

YERALTI SUYU AKIMI İLE DİĞER METEOROLOJİK DEĞİŞKENLER ARASINDAKİ İLİŞKİNİN BULANIK MANTIKLA MODELLENMESİ

Şaban YURTCU, Tayfun UYGUNOĞLU, Yılmaz İÇAĞA

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, 03200/Afyonkarahisar

Geliş Tarihi : 08.07.2005

ÖZET

Bu çalışmada, bağımsız değişkenler olarak, yağış, akış ve buharlaşmanın etkisiyle, bağımlı değişken olan yeraltı su seviyesindeki (YSS) değişimin, bulanık mantık ile modellenmesi araştırılmıştır. Çalışmada, Akarçay havzası içerisinde yer alan Afyon alt havzasına ait 6 gözlem istasyonundan alınan 1977-1989 yıllarına ait toplam 936 adet veri kullanılmıştır. İstasyonların aylık ortalama verileri kullanılarak, YSS'deki değişim bulanık mantık yaklaşımı ile modellenmiştir. Bulanık mantık yaklaşımından elde edilen sonuçlar ile istasyonlardan alınan verilerin aylık ortalama değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler : Akarçay, Havza, Yeraltı su seviyesi, Bulanık mantık

MODELING OF RELATIONSHIP BETWEEN GROUNDWATER FLOW AND OTHER METEOROLOGICAL VARIABLES USING FUZZY LOGIC

ABSTRACT

In this study, modeling of the effect of rainfall, flow and evaporation as independent variables on the change of underground water levels as dependent variables were investigated by fuzzy logic (FL). In the study, total 396 values taken from six observation stations belong to Afyon inferior basin in Akarçay from 1977 to 1989 years were used. Using the monthly average values of stations, the change of underground water level was modeled by FL. It is observed that the results obtained from FL and the observations are compatible with each other. This shows FL modeling can be used to estimate groundwater levels from the appropriate meteorological value.

Key Words : Akarçay, Basin, Underground water level, Fuzzy logic

1. GİRİŞ

Kurak ve yarı kurak bölgelerde yüzeysel suların az olması nedeni ile, yeraltı suları ile ilgili araştırmalar büyük önem taşımaktadır. Doğal olarak filtre edilmiş olan bu sular, çoğu zaman iyi kaliteli içme ve kullanma suyu olarak ortaya çıkmaktadır. Yeraltı sularından azami fayda elde edilmesi ve temellerdeki deformasyonları doğurma, kapillarite sebebiyle sıvaya ve betona zararlı etki yapma (sülfat saldırısı

gibi kimyasal etki), tarımsal açıdan zararlı ıslaklığa sebep olma gibi zararlarının da en aza indirilebilmesi için yeraltı suyunun davranışının iyi bilinmesi ve gerektiğinde drenaj gibi önlemlerle kontrol altına alınması gerekmektedir. Çünkü yer altı su seviyesi altında inşa edilen temel gibi betonarme yapıların bilinçsiz ve yanlış yalıtım önlemleri alınması sonucunda, yapı ağır hasara uğramakta ve bu durum da çevreye verilen tahribat, enerji kaynaklarının olumsuz kullanılmasının yanı sıra önemli derecede maddi hasara yol açmaktadır (Anon., 1982; Yokozekia et al., 2004).

Su kaynakları sistemlerinin planlanması, dizaynı ve işletilmesi, genellikle meteorolojik ve hidrolojik (yağış, akış, sıcaklık, vb) seriyi birden ihtiva ettiği için, çok değişkenli modelleme önemli bir konudur (Pegram, 1972).

Yağış, akış, göl seviyesi vb. doğal olayların zamanla değişimlerinin kesin olarak bilinmesi mümkün değildir. Genel olarak bunların zamanla değişimlerinde mevsimsel etki dolayısı ile periyodik salınımlar, dış etkilerden gidiş (genel temayül, trend), veya ani bozukluklardan dolayı sıçramaların bulunduğu bilinmektedir. Ancak bunlara ilave olarak kesinlikle bilinmeyen rastgele yani belirsiz bir kısım vardır. İşte bütün bu belirli ve belirsiz bileşenlerden meydana gelen zaman salınımlarının modellenmesinde şimdiye kadar hep ihtimal, istatistik veya stokastik süreçler kullanılmıştır. Bu süreçlerin her birinin verilerin sağlaması gerekli (doğrusal bağımlılık, hataların normal dağılımlılığı, ortalama ve varyans gibi tüm parametrelerin sabit olması) kabuller vardır. Halbuki bulanık mantık sistem modellemesinde hiç bir kabul yoktur ve gerekli olan sadece değişkenler arasında ve istenilen çıktı değişkenleri ile mantık ilişkilerinin ortaya çıkarılmasıdır (Şen, 2004).

