

Günlük Buharlaşma Miktarının Bulanık Mantık Yöntemleri Kullanılarak Bölgesel Olarak Modellenmesi

Kübra Özdülkar¹, Fatih Üneş¹, Mustafa Demirci¹, Yunus Ziya Kaya^{2,*}

¹İskenderun Teknik Üniversitesi, Müh. ve Doğa Bil. Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 31200, Hatay

²Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 80100, Osmaniye

YAYIN BİLGİSİ

Tarihçe:

Alınış: Aralık 2019

Kabul: Aralık 2019

Online Yayınlanma: Aralık 2019

Anahtar Kelimeler:

Evaporasyon,
Bulanık Mantık,
Sugeno,
Mamdani

ÖZET

Buharlaşma miktarı, hidrolojik ve meteorolojik çalışmalarda önemli bir parametredir. Buharlaşmanın doğru bir şekilde tahmin edilmesi, su yapılarının planlanmasında ve işletilmesinde çok önemlidir. Bu çalışmada günlük buharlaşma miktarının tahmini için Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırma Enstitüsü (USGS)'den elde edilen 2008-2012 yılları arasındaki buharlaşma verileri kullanılmıştır. Günlük buharlaşma tahmini Mamdani ve Sugeno bulanık mantık yöntemleri kullanılarak tahmin edilmeye çalışılmış ve ortaya çıkan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışma alanı olarak Lewisville Gölü yakınında (Texas, ABD) belirtilen bir istasyon seçilmiştir. Günlük ortalama buharlaşma tahmini için ortalama günlük hava sıcaklığı (T), rüzgar hızı (U), güneş ışınımı (SR) ve bağıl nem (RH) parametreleri kullanılmıştır. Bulanık Mantık modelleri arasında karşılaştırma yapılmış ve sonucunda Sugeno yönteminin performansının daha iyi olduğu görülmüştür.

Daily Evaporation Estimation Using Different Fuzzy Logic Approaches in Regional Scale

ARTICLE INFO

History:

Received: December 2019

Accept: December 2019

Available online: December 2019

Keywords:

Evaporation,
Fuzzy Logic,
Sugeno,
Mamdani

ABSTRACT

Evaporation is an important parameter in hydrological and meteorological studies. Accurate estimation of evaporation is crucial in the planning and operation of water structures. Data set used in this study is downloaded from United States Geological Research Institute (USGS). Data set records are between 2008-2012 and it is belonging to Lake Lewisville (Texas, USA) station. Estimation of daily evaporation is done with Sugeno and Mamdani types of Fuzzy Logic (FL) and the results are compared with each other. Average daily air temperature (T), wind speed (U), solar radiation (SR) and relative humidity (RH) parameters are chosen as input for the created models. It is seen that prediction performance of Sugeno type FL is better than the Mamdani type for the study area.

1. Giriş

Su kaybının buharlaşma yoluyla tahmin edilmesi, su kaynaklarının izlenmesi, araştırılması ve yönetimi için çok önemlidir. Su kaynaklarının kıt olduğu birçok alanda, bu kaybının tahmini, sulama uygulamalarının planlanması ve yönetiminde zorunlu hale gelmektedir. Buharlaşma ayrıca hidrolojik döngünün daha az anlaşılan bileşenlerinden biridir. Mühendisler ve

araştırmacılar uzun yıllar boyunca, özel tavaya uygulanan bir katsayı ile çarpılarak, rezervuarlardaki buharlaşma kaybının bir tahmini olarak buharlaşma tavelarındaki kaybı kullandılar. En yaygın kullanılan tava, 4 ft çapında ve 10 inç derinliğinde olan ve bir kereste ızgarasına monte edilmiş olan ABD Hava Bürosu A Sınıfı tavadır. Tava buharlaştırması, bir evaporasyon endeksi olarak ve göl ve rezervuar buharlaşmasını tahmin etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır [1-3].

