kümelerin aksine bulanık kümeler çok kesin sınırlara sahip değildir. Bir elemanın birden fazla kümeye değişik derecelerde üye olması mümkündür. [14, 15]

Bulanık kümeler etiketlerle (büyük, küçük, az, yüksek v.b.) ve üyelik fonksiyonları ile ifade edilir. Üyelik fonksiyonları arasında en yaygın kullanılanları üçgen, trapez, gauss ve S biçimli olanlardır. Her bir bulanık küme ayrı bir üyelik fonksiyonu ile belirtilebilir. [14]

Bu fonksiyonun şekli problemin tipine göre uzman sezgi ve deneyimlerine dayanılarak belirlenir.

Herhangibir sistemin giriş ve çıkış değişkenleri arasındaki bağıntı bulanık kurallarla ifade edilebilir. Bu kurallar seti insanoğlunun kullandığı dilsel modeldir. Bir bulanık giriş için sonuç üretmek ancak bulanık mantık temeline dayalı sonuç çıkarım mekanizmasının kullanılmasıyla mümkündür.

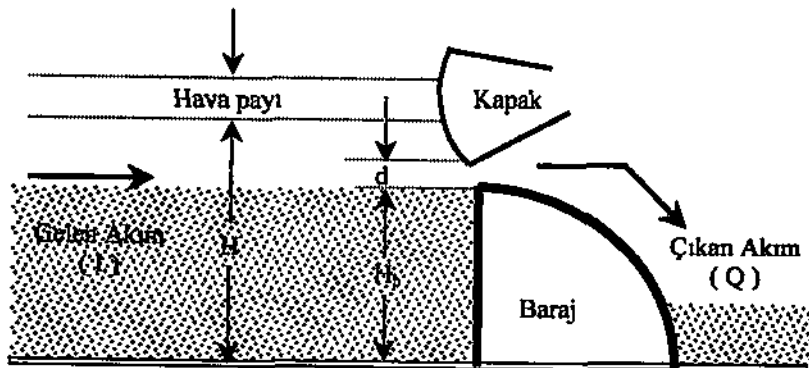
İşlemler, her bir kuraldaki bulanık değerlerin temsilinde kullanılan üyelik fonksiyonları yardımıyla yapılır.

Temel bir BMD yapısı Şekil 1'de gösterilmiştir [14, 15]. İlk önce denetleyicinin giriş değişkenleri belirli bir ölçekleme ve normalizasyon işleminden geçirilir. Bulanıklaştırma kısmında, ölçülen değerlerin değişkenlere ait bulanık kümelere üyelikleri hesaplanarak bulanıklaştırılması sağlanır. Bulanık giriş verisi ve kural tabanı sonuç çıkarım mekanizması tarafından kullanılarak bulanık netice üretilir. Üretilen bulanık çıkışın gerçek değerlere dönüştürülmesi işlemi durulama kısmında gerçekleştirilir.

3. PROBLEMİN TANIMI

Bir barajın şematik gösterimi Şekil 2'de verilmiştir [1, 3]. Şekilde I baraja gelen su miktarını, H baraj gölü su seviyesini, H_0 normal baraj göl kotunu, d kapak açıklığını ve Q barajdan çıkan toplam su miktarını göstermektedir. Bu barajın denetim mekanizmasında gözetilen temel hedef, her türlü şartlarda baraj gölü su seviyesinin belirli değerler arasında tutulmasını sağlamaktır [3-7].

Bu çalışmada Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'ne bağlı Adana VI. Bölge Planlama Şube Müdürlüğü'nün Çatalan Barajı kadastrol taşkın ötelemesi bilgileri esas alınmış, baraj gölüne gelen su miktarına ve baraj gölünün yüksekliğine bağlı olarak barajdan bırakılması gereken su miktarı bulanık mantık



Şekil 2. Bir Barajın Şematik Gösterimi

denetleyici ile kontrol edilmeye çalışılmıştır.

