

Bulanık Mantık ve Doğrusal Regresyon Analizleri ile Burdur Gölü Su Seviyesi Değişimlerinin Modellenmesi

Erhan ŞENER^{*1}, Nihat MOROVA²

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Uzaktan Algılama Araştırma ve Uygulama Merkezi, Isparta

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü, Isparta

Alınış Tarihi:05.01.2011 Kabul Tarihi: 28.03.2011

Özet: Bu çalışmada Burdur gölü su seviyesi değişimlerinin tahmin edilmesi amacıyla bulanık mantık yöntemiyle bir model geliştirilmiştir. Ayrıca bağımsız değişkenler olarak yağış ve buharlaşma, bağımlı değişken olarak ise Burdur gölü su seviyesindeki değişimlerin kullanıldığı çoklu doğrusal regresyon analizi ile model denklemi oluşturulmuştur. Araştırmada, Burdur Gölü ve çevresinde yer alan gözlem istasyonlarının 1975–2004 yıllarına ait yıllık ortalama veriler kullanılmıştır.. Geliştirilen bulanık mantık model ile oluşturulan regresyon denkleminin tahmin ettiği değerler gözlem istasyonları verileri ile karşılaştırılarak modellerin güvenilirliği test edilmiştir. Buna göre Bulanık Mantık yöntemiyle ölçüm verileri arasında R2= 0.89 gibi yüksek bir ilişki olmasına rağmen çoklu doğrusal regresyon analizi sonuçları ile ölçüm verileri arasında ise R2= 0.70 gibi nispeten daha düşük bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bulanık Mantık, Regresyon Analizi, Göl Su Seviyesi, Burdur Gölü

Modeling of Water Level Changing of Burdur Lake with Fuzzy Logic and Linear Regression Analysis

Abstract: In this study, a model was developed fuzzy logic method in order to estimate Burdur lake water level fluctuations. In addition, the multiple linear regression analysis with known methods created in the model equation. As independent variables, precipitation and evaporation, was used as the dependent variable in the Burdur lake water level changes. Data used in the observation stations in and around Lake Burdur-year average for the years 1975-2004 contains data. The developed fuzzy logic model created with the regression equation to predict the reliability of the models was tested by comparing the values with data from observation stations. Accordingly, although a high relationship was determined between the measurement data and the method of Fuzzy Logic such as R2 = 0.89, the relatively low correlation was determined between the measurement data and the results of multiple linear regression analysis such as R2 = 0.70.

Keywords: Fuzzy Logic, Regression Analysis, Lake Water Level, Burdur Lake

Giriş

Ülkemizin Göller Bölgesinde Burdur ve Isparta il sınırları içerisinde yer alan Burdur Gölü Türkiye'nin en derin göllerindedir. Göller Bölgesinin en büyük acı su gölü olan Burdur Gölü Batı Torosların batı kanadında blok faylanma tektoniğinin oldukça yaygın olarak gözlemlendiği bir alan içerisinde bulunmaktadır (Şekil 1). Gölün batı kesimi boyunca uzanan kırık hattı nedeniyle bu kesimde kıyı çizgisi çok dar ve göl derinliği aniden artmaktadır. En derin yeri Yazı köyünün kuzeyinde 74 m olan gölün, ortalama derinliği 45 m'dir (Mertter vd., 1986). Çok yüksek iyon konsantrasyonuna sahip olan göl suyu, Na-SO₄-HCO₃ su tipindedir (İrlyayıcı, 1998).

Su kaynakları sistemlerinin planlanması, tasarımı ve işletilmesi; genellikle meteorolojik ve hidrolojik (yağış, akış, buharlaşma, vb) serileri birlikte ihtiva ettiğinden çok değişkenli modelleme önem kazanır. Su kaynakları açısından önemli olan rezervuarlar tarım arazisinin sulanması, etrafında mesire yeri oluşturularak turizme kazandırılması, iç su yolu taşımacılığı gibi faydaları yanında, su seviyesinin çok yükselmesi durumunda da su baskınlarıyla yerleşim yerlerini, demir ve karayolu ulaşımını, kıyıda yer alan dinlenme ve eğitim tesislerini ve ekili tarlaları olumsuz yönde etkilemektedir.

esener@mmf.sdu.edu.tr

Faydaları yanında su kotunun yükselmesi halinde zararları da olabilen göl sularından azami fayda elde edilmesi ve zararlarının da en aza indirilebilmesi için göl suyu kotu değişiminin önceden bilinmesi ve gerektiğinde kontrol altına alınması gerekmektedir. Göl suyunun beslenmesinin genelde yağış ve akışla olması yanında kayıpların buharlaşma ile olması göz önüne alındığında, göl su seviyesinin hareketi ile bu üç hidrometeorolojik değişken arasındaki ilişkiyi ortaya koymak önemli bir aşama olacaktır (Yurtçu, 2006).

