

Prediction of Evaporation Values of Konya Closed Basin via Developed Empirical Formula

Onur ARSLAN^{a,1}

^aNiğde Ömer Halisdemir University, Department of Civil Engineering, 51240, Niğde

Abstract

Accurate evaporation prediction is significant for the management of water resources systems. The advantage of empirical formulas is that they don't require a lot of parameters. In this study, evaporation values of meteorological stations located in Konya Closed Basin and basin-wide evaporation values are predicted with the developed empirical formulas (DEF). The formula is formed by adding the mean temperature term to Meyer empirical formula (MEF) and the coefficients are determined by linear regression analysis. For this purpose, 70% of mean monthly water vapour pressure in air, relative humidity, wind speed, temperature and evaporation values of Cihanbeyli, Niğde, Beyşehir, Aksaray and Karaman meteorological stations located in the basin between 1978 and 2017 were used for modeling stage and 30% for test stage. The results obtained from the DEFs were compared with the results obtained from MEF via determination coefficient. Konya Closed Basin, in where Beyşehir and Salt Lakes are located, is an important ecological area. Evaporation prediction in the basin, where severe droughts are experienced, is important for the management of water resources systems. It was determined that the determination coefficients obtained from the DEFs were higher than the determination coefficients obtained from MEF at both the training and the test stages. These results show that the DEFs gave better results than MEF and they can be used for evaporation prediction in the places where evaporation values are not measured or contain missing data.

Keywords: "Evaporation, Developing Empirical Formula, Meyer Empirical Formula (MEF), Konya Closed Basin"

1. Giriş

Nüfus artışı ve sanayideki gelişmeler içme, kullanma ve sulama suyuna ve elektriğe olan ihtiyacı artırmakta ve bu nedenle yeni barajlar ve göletler yapılmaktadır. Ancak bu baraj ve göletlerden buharlaşma nedeniyle önemli su kayıpları yaşanmaktadır.

Bu nedenle buharlaşma tahmini su kaynakları sistemlerinin yönetiminde önemli bir aşamayı oluşturmaktadır. Buharlaşma meteorolojik şartlara bağlı olarak değişmekte olup son yıllarda yaşanan iklim değişiklikleri buharlaşmayı etkileyen önemli bir faktördür.

Buharlaşmayı hesaplamak için su dengesi, enerji dengesi ve kütle transferi yöntemleri gibi klasik yöntemler[1-11] ya da yapay sinir ağları, bulanık mantık ve ANFİS gibi yapay zekâ yöntemleri[12-25] kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemlerde birçok parametreye ihtiyaç vardır ve bazı parametrelerin belirlenmesi oldukça zordur. Buharlaşma tahmininde kullanılan diğer yöntemler ise ampirik formüllerdir. Bu formüllerin avantajı az parametre gerektirmeleridir. Bu nedenle buharlaşmayı hesaplamak için gerekli olan parametrelerin hepsinin ölçülmediği noktalarda buharlaşmayı hesaplamak için son derece faydalıdır.

Okkan ve ark., Gediz Havzası'nda, Manisa ili sınırlarında bulunan 93 m rakımındaki Akhisar meteoroloji istasyonu için MAF, çoklu doğrusal regresyon ve ileri beslemeli geri yayımlı Levenberg - Marquardt algoritmali yapay sinir ağı modelleri kullanarak buharlaşma tahmini yapmışlardır. Yapay Sinir Ağı modeli test aşamasında 0,9297 R² değeri ile en iyi sonucu vermiştir. Ancak çoklu doğrusal regresyon modeli 0,9275 R² değeri ile yapay sinir ağı modeline son derece yakın sonuçlara ulaşmıştır. MAF ise 0,8917 R² değeri ile iyi ama diğer modellere göre daha düşük bir R² değeri vermiştir[26]. Tezel ve Büyükyıldız, Beyşehir meteoroloji istasyonunun buharlaşma değerlerini yapay sinir ağları ve destek vektör makineleri ile tahmin etmiş ve sonuçların Romanenko ve MAF'a göre daha iyi olduğunu belirtmiştir[27].

Hava sıcaklığı buharlaşmayı etkileyen bir faktördür. Hava sıcaklığının artması suyun sıcaklığını artırır. Böylece sudaki moleküllerin hızları artar ve yüzeysel gerilim azalır. Bu durum su moleküllerinin diğer su moleküllerinin çekiminden kurtulup

¹ Corresponding author. Tel.: +0-388-225-2267 ; fax: +0-388-225-0112 .
E-mail address: onarslansdu@hotmail.com

sudan havaya geçmesine yani buharlaşmanın artmasına neden olur. Bu çalışmada, Konya Kapalı Havzası'nda yer alan meteoroloji istasyonlarının buharlaşma değerleri ve havza geneli buharlaşma değerleri GAF'lar ile tahmin edilmiştir. Formül MAF'a ortalama sıcaklık teriminin eklenmesi ile oluşturulmuştur ve katsayıları doğrusal regresyon analizi ile belirlenmiştir. Beyşehir ve Tuz Gölleri'nin yer aldığı Konya Kapalı Havzası önemli bir ekolojik bölgedir. Ciddi kuraklıkların yaşandığı havzada buharlaşma tahmini su kaynakları sistemlerinin yönetimi açısından büyük önem taşımaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanı

