



2nd INTERNATIONAL CONGRESS on ENGINEERING and ARCHITECTURE

22-24 April 2019, Marmaris / Turkey

Uzun-Kısa Vadeli Hafıza Ağları Yöntemi ile Akım Tahmini

Nuh Muhammed PİŞKİN¹
Ebru ERİŞ^{1*}

¹ Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İzmir/Türkiye

*Sorumlu Yazar: ebru.eris@ege.edu.tr

Özet

Yapay Sinir Ağları son yıllarda doğa olaylarının modellenmesinde sıkça kullanılmaktadır. Öte yandan, özel bir Tekrarlayan Sinir Ağı (Recurrent Neural Network-RNN) olan Uzun Kısa Vadeli Hafıza (Long Short-Term Memory-LSTM) ağının hidroloji mühendisliğinde kullanımı henüz çok yenidir. LSTM'nin avantajı, ağa sağlanan veri girişi ile çıkış arasındaki uzun vadeli bağımlılıkları öğrenme yeteneğidir. Bu çalışmada da Uzun Kısa Vadeli Hafıza (LSTM) ağı kullanarak akım tahmin edilmiştir. Uygulama bölgesi olarak Gediz havzası seçilmiş ve yöntem bu havzadaki Yiğitler istasyonu akım verilerine uygulanarak tahminler yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Uzun-Kısa Vadeli Hafıza Ağları, akım tahmini, Gediz Havzası

Streamflow Forecasting Using Long-Short Term Memory

Abstract

Artificial Neural Networks (ANN) have been frequently used to model time series in various fields such as hydrological forecasting. On the other hand, the use of the Long Short-Term Memory (LSTM) network which is a special type of Recurrent Neural Network (RNN) in hydrology engineering is still very new. The advantage of LSTM is the ability to learn the long-term dependencies between data input and output provided to the network. In this study, streamflow is estimated by using the Long Short Term Memory (LSTM) network. The Gediz Basin in Aegean Region of Turkey is selected as study area and the method is applied to the daily flow data of Yiğitler gauging station.

Keywords: Long-Short Term Memory, streamflow forecasting, Gediz Basin



2nd INTERNATIONAL CONGRESS on ENGINEERING and ARCHITECTURE

22-24 April 2019, Marmaris / Turkey

Giriş

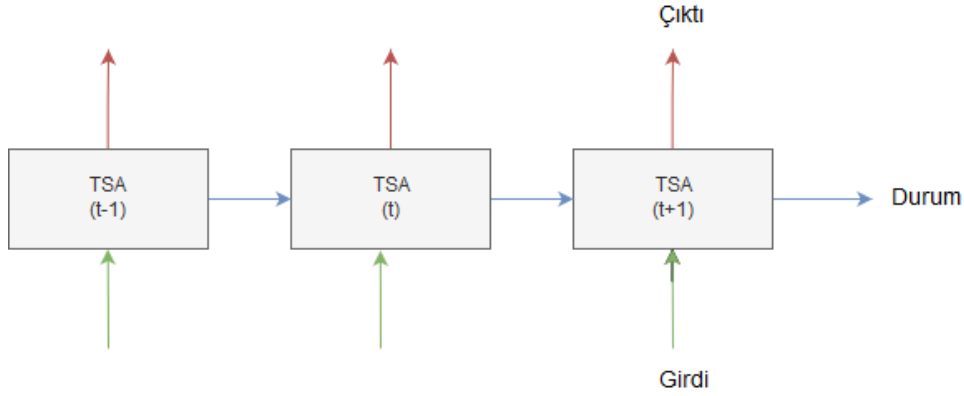
Su kaynaklarının planlaması ve doğru olarak kullanılmasında akarsu akımının modellenmesi ve tahmini önem taşımaktadır. Akarsu akımının modellenmesinde, fiziksel tabanlı süreç anlayışı ve kavramları, matematiksel model formülasyonlarına aşamalı olarak dahil ederek modelleme kavramları daha da geliştirilmiştir. Söz konusu modeller süreçlerin mekansal değişkenliğini, sınır koşullarını ve havzaların fiziksel özelliklerini ayrıntılı bir biçimde ele almaktadır. Bu nedenle bu tür modeller çok çeşitli ve sayıda hidrometeorolojik veriye ihtiyaç duyarlar.

