

Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi (CANFIS) Kullanılarak Taban Suyu Derinliğinin Belirlenmesi

*¹Cemile Dede, ²Bülent Şengörür, ³Emrah Doğan

¹Sakarya Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Serdivan / Sakarya

²Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü Sakarya / Türkiye

³Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Sakarya / Türkiye

Özet:

Bu çalışmada akım ayırma işlemlerinde başarı ile kullanılabilirdiği belirlenen Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi (CANFIS) ile debi, yüzeysel akış ve taban akışı verileri kullanılarak taban suyu derinliği belirlenmeye çalışılmıştır. Yüzeysel akış ve taban akışı, toplam akarsu akımından İngiliz Hidroloji Enstitüsü Yöntemi (İHEY) kullanılarak bulunmuştur. Taban suyu derinlikleri ile ilgili sonuçlar Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğüne (5. Bölge) ait kuyulardan alınmıştır. Uygulama sonuçları hata analizi ve saçılım grafikleri kullanılarak test edilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, toplam akarsu akımının girdi olarak kullanılmasından elde edilen sonuçların, gerçek taban suyu ölçüm değerlerine benzerliği ($R^2=0,73$) diğer tüm uygulamalardan yüksektir. Ayrıca gerçek değerlere benzerlik açısından, İHEY de taban akışında elde edilen sonuçlar ($R^2=0,66$) yüzeysel akıştan elde edilen sonuçlara göre ($R^2=0,55$) yüksek bulunmuştur. Bununla birlikte toplam akarsu akımının girdi olarak kullanıldığı uygulamada özellikle taban suyunun minimum ve maksimum değerler yaptığı dönemlere en yakın tahminlerin yapılabildiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: CANFIS, İHEY, taban suyu, akım ayırma

Estimation of Groundwater Depth Through The Use of Co-Active Neuro Fuzzy Inference System (CANFIS)

Abstract:

In this study, groundwater depth was determined using Co-Active Neuro Fuzzy Inference System (CANFIS) and total stream flow, surface flow and base flow. Total stream flow separated into surface flow and base flow using United Kingdom Institute of Hydrology Method (İHEY). Ground water depth measurements were obtained from the observation wells belonging General Directorate of State Hydraulic Works (5th District). Obtained results tested using error analysis and scatter graphs. Results of this study showed that the predicted results were more similar ($R^2=0.73$) to the measured results than the other applications when total stream flow data were used as input data. Also in terms of resemblance to the actual values, results obtained using the base flow ($R^2=0.66$) were higher than the results obtained using surface runoff ($R^2=0.55$). Meanwhile, it was seen in the application which is total stream flow used as input data that the nearest estimates to the can be obtained especially to the minimum and maximum values of ground water depth.

Key words: CANFIS, UKIH, groundwater, stream flow separation

*Corresponding author: Address: Sakarya Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, 54100, Sakarya, Türkiye. E-mail address: cdede@sakarya.edu.tr, Phone: +902642953257

1. Giriş

Taban suyu derinliği toprak nem profili ve arazi yüzeyinde meydana gelen hidrolojik olayları etkileyen önemli bir faktördür [1]. Kontrol edilemeyen düzeyde taban suyunun varlığı doğrudan ya da yüksek su tablasının sebep olduğu biyolojik, fiziksel ve kimyasal etkilerin sonucunda dolaylı olarak meydana gelen birçok olumsuz etkinin kaynağını oluşturabilir [2]. Yükselen su tablası derinlerdeki tuzu yüzeye taşıyarak toprak ve su kaynaklarında tuzlanmaya neden olmaktadır. Tuzlanma toprak, su ve sulak alan ekosistemlerini tehdit eden, ürün verimini azaltan oldukça önemli bir çevre sorunudur [3; 4; 5; 6; 7; 8; 9]. İstenmeyen taban suyu seviyesinin neden olduğu tüm bu sorunların önlenmesi, toprak ve su kaynaklarının korunması, sürdürülebilir tarımsal üretimin sağlanması, sulama ve drenaj çalışmalarının doğru bir şekilde planlanarak gerçekleştirilebilmesi için taban suyu seviyesindeki değişimlerin belirlenerek elde edilen sonuçlara göre gerekli önlemlerin alınması büyük önem taşımaktadır[10; 11].