Konya Kapalı Havzası Şekil 1'deki gibi Anadolu'nun ortasında yer almakta olup kuzeyinde Sakarya ve Kızılırmak Havzaları, doğusunda Kızılırmak ve Seyhan Havzaları, güneyinde Doğu Akdeniz Havzası ve batısında Antalya ve Akarçay Havzaları ile çevrilidir. Havza 53,850 km² alana sahiptir ve 36°51' and 39°29' Kuzey enlemleri ile 31°36' and 34°52' Doğu boylamları arasında yer almaktadır. Havzada yükseklik 900 ile 3534 m arasında değişmektedir [28]. Küresel 200 ekolojik bölge listesinde yer alan havzada Beyşehir ve Tuz Gölleri dışında iki ulusal park, 12 önemli kuş alanı ve 8 önemli bitki alanı bulunmaktadır[29].



Şekil 1. Konya Kapalı Havzası[30]

2.2. Veri

Çalışmada Konya Kapalı Havzası'nda yer alan Cihanbeyli, Niğde, Aksaray, Karaman ve Beyşehir meteoroloji istasyonlarının aylık ortalama havadaki buhar basıncı, nispi nem, rüzgâr hızı, sıcaklık ve buharlaşma değerleri kullanılmıştır. Tüm bu verilerin kayıt aralıklarına ait bilgiler Tablo 1'de verilmiştir. Verilerin %70'i modelleme aşamasında ve %30'u test aşamasında kullanılmıştır.

Tablo 1. Konya Kapalı Havzasındaki meteoroloji istasyonlarına ait veri kayıt aralıkları

Meteoroloji İstasyonu	Kayıt aralığı
Cihanbeyli	1978-2017
Niğde	1978-2017
Aksaray	1978-2017
Karaman	1978-2017
Beyşehir	1978-2017
Havza	1978-2017

2.3. Buharlaşma Tahmininde Kullanılan Formüller

2.3.1 Meyer Ampirik Formülü (MAF)

MAF aşağıdaki gibidir:

$$E_m = 11.(e_w - e_a) \left(1 + \frac{w_8}{16} \right) \quad (1)$$

Burada; E_m MAF ile hesaplanan aylık buharlaşma miktarını (mm), e_w su yüzeyindeki buhar basıncını (mm Hg), e_a havadaki buhar basıncını (mm Hg) ve w_8 ise su yüzeyinden 8 metre yüksekte ölçülen rüzgar hızını (km/saat) göstermektedir. Küçük su birikintileri söz konusu olduğunda formülden 11 katsayısı yerine 15 değerinin alınması önerilmiştir [31]. Bu çalışmada tava buharlaşma değerlerinin tahmin edilmesi nedeniyle 11 katsayısı yerine 15 değeri kullanılmıştır.

Su yüzeyinden 8 metre yüksekteki rüzgâr hızı (m/s) 10 metre yükseklikte ölçülen rüzgâr hızı (m/s) kullanılarak aşağıdaki denklem ile hesaplanmıştır.

$$w_8 = w_{10} \cdot \left(\frac{z_8}{z_{10}} \right)^\alpha \quad (2)$$

Burada, α Hellman katsayısı olup su yüzeyinden buharlaşma tahmininde kullanılacağı için 0,1 olarak alınmıştır.

Su yüzeyindeki buhar basıncı havadaki buhar basıncı ve nispi nem değeri kullanılarak aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmıştır.

$$e_w = \frac{100.e_a}{RH} \quad (3)$$

Burada; RH aylık nispi nemi (%) göstermektedir.

2.3.2 Geliştirilen Ampirik Formül (GAF)

Ampirik formül MAF'a ortalama sıcaklık terimi eklenerek geliştirilmiştir. Denklemin genel formu aşağıdaki gibidir:

$$E = [(C.T_{ort}) + (D.E_m)] \quad (4)$$

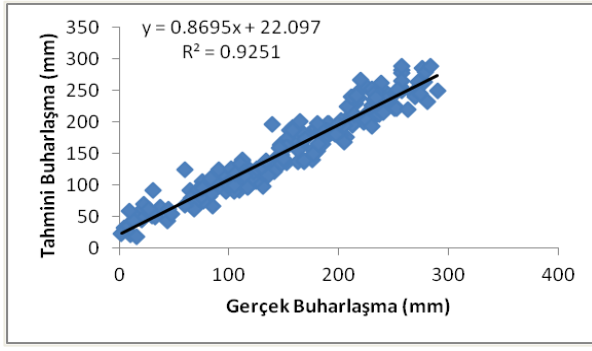
Burada; C ve D katsayılar olup doğrusal regresyon analizi ile bulunmuştur. T_{ort} ortalama sıcaklığı ve E_m MAF ile hesaplanan buharlaşmayı göstermektedir.