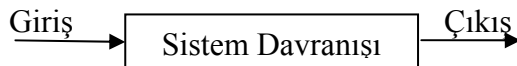
Hidrolojik çevrim bölge bazında ele alınacak olursa bir göl içinde aynı çevrim süreci geçerlidir. Bu sefer buharlaşma gölden olacak yağış sonrası yeryüzüne inen sular göle aktarılacaktır. Hidrolojik çevrim dışında insani faktörlerde çok önemlidir. Örneğin insanlar tarımsal faaliyetleri için sulama suyuna, günlük aktiviteleri için içme ve kullanma suyuna ve enerji üretimi için enerji suyuna ihtiyaç duyacaklardır. Yağış, akış, buharlaşma, içme suyu temini, sulama suyu, enerji için kullanılan su göl seviyesinin artmasına veya azalmasına neden olacaktır. Bu parametrelerin sayısal değerleri zaman içinde değişim gösterir. Göl seviyesindeki değişimler belli yerlere kurulacak gözlem istasyonlarında düzenli olarak gözlenebilir veya su seviyesi matematiksel yöntemler kullanılarak tahmin edilebilir (Esendal, 2007).

Bu çalışmada Burdur gölü su seviyesi değişiminin tahmin edilmesi amacıyla bulanık mantık yöntemiyle bir model geliştirilmiştir. Ayrıca bilinen yöntemlerden olan çoklu doğrusal regresyon analizi ile model denklemi oluşturulmuştur.

Bulanık Mantık ve Regresyon Analizi

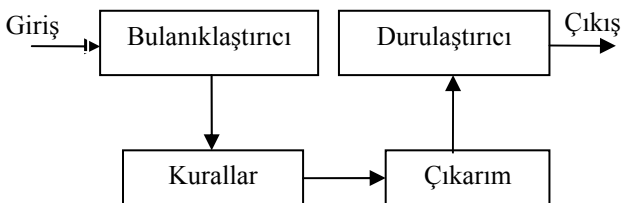
1965’de L. A. Zadeh (Lütfi Askerzade), yeni bir matematiksel yöntemi açıklayan “Fuzzy Sets (Bulanık Kümeler)” adlı ünlü makalesini Information and Control isimli dergide yayınladı. Bu yöntem, “kısa adam”, “güzel kadın” veya 1’den daha büyük gerçek sayılar” gibi belirsiz kümeleri veya şüpheli fikirleri elde etmeye ve tanımlamaya olanak sağlamıştır. O zamandan günümüze, bulanık kümeler kuramı hem Zadeh’in kendisi, hem de sayısız araştırmacı tarafından hızlı bir biçimde geliştirilmiştir. Aynı zamanda bu kuramın gerçek uygulamaları da başarılı bir biçimde gerçekleştirilmiştir. Bulanık kümeler kuramının ana fikri, tamamen sezgisel ve doğal olmasıdır (Sakawa, 1993).

Bulanık mantığın en geçerli olduğu iki durumdan ilki, incelenen olayın çok karmaşık olması ve bununla ilgili yeterli bilginin bulunmaması durumunda kişilerin görüş ve değer yargılarına yer vermesi, ikincisi ise insan muhakemesine, kavrayışlarına ve karar vermesine gereksinim gösteren hallerdir (Şen, 2001). Genellikle bilinen matematik, stokastik veya kavramsal sistemlerin hemen hepsi Şekil 3’te görülen üç ayrı birimden ibarettir. Bunlar giriş, bu girişi çıkışa dönüştüren ve sistem davranışı olarak isimlendirilen bir kutu ve buradan çıkış kısımlarıdır. Bu birimlerin hepsinde sayısal veri çıkış veya işlemler yapılmaktadır (Şen, 2001).