*Sorumlu yazar: yunuszkaya@osmaniye.edu.tr

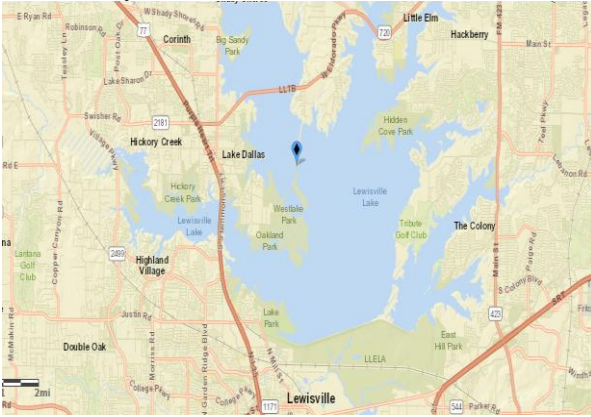
Planlanan veya mevcut bir rezervuar ve sulama bulunan her noktaya buharlaştırma tavalalarının yerleştirilmesi pratik değildir. Ayrıca, doğru enstrümanların oluşturulamadığı veya bakımının yapılmadığı erişilemez alanlara sahip olma olasılığı düşüktür. Tava bulunmayan yerlerde buharlaşma miktarını tahmin etmenin pratik bir yolu, hidrologlar, tarım uzmanları ve meteorologlar için büyük önem taşır. Bazı araştırmacılar buharlaşma değerlerini iklim değişkenlerinden tahmin etmeye çalışmışlardır [4-8] ve bu yöntemlerin çoğu, kolayca bulunamayan veriler gerektirir. Bununla birlikte, buharlaşma süreci, birçok tahmin prosedürünün gösterdiği gibi, doğada doğrusal değildir. Birçok araştırmacı, hidrolojik modelleme çalışmalarında doğru buharlaşma tahminlerine ihtiyaç duyulduğunu vurgulamıştır [9]. Geçtiğimiz yıllarda, araştırmacılar buharlaşma gibi hidrolojik olayları öngörmede yapay zeka yöntemlerin yaygın olarak kullanmışlardır. [10-28].

Bu çalışmada günlük ortalama buharlaşma tahmini için ortalama günlük hava sıcaklığı (T), rüzgar hızı (U), güneş ışınımı (SR) ve bağıl nem (RH) kullanılmıştır. Bulanık Mantık denetleyicileri olan Mamdani ve Sugeno çıkarım yöntemlerinin performans değerlendirilmesi yapılmıştır.

2. Materyal

2.1. Çalışma Alanı

Bu çalışmada, Şekil 1 de verilen ABD'nin Teksas eyaletindeki Denton bölgesine bağlı Lewisville gölü civarında bir istasyona ait veriler kullanılmıştır. Bu bölgede sıcak ve ılıman bir iklim hakimdir. 33°07'22" enlemi ve 96°59'22" boylamı üzerinde yer alan bu istasyona ait 2008-2012 yıllarının 4 yıllık meteorolojik verileri kullanılmıştır.



Şekil 1: Çalışılan istasyonun konumu(www.usgs.gov)

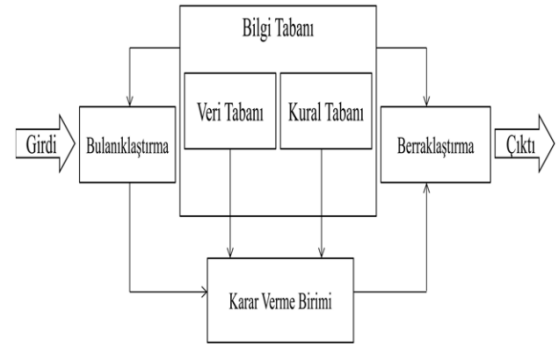
3. Metod

3.1. Bulanık Mantık

Bulanık mantık kavramının temelinde kesin sınırlar yerine kümelerle dereceli aidiyetler ilkesi vardır. Bulanık mantık ise; 0 ile 1, doğru ile yanlış, vb. karşıt ifadeler arasında bir geçiş durumu önermektedir. Bu durum bazı olayların çok değerli mantık ile ele alınmasını ilke kılmaktadır. Zadeh [29], ise çok değerli mantık değer kümesini [0,1] aralığında tanımlamış ve bu teorinin adını Bulanık Mantık Teorisi olarak isimlendirmiştir.