3. Bulgular

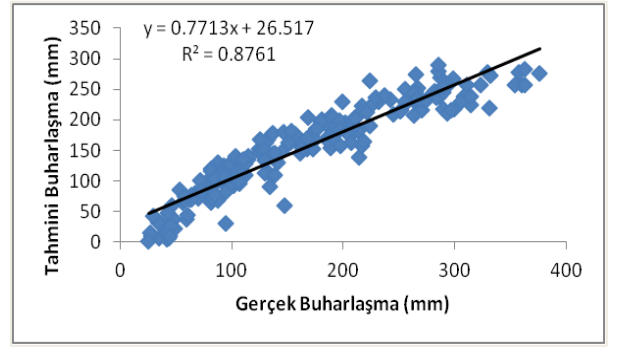
Konya Kapalı Havzası'nda yer alan Niğde, Cihanbeyli, Aksaray, Karaman ve Beyşehir meteoroloji istasyonları ile havza geneli için GAF'lar ve bu formüllerin eğitim ve test aşamalarına ait R^2 değerleri ile MAF'ların eğitim ve test aşamalarına ait R^2 değerleri Tablo 2'de verilmiştir. GAF'lar ve MAF'lar ile hesaplanan buharlaşma değerleri ile gerçek buharlaşma değerleri arasındaki ilişkiler her bir istasyon ve havza geneli için sırasıyla Şekil 2'den Şekil 13'e kadar verilmiştir.

Tablo 2. Konya Kapalı Havzasındaki meteoroloji istasyonları ve havza geneli için GAF'lar ile MAF'lar ve MAF'lar için R^2 değerleri

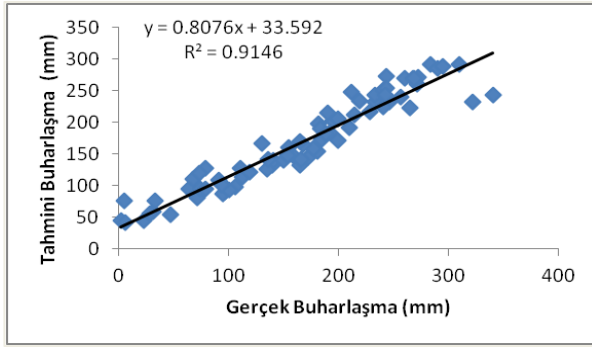
Meteoroloji İstasyonu	GAF	GAF	MAF	GAF	MAF
		Eğitim R^2 Değeri	Eğitim R^2 Değeri	Test R^2 Değeri	Test R^2 Değeri
Cihanbeyli	$(5,76598.T_{ort})+(0,38303E_m)$	0,93	0,88	0,92	0,87
Niğde	$(4,63134.T_{ort})+(0,56689E_m)$	0,90	0,84	0,87	0,83
Aksaray	$(4,51511.T_{ort})+(0,60829E_m)$	0,86	0,83	0,84	0,82
Karaman	$(5,05416.T_{ort})+(0,46541E_m)$	0,85	0,82	0,78	0,74
Beyşehir	$(5,78644.T_{ort})+(0,44302E_m)$	0,86	0,74	0,87	0,80
Havza	$(5,43809.T_{ort})+(0,46547E_m)$	0,88	0,80	0,81	0,76



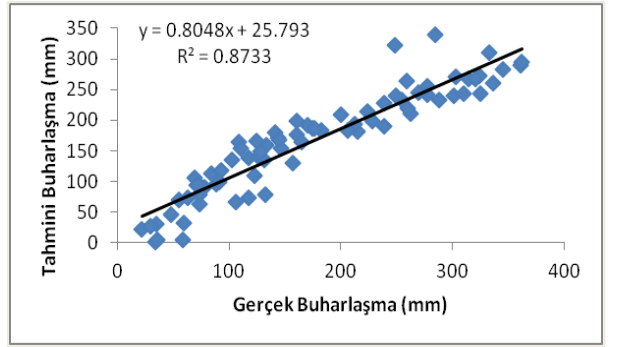
(a)



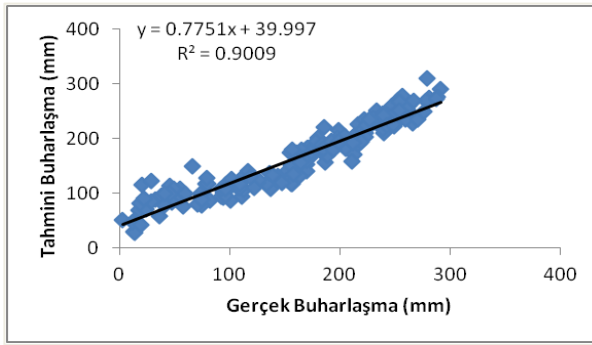
Şekil 2. Cihanbeyli meteoroloji istasyonu için eğitim aşamasında (a) GAF ve (b) MAF ile hesaplanan tahmini buharlaşmalar ile gerçek buharlaşmalar arasındaki ilişkiler