Şekil 3. Klasik sistem

Bulanık sistemlerin bu klasik tasarımdan farkı sistem davranışı kısmının dörde ayrılarak Şekil 4’te gösterildiği gibi kendi aralarında bağlantılı dört birimin olmasıdır.



Şekil 4. Bulanık mantığın temel elemanları

Girdi değerleri çoğunlukla kesin değerlerdir. Bulanıklaştırıcının görevi, bulanık kümeler (burada girdiler bulanık üyelik fonksiyonları tarafından tanımlanan bulanık değişkenlerdir) içine kesin sayıları haritalamaktır. Kurallar “Eğer-İse” kurallarının oluşturduğu bulanık mantığı esas alır. Bir tipik “Eğer-İse” kuralı:

Eğer Yolun kapasitesi AZ
İse Akan Taşıtların Hızı ÇOK tur.

Klasik uzman sistemlerde, kurallar insan deneyimlerinden çıkarılır. Bulanık kural-tabanlı sistemlerde, kural tabanı insan deneyimlerinin yardımıyla şekillendirilir. Bulanık kural tabanında kullanılan insan deneyimlerinden elde edilen sözel (linguistic) bilgi ve ölçümlerden elde edilen sayısal bilgi birleştirildiğinde ilginç bir durum ortaya çıkar. Bu durumda, kurallar ilk adımda sayısal verilerden çıkarılır. Sonraki adımda ise, bulanık kural tabanı insan deneyimlerinden elde edilen kurallar ile birleştirilebilir. Bulanık mantığın Çıkarım makinesi, bulanık kümeler için haritalanır. Durulaştırma esasında, çıktı değişkeni için bir değer seçilir. Literatürde birçok farklı durulaştırma yöntemi mevcuttur. Seçilen sonuç değeri çoğunlukla ya en yüksek üyelik derecesine sahip değer ya da ağırlık merkezi değeridir (Teodorovic ve Vukadinovic, 1998). Zadeh bulanık mantık kavramında, Aristo’nun 1 veya 0, var veya yok gibi iki kesin ve ayrı durum içeren klasik küme mantığının yerine insan düşüncesine daha yakın olarak belirli değer aralıklarının sözel ifadelerle tanımlanarak, kümeler arası geçişe esneklik kazandırmış ve gerçek yaşamdakine benzetmiştir (Tığdemir vd, 2002).

Regresyon analizi ise bir bağımlı değişken ile bir bağımsız (basit regresyon) veya birden fazla bağımsız (çoklu regresyon) değişken arasındaki ilişkilerin bir matematiksel eşitlik ile açıklanması süreci olarak tanımlanmaktadır. Basit doğrusal regresyon modeli birçok durum için elverişli olabilmektedir. Ancak gerçek hayatta birçok modelin açıklaması için iki veya daha fazla açıklayıcı değişkene gerek duyulmaktadır. Birden çok açıklayıcı değişkenli modeller çoklu regresyon modeli olarak adlandırılmaktadır (Kalaycı, 2006). Basit ve çoklu doğrusal regresyon denklemlerinin formülize edilmiş biçimi sırasıyla Denklem 1 ve Denklem 2’de verilmiştir. Basit ve çoklu lineer regresyon model denklemleri aşağıdaki gibi yazılmaktadır.

$$y = b_0 + b_1 X + \epsilon \quad (1)$$

$$y = b_0 + b_1 X_1 + \dots + b_n X_n + \epsilon \quad (2)$$

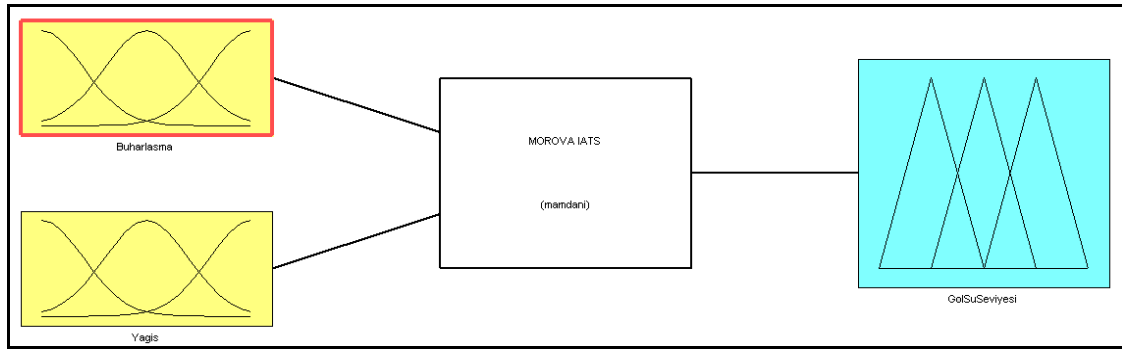
Model denklemlerde,
Y= Bağımlı değişkeni,
Xi=Bağımsız değişkenleri
bi= Hesaplanan katsayı parametreleri
 ϵ = Hata terimini ifade etmektedir