Bulanık kümelerde bir elemanın kümeye aitliği üyelik dereceleri ile ifade edilir. Bir bulanık küme içerisinde bir elemanın kümeye aitlik derecesi, her eleman için [0,1] aralığına tekabül eden üyelik fonksiyonu ile ifade edilir. Bu haliyle bulanık kümelerin, sınırları belirsiz kümeler olduğu tanımlaması yapılabılır [30].

Bulanık mantık modellemesinde bulanıklaştırma, kural tabanlarının oluşturulması, değerlendirilmesi ve toplanması, berraklaştırma işlemleri birbirini takip eder. Jang ve ark. [31] bulanık sistem sürecini Şekil 2'deki gibi modellemiştir.



Şekil 2: Bulanık Çıkarım Sistemi [31].

Girdi, sisteme verilecek olan girdiler hakkındaki bilgileri içerir. Bu bilgiler sayısal veya sözel olabilir. Bulanıklaştırma, sayısal girdi verilerini sözel olarak tanımlanmış bulanık kümelerdeki üyelik derecelerine atayan birimdir. Bulanık Kural Tabanı, veri tabanındaki girişleri çıkış değişkenlerine bağlayan mantıksal EĞER-İSE türünde yazılabilen kuralların içeren birimdir. Karar verme birimi, her bir kuralın çıkarımlarını bir araya toplayarak tüm sistemin girdiler altında nasıl bir çıktı vereceğinin belirlenmesine yarar. Berraklaştırma, bulanık işlemler sonucu elde edilen bulanık çıkarım sonuçlarını keskin sayısal çıkış değerlerine dönüştürür. Çıktı birimi, bilgi ve

bulanık kural tabanlarının bulanık çıkarım motoru vasıtası ile etkileşimi sonunda elde edilen çıktı değerlerinin topluluğunu belirtir.[32]

Bulanık kural tabanlı bir sistemde, Mamdani ve Sugeno gibi farklı analiz yöntemleri uygulanabilir. Mamdani metodu uzman bilgisini yakalamak için yaygın olarak kabul görmektedir. Uzmanlığı daha sezgisel, daha insani bir şekilde tanımlamamıza olanak tanır ve önemli bir hesaplama yükü gerektirir [33]. Öte yandan, Sugeno yöntemi hesaplama açısından verimlidir ve optimizasyon ve adaptif tekniklerle iyi çalışır, bu da kontrol problemlerinde, özellikle dinamik doğrusal olmayan sistemler için çok çekicidir. Bu uyarlama teknikleri, üyelik fonksiyonlarını kişiselleştirmek için kullanılabilir, böylece bulanık sistem verileri en iyi şekilde modelleyebilir [34]. Mamdani tipi bulanık mantık ve Sugeno tipi bulanık mantık arasındaki en temel fark, net çıktıların bulanık girdilerden elde edilme şeklindedir. Mamdani tipi bulanık çıktının sınırsızlaştırma tekniğini kullanırken, Sugeno tipi net çıktıyı hesaplamak için ağırlıklı ortalama kullanır. Kuralların sonuçları bulanık olmadığı için Mamdani çıktısının ifade gücü ve yorumlanabilirliği Sugeno tipinde kaybedilmiştir [35]. Ancak, Sugeno, ağırlıklı ortalamanın zaman harcayan buz çözme işlemini yerine koymasından daha iyi işlem süresine sahiptir. Kural tabanının yorumlanabilir ve sezgisel doğası nedeniyle, Mamdani tipi, özellikle karar destek uygulaması için yaygın olarak kullanılmaktadır. Diğer farklılıklar, Mamdani'nin üyelik üyeliği işlevlerine sahipken Sugeno tipinin üyelik üyeliği işlevine sahip olmamasıdır. Mamdani, sistem tasarımında Sugeno'ya kıyasla daha az esnek, çünkü ikincisi, çıktıları optimize etmek için ANFIS aracılığıyla entegre edilebilir.