Ayrıca toprak ve su kaynakları ile ilgili modelleme çalışmaları, kirleticilerin taşınması ve bozunması, toprak kalitesi gibi konulardaki çalışmalarda da taban suyu derinliği ile ilgili bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır [12; 13; 14; 15; 16;17]. Bu nedenle taban suyu seviyesinin düzenli olarak izlenmesi gerekmektedir. Taban suyu izleme çalışmalarında geleneksel ya da jeofiziksel yöntemler gibi uygulamalar kullanılmaktadır. Geleneksel izleme yöntemlerinde ölçümler gözlem kuyularından toplanmaktadır [12; 18; 19; 20]. Ancak bu yöntemler pahalı, külfetli ve zaman alıcı olmalarının yanısıra önemli ölçüde insan gücü de gerektirmektedir [18; 21]. Bu tür zaman ve emek gerektiren ve fazla kaynağa ihtiyaç duyulan çalışmalarda yapay zeka uygulamaları önemli bir alternatif sağlamaktadır [22]. Bu nedenle özellikle akarsu akımı ve yağışlar gibi hidrolojik veriler ile taban suyu arasında bir korelasyon kurularak taban suyunun bu veriler aracılığıyla tahmin edilmesi önemli yararlar sağlayacaktır.

Bu çalışmada taban suyu derinliğinin akım bileşenleri ve yapay zeka yöntemi kullanılarak tahmin edilebilirliği incelenmiştir.

2. Materyal ve Metod

Çalışma alanı olarak Türkiye'nin Batı Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Düzce Ovası sulama alanı seçilmiştir. Çalışmada Düzce Ovası sulama alanında bulunan sağ sahil 36, sol sahil 30 olmak üzere toplam 66 adet taban suyu gözlem kuyusunda Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) 5. Bölge tarafından ölçülmüş taban suyu derinliği değerleri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan akım ölçüm istasyonu ve gözlem kuyularının konumları Şekil 1'de gösterilmiştir.

Dönüm noktaları belirlendikten sonra, ardışık dönüm noktaları bir doğru ile birleştirilerek arada kalan günler için taban akışı değerleri hesaplanmıştır. Bazı günlerde hesaplanan taban akışının toplam akışı geçtiği veya negatif bulunduğu durumlar görülmüştür. Taban akışının toplam akışı geçtiği durumlarda toplam akış taban akışına eşitlenmiş, eksi olduğu durumlar için ise sıfır alınmıştır.

2.1. Uyarlamalı sinirsel bulanık çıkarım sistemi (CANFIS)

Bu çalışmada yapay zeka yöntemi olarak, literatürdeki bir çok çalışmada ve akımı bileşenlerine ayırmada başarı ile kullanılabileceği görülen Uyarlamalı sinirsel bulanık çıkarım sistemi (CANFIS) kullanılmıştır [22]. 1302 nolu istasyonun günlük akım verileri ve bu verilerin, İHEY ile ayrılmasından elde edilen yüzeysel akış ve taban akışı değerleri ile taban suyu derinlikleri CANFIS uygulamasının girdilerini oluşturmaktadır. DSİ tarafından ölçülmüş olan taban suyu derinliği verileri ölçüm yapılan aylarda elde edilen aylık değerler şeklindedir. Bu nedenle akım ayırma yöntemleriyle elde edilen akım bileşenlerinin de aylık ortalama değerleri hesaplanmıştır. Bu verilerin yarısı eğitim verisi, diğer yarısı ise test verisi olarak kullanılmıştır. Akımın maksimum ve minimum değerleri hem eğitim hem de test verisinde yer almaktadır. Eğitim ve test verilerinin güncellenmesinde çoğu Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi uygulamasında olduğu gibi hibrit öğrenme algoritması kullanılmıştır. Hibrit algoritmanın ileri yön geçişi ile giriş parametreleri (en küçük kareler yöntemi ile), geri yön geçişiyle çıkış parametreleri (geri yayılım yöntemi ile) güncellenmektedir.