Çatalan Barajı için sözkonusu bu değerler alt sınır 118.6 m ve üst sınır ise 126.44 m olacak şekilde belirlenmiştir. [3, 4, 12, 13]

Barajdaki su miktarının zamanın fonksiyonu olarak değişimini göstermek üzere (1) denklemi kullanılmıştır [3].

$$\Delta S_t = [(I_{t-1} + I_t) / 2 - (Q_{t-1} + Q_t) / 2] \cdot \Delta t \cdot 0.0036 \quad (1)$$

Bu denklemde, yukarıda belirtildiği gibi, I giren su miktarını, Q çıkan su miktarını ve Δt ise gözlemlerin yapıldığı zaman aralıklarını belirtmektedir. İfadede yer alan suyun değişimine ilişkin tüm değerler m^3/sn . Δt değeri saat ve ΔS_t değeri $10^6 m^3$ cinsindedir. Bu eşitlik yardımıyla baraj gölü kapasitesinin yeni değeri aşağıdaki denklem ile bulunabilmektedir [3].

$$S_t = S_{t-1} + \Delta S_t \quad (2)$$

Çatalan baraj gölüne ait olan hacim ve yükseklik arasındaki ilişki Tablo 1'de, çalışmada kullanılan baraja ait başlangıç bilgileri ise Tablo 2'de sunulmuştur [3, 4, 12, 13].

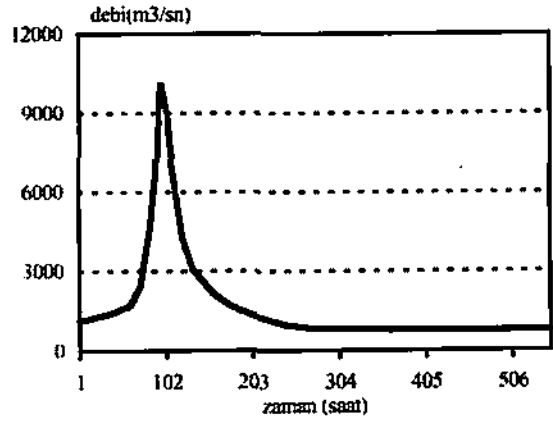
Tablo 1. Çatalan Barajına Ait Yükseklik-Hacim İlişkisi

Hacim ($10^6 m^3$)	Kot (m)	Hacim ($10^6 m^3$)	Kot (m)
114	80	970	107.5
150	82.5	1108	110
200	85	1250	112.5
250	87.5	1420	115
312	90	1560	117.5
370	92.5	1735	120
450	95	1900	122.5
530	97.5	2120	125
635	100	2310	127.5
730	102.5	2550	130
850	105		

Tablo 2. Çalışmada Kullanılan Başlangıç Değerleri

Giren Akım Değeri I, (m^3/sn)	1107.6
Çıkan Akım Değeri Q, (m^3/sn)	750
Göl Kotu H, (m)	118.6
Göl Kotu Değişimi dH, (m/saat)	0

Olası bir taşkın durumunda baraja gelebilecek olan suyun miktarı ve su hidrogramının şekli tam olarak bilinemez. Sistem her duruma hazırlıklı olmalıdır. Bundan dolayı barajlardaki suyun tahliyesi ile ilgili çalışmalarda işletim sistemleri daima en kötü doğa şartları dikkate alınarak yapılır. Kırk yılda bile zor karşılaşılabilecek bir taşkın hidrogram biçimi Şekil 3'de gösterilmiştir [1-4].



Şekil 3. Baraja Giren Bir Olası Taşkın Hidrogramı

Şekil 3'de verilen olası taşkın hidrogram biçimi ile pek sıklıkla karşılaşılmasa da, böyle bir taşkın meydana gelmesi olasılığı her zaman mevcuttur. Bu büyüklükteki bir taşkın ise bir baraj için daima dikkate alınması gereken bir tehdit oluşturmaktadır.