Materyal ve Yöntem

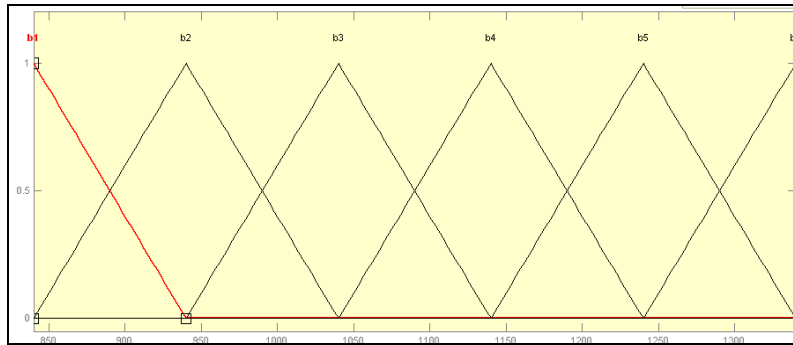
Çalışmada Burdur gölü su seviyesi değişiminin tahmin edilmesi amacıyla bulanık mantık yöntemiyle bir model geliştirilmiştir. Ayrıca bilinen yöntemlerden olan çoklu doğrusal regresyon analizi ile model denklemi oluşturulmuştur. Bağımsız değişkenler olarak, yağış ve buharlaşma, bağımlı değişken olarak ise Burdur gölü su seviyesindeki değişim kullanılmıştır. Kullanılan veriler Burdur gölü ve çevresinde yer alan gözlem istasyonlarının 1975–2004 yıllarına ait yıllık ortalama verileri içermektedir.

Bulgular ve Tartışma

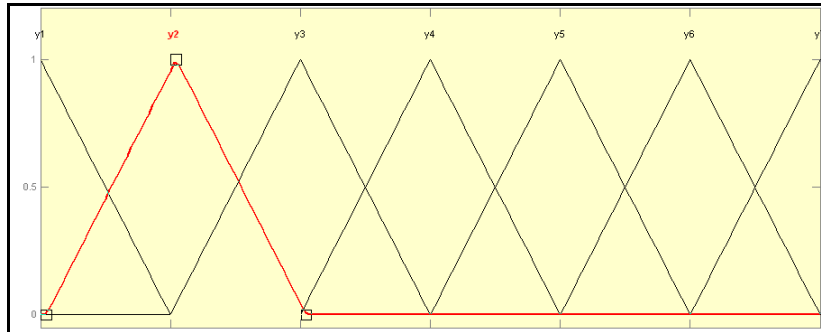
Çalışmada yağış miktarı ve buharlaşmanın göl su seviye değişimine etkisini belirlemek amacıyla bulanık mantık ve regresyon tekniği ile iki farklı tahmin modeli üzerinde durulmuştur. Yağış ve buharlaşma miktarına bağlı olarak göl su seviye değişimini tahmin etmek amacıyla ilk olarak bulanık mantık yöntemiyle bir tahmin modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen modelin genel yapısı Şekil 5'te görülmektedir. Modelin girdileri olan yağış miktarı ve buharlaşma ile modelin çıktısı olan Göl su seviye değişimi değerleri için oluşturulan üyelik fonksiyonları Şekil 6-7-8'de görülmektedir.