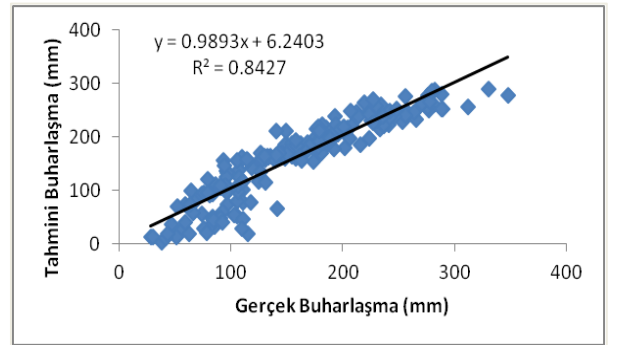
(a)



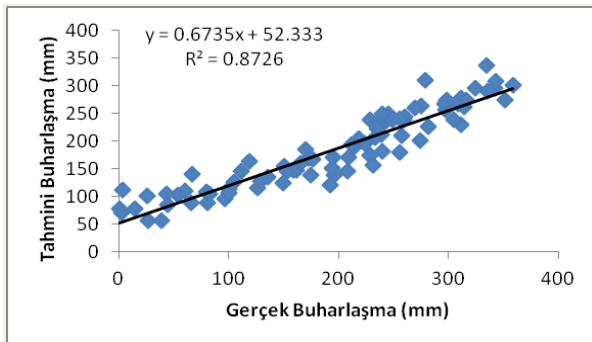
Şekil 3. Cihanbeyli meteoroloji istasyonu için test aşamasında (a) GAF ve (b) MAF ile hesaplanan tahmini buharlaşmalar ile gerçek buharlaşmalar arasındaki ilişkiler



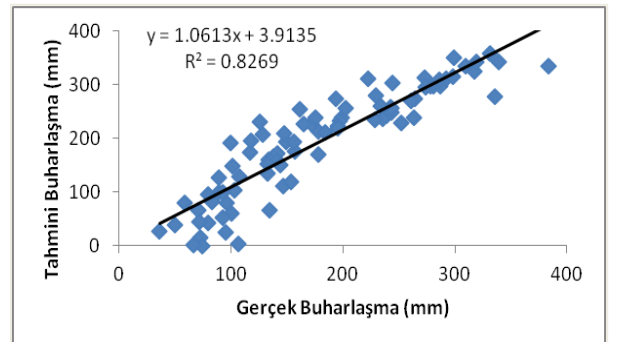
(a)



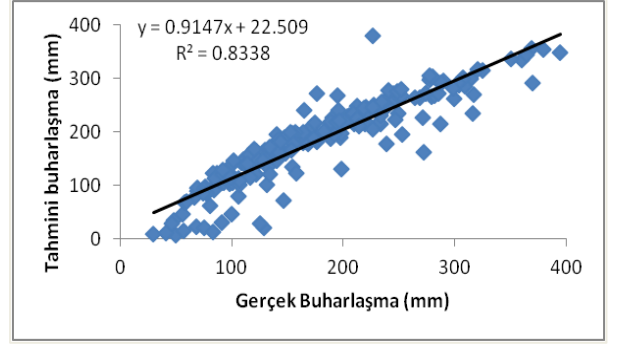
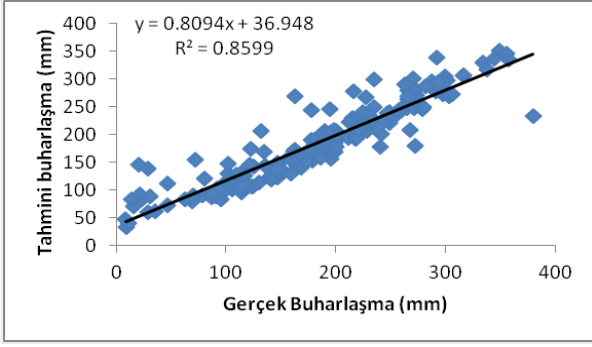
Şekil 4. Niğde meteoroloji istasyonu için eğitim aşamasında (a) GAF ve (b) MAF ile hesaplanan tahmini buharlaşmalar ile gerçek buharlaşmalar arasındaki ilişkiler



(a)