4. Model Sonuçları ve Değerlendirmeler

Bu çalışmada, Sugeno-Bulanık Mantık (S-BM) ve Mamdani-Bulanık Mantık (M-BM) yöntemleri kullanılarak günlük buharlaşma miktarı tahmini yapılmıştır. Elde edilen sonuçların performansları karşılaştırılmıştır. Çalışılan istasyondan 2008-2012 yıllarına ait 4 yıllık toplamda 1650 tane günlük meteorolojik veri kullanılmıştır. Çalışmada, tüm verilerin %75'i eğitim; %25'si test için ayrılmıştır. Eğitim için 1240 günlük veri, test için 410 günlük ölçüm verisi kullanılmıştır. Sugeno-Bulanık Mantık (S-BM) ve Mamdani-Bulanık Mantık (M-BM) model uygulamalarında USGS den elde edilen günlük hava sıcaklığı (HS), rüzgâr hızı (RH), güneşlenme miktarı (GM) ve bağıl nem (BN) kullanılarak buharlaşma değeri tahmin edilmiştir

Tüm modellerde 1240 günlük veriler eğitilmiş ve test aşamasında 410 günlük verilere uygulanmıştır. Elde edilen test sonuçları buharlaşma sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalara göre sonuçlar Tablo 1.'de verilmiştir.

Buharlaşma değerini tahmin etmek için kullanılan modellerin başarısını belirlemek amacıyla denklem (1) ve (2)'de sırasıyla verilen ortalama karesel hata (MSE), ortalama mutlak hata (MAE), ortalama hata karelerinin kökü (RMSE) ve korelasyon katsayısı (R) kullanılmıştır. Burada N veri sayılarını ve Yi buharlaşma miktarı Olmak üzere;

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Yi_{ölçüm} - Yi_{tahmin})^2 \quad (1)$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |Yi_{ölçüm} - Yi_{tahmin}| \quad (2)$$

Bu çalışmada performans değerlendirmesi için, global istatistik yöntemlerden olan korelasyon katsayısı (R) kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan BM modellerine ait istatistiksel MSE, MAE, RMSE ve R değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. BM modellerinin performans karşılaştırılması

Model	MAE	MSE	RMSE	R
S-BM	0,004	0,00002	0,005	0.99
M-BM	0,033	0,002	0.041	0.90

MSE: Ortalama karesel hata, MAE: Mutlak ortalama hata, RMSE: Kare ortalamalarının karekökü R: Korelasyon katsayısı

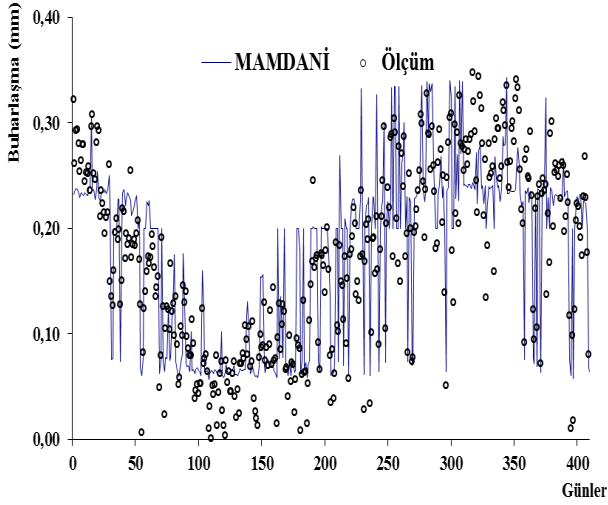
Tablo 1 incelendiğinde Sugeno-Bulanık Mantık modelinin, Mamdani-Bulanık Mantık modeline göre daha iyi sonuç verdiğini yüksek korelasyon katsayısından(0.99) ve en düşük MAE (0,004) ve MSE (0,00002) hata miktarlarından görülmektedir.