4.ÖNERİLEN BULANIK MANTIK DENETLEYİCİ

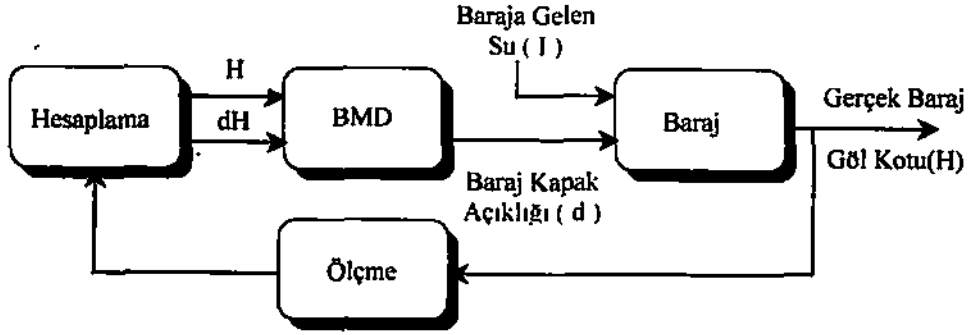
Bu problemin çözümünü sağlamak üzere önerilen bulanık mantık denetleyici temel yapısı Şekil 4'de verilmiştir. Baraj gölü su seviyesi (H) ve bu seviyenin değişimi (dH) BMD için giriş değişkeni olarak alınmıştır. BMD tarafından kontrol edilmesi gereken kapak açıklığı (d) ise çıkış değişkeni olarak belirlenmiştir.

Giriş ve çıkış değişkenlerine ait normalizasyon aralıkları H, dH ve d için sırasıyla [118,127], [-1,1] ve [0,12] şeklinde seçilmiştir.

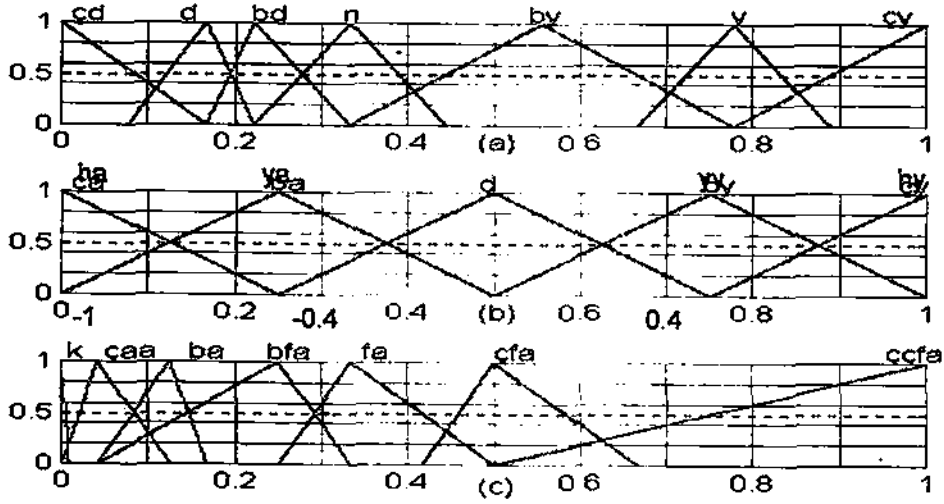
Üyelik fonksiyonları olarak üçgen biçimli fonksiyonlar belirlenmiştir. Bu üyelik fonksiyonları H için 7 adet, dH için 5 adet ve d için de yine 7 adet seçilmiş ve böylece 35 adet kuraldan oluşan bir kural yapısı elde edilmiştir.

Baraj göl kotuna ve göl kotu değişimine bağlı olarak kapak açıklığının (d) ayarlanması suretiyle, bırakılması gereken suyun miktarını ayarlamaya yönelik olarak önerilen BMD'ye ait kural yapısı ve üyelik fonksiyonları sırayla Tablo 3 ve Şekil 5'de verilmiştir. Şekilde bulunan tüm üyelik fonksiyonları ve kurallar tamamen uzman tecrübesine dayanılarak sezgisel olarak belirlenmiştir.

Tablo 3'deki kural haritasında H bulanık değişkenine ait bulanık değerler; çok düşük (çd), düşük (d), biraz düşük (bd), normal (n), biraz yüksek (by), yüksek (y) ve çok yüksek (çy); dH değişkenine ait bulanık değerler; hızlı azalıyor (ha), yavaş azalıyor (ya), değişmiyor (d), yavaş yükseliyor (yy) ve hızlı yükseliyor (hy) ve d değişkenine ait bulanık değerler; kapalı (k), çok az açık (çaa), biraz açık (ba), biraz fazla açık (bfa), fazla açık (fa), çok fazla açık (çfa) ve çok çok fazla açık (ççfa)'dır.