Yeraltı suyunun davranışının bilinebilmesi için, yeraltı suyunun beslenme ve kayıplarının bilinmesi; bunlarla arasındaki ilişkinin ortaya konması gerekmektedir. Yeraltı suyunun beslenmesinin genel olarak yağış ve yüzeysel akışla olması, kayıpların buharlaşma ile meydana gelmesi göz önüne alındığında, yeraltı su seviyesinin hareketi ile bu üç hidrolojik değişken arasındaki ilişkiyi ortaya koymak önemli bir aşama olacaktır. Bu sayede ortaya konacak modeller ile yeraltı su seviyesini devamlı gözlemeye gerek kalmadan diğer meteorolojik ve hidrolojik değişkenlerle yeraltı suyu davranışı belirlenebilecektir.

Çalışmada, yağış, akış ve buharlaşmanın etkisiyle, yeraltı su seviyesindeki (YSS) değişimin, bulanık mantık ile modellenmesi araştırılmıştır. Uygulama,

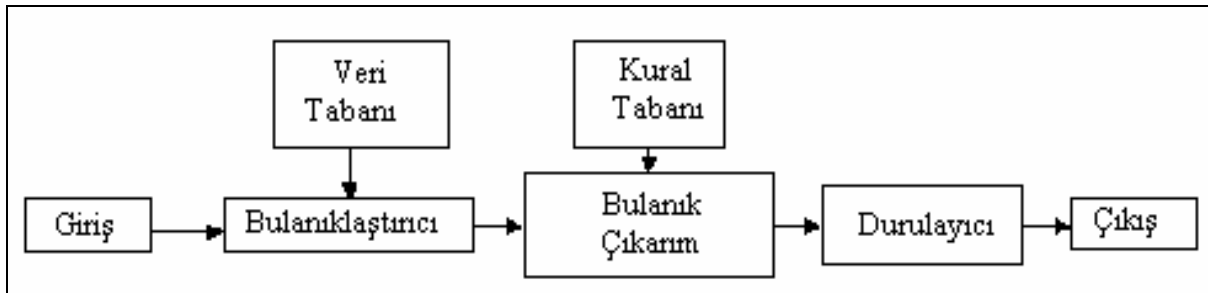
Akarçay havzasının Afyon alt havzasında bulunan kuyu, akım, yağış ve buharlaşma gözlem değerleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

2. YÖNTEM

Bulanık mantık (BM) sistemlerin ve modellerin tanımlanmasında ve kontrol edilmesinde geniş çapta kullanılan bir sistemdir. Bu yaklaşım ilk olarak 1965 yılında L. A. Zadeh tarafından tanımlanmıştır (Zadeh, 1965). Zadeh bu çalışmada insan düşüncesinin büyük çoğunluğunun bulanık olduğunu, kesin olmadığını belirtmiştir. Araştırmalar bulanık mantık denetimi ile elde edilen sonuç performansının klasik yöntemlerle elde edilenlere göre daha iyi olduğunu göstermiştir (Elmas, 2003).

Klasik kümeler olarak bilinen kesin kümeler ait olduğu evrensel kümenin her bir elemanına 1 ya da 0 değerini atamaktadır. Bir nesne 1 değerini alırsa kümenin elemanıdır, 0 değerini alırsa kümenin elemanı değildir. 0 ve 1 değerlerini alan kesin kümeler karşılık olarak bulanık mantık kümelerinde 0 ve 1 arasında değişebilen değerler vererek üyelik işlevlerini ortaya koymuştur. Bulanık mantıkta belirsizlik durumları, bu durumu temsil eden küme elemanlarına üyelik fonksiyonlarının verilmesi ile tanımlanır. En büyük önem derecesine sahip olan öğelere 1 değeri atanırsa, diğerleri 0 ile 1 arasında değişim gösterir. Bu şekilde 0 ile 1 arasındaki değişimin her bir öge için değerine üyelik derecesi ve bunun bir alt küme içindeki değişimine de üyelik fonksiyonu denilmektedir (Demir ve Gençoğlu, 2004).

BM bulanık denetleyiciden oluşmaktadır. Şekil 1'de basit bir bulanık denetleyici görülmektedir. Bulanık denetleyici, giriş, veri tabanı, bulanıklaştırma, bulanık çıkarım, kural tabanı, durulaştırma ve çıkış işlemlerinden meydana gelmektedir (Tığdemir ve ark., 2002).



Şekil 1. Bulanıklaştırma-Durulaştırma birimli bulanık sistem (Aksoy, 2003).