Taban suyu derinliği tahminlerinin sonuçları eğitim sonuçlarının ortalama karesel hataları, test sonuçlarının ortalama karesel hataları ve test sonuçlarının determinasyon katsayıları (R^2) incelenerek değerlendirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi (CANFIS) ile debi, yüzeysel akış ve taban akışı verileri kullanılarak taban suyu derinliğinin belirlenmeye çalışıldığı bu uygulamadan elde edilen sonuçların istatistiksel olarak karşılaştırılması Tablo 3.1' de sunulmaktadır. Tablo 3.1'deki tüm kuyulara ait sonuçlar incelendiğinde, tüm yöntemlerde yüksek determinasyon katsayılarına ulaşıldığı açıkça görülmektedir. Bununla birlikte en iyi sonuçlar, toplam akarsu akımının girdi olarak kullanılması ile elde edilirken ($R^2=0,73$), en düşük determinasyon katsayısı sonucu İHEY yüzeysel akışta ($R^2=0,55$) elde edilmiştir.

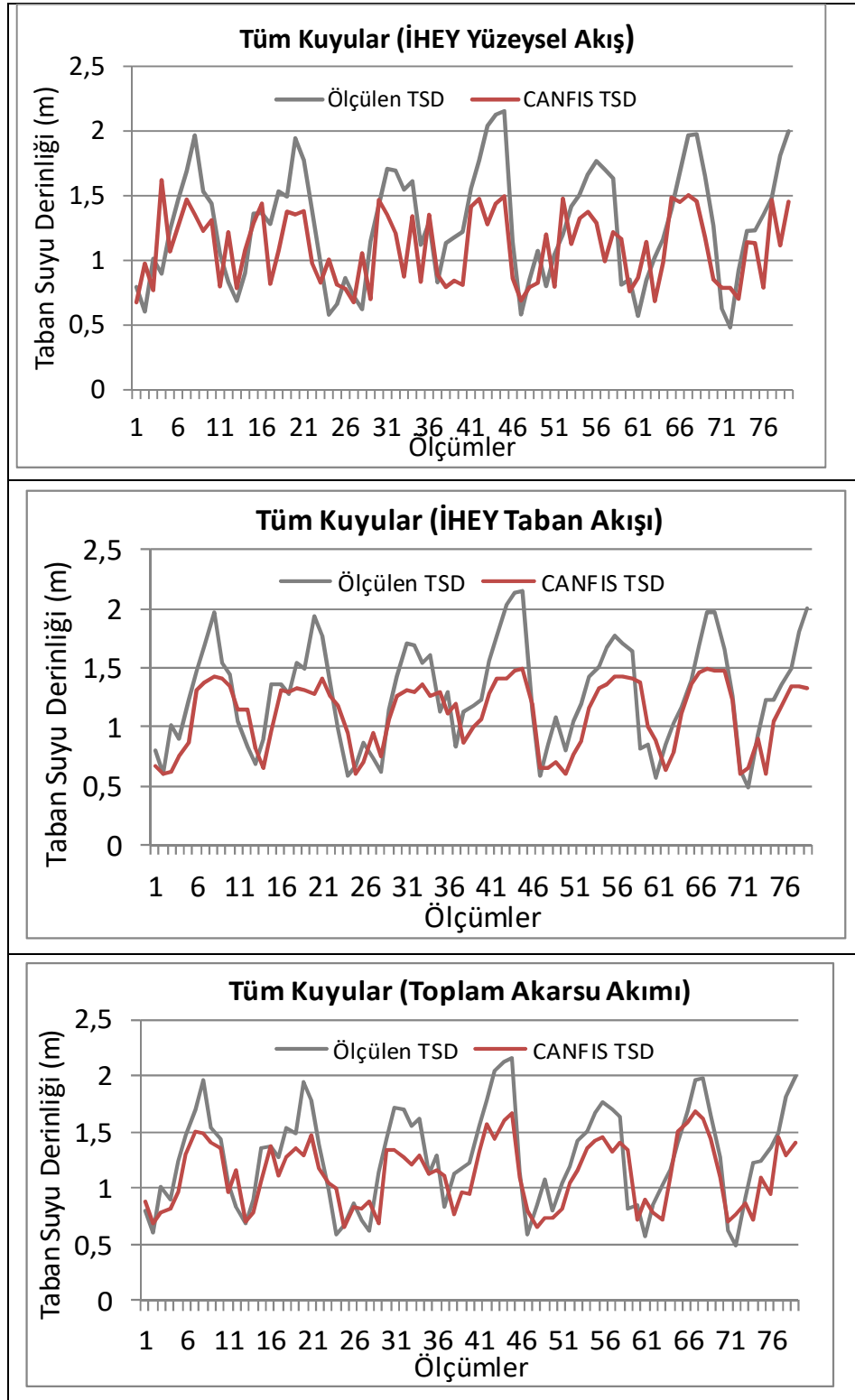
Tablo 3.1 CANFIS uygulaması ile belirlenen taban suyu seviyelerinin karşılaştırılması