Son yıllarda yapay sinir ağları mimarisi hidrolojik modellemelerde sıkça kullanılmakta ve başarılı sonuçlar vermektedir. Tekrarlayan sinir ağları (RNN'ler), veri girişini sırayla işleyerek geçici dinamikleri anlamak için özel olarak tasarlanmış özel bir tür sinir ağı mimarisidir. RNN'de görülen zayıflığın üstesinden gelmek ve uzun vadeli bağımlılıkları öğrenmek için ilk kez Uzun Kısa Vadeli Hafıza (Long Short-Term Memory-LSTM, UKVH) sinir ağı Hochreiter ve Schmidhuber (1997) tarafından geliştirilmiştir. UKVH ağları, bilgileri uzun süre hatırlama kapasiteleri nedeniyle son zamanlarda çalışmalarda kullanılmaktadır.

Akarsu akımının tahmininde UKVH yönteminin kullanımı çok yenidir (Kratzert ve ark., 2018; Hu ve ark., 2018), ülkemizde ise bu yöntem ile akım tahmini yapılan herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle bu çalışmada, UKVH yönteminin akım modellenmesinde kullanılabilme potansiyeli araştırılmış; uygulama bölgesi olarak Gediz havzası seçilmiş ve yöntem bu havzadaki Yiğitler istasyonu akım verilerine uygulanmıştır.

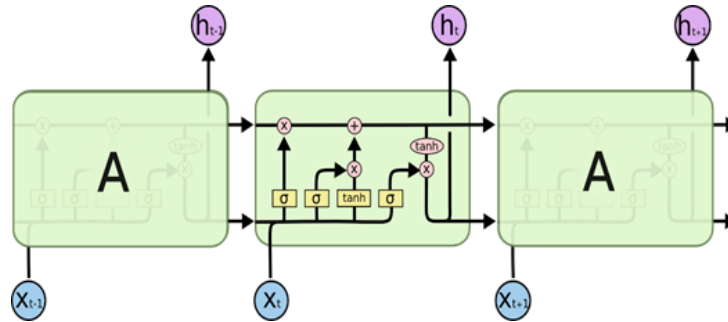
Yöntem

Tekrarlayan Sinir Ağı (TSA), birimler arasındaki bağlantıların yönlendirilmiş bir döngü oluşturduğu yapay sinir ağı sınıfıdır. Bu, dinamik zamansal davranış sergilemesine izin verir. Tekrarlayan sinir ağlarının asıl amacı ardışık bilgileri kullanarak ileride oluşabilecek durumlar hakkında çıkarım yapabilmektir. Geleneksel sinir ağında tüm girişlerin ve çıktılarının birbirinden ayrı olduğunu kabul edilir. TSA'ların tekrarlayan olarak adlandırılmasının sebebi bir serinin her ögesi için aynı görevi yapması ve çıktılarının önceki hesaplamalara bağlı olmasıdır. Teorik olarak TSA'lar uzun vadeli bilgileri kullanabilir, ancak pratikte sadece birkaç adım geriyi hatırlamaktadır. Şekil 1'de tipik bir TSA mimarisi görülmektedir.



Şekil 1. TSA Ağ Örneği

Uzun Kısa Vadeli Hafıza (UKVH)'ların temelde TSA'lerden farklı bir mimarisi yoktur, ancak UKVH'larda uzun vadeli bağımlılıkları hesaplayabilmek için farklı fonksiyonlar kullanılır. Bu fonksiyonlar UKVH hücreleri içerilerindeki kapılar da bulunurlar ve o kapılar sayesinde hücreler ne tutacaklarına ve ne sileceklerine karar verirler. Daha sonra bu birimler geçmiş bilgiler ile yeni girdileri birleştirir. Bu birimlerin, uzun vadeli bağımlılıkları yakalamada çok etkili olduğu bilinmektedir. Şekil 2'de tipik bir UKVH Ağı verilmiştir.



Şekil 2. UKVH Ağ Modeli

Çalışma Alanı ve Kullanılan Veri

Gediz Havzası, Türkiye'nin batısında Ege Bölgesi'nde yer alan, sularını Gediz ve kolları vasıtasıyla Ege Denizi'ne boşaltan, Kuzey Ege, Susurluk ve Küçük Menderes Havzaları arasındaki sahayı kapsayan bir akarsu havzasıdır (Şekil 3). Gediz Havzası 18000 km²'lik alana sahiptir. Yıllık yağış 639 mm'dir. Yağışın %16'sı akışa geçmektedir (Bayazıt, 1991).