- Giriş/Veri Tabanı: İncelenecek olan olayın maruz kaldığı girdi değişkenlerini ve bunlar hakkındaki tüm bilgileri içerir. Buna veri tabanı veya kısaca giriş adı da verilir. Genel veri tabanı denilmesinin nedeni, buradaki bilgilerin sayısal ve/veya sözel olabilmesidir.
- Bulanıklaştırıcı: Sistemden alınan denetim giriş bilgilerini dilsel niteleyiciler olan sembolik değerlere dönüştürme işleminin yapıldığı bölümdür.
- Bulanık Kural Tabanı: Veri tabanındaki girişleri çıkış değişkenlerine bağlayan mantıksal, EĞER-İSE türünde yazılabilen bütün kuralların tümünü içerir. Bu kuralların yazılmasında sadece girdi verileri ile çıktılar arasında olabilecek tüm aralık bağlantıları düşünülür. Böylece, her bir kural girdi uzayının bir parçasını çıktı uzayına mantıksal olarak bağlar. İşte bu bağlamların tümü kural tabanını oluşturur.
- Bulanık Çıkarım: Bulanık kural tabanında giriş ve çıkış bulanık kümeleri arasında kurulmuş olan parça ilişkilerin hepsini bir arada toplayarak sistemin bir çıkışlı davranmasını temin eden işlemler topluluğunu içeren bir mekanizmadır. Bu motor her bir kuralın çıkarımlarını bir araya toplayarak tüm sistemin girdileri altında nasıl bir çıktı vereceğinin belirlenmesine yarar.
- Durulaştırma: Bulanık çıkarım motorunun bulanık küme çıkışları üzerinde ölçek değişikliği yapılarak gerçek sayılara dönüştürüldüğü birimdir.
- Çıkış: Bilgi ve bulanık kural tabanlarının bulanık çıkarım vasıtasıyla etkileşimi sonucunda elde edilen çıktı değerlerinin topluluğunu belirtir (Uygunoğlu ve Ünal, 2005a).

Bulanık küme kavramında belirli bir çerçeve ile sınırlanmış bir küme içindeki elemanların çeşitli

üyelik dereceleri ile kümeye ait olabilir. Bu üyelik derecelerinin belirlenmesinde pek çok formülasyon ve teknik kullanılmaktadır. Bunlar lineer ve lineer olmayan fonksiyonlar olabileceği gibi üçgen ve çan eğrisi olarak adlandırılabilir bilinen şekillerde de olabilmektedir (Gönül ve Çelebi, 2003).

3. UYGULAMA

Uygulama Akarçay havzasının Afyon alt havzasında (Şekil 2) gerçekleştirilmiştir. Havzada hidrolojik ve hidrojeolojik kapsamda 1977 yılında Akarçay Havzası Hidrojeolojik Etüt Raporu, 1998 yılında Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 18. Bölge Müdürlüğüne Eber – Akşehir Hidroloji Revize Raporu ve 1998 - 2002 yılları arasında Hacettepe Üniversitesi Uluslararası Karst Su Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi (HÜ-UKAM) tarafından “Revize Hidrojeolojik Etütler Kapsamında Akarçay Havzası Hidrojeolojisi ve Yeraltı Suyu Akım Modeli Projesi” başlıklı çalışma yapılmıştır (Tezcan ve ark., 2002).

Yapılan çalışmada havza hidrolojik olarak 8 alt havzaya bölünmüş, her bir alt havzanın yüzey ve yeraltı suyu potansiyelleri ayrı ayrı belirlenmiştir. Çalışmada göl ve akarsuların ova alanında yeraltı suyu sistemi ile ilişkisinin bulunmadığı ifade edilmektedir (Tezcan ve ark., 2002).



Şekil 2. Afyon alt havzası gözlem istasyonları (Yurtcu ve İçağa, 2005a).

3. 1. Akarçay Havzası Coğrafi Konum ve Jeolojik Yapısı

Akarçay havzası coğrafi konum olarak Ege, İç Anadolu ve Akdeniz bölgelerinin kesişim noktalarında yer almakta olup, her üç bölge içerisinde de sınırları bulunmaktadır. Havzanın geniş bir bölümü Ege bölgesinin İç Batı Anadolu bölümündedir. Doğu ve kuzey doğuda yer alan arazinin bir bölümü İç Anadolu Bölgesine uzanır. Havzanın önemli bir kesimi Afyon il sınırları içerisinde olup, doğudan Konya sınırlarına girer. Havza yaklaşık 130 km uzunluğunda, 20 km genişliğinde bir çöküntü havzasıdır. İçbatı Anadolu eşiği üzerinde yer alan güneydoğu-kuzeybatı doğrultulu dağ dizilerinden en doğuda olan Emir ve Türkmen dağları, havzayı kuzey doğudan, İlbudak Dağı kuzeybatıdan, Sultandağları güneydoğudan,

Ahır Dağı ve Kumalar Dağı ise güneybatıdan sınırlamaktadır.

Akarçay havzasının büyük kısmı Neojene ait göl sedimanları, litoral malzeme ve volkanik kayalarla örtülüdür (Anon., 1977).

3. 2. Kullanılan Veriler

Uygulama için Afyon alt havzasının seçilmesinin sebebi uzun yıllık ve düzenli kuyu suyu seviyesi (KSS) gözlem verilerinin yalnız bu bölgede 3 adet gözlem istasyonunda ölçülmüş olmasındandır.