Girdiler	Mutlak Hata (MH)	Ortalama Karesel Hatanın Karekökü (OKHK)	Determinasyon Katsayısı (R ²)
Toplam Akarsu Akımı	0,23	0,28	0,73
İHEY Yüzeysel Akış	0,28	0,34	0,55
İHEY Taban Akışı	0,25	0,30	0,66

Hata analizi ve korelasyon incelemesinden elde edilen sonuçlar, tüm uygulamaların sonuçlarının gerçek taban suyu derinlikleri ile birlikte görüldüğü grafiklerde de doğrulanmaktadır (Şekil 3.1). Toplam akarsu akımının girdi olarak kullanıldığı uygulamalarda özellikle taban suyunun minimum ve maksimum değerler yaptığı dönemlere en yakın tahminlerin yapılabildiği görülmektedir.

Özellikle gerçek taban suyu değerlerinin pik yaptığı zamanlarda bu uygulamadan elde edilen pik değerler, gerçek değerlere göre daha düşük kalmıştır. İngiliz Hidroloji Enstitüsü Yöntemi ile ayrılan yüzeysel akış sonuçlarının kullanıldığı uygulamaların grafiklerinde ise, gerçek taban suyu derinliklerine uygun olmayan minimumlar oluşmuştur. Ancak bu gibi durumların bu tür çalışmalarda sıklıkla görüldüğü ve gerçek değerler ile tahmin edilen değerlere ait taban suyu eğrilerinin uyumlu gidişlerinin, sonuçların kabul edilebilir olduğunun bir göstergesi olabileceği literatürdeki bir çok çalışmada görülebilir [29; 30; 31].

Tüm kuyulara ait taban suyu derinliği (TSD) grafikleri ve istatistiksel sonuçlar birlikte incelendiğinde yöntemlerin taban suyu derinliğini kurak veya yağışlı dönemlerden etkilenmeksizin, belirlemedeki başarısı açıkça görülmektedir. Özellikle toplam akarsu akımı verileri ile CANFIS uygulaması kullanılarak belirlenen taban suyu derinliklerinde ulaşılan 0,73 determinasyon katsayısı oldukça önemlidir. Literatürde bu tür karmaşık hidrolojik modeller için 0,60'dan büyük determinasyon katsayılarının önemli bir başarı olduğunu gösteren birçok çalışma bulunmaktadır [32; 33; 34].



Şekil 3.1. İHEY yüzeysel akış, İHEY taban akışı ve toplam akarsu akışının CANFIS uygulamasının girdisi olarak kullanılmasından elde edilen TSD sonuçları