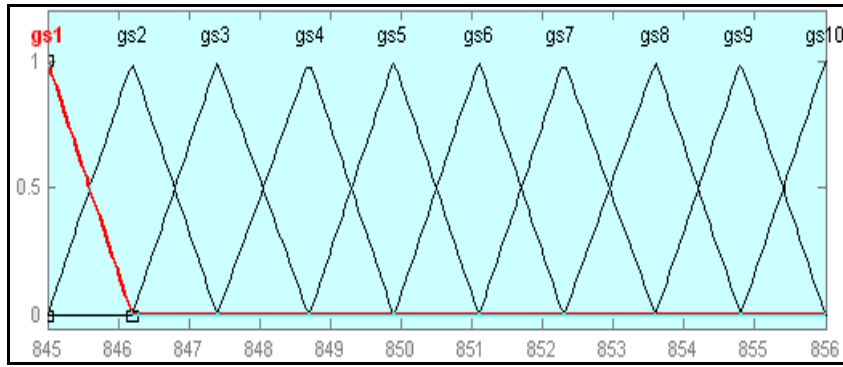
Şekil 5. Göl su seviye değişimi modelinin genel yapısı



Şekil 6. Buharlaşma miktarı üyelik fonksiyonları



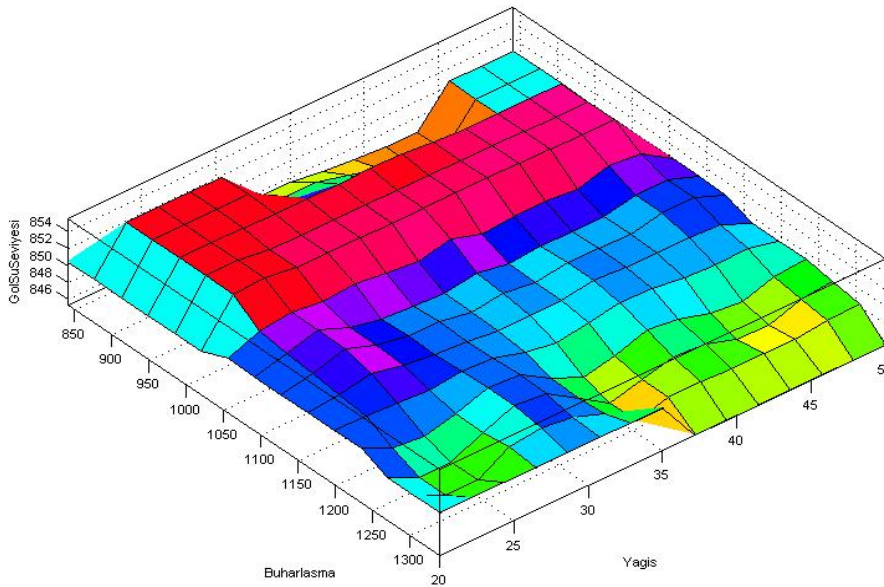
Şekil 7. Yağış miktarı üyelik fonksiyonları



Şekil 8. Göl su seviye değişimi üyelik fonksiyonları

Model girdileri ve çıktıları için üyelik fonksiyonları belirlendikten sonra girdiler ve çıktı arasındaki ilişkiyi belirleyen kurallar oluşturulmuştur. Oluşturulan kuralların

girdiler ve çıktı arasında oluşturduğu ilişki Şekil 9'da görülmektedir.



Şekil 9. Girdiler ile çıktı arasındaki ilişki grafiği

Model kurallarının oluşturulmasından sonra modelin tahmin ettiği net sonuçları alarak modeli test etmek amacıyla durulaştırma işlemi yapılmıştır. Durulaştırma işleminde bulunan tahmin sonuçları ile ölçüm sonuçları karşılaştırılmış ve aralarında yüksek oranda bir benzerlik görülmüştür. Elde edilen ilişki grafiği Şekil 10'da

görülmektedir. Çalışmada diğer bir yöntem olan regresyon analizinde ise veriler SPSS programında düzenlenerek girdiler ile çıktı arasındaki ilişkiyi temsil eden model denklemi oluşturulmuştur. Model özeti Çizelge 1' de görülmektedir.

Çizelge 1. Regresyon analiz sonuçları

Model	R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Tahminin standart hatası
1	,837	,701	,678	2,076725

Regresyon analizi sonuçları değerlendirildiğinde göl su seviyesi değişimi için denklem şu şekilde ifade edilir.

$$Y = 886,93 + X1*0,007 - X2*0,031$$

Burada;

Y = Göl su seviyesi değişimi,
X1 = Buharlaşma,
X2 = Yağış miktarını temsil etmektedir.