Modellemede girdi değişkeni olarak KSS gözlemleri 1977-1989 yılları arasında sadece Beyazı, Salar ve Susuz kuyularında gözlemlendiğinden, çıktı değişkenleri olan yağış (Y), akış (A) ve buharlaşma (B) gözlemlerinin bu yıllara ait değerleri kullanılmıştır (Tablo 1).

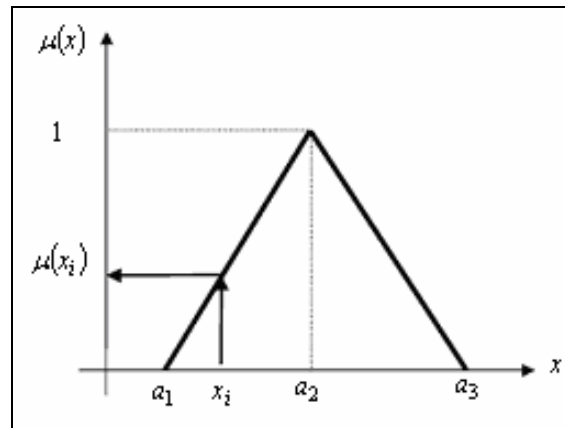
Tablo 1. Kullanılan veriler (Yurtcu ve İcağa, 2005b).

İstasyon Adı	Veri Türü	İstasyon No	Gözlem Sür. (yıl)	Gözlem Başlangıcı	Gözlem Sonu	Toplam Veri Adedi
Afyon	Yağış (mm)	1034	13	1977	1989	156
Afyon-Akarçay	Akım (m ³ /s)	1107	13	1977	1989	156
Afyon	Buharla. (mm)	1034	13	1977	1989	156
Beyazı	Kuyu seviye (m)	13332	13	1977	1989	156
Salar	Kuyu seviye (m)	9540	13	1977	1989	156
Susuz	Kuyu seviye (m)	12993	13	1977	1989	156
Toplam Veri Adedi						936

3. 3. Bulanık Mantık

Akarçay havzası Afyon Alt Havzasında bulunan yeraltı suyu seviyesine yağış, akış ve buharlaşma miktarının etkisi bulanık mantık yaklaşımı kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada üçgen üyelik fonksiyonu kullanılmıştır. Üçgen üyelik fonksiyonu $\mu(x)$ matematiksel ifadeyle aşağıda verilmiştir (Dixon, 2005).

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 & \text{için} \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1}, & a_1 < x < a_2 & \text{için} \\ 1, & x = a_2 & \text{için} \\ \frac{a_3-x}{a_3-a_2}, & a_2 < x \leq a_3 & \text{için} \\ 0, & x > a_3 & \text{için} \end{cases} \quad (1)$$



Şekil 3. Üçgen üyelik fonksiyonu (Gönül ve Çelebi, 2003)

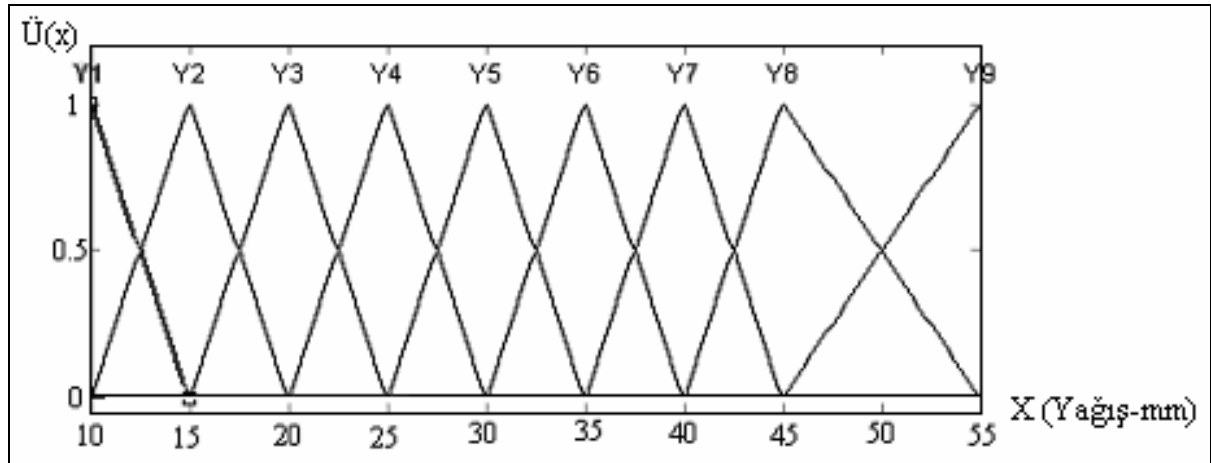
Verilerin aylık ortalama değerleri Tablo 2'de verilmiş olup, bulanık mantık yaklaşımında bu değerlerin kullanılmasıyla her gözlem istasyonu için üyelik fonksiyonları oluşturulmuştur.