4. Sonuç

Bu çalışma ile yapılmaya çalışılan, yapay zeka yöntemleri kullanılarak, akış verileri ile havzanın taban suyu derinliklerinin belirlenmesi, hidroloji konusunda yapılan yeni uygulamalardan birisidir. Bu kapsamda, literatürdeki bir çok çalışma ile toplam akarsu akımını bileşenlerine ayırmadaki başarısı açıkça ortaya koyulan, Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi (CANFIS) ile debi, yüzeysel akış ve taban akışı verileri kullanılarak taban suyu derinliği belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan denemelerin sonuçları özellikle toplam akarsu akımı kullanılarak, taban suyu derinliğinin başarı ile belirlenebileceğini göstermiştir. Ayrıca ölçülen taban suyu derinlikleri ile tahmin edilen taban suyu derinliklerinin maksimum ve minimum değerlerde çok yakın olması, kurak veya yağışlı dönemlerden etkilenmeksizin doğruluk oranı yüksek tahminler yapılabileceğini ortaya koymuştur. Bu yöntemin kullanılması ile hızlı ve ucuz olarak elde edilen taban suyu verilerinin, yayılı kirleticilerin taban suyuna taşınması ve akarsudaki toplam kirleticiler arasındaki oranının belirlenmesi çalışmalarında kullanılmasının bir çok fayda sağlayacağı söylenebilir. Bunun yanında Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi (CANFIS) kullanılarak yapılan bu işlemlerin değişik havza koşulları ve farklı akım özelliklerine sahip akarsularda tekrarlanmasının sonuçların geliştirilmesi açısından önemli olduğu düşünülmektedir.

Kaynaklar

- [1] Lo MH, Pat JF, Yeh JF, Famiglietti JS. Constraining water table depth simulations in a land surface model using estimated baseflow. *Advances in Water Resources* 2008; 31: 1552-1564.
- [2] BAHÇECİ, İ. Drenaj Mühendisliği, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Şanlıurfa, ziraat.harran.edu.tr/tys/drenmh1.pdf, (Erişim Tarihi:02.06.2016).
- [3] Karimova AK, Simunek J, Hanjra MA, Avliyakov M, Forkutsa I. Effects of the shallow water table on water use of winter wheat and ecosystem health: Implications for unlocking the potential of groundwater in the Fergana Valley (Central Asia). *Agricultural Water Management* 2014; 131:57– 69).
- [4] Khan S, Hanjra MA. Sustainable land and water management policies and practices: a pathway to environmental sustainability in large irrigation systems. *Land Degradation and Development* 2008; 19(3):469–487.
- [5] Katerji N, Van Hoorn JW, Hamdy A., Mastrorilli, M. Salinity effect on crop development and yield, analysis of salt tolerance according to several classification methods. *Agricultural Water Management* 2003;62 (1):37–66.
- [6] Das A, Justic D, Inoue M, Hoda A, Huang H, Park, D. Impacts of Mississippi River diversions on salinity gradients in a deltaic Louisiana estuary: ecological and management implications. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 2012;111(0):17–26.
- [7] Sun T, Yang ZF, Shen ZY, Zhao R. Environmental flows for the Yangtze Estuary based on salinity objectives. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation* 2009; 14 (3):959–971.
- [8] George SJ, Harper RJ, Hobbs RJ, Tibbett M. 2012. A sustainable agricultural landscape for Australia: a review of interlacing carbon sequestration, biodiversity and salinity management in agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 2012;163(0):28–36.