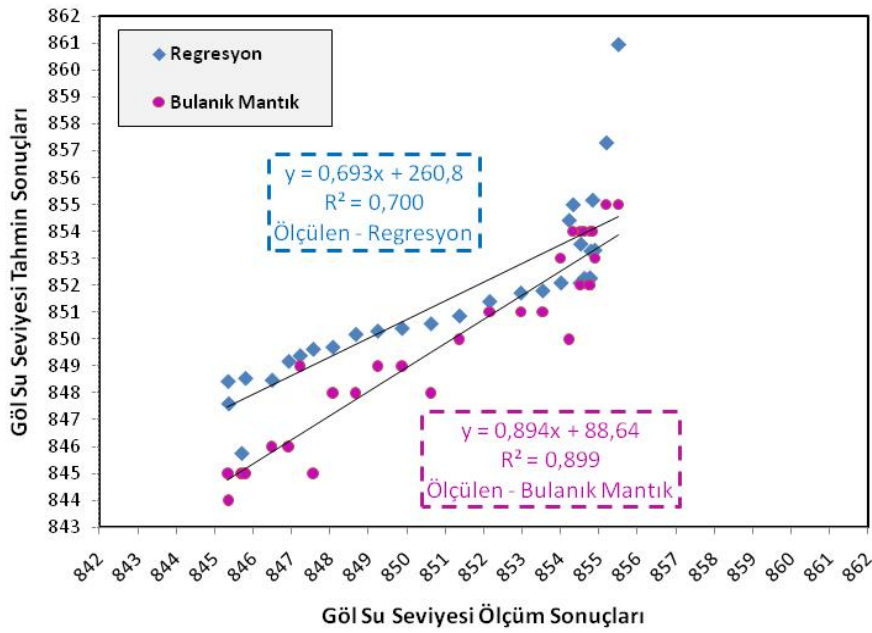
Regresyon analizinde model denklemi için katsayılar Çizelge 2'de görülmektedir. %95 güven aralığında tahmin edilen göl su seviyesi değişimi değerleri ile ölçülerek elde

edilen göl su seviyesi değişimi değerleri karşılaştırıldığında aralarında yüksek oranda ilişki bulunmuş ve Şekil 10'da ilişki grafiği verilmiştir. Şekil

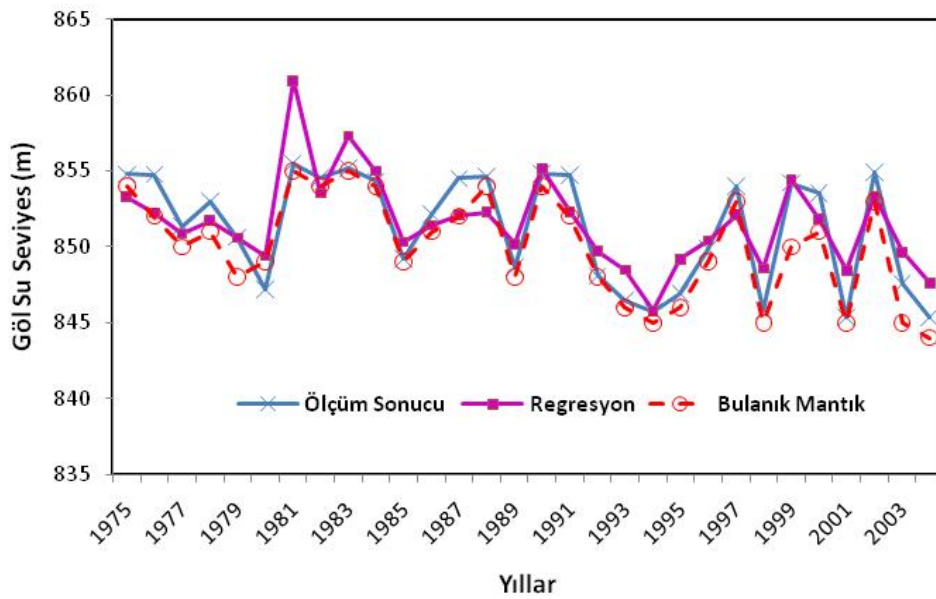
11'de ise model sonuçları ve ölçüm sonuçları arasındaki eşleşme grafiği görülmektedir.