Şekil 3. Çalışma bölgesi ve kullanılan AGİ'nin havzadaki konumu

Gediz Nehri, Kütahya il sınırları içerisinde Murat ve Şaphane Dağları'ndan doğmakta, Foça ile Çamaltı Tuzlası arasından İzmir Körfezi'ne dökülmektedir. Gediz Nehri'nin ana kol uzunluğu 401 km'dir. Nehrin yıllık ortalama debisi ise 60.48 m³/s'dir.

Gediz havzasında yaz ayları sıcak ve kurak, kış ayları ılık ve yağışlı olan tipik Akdeniz iklimi görülür. Havzanın doğu ucundaki yüksek kesimleri Akdeniz iklimi ile Kara iklimi arasında bir geçiş bölgesi oluşturur. Bu kesimlerde özellikle kış aylarında sıcaklık daha düşüktür ve kar yağışı gözlenir. Havzanın yıllık ortalama yağışı 635 mm civarındadır. Havzanın batı ucunda yer alan deltadaki 10 m kotlu Menemen ilçesinde yıllık toplam yağış 484 mm iken, havzanın doğu ucunda 850 m kotundaki Gediz ilçesinde yıllık yağış 760 mm'ye ulaşır. Ortalama olarak yıllık yağışın %75'i Aralık-Nisan ayları arasındaki beş aylık dönemde düşer.

Çalışma kapsamında Gediz Havzasına ait E05A025 no.lu Yiğitler Akım Gözlem İstasyonuna (AGİ) ait günlük akım değerleri kullanılmıştır. Yiğitler AGİ'sine ait bilgiler çeşitli istatistik değerler ile birlikte Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Yiğitler AGİ'sine ait bilgiler ve günlük akım verileri istatistikleri



2nd INTERNATIONAL CONGRESS on **ENGINEERING** and **ARCHITECTURE**

22-24 April 2019, Marmaris / Turkey

İstasyon No	E05A025
İstasyon Adı	Yiğitler
Akarsu	Yiğitler D.
Gözlem Periyodu	1976-2015
Gözlem uzunluğu (yıl)	40
Sıfır Akım (%)	1.82
Ortalama Akım (m ³ /s)	10.37
Minimum Akım (m ³ /s)	0
Maksimum Akım (m ³ /s)	1243.75
Standart Sapma	23.68
Otokorelasyon Katsayısı	0.72
Drenaj Alanı (km ²)	64
Yükseklik (m)	158

Uygulama ve Bulgular

Akım tahmini için farklı katmanlara sahip UKVH modelleri ile denemeler yapılmıştır. Doğruluğu yüksek olan model, 3 farklı ardışıklık değeri için test edilmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Değerlendirme aşamasında Ortalama Kareysel Hata Karekökü (RMSE) ve Nash-Sutcliffe Hata (NSE) değerleri kullanılmıştır (Denklem 1 ve 2).

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (Q_0^t - Q_s^t)^2}{\sum_{t=1}^T (Q_0^t - \bar{Q}_0)^2} \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (Q_0^t - Q_s^t)^2} \quad (2)$$

Burada; Q_0^t ve Q_s^t sırasıyla gözlem ve tahmin akım değerlerini, T ise zaman serisi uzunluğunu göstermektedir.

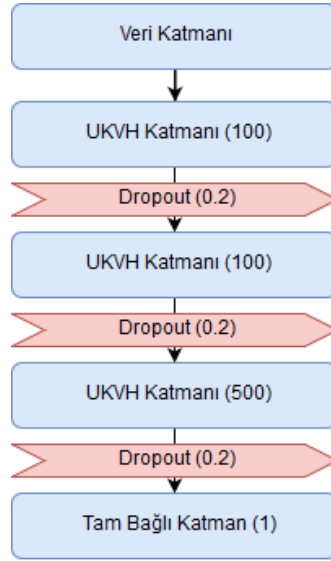
Oluşturulan UKVH modeli Şekil 4'te verilmiştir. Model içerisinde kullanılan dropoutlar aşırı öğrenmeyi engellemek için kullanılmaktadır. Modellerde epoch parametresi 100, batch size



2nd INTERNATIONAL CONGRESS on **ENGINEERING** and **ARCHITECTURE**