4.1. Mamdani-Bulanık Mantık (M-BM) Sonuçları

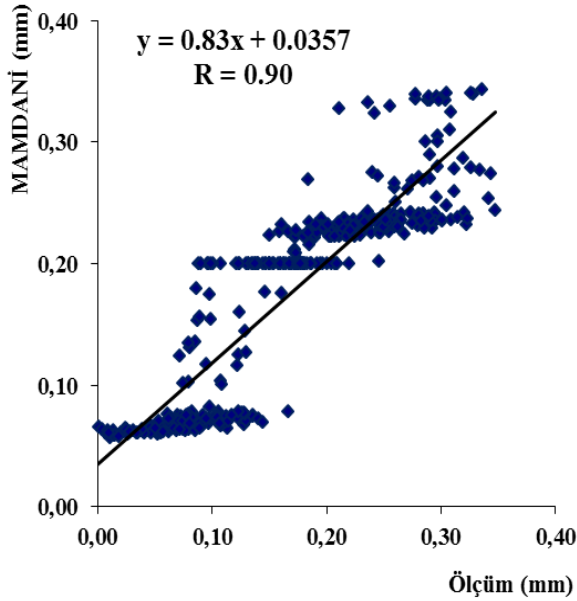
Bu çalışmada Mamdani-Bulanık Mantık (M-BM) model uygulamalarında USGS den elde edilen ve düzenlenen ortalama günlük hava sıcaklığı (T), rüzgar hızı (U), güneş ışınımı (SR) ve bağıl nem (RH) parametreleri günlük ortalama buharlaşma tahmini için kullanılmıştır.

M-BM model dağılım ve saçılım grafikleri sırası ile Şekil 3. ve 4.'de gösterilmiştir. Şekil 3. ve 4.'den de görüldüğü gibi, M-BM modeli test verileri için uygulandığında model sonuçlarının gerçek değerlere yakın olduğu görülmektedir ve korelasyon katsayısının 0.90 olduğu

görülmektedir. Tablo 1.'de görüldüğü gibi M-BM yöntemi S-BM yöntemine göre daha yüksek hata ve düşük korelasyon (R) elde edilmiştir.



Şekil 3. Günlük ortalama buharlaşma tahmini verileri için Ölçüm ve M-BM dağılım grafiği



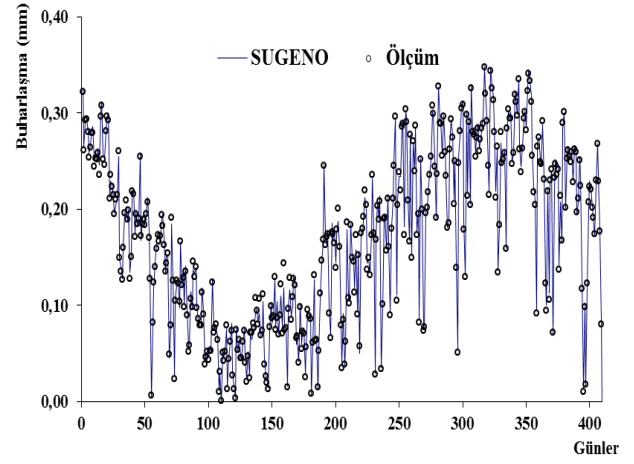
Şekil 4. Günlük ortalama buharlaşma tahmini verileri için Ölçüm ve M-BM saçılım grafiği