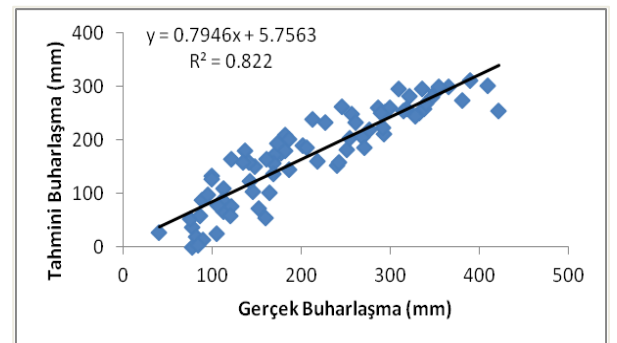
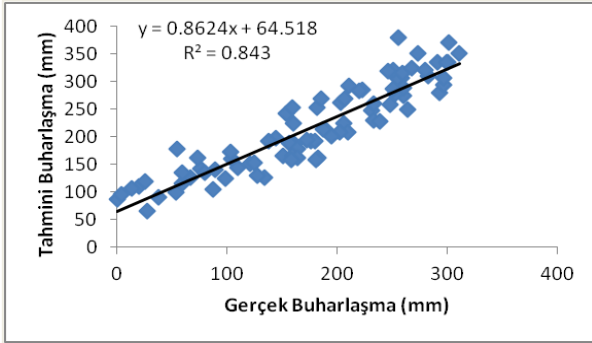


Şekil 5. Niğde meteoroloji istasyonu için test aşamasında (a) GAF ve (b) MAF ile hesaplanan tahmini buharlaşmalar ile gerçek buharlaşmalar arasındaki ilişkiler



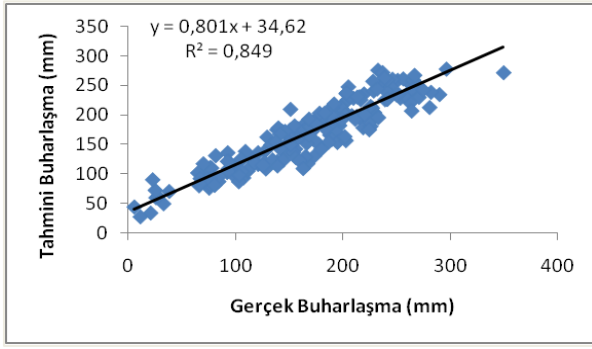
(a) (b)

Şekil 6. Aksaray meteoroloji istasyonu için eğitim aşamasında (a) GAF ve (b) MAF ile hesaplanan tahmini buharlaşmalar ile gerçek buharlaşmalar arasındaki ilişkiler

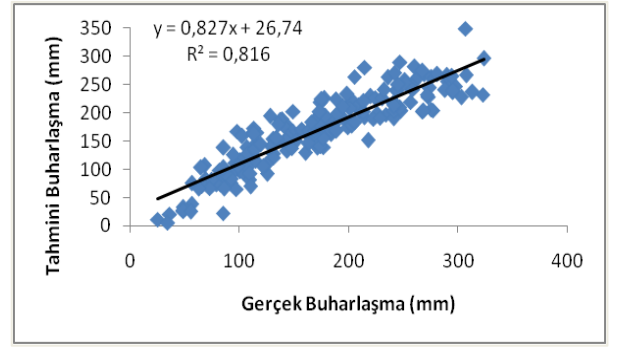


(a) (b)

Şekil 7. Aksaray meteoroloji istasyonu için test aşamasında (a) GAF ve (b) MAF ile hesaplanan tahmini buharlaşmalar ile gerçek buharlaşmalar arasındaki ilişkiler

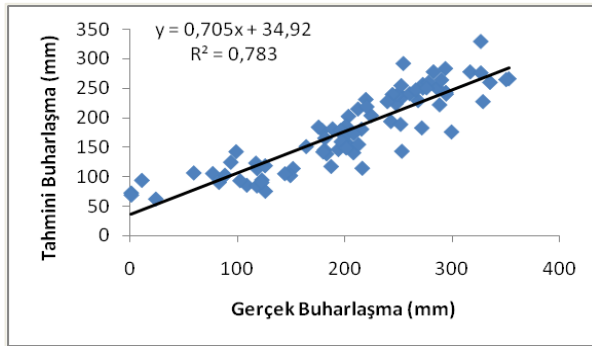


(a)

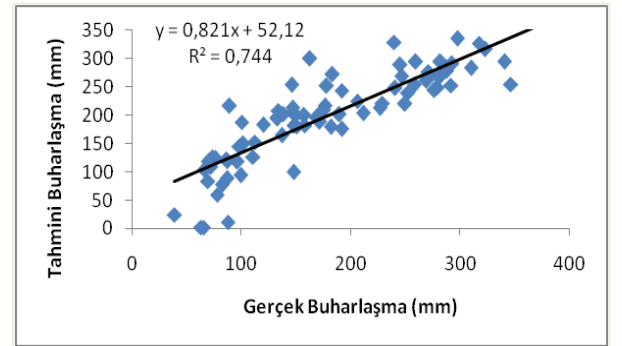


(b)

Şekil 8. Karaman meteoroloji istasyonu için eğitim aşamasında (a) GAF ve (b) MAF ile hesaplanan tahmini buharlaşmalar ile gerçek buharlaşmalar arasındaki ilişkiler