Üyelik fonksiyonlarının oluşturulmasında Afyon-Yağış için Y; Afyon-Akarçay akışı için A; Afyon-Buharlaşma için B; Beyazı KSS için BZ; Salar KSS için SL; Susuz KSS için SS; kodlamaları yapılarak,

Y, B ve SL için 9 adet, A için 13 adet, SS ve BZ için de 8 adet üyelik fonksiyonu Şekil 4'de olduğu gibi oluşturulmuştur.

Tablo 2. Afyon Alt Havzasına Ait Gözlem İstasyonlarının Aylık Ortalama Verileri

Aylar	Beyazı KSS (m)	Salar KSS (m)	Susuz KSS (m)	Afyon Yağış (mm)	Afyon Akarçay Akışı (m ³ /s)	Afyon Buharlaşma (mm)
Ocak	8.23	3.86	9.51	42.32	12.23	2.92
Şubat	8.60	3.34	9.45	39.21	15.66	5.01
Mart	8.45	3.22	9.43	44.99	19.87	18.50
Nisan	8.58	3.20	9.55	44.77	15.25	45.50
Mayıs	8.56	3.14	9.68	56.64	7.83	80.47
Haziran	8.75	3.17	9.84	39.37	3.54	109.48
Temmuz	8.91	3.30	9.96	22.67	0.77	132.52
Ağustos	9.02	3.38	9.93	11.36	0.97	121.97
Eylül	9.16	3.55	10.07	18.76	0.68	84.42
Ekim	9.19	3.64	9.94	33.70	1.65	48.41
Kasım	9.18	3.62	9.89	34.56	3.39	19.41
Aralık	9.26	3.84	9.65	46.66	6.60	5.91



Şekil 4. Afyon yağış için oluşturulan üyelik fonksiyonu

BM yaklaşımında yağış ve akışın KSS üzerindeki etkisi, buharlaşma ve akışın KSS üzerindeki etkisi olmak üzere iki ayrı kural tabanı oluşturulmuştur. Kural tabanı (Tablo 3) oluşturulması için (2-3)'nolu denklemlerden yararlanılmıştır.

$$\text{Eğer } Y = i \text{ ve } A = j \text{ ise o halde KSS} = k \quad (2)$$

$$\text{Eğer } B = i \text{ ve } A = j \text{ ise o halde KSS} = k \quad (3)$$

$$(i:1,2,\dots,9), (j:1, 2,\dots, 13), (k: 1,2,\dots, 9)$$

Tablo 3. KSS'nin BM ile Modellenmesinde Oluşturulan Kural Tabanı

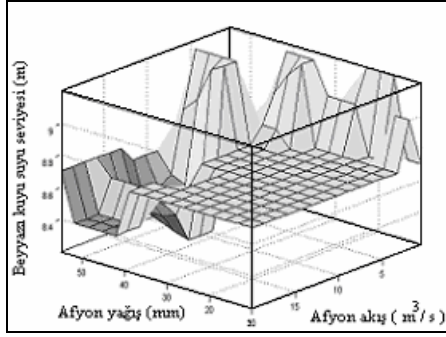
AYLAR	Beyazı (KSS)	Salar (KSS)	Susuz (KSS)	Afyon (Y)	Afyon Akarçay (A)	Afyon (B)
Ocak	BZ2	SL9	SS2	AY7	AA25	AB2
Şubat	BZ4	SL3	SS2	AY7	AA32	AB2
Mart	BZ3	SL2	SS1	AY8	AA40	AB5
Nisan	BZ4	SL2	SS3	AY8	AA32	AB11
Mayıs	BZ4	SL1	SS4	AY10	A16	AB17
Haziran	BZ5	SL2	SS5	AY7	AA8	AB23
Temmuz	BZ6	SL3	SS7	AY4	AA3	AB28
Ağustos	BZ6	SL4	SS6	AY1	AA3	AB25
Eylül	BZ7	SL6	SS7	AY3	AA2	AB18
Ekim	BZ7	SL6	SS6	AY6	AA4	AB10
Kasım	BZ7	SL6	SS6	AY6	AA8	AB5
Aralık	BZ7	SL8	SS4	AY8	AA14	AB3

Kural tablosunun oluşturulmasından sonra durulaştırma biriminden bulanık olarak çıkan değerler üç boyutlu ortamda karşılaştırılmıştır (Şekil 5-10).