4.2. Sugeno-Bulanik Mantık (S-BM) Sonuçları

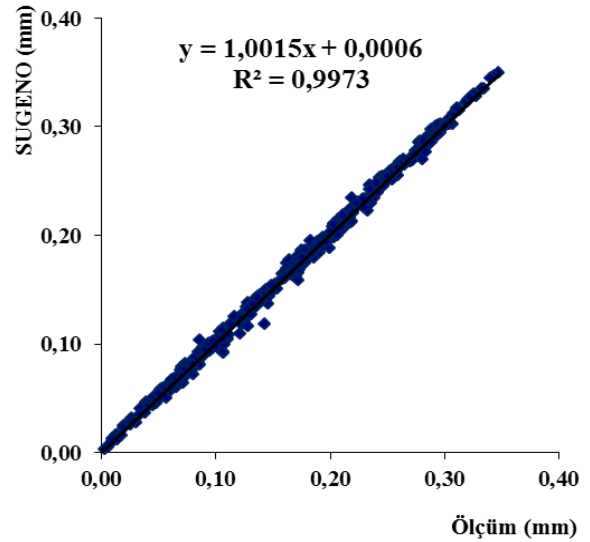
Bu çalışmada Sugeno-Bulanik Mantık (M-BM) model uygulamalarında USGS den elde edilen ve düzenlenen ortalama günlük hava sıcaklığı (T), rüzgar hızı (U), güneş ışınımı (SR) ve bağıl nem (RH) parametreleri günlük ortalama buharlaşma tahmini için kullanılmıştır.

S-BM yöntemi test verileri için saçılım ve dağılım grafikleri sırası ile Şekil 5. ve 6.'da gösterilmiştir. Şekil 5. ve 6.'dan da görüldüğü gibi, model sonuçları gerçek değerlere yakındır ve 0,99' luk

bir korelasyon katsayısına sahip olduğu görülmektedir. Tablo 1.'de görüldüğü gibi S-BM yöntemi ile M-BM yöntemine göre daha düşük hata ve yüksek korelasyon (R) elde edilmiştir.



Şekil 5. Günlük ortalama buharlaşma tahmini verileri için Ölçüm ve S-BM dağılım grafiği



Şekil 6. Günlük ortalama buharlaşma tahmini verileri için Ölçüm ve s-BM saçılım grafiği

5. Sonuçlar

Bu çalışmada, ABD'nin Teksas eyaletindeki Denton İlçesine bağlı Lewisville gölü civarında bir istasyonun 2008-2012 yılları arasındaki ortalama günlük hava sıcaklığı (T), rüzgar hızı (U), güneş ışınımı (SR) ve bağıl nem (RH) verileri kullanılarak günlük ortalama buharlaşma tahmin edilmiştir. Buharlaşma tahmini için M-BM ve S-BM modelleri kullanılmış ve modellerin birbirleriyle karşılaştırılması yapılmıştır. M-BM ve S-BM modellerinde toplam 1650 verinin 1240 verisi eğitim için 410 verisi de test için

uygulanmıştır. Model ile elde edilen sonuçlar ölçüm değerleri ile karşılaştırılmıştır. S-BM ve M-BM modellerinin performans değerlendirmesi için korelasyon katsayısı (R), (MSE) ve (MAE) hesaplanmıştır. Rezervuar tahmini için tüm modellerde düşük MSE, MAE değerleri ve yüksek korelasyon sağlanabilmiştir. Çalışmada S-BM ve M-BM modellerinin bölgesel bazda günlük buharlaşma modellerinde kullanılabilirliği görülmüştür. Ancak bu çalışma kapsamında yapılan hata hesaplamaları ve korelasyon değeri göz önüne alındığında S-BM yönteminin M-BM modelinden daha doğru tahmin sonuçları verdiği anlaşılmıştır.. Modellemenin farklı iklim şartlarına sahip bölgeler için yapılması, modelleme başarısının geliştirilebilmesi açısından önem arz etmektedir.

Not: Bu çalışma, 13-15 Haziran 2019 tarihleri arasında İskenderun/Türkiye’de düzenlenen Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde İnovasyon, Sürdürülebilirlik, Teknoloji ve Eğitim Konferansı’nda (iSTE-CE’2019) sunulmuştur.