Çizelge 2. Regresyon analizinde model denklemleri için katsayılar

Model	Standartlaştırılmamış Katsayılar		Standartlaştırılmış Katsayılar	t	Önemlilik düzeyi
	B	Std. hata	Beta		
	(Sabit)	886,930	4,694		
Yağış	,007	,055	,013	,122	,904
Buharlaştırma	-,031	,004	-,839	-7,866	,000



Şekil 10. Model sonuçları (regresyon-bulanık mantık) ve ölçüm sonuçları arasındaki ilişki



Şekil 11. Model sonuçları (regresyon-bulanık mantık) ve ölçüm sonuçları arasındaki eşleşme grafiği

Sonuçlar

Araştırmada, Burdur Gölü su seviyesindeki değişimlerinin regresyon analizi ve bulanık mantık metotları ile tahmin edilebilmesi amacıyla, yağış ve buharlaşma verileri kullanılmıştır. Bulanık mantık yöntemi sonuçları ile ölçüm sonuçları arasındaki ilişki göz önünde bulundurulacak olursa model sonuçları ile ölçüm sonuçları arasında $R^2=0.89$ gibi yüksek bir ilişkisi olduğu görülmektedir. Benzer şekilde regresyon analizi yöntemi de bulanık mantık metoduna nazaran daha az bir başarı göstermiş olsa da ölçüm sonuçlarını tahmin etmede başarılı sonuçlar vermiş ve aralarında $R^2=0.70$ gibi bir ilişki olduğu çıkmıştır. Sonuçlar değerlendirilecek olursa

iki tahmin modelinin de başarılı olduğu söylenebilir. Fakat bulanık mantık yöntemi sonuçlarının regresyon yöntemine göre daha başarılı olduğu görülmektedir. Bu durumun bulanık mantığın esnek bir modelleme yöntemi olmasından ve insan deneyimleri kullanılarak girdiler ile çıktı arasındaki ilişkinin kurallarda yorumlanabilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu çalışmada kullanılan yağış ve göl yüzeyinden buharlaşma gibi girdi parametrelerine havza bazında akım verileri, tarımda kullanılan su miktarları ve yeraltısu beslenimi gibi parametrelerinde eklenmesi ile göl su seviyesinin çok daha yüksek doğrulukla tahmin edilebilmesi mümkün olacaktır.

Kaynaklar

- Ataol, M. 2010. Burdur Gölü Seviye Değişimleri. Ankara Üniversitesi Coğrafi Bilimler Dergisi, Ankara, 8 (1), 77-92.
- Esendal, H. 2007. Eğirdir Göl Su Seviyesi Mevsimsel Değişiminin Bulanık Mantık Metoduyla Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 107s.
- İrleyıcı, A. 1998. Eğirdir – Burdur Gölleri Arasının Hidrojeoloji İncelemesi. Doktora Tezi, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 150s.
- Kalayıcı, Ş. 2006. SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri, Ankara, Asil Yayınları.
- Merter Ü., Genç A.Ş., Göksu, M. Z. J. 1986. Isparta Yöresindeki Göllerde Su Kalitesi Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Parametreler. Tarım Orman Bak. Koruma ve Kontrol Müd., Ankara, 52 s.
- Sakawa, M. 1993. Fuzzy Logic with Engineering Applications. McGraw-Hill Inc., USA.
- Şen, Z. 2001. Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri. Bilge Kültür Sanat, İstanbul, 172s.
- Şener, E., Davraz, A., İsmailov, T. 2005. Burdur Gölü Seviye Değişimlerinin Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri ile İzlenmesi. V. Türkiye Kuvaterner Sempozyumu, İstanbul.
- Teodorovic, D., Vukadinovic, K. 1998. Traffic Control and Transport Planning: A Fuzzy Sets and Neural Networks Approach. Kluwer Academic Publishers, Boston, 387 pp.
- Tığdemir, M., Kardeşahin, M., ve Şen, Z. 2002. Investigation of Fatigue Behaviour of Asphalt Concrete Pavements With Fuzzy- Logic Approach. International Journal of Fatigue, 24, 903–910.
- Yurtçu, Ş. 2006. Eber Gölü Su Seviye Değişiminin Bulanık Mantıkla Modellenmesi. Teknoloji, Cilt 9, Sayı 1, 67-77.
- Zadeh, L.A. 1965. Fuzzy Sets. Information and Control, Vol. 8., pp. 338-353.