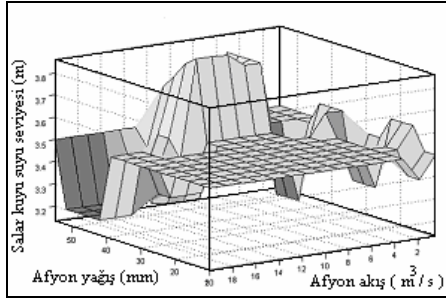
Ayrıca deneysel olarak elde edilen KSS değerleri ile BM yaklaşımından elde edilen değerler arasındaki hata (E) oranları (4) nolu denklem yardımıyla % olarak hesaplanmıştır (Uygunoğlu ve ark., 2005b).

$$E(\%) = \frac{D_i - BM_i}{D_i} \times 100 \quad (4)$$

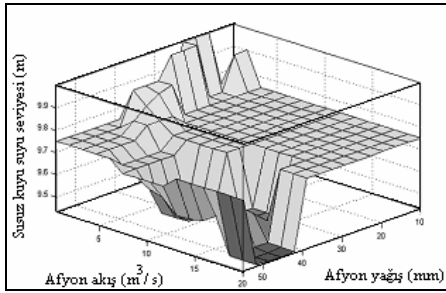
Denklemdede; D, ölçülerek alınan verileri ifade etmektedir.



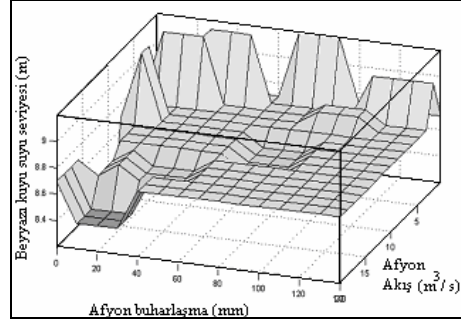
Şekil 5. BM ile Beyyazı kuyu suyu seviyesi-Afyon yağış-Afyon akış ilişkisi



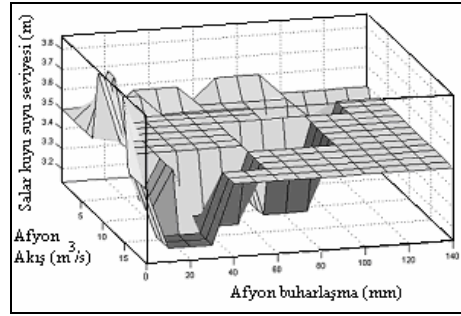
Şekil 6. BM ile Salar kuyu suyu seviyesi-Afyon yağış-Afyon akış ilişkisi



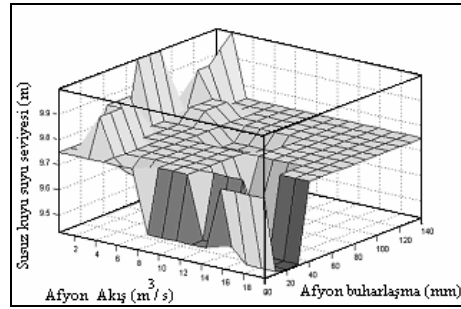
Şekil 7. BM ile Susuz kuyu suyu seviyesi-Afyon yağış-Afyon akış ilişkisi



Şekil 8. BM ile Beyyazı kuyu suyu seviyesi-Afyon buharlaşma-Afyon akış ilişkisi



Şekil 9. BM ile Salar kuyu suyu seviyesi-Afyon buharlaşma-Afyon akış ilişkisi

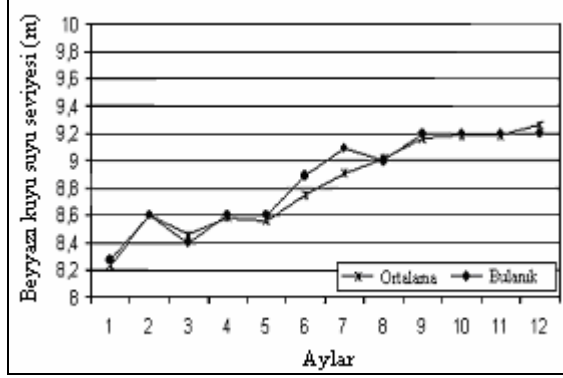


Şekil 10. BM ile Susuz kuyu suyu seviyesi-Afyon buharlaşma-Afyon akış ilişkisi

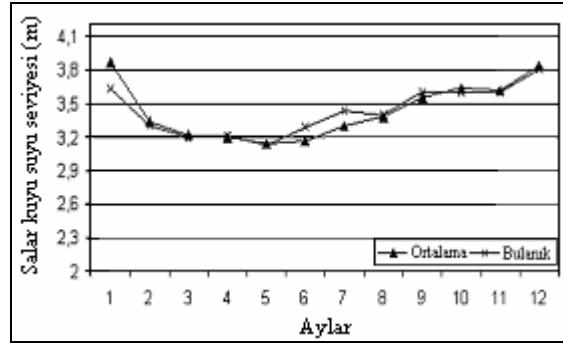
Yağış-akış-kuyu suyu seviyesi ilişkisi; Şekil 5' de Afyon-Akarçay akışın en az olduğu bölgede Afyon yağışın artmasının veya azalmasının Beyyazı kuyu suyu seviyesine etkisinin olmadığı görülmektedir. Şekil 6' da Afyon-Akarçay akışın ve Afyon yağışın en fazla olduğu dönemlerde Salar kuyu suyu seviyesinde 30 cm kadar bir düşüşün yaşandığı görülmektedir. Şekil 7' de Afyon-Akarçay akışın en az olduğu dönemde, Afyon yağışın azaldıkça Susuz kuyu suyu seviyesinde bir artışın olduğu görülmektedir.