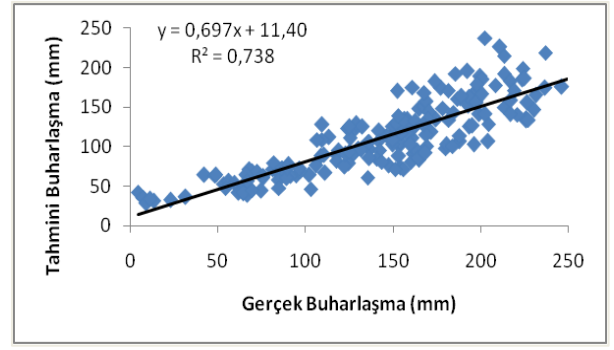
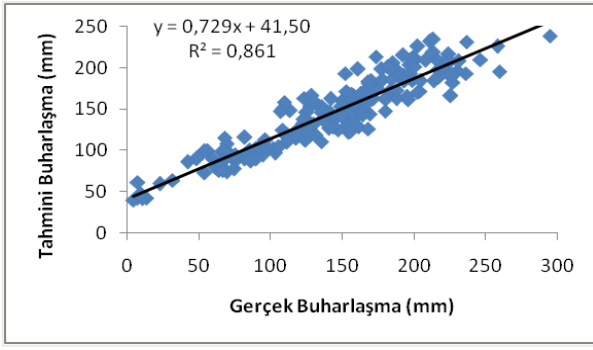


(a)



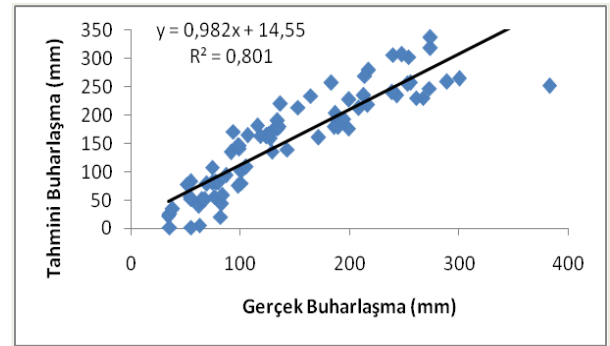
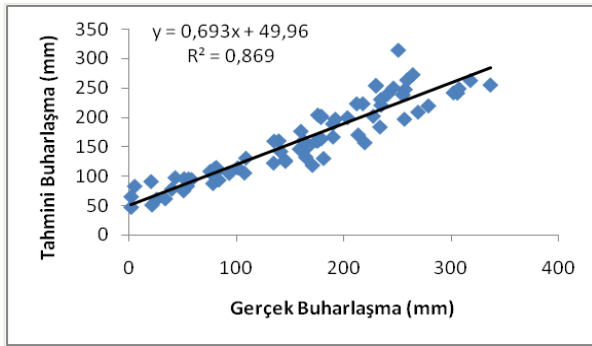
(b)

Şekil 9. Karaman meteoroloji istasyonu için test aşamasında (a) GAF ve (b) MAF ile hesaplanan tahmini buharlaşmalar ile gerçek buharlaşmalar arasındaki ilişkiler



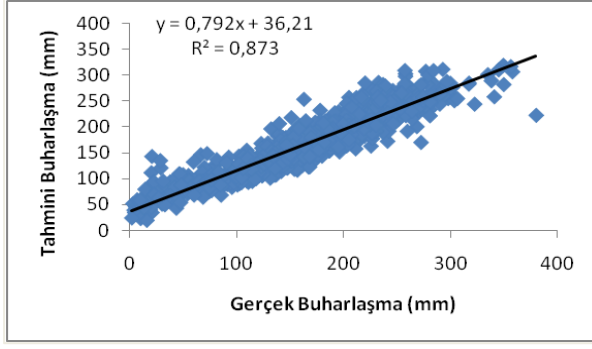
(a) (b)

Şekil 10. Beyşehir meteoroloji istasyonu için eğitim aşamasında (a) GAF ve (b) MAF ile hesaplanan tahmini buharlaşmalar ile gerçek buharlaşmalar arasındaki ilişkiler



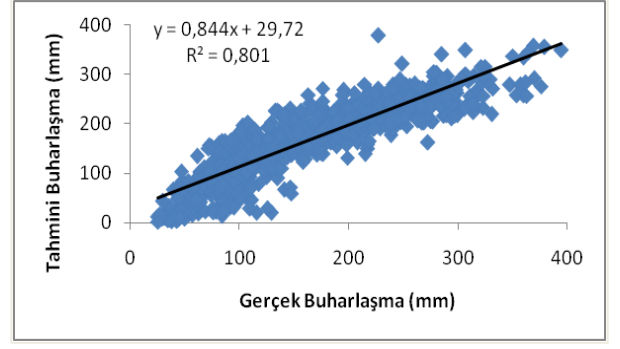
(a) (b)

Şekil 11. Beyşehir meteoroloji istasyonu için test aşamasında (a) GAF ve (b) MAF ile hesaplanan tahmini buharlaşmalar ile gerçek buharlaşmalar arasındaki ilişkiler