- [9] Humphries MS, Kindness A, Ellery WN, Hughes JC, Bond JK, Barnes KB. 2011. Vegetation influences on groundwater salinity and chemical heterogeneity in a freshwater, recharge floodplain wetland, South Africa. *Journal of Hydrology* 2011; 411(1–2):130–139.
- [10] Bahçeci İ, Çakır R, Nacar S, Bahçeci P, (2008) Estimating the Effect of Controlled Drainage on Soil Salinity and Irrigation Efficiency in the Harran Plain using SaltMod. *Turk J Agric For* 2008; 32:101-109.
- [11] Tilman, D, Cassman KG, Matson PA, Naylor R, Polasky S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 202;418:671-677.
- [12] Doolittle JAA, Jenkinson B, Hopkins D, Ulmer M, Tuttle W. 2006, Hydrogeological investigations with ground-penetrating radar (GPR): Estimating water-table depths and local ground-water flow pattern in areas of coarse-textured soils, *Geoderma* 2006;131:317–329.
- [13] Nielsen et al., 1998;- - Nielsen DT, Hopmans JW, Reichardt K. An emerging technology for scaling field soil–water behavior. In: Sposito, G. (Ed.), *Scale Dependence and Scale Invariance in Hydrology*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK 1998;pp:136–166.
- [14] Lin HS. *Hydrogeology: bridging disciplines, scales, and data*. *Vadose Zone Journal* 2003;2:1 – 11.
- [15] Vepraskas MJ, Caldwell PV. Interpreting morphological features in wetland soils with a hydrologic model. *Catena* 2008;73:153–165.
- [16] Wessolek G, Duijnsveld WHM, Trinks S. Hydro-pedotransfer functions (HPTFs) for predicting annual percolation rate on a regional scale. *Journal of Hydrology* 2008;356:17– 27.
- [17] Laing GD, Meers E, Dewispelaere M, Rinklebe J, Vandecasteele B, Verloo MG, Tack FMG. Effect of Water Table Level on Metal Mobility at Different Depths in Wetland Soils of the Scheldt Estuary (Belgium), *Water Air Soil Pollut* 2009; 202:353–367.
- [18] Song L, Zhu J, Yan Q, Kang H. Estimation of groundwater levels with vertical electrical sounding in the semiarid area of South Keerqin sandy aquifer, China, *Journal of Applied Geophysics* 2012;83:11–18.
- [19] Liang GQ, Wu MX, Wang WS, Liu CX. 2002. The application and prospects of ground penetrating radar in hydraulic engineering. *Advance in Science and Technology of Water Research* 2002;22:63–64.
- [20] Sener E, Davraz A, Ozcelik M. An integration of GIS and remote sensing in groundwater investigations: a case study in Burdur, Turkey. *Hydrogeology Journal* 2005;13, 826–834.
- [21] Tabbagh A, Dabas M, Hesse A, Panissod C. Soil resistivity: a non-invasive tool to map soil structure horizonation. *Geoderma* 2000;97,393–404.
- [22] Şengörür B, Dede C, Doğan E. Separation of stream flow into components through the use of a co-active neuro fuzzy inference system (CANFIS). *Fresenius Environmental Bulletin* 2014; 23(9a):2279-2288.
- [23] Dede C. Melen Havzası Yayılı Kirleticilerinin Belirlenmesi İçin Akım Ayırımında Kullanılabilecek Uygun Hidrolojik Modellerin Araştırılması, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2015.
- [24] Piggot AR, Moin S, Southam C. A revised approach to the UKIH method for the calculation of baseflow. *Hydrolog. Sci. J.* 2005; 50:911–920.
- [25] Aksoy H, Kurt I, Eriş E. Filtered smoothed minima baseflow separation method. *Journal of Hydrology* 2009;372(1-4):94–101.
- [26] Institute of Hydrology, Low flow studies. Rex. Rep. No. I. Institute of Hydrology Wallingford, U.K., 1980.

- [27] Tallaksen L. Different indexes' power to describe a watershed's storage capacity. Hovedoppg. Dep. Of Geogr., Univ. of Oslo, 1987.
- [28] Hisdal H, Clausen B, Gustard A, Peters E, Tallaksen LM. Event definitions and indices. In Hydrological Droughts: Processes and Estimation Methods for streamflow and groundwater, 2nd Draft, Tallaksen LM, Van Lanen HAJ (eds). Elsevier, 2003.
- [29] Confesor JRB, Whittaker GW. Automatic calibration of hydrologic models with multi-objective evolutionary algorithm and pareto optimization. American Water Resources Association 2007;43(4): 981-989.
- [30] Standyk T, Amour NST, Kouwen N, Edwards TWD, Pietroniro A, Gibson JA. A groundwater separation study in boreal wetland terrain: the WATFLOOD hydrological model compared with stable isotope tracers. Isotopes in Environmental and Health Studies 2007;41(1): 46-68.
- [31] Samuel J, Coulibaly P, Metcalfe RA. Identification of rainfall-runoff model for improved baseflow estimation in ungauged basins. Hydrol. Process 2012;26: 356-366.
- [32] Parajull PB. Assessing sensitivity of hydrologic responses to climate change from forested watershed in Mississippi. Hydrol. Process 2010;24: 3785-3797.
- [33] Wu CL, Chau KW, Li YS. Methods to improve neural network performance in daily flows prediction. Journal of Hydrology 2009;372: 80-93.
- [34] Jasmin I, Murali T, Mallikarjuna P. Statistical analysis of groundwater table depths in upper swarnamukhi river basin. J. Water Resource and Protection; 2010;2: 577-584.