Akış-buharlaşma-kuyu suyu seviyesi ilişkisi; Şekil 8-10' da Afyon-Akarçay akışın en az, Afyon buharlaşmanın en fazla olduğu bölgelerde Beyyazı-Salar ve Susuz kuyu suyu seviyelerinin arttığı görülmektedir.

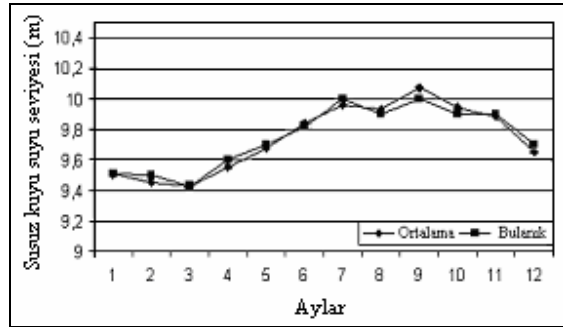
Aynı zamanda durulaştırma biriminden bulanık olarak çıkan değerler (Bulanık) ile aylık ortalama değerler de (Ortalama) kendi aralarında karşılaştırılmıştır (Şekil 11-13).



Şekil 11. Beyyazı kuyu suyu değişiminde BM ile aylık ortalama değerlerin karşılaştırılması



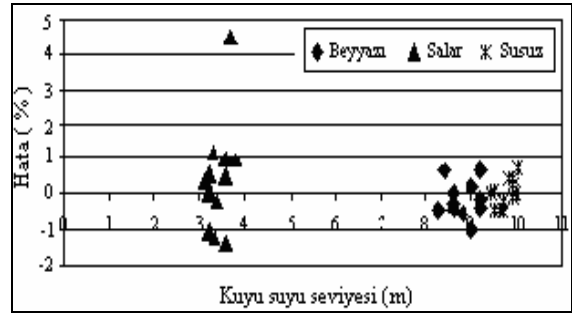
Şekil 12. Salar kuyu suyu değişiminde BM ile aylık ortalama değerlerin karşılaştırılması



Şekil 13. Susuz kuyu suyu değişiminde BM ile aylık ortalama değerlerin karşılaştırılması

Kuyu suyu seviye değişiminde BM ile aylık ortalama değerlerin karşılaştırılması; Şekil 11-13 Beyyazı, Susuz ve Salar kuyu suyu seviyelerinde Nisan ve Ağustos ayları süresince normal şartlarda düşüş yaşanması gerekirken tam tersine doğrusal bir artış meydana gelmiştir.

Ölçülen KSS değerleri ile BM verileri arasındaki hata oranlarına bakıldığında (Şekil 14), en çok hata miktarı yaklaşık %5 oranında Salar kuyu suyu seviye gözlem verilerinde olup diğer verilerde hata miktarı yaklaşık + % 1 ile -% 1.5 arasında değişmektedir. Yani BM verilerinin gözlem verileri ile uyum derecelerinin en az %95 olduğu belirtilebilir. Diğer bir ifade ile hata miktarları oldukça düşük olup BM verileri deneysel verilerle oldukça yakın ve güvenilirdir. Ayrıca üç gözlem yerindeki veriler için gözlem değerleri ve BM tahmin değerleri arasında yapılan korelasyon analizi sonucu korelasyon katsayıları $r_{(Beyyazı)} = 0.992$, $r_{(Salar)} = 0.979$, $r_{(Susuz)} = 0.990$ ve determinasyon katsayıları $R^2_{(Beyyazı)} = 0.984$, $R^2_{(Salar)} = 0.958$, $R^2_{(Susuz)} = 0.980$ hesaplanmıştır. Hata miktarlarındaki maksimum % 5'lik sapma ve kabul edilebilir determinasyon katsayısı dolayısıyla istasyonların uzun yıllık aylık ortalama verileri kullanılarak, YSS' deki değişim bulanık mantık yaklaşımı ile modellenilebilecektir.



Şekil 14. Beyyazı, Salar ve Susuz KSS ile BM verileri arasındaki hata (%) miktarı

4. SONUÇ

Bu çalışmada yeraltı suyu seviyesindeki değişim doğrudan herhangi bir kabule gerek duyulmadan bulanık mantık yaklaşımı ile belirlenmiştir. Bulanık mantık yaklaşımından elde edilen sonuçlar ile istasyonların aylık ortalama değerleri karşılaştırılmış, verilerin ve grafiklerin birbirlerine çok yakın olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- KSS'leri genel olarak Mart-Mayıs aylarında diğer aylara göre daha düşük gözlenmektedir. Dolayısıyla bu bölgede yapı inşa edileceğinde, kazı çalışmalarının bu aylar arasında yapılmasının yalıtım ve drenaj gibi önlem alma açısından daha iyi ve ekonomik olacağı belirtilebilir.
- Su seviyelerinin modellenmesi literatürde kullanılan Markov modelleri gibi stokastik

süreçlerle mümkündür; ama orada modellemenin gerektirdiği bir takım (doğrusal bağımlılık, hataların normal dağılımlılığı, ortalama ve varyans gibi tüm parametrelerin sabit olması) kabuller vardır. Bulanık mantık kullanılarak yapılan hesaplamada ise bu kabullere gerek duyulmadan yapılabilmektedir.

- KSS ile BM verileri arasındaki en çok hata miktarı yaklaşık % 5 olarak elde edilmiştir. Dolayısıyla bulanık modelleme güvenilirliği yüksektir.
- KSS ve BM verileri arasında determinasyon katsayılarının yüksek olması bulanık mantık modellemesinin KSS tahmini için kullanılabilmesini göstermektedir.

5. KAYNAKLAR

Anonim, 1977. DSİ., Akarçay Havzası Hidrojeolojik Etüt Raporu 63s. DSİ Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı suları Daire Başkanlığı. Ankara.

Anonim, 1982. TS 3440. Zararlı Kimyasal Etkileri Olan Su, Zemin ve Gazların Etkisinde Kalacak Betonlar İçin Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Aksoy, S. 2003. İnşaat Mühendisliğinde Çok Amaçlı Değerlendirme ve Karar Vermede Fuzzy Yaklaşımı 179 s., Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Demir, F., Gençoğlu, M. ve Güler, K. 2004. "Çelik Tel Takviyeli Betonların Gerilme-Şekil Değiştirme Davranışı için Bir Bulanık Mantık Yaklaşımı" **Türkiye İnşaat Mühendisliği 17. Teknik Kongre ve Sergisi**, 15-16-17 Nisan 2004. İstanbul.

Dixon, B. 2005. Applicability of Neuro-fuzzy Techniques in Predicting Ground-water Vulnerability : a GIS-based Sensitivity Analysis, Journal of Hydrology, 309 (2005) 17-38.

Elmas, Ç. 2003. Bulanık Mantık Denetleyiciler 227 s. Seçkin Yayınevi, ISBN 975 347 613 2, Ankara.

Şen, Z. 2004. Mühendislikte Bulanık (Fuzzy) Mantık ile Modelleme Prensipleri 189 s. İ. T. Ü. Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Su Vakfı, İkinci Baskı, İstanbul.

Gönül, İ. A. ve Çelebi, G. 2003. Binalarda Zeminden Kaynaklanan Nemlenmeyi Önleme Yöntemleri, Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 18, No: 4, 109-122.

Pegram, G. and James, G. S. 1972. Multilag Multivariate Autoregressive Model for the Generation of Operational Hydrology, Water Resources Research, 8, 1074-1076.

Tezcan, L., Meriç T., Dođdu N., Akan B., Atilla Ö. ve Kurttaş T. 2002. Akarçay Havzası Hidrojeolojisi ve Yeraltı suyu Akım Modeli Final Raporu 339s. Hacettepe Üniversitesi UKAM, Final Raporu. Ankara.

Tığdemir, M., Kardeşahin, M. and Şen, Z. 2002. Investigation of Fatigue Behaviour of Asphalt Concrete Pavements With Fuzzy-logic Approach, International Journal of Fatigue, Turkey. 24 (2002), 903-910.

Uygunoğlu, T. ve Ünal, O. 2005a. Seyitömer Uçucu Külünün Betonun Basınç Dayanımına Etkisi Üzerine Bulanık Mantık Yaklaşımı, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi (1), 13-20.

Uygunoğlu T., Ünal O., ve Yücel K.Y. 2005b. "Uçucu Külün Betonun Basınç Dayanımına Etkisi Üzerine Bulanık Mantık Yaklaşımı" **4. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu**, 28-30 Eylül 2005, Konya.

Yokozekia, K., Watanabea, K., Sakata, N. and Otsuki, N. 2004. Modeling of Leaching From Cementitious Materials Used in Underground Environment, Applied Clay Science. 26 (2004), 293-308.

Yurtcu, Ş., İçağa, Y. 2005a. Akarçay Havzası Yeraltı Suyu Periyodik Davranışının Modellenmesi" Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, (2), 21-28.

Yurtcu, Ş., İçağa, Y. 2005b. Kil Zeminlerde Yeraltı suyu Davranışının Modellenmesi", **4. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu**, 28-30 Eylül 2005, Konya.

Zadeh, L. A. 1965. Fuzzy Sets, Information and Control, Vol. 8, pp. 338-353, Academic Pres, New York.