Şekil 4. Çatalan Barajı Göl Kotu Denetimi İçin Kullanılan Temel Yapı



Şekil 5. (a) Göl Kotuna Ait Üyelik Fonksiyonları
(b) Göl Kotu Değişimine Ait Üyelik Fonksiyonları
(c) Kapak Açıklığına Ait Üyelik Fonksiyonları

Tablo 3. H, dH ve d Arasındaki İlişkiyi Gösteren Kural Haritası

H/dH					
	k	k	k	k	k
	k	k	k	k	k
	caa	caa	caa	caa	ba
	caa	caa	ba	bfa	bfa
	bfa	bfa	bfa	fa	fa
	fa	fa	çfa	çfa	çfa
	çfa	çfa	ççfa	ççfa	ççfa

BMD'de sonuç çıkarım mekanizması olarak Mamdani'nin Min-Max yöntemi uygulanmıştır. Elde edilen bulanık değerlerin gerçek değerlere dönüştürülmesi için de ortalama ağırlık metodu kullanılmıştır [14, 15].

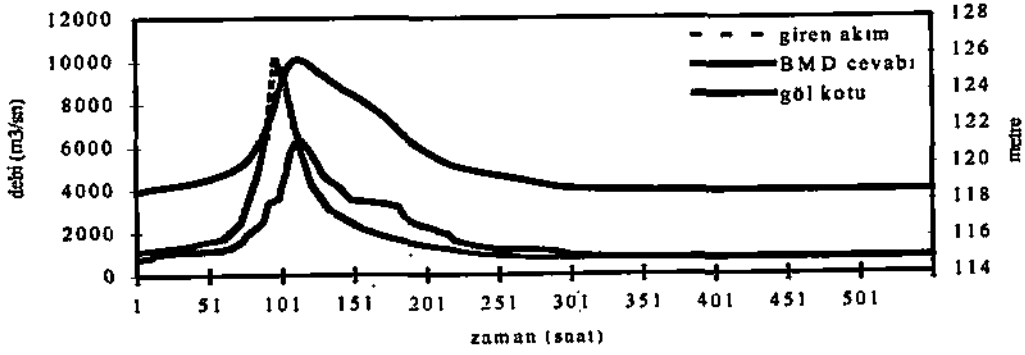
Baraja giren akımın büyük genlik değerine rağmen, BMD tarafından kontrol edilen kapak açıklıklarına göre, barajdan bırakılan suyun denetimi ile baraj göl suyu seviyesinin yaklaşık olarak 118.6 m'ye oturduğu Şekil 6a'dan belirgin olarak görülmektedir. Ayrıca baraj göl kotunun maksimum değerinin 126 m sınırını

kesinlikle aşmadığı, bu işletim sisteminin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır.

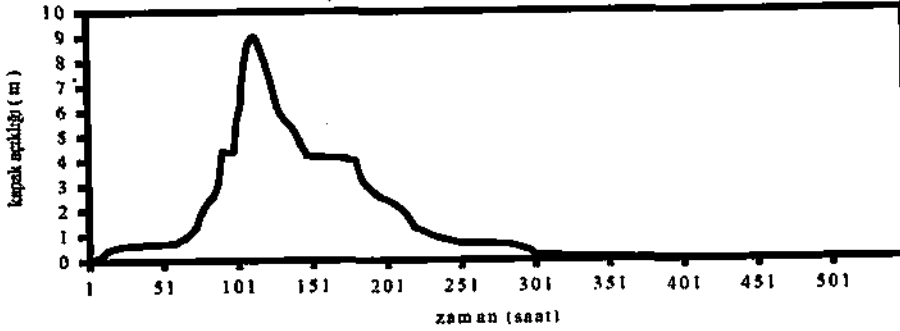
Şekil 6b'de ise BMD tarafından kontrol edilen baraj kapaklarının açıklığı zaman ekseninde çizilmiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada Çatalan Barajı'na ait gerçek veriler kullanılarak baraj göl kotunun belirli bir aralıkta tutulmasını amaçlayan bulanık mantık temelli bir kontrol mekanizması önerilmiştir. Denetleyicinin giriş değişkenleri olarak göl kotu ve göl kotunun zamana göre değişimi esas alınmıştır. Tamamen uzman deneyimlerine dayanılarak hazırlanan bulanık mantık denetleyici çeşitli genlik değerlerine sahip olası taşkınlar için test edilmiş ve önerilen sistemin performansının oldukça iyi olduğu görülmüştür. Kullanılan kurallar ve üyelik fonksiyonları, yukarıda da belirtildiği gibi, bir uzman tarafından belirlenmiştir. Bunların optimum olarak belirlenmesi elbetteki elde edilen performansı önemli derecede arttıracaktır. Bu konu ile ilgili çalışmalar yazarlar tarafından yürütülmektedir.