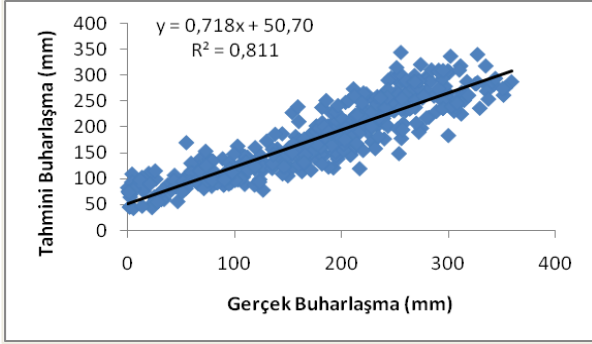


(a)

(b)

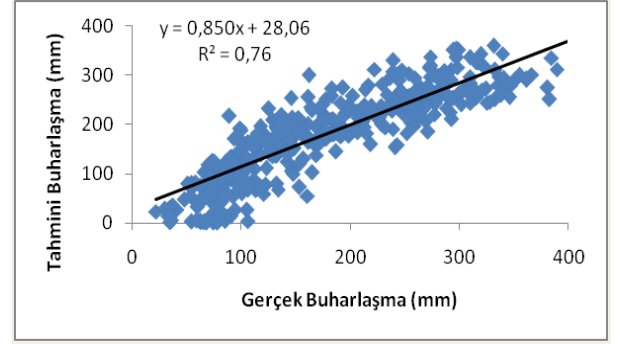


Şekil 12. Tüm havza için eğitim aşamasında (a) GAF ve (b) MAF ile hesaplanan tahmini buharlaşmalar ile gerçek buharlaşmalar arasındaki ilişkiler



(a)

(b)



Şekil 13. Tüm havza için test aşamasında (a) GAF ve (b) MAF ile hesaplanan tahmini buharlaşmalar ile gerçek buharlaşmalar arasındaki ilişkiler

4. Sonuçlar

Hava sıcaklığı buharlaşmayı etkileyen önemli bir parametredir. Bu çalışmada MAF formülüne ortalama sıcaklık parametresi eklenerek buharlaşma tahmini için yeni bir ampirik formül geliştirilmiştir ve katsayıları doğrusal regresyon analizi ile belirlenmiştir. Konya Kapalı Havzası'nda yer alan meteoroloji istasyonlarının buharlaşma değerleri ve havza geneli buharlaşma değerleri geliştirilen ampirik formüllerle tahmin edilmiştir. GAF'lar ile tüm istasyonlarda ve havza genelinde hem eğitim hem de

test aşamalarında MAF' a göre daha yüksek R^2 değerleri elde edilmiştir. Bu sonuçlar GAF'ların MAF'tan daha iyi sonuçlar verdiğini ve buharlaşma ölçümü yapılmayan ya da eksik veri içeren yerlerde buharlaşma tahmini için kullanılabilir olduğunu göstermektedir.

Kaynaklar

- [1] Sturrock A.M., Winter T.C., Rosenberry D.O. "Energy budget evaporation from Williams lake-a closed lake in North Central Minnesota" *Water Resour. Res.*, vol. 28, no. 6, 1605-1617, 1992.
- [2] Sacks, L.A., Lee T.M., Radell, M.J., "Comparison of energy-budget evaporation losses from two morphometrically different Florida seepage lakes" *Journal of Hydrology*, vol. 156, no (1-4), 311-334, 1994.
- [3] Savenije H.H.G., "Determination of evaporation from a catchment water balance at a monthly time scale" *Hydrology and Earth System Sciences*, vol. 1, no. 1, 93-100, 1997.
- [4] Reis R.J., Dias N.L., "Multi-season lake evaporation: energy budget estimates and CRLE model assessment with limited meteorological observations" *Journal of Hydrology*, vol. 208, no. (3-4), 135-147, 1998.
- [5] Gibson J.J., "Short-term evaporation and water budget comparisons in shallow Arctic lakes using non-steady isotope mass balance" *Journal of Hydrology*, vol. 264, no. (1-4), 242-261, 2002.
- [6] Winter T.C., "Evaporation determined by the energy budget method for Mirror Lake, New Hampshire" *Limnol. Oceanogr.*, vol. 48, no. 3, 995-1009, 2003.
- [7] Liu H., Zhang Q, Dowler G., "Environmental controls on the surface energy budget over a large southern inland water in the United States: an analysis of one-year eddy covariance flux data" *J. Hydrometeorol.*, vol. 13, no. 6, 1893-1910, 2012.
- [8] Zhang Q, Liu H., "Interannual variability in the surface energy budget and evaporation over a large southern inland water in the United States" *J. Geophys. Res. Atmos.*, vol. 118, no.10, 4290-4302, 2013.
- [9] Choudhary R., Klauda J.B., "The simultaneous mass and energy evaporation (SM2E) model" *J Occup Environ Hyg.*, vol. 13, no.4, pp. 243-253, 2016.
- [10] Saravanakumar K., Gokul S., Palanivelrajan A.R., Surendran S., "Determination of mass transfer coefficient for evaporation water from surface of swimming pool and amount of water loss per day" *International Journal for Scientific Research & Development*, vol. 4, no. 12, 14-151, 2017.
- [11] Duan Z., Bastiaanssen W.G.M., "Evaluation of three energy balance-based evaporation models for estimating monthly evaporation for five lakes using derived heat storage changes from a hysteresis model" *Environmental Research Letters*, vol. 12, no. 2, 1-13, 2017.
- [12] Brewster M.Q., "Evaporation of water at high mass-transfer rates by natural convection air flow with application to spent-fuel pools" *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 116, 703-714, 2018.
- [13] Sudheer K.P., Gosain A.K., Rangan D.M., Saheb S.M., "Modelling evaporation using an artificial neural network algorithm" *Hydrological Processes*, vol. 16, no.16, 3189-3202, 2002.
- [14] Doğan, E., Işık S., Sandalcı M., "Günlük Buharlaşmanın Yapay Sinir Ağları Kullanarak Tahmin Edilmesi" *İMO Teknik Dergi*, vol. 18, no.2, 4119-4131, 2007.
- [15] Eslamian S.S., Gohari S.A., Biabanaki M., Malekian R., "Estimation of Monthly Pan Evaporation Using Artificial Neural Networks and Support Vector Machines" *Journal of Applied Sciences*, vol. 8, no.19, 3497-3502, 2008.
- [16] Moghaddamnia A., "Evaporation estimation using artificial neural networks and adaptive neuro-fuzzy inference system techniques" *Advances in Water Resources*, vol. 32, no. 1, 88-97, 2009.
- [17] Chang F.-J., Chang L.-C., Kao H.-S., Wu G.-R., "Assessing the effort of meteorological variables for evaporation estimation by self-organizing map neural network" *Journal of Hydrology*, vol. 384, no. (1-2), 118-129, 2010.