Kaynakça

- [1] Jensen, M. E. Consumptive use of water and irrigation water requirements. ASCE. 1974.
- [2] Frevert, D. K., Hill, R. W., & Braaten, B. C. Estimation of FAOevapotranspiration coefficients. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 1983, 109(2), 265-270.
- [3] Irmak, S., Haman, D. Z., & Jones, J. W. Evaluation of class A pan coefficients for estimating reference evapotranspiration in humid location. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 2002, 128(3), 153-159.
- [4] Stephens, J. C., & Stewart, E. H. A comparison of procedures for computing evaporation and evapotranspiration. Publication, 1963, 62, 123-133.
- [5] Burman, R. D. Intercontinental comparison of evaporation estimates. Journal of the Irrigation and Drainage Division, 1976, 102(1), 109-118.
- [6] Dos Reis, R. J., & Dias, N. L. Multi-season lake evaporation: energy-budget estimates and CRLE model assessment with limited meteorological observations. Journal of Hydrology, 1998, 208(3-4), 135-147.
- [7] Vallet-Coulomb, C., Legesse, D., Gasse, F., Travi, Y., & Chernet, T. Lake evaporation estimates in tropical Africa (Lake Ziway, Ethiopia). Journal of hydrology, 2001, 245(1-4), 1-18.
- [8] Gavin, H., & Agnew, C. A. Modelling actual, reference and equilibrium evaporation from a temperate wet grassland. Hydrological Processes, 2004, 18(2), 229-246
- [9] Sudheer, K. P., Gosain, A. K., Mohana Rangan, D., & Saheb, S. M. Modelling evaporation using an artificial neural network algorithm. Hydrological Processes, 2002, 16(16), 3189-3202.
- [10] Taşar, B., Üneş, F., Demirci, M., & Kaya, Y. Z. Yapay sinir ağları yöntemi kullanılarak buharlaşma miktarı tahmini. *DÜMF Mühendislik Dergisi*, 2018, 9(1), 543-551.
- [11] Üneş, F., Doğan, S., Taşar, B., Kaya, Y., Demirci, M. The Evaluation and Comparison of Daily Reference Evapotranspiration with ANN and Empirical Methods. Natural and Engineering Sciences, 2018 3(3), Supplement, 54-64.
- [12] Kaya, Y.Z., Taşar, B. Evapotranspiration Calculation for South Carolina, USA and Creation Different ANFIS Models for ET Estimation. 2019 "Air and Water – Components of the Environment" Conference Proceedings, Cluj-Napoca, Romania, p. 217-224, 2019. DOI: 10.24193/AWC2019_22.
- [13] Demirci, M., Üneş, F., & Saydemir, S. Suspended sediment estimation using an artificial intelligence approach. In: Sediment matters. Eds. P. Heininger, J. Cullmann. Springer International Publishing p. 83–95. 2015.
- [14] Tasar, B., Kaya, Y. Z., Varcin, H., Üneş, F., & Demirci, M. Forecasting of Suspended Sediment in Rivers Using Artificial Neural Networks Approach, International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS), 4(12), pp. 79-84. 2017.

- [15] Taşar, B., Unes, F., Varcin, H. Prediction of the Rainfall – Runoff Relationship Using Neuro-Fuzzy and Support Vector Machines. 2019 "Air and Water – Components of the Environment" Conference Proceedings, Cluj-Napoca, Romania, p. 237-246, 2019. DOI: 10.24193/AWC2019_24.
- [16] Üneş, F., Bölük, O., Kaya, Y. Z., Taşar, B., & Varçin, H. (2018). Estimation of Rainfall-Runoff Relationship Using Artificial Neural Network Models for Muskegon Basin. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science* (ISSN : 2349-6495(P) | 2456-1908(O)),5(12), 198-205.
- [17] Kaya, Y.Z., Üneş, F., Demirci, M., Tasar, B., & Varcin, H. Groundwater Level Prediction Using Artificial Neural Network and M5 Tree Models, *Air and Water Components of the Environment Conference*, 2018. DOI: 10.24193/AWC2018_23
- [18] Demirci, M., Taşar, B., Kaya, Y. Z., & Varçin, H. Estimation of Groundwater Level Fluctuations Using Neuro-Fuzzy and Support Vector Regression Models. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science* 2018, (ISSN : 2349-6495(P) | 2456-1908(O)),5(12), 206-212. <http://dx.doi.org/10.22161/ijaers.5.12.29>
- [19] Demirci, M., Unes, F., Kaya, Y. Z., Mamak, M., Tasar, B., & Ispir, E. Estimation of groundwater level using artificial neural networks: a case study of Hatay-Turkey. In 10th International Conference „Environmental Engineering “. 2017.
- [20] Demirci, M., Üneş, F., & Körlü, S. (2019) Modeling of groundwater level using artificial intelligence techniques: a case study of Reyhanlı region in Turkey. *Applied Ecology and Env. Research*, 2019, 17(2):2651-2663. http://dx.doi.org/10.15666/aer/1702_26512663
- [21] Kaya, Y. Z., Üneş, F., Demirci, M., Taşar, B., & Varçin, H. Groundwater Level Prediction Using Artificial Neural Network and M5 Tree Models. *Aerul si Apa. Componente ale Mediului*, 195-201. 2018.
- [22] Üneş, F., Demirci, M., Mertcan, Z., Taşar, B., Varçin, H., Ziya, Y. Determination of Groundwater Level Fluctuations by Artificial Neural Networks. *Natural and Engineering Sciences*, 2018, 3(3), Supplement, 35-42.
- [23] Üneş, F., Maruf, A.G., & Taşar, B. Ground Water Level Estimation for Dörtöyöl region in HATAY. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 2019, 4(3).
- [24] Demirci, M., & Unes, F. “Generalized Regression Neural Networks For Reservoir Level Modeling”, *International Journal of Advanced Computational Engineering and Networking*, 2015, 3, 81-84.
- [25] Üneş, F., Demirci, M., Taşar, B., Kaya, Y.Z., & Varçin H. Estimating Dam Reservoir Level Fluctuations Using Data-Driven Techniques. *Pol. J. Environ. Stud.* 2019, Vol. 28, No. 5, 1-12. DOI: 10.15244/pjoes/93923
- [26] Üneş, F., Demirci, M., Taşar, B., Kaya, Y.Z., & Varçin, H. Modeling of dam reservoir volume using generalized regression neural network, support vector machines and M5 decision tree models. *Applied Ecology and Environmental Research*. 2019, 17(3), 7043-7055.
- [27] Demirci, M., Üneş, F., Kaya, Y.Z., Tasar, B., & Varcin, H. Modeling of Dam Reservoir Volume Using Adaptive Neuro Fuzzy Method, *Air and Water Components of the Environment Conference*, 2018, DOI: 10.24193/AWC2018_18.
- [28] Unes, F. Prediction of Dam Reservoir Volume Fluctuations Using Adaptive Neuro Fuzzy Approach. *EJENS*, 2017,2(1), 144-148.
- [29] Zadeh, L. A. Fuzzy sets. *Information and control*, 1965, 8(3), 338-353.
- [30] Lee, C. C. Fuzzy logic in control systems: fuzzy logic controller. II. *IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics*, 1990, 20(2), 419-435.
- [31] Jung, C. H., Ham, C. S., & Lee, K. I. (1995). A real-time self-tuning fuzzy controller through scaling factor adjustment for the steam generator of NPP. *Fuzzy sets and systems*, 74(1), 53-60.
- [32] Ünsal, S., & Aışkan, İ. Performance analysis of fuzzy logic controllers having Mamdani and Takagi-Sugeno inference

methods by using unique software and toolbox. In 2016 National Conference on Electrical, Electronics and Biomedical Engineering (ELECO) 2016, (pp. 237-241). IEEE.

- [33] Mamdani, E.H. and S. Assilian, "An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller," International Journal of Man-Machine Studies, , 1975 Vol. 7, No. 1, pp. 1-13
- [34] Sugeno, M., Industrial applications of fuzzy control, Elsevier Science Pub. Co., 1985.
- [35] Hamam, A., & Georganas, N. D. A comparison of Mamdani and Sugeno fuzzy inference systems for evaluating the quality of experience of Hapto-Audio-Visual applications. In 2008 IEEE International Workshop on Haptic Audio visual Environments and Games (pp. 87-92). IEEE. 2008, October