(a)



(b)

Şekil 6. Tablo 2'deki Kural Yapısının Kullanıldığı BMD İçin (a) Giren Akım-BMD Cevabı İlişkisi Ve Göl Kotu Değişimi (b) Zamana Göre Kapak Açıklığının Değişimi

6. REFERANSLAR

- [1]S. L. Udall , Design Of Small Dams, United States Department Of The Interior, Bureau Of Reclamation, Washington, 1961.
- [2]Linsley R.K., Franzini J.B., Freyberg D.L. & Tchobanoglus G., Water Resources Engineering, Fourth Edition, McGraw-Hill, Inc., New York, 1992.
- [3]Kişi Ö., Kontrollü Savaklı Barajlar İçin Optimum On Safhali Taşkın İşletme Modeli, Erciyes Üniversitesi İnşaat Müh. Böl. Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 1999.
- [4]Açanal N., Hidroelektrik Üretimi Ve Taşkın Zararlarının Birlikte Değerlendirilmesiyle Aşağı Seyhan Havzasındaki Seyhan, Çatalan, Yedigöze Barajlarının Taşkınlarında Optimum İşletilmesi İçin Safhali İşletim Modeli, Ç.Ü. İnşaat Müh. Böl. Doktora Tezi, Adana, 1998.
- [5]W.Yeh, Reservoir Management And Operations Models: A State Of The Art Review, Water Resour. Res., 21(12), 1797-1818, 1985.
- [6]S.P.Simonoviç, Reservoir Systems Analysis: Closing Gap Between Theory And Practice, J Water Resour. Plng. And Mgmt., ASCE, 118(3), 262-280, 1992.
- [7]R.A.Wurbs, Reservoir System Simulation And Optimization Models, J Water Resour. Plng. And Mgmt., ASCE, 119(4), 455-472, 1993.
- [8]A.J.Raudkivi, Hydrology: An Advanced Int. To Hydrological Processes And Modeling, p.216, Pergamon Press, New York, 1979
- [9]R.G.Mein & T.A.McMahon, River And Reservoir Yield, p.820, Water Res. Pub., Littleton, Colo, 1986.
- [10]D.P.Loucks, J.R.Stedinger & D.A.Haith, Water Res. Systems Planning And Analysis, p.165, Prentice Hall, N.J., 1981.
- [11]D.J.Thampapillai & W.F.Musgrave, Flood Damage Mitigation:A Rev. Of Str. And Nonstr. Measures And Alt. Decision Frameworks, Water Resour. Res., 21(4), 411-424, 1985.
- [12]Anonim, Çatalan Barajı Ve Enerji Üretim Tesisinin Savak Kural Eğrileri, Proje No: HD-004, D.S.İ.Genel Mtd., Barajlar Ve Enerji Üretim Tesisleri Bölümü, Ankara, 1987.
- [13]Anonim, Çatalan Barajı Ve Enerji Üretim Tesisinin Hacim-Alan İlişkileri Ve Taşkın Dizayn Hidrografları, Proje No: HD-003, D.S.İ.Genel Mtd., Barajlar Ve Enerji Üretim Tesisleri Bölümü, Ankara, 1987.
- [14]D.T.Pham & D.Karaboğa, Intelligent Optimisation Techniques; Genetic Alg., Tabu Search, Sim. Annealing And Neural Networks, Springer-Verlag, London, 2000.
- [15]G.J.Klir, U.S.Clair & B.Yuan, Fuzzy Set Theory: Foundations and Applications, Prentice Hall.PTR., 1997.