- [18] Shiri J., Dierickx W., Pour-Ali Baba A., Neamati S., Ghorbani M.A., “Estimating daily pan evaporation from climatic data of the State of Illinois, USA using adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) and artificial neural network (ANN)” *Hydrology Research*, vol. 42, no.6, 491-502, 2011.
- [19] Kumar P., Kumar D., Jaipaul J., Tiwari A.K., “Evaporation estimation using artificial neural networks and adaptive Neuro-Fuzzy inference system techniques” *Pakistan Journal of Meteorology*, vol. 8, no. 16, 81–88, 2012.
- [20] Chang F.-J., Sun, W., “Modeling regional evaporation through ANFIS incorporated solely with remote sensing data” *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, vol. 10, no. 5, 6153-6192, 2013.
- [21] Goyal, M.K., Bharti, B., Quilty, Adamowsk J., Pandey A., “Modeling of daily pan evaporation in sub tropical climates using ANN, LS-SVR, Fuzzy Logic, and ANFIS” *Expert Systems with Applications*, vol. 41, no.11, 5267–5276, 2014.
- [22] Javed A., Sakshi, S., “Evaporation Modelling by using Artificial Neural Network and Multiple Linear Regression Technique” *International Journal of Agricultural and Food Science*, vol. 5, no.4, 125-133, 2015.
- [23] Kulkarni A.D., Anaokar G.S., “Prediction of Evaporation Loss in Reservoir with Fuzzy Logic Approach” *European Journal of Advances in Engineering and Technology*, vol. 3, no.12, 39-42 ,2016
- [24] Sajeena S., Amrutha Gayathry V., Sharmina V.K., “Estimation of Pan Evaporation Using Artificial Neural Networks – A Case Study” *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, vol. 6, no. 9, 3052-3065, 2017.
- [25] Tamta S., Kashyap P.S., Kumar P., “Estimation of Evaporation in Hilly Area by Using Ann and Canfis System Based Models,” *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, vol. 7, no. 1, 911-919, 2018.
- [26] Okkan U., Serbeş Z.A., Yıldırım H.Y., “Yapay Sinir Ağları ve Ampirik Yöntemler ile Aylık Tava Buharlaşımlarının Tahmini” *Devlet Su İşleri Teknik Bülteni*, vol. 111, 7-16, 2011.
- [27] Tezel G., Büyükyıldız M., “Monthly evaporation forecasting using artificial neural networks and support vector machines” *Theoretical and Applied Climatology*, vol. 124, no.(1-2), 69-80, 2016.
- [28] Selim D., “Konya Kapalı Havzası kuraklık karakterizasyonunun zamansal-konumsal analizi” *Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya*, 2013.
- [29] Dogan, S., Berktaş A., Singh V.P., “Comparison of multi-monthly rainfall based drought severity indices, with application to semi-arid Konya Closed Basin” *Turkey, Journal of Hydrology*, vol. 470, 255-268,2012.
- [30] <http://www.dsi.gov.tr/docs/stratejik-plan/dsi-2017-faaliyet-raporu.pdf?sfvrsn=2> (Erişim: 12 Mart, 2018)
- [31] M. Bayazıt, *Hidroloji*, İstanbul, Birsen Yayınevi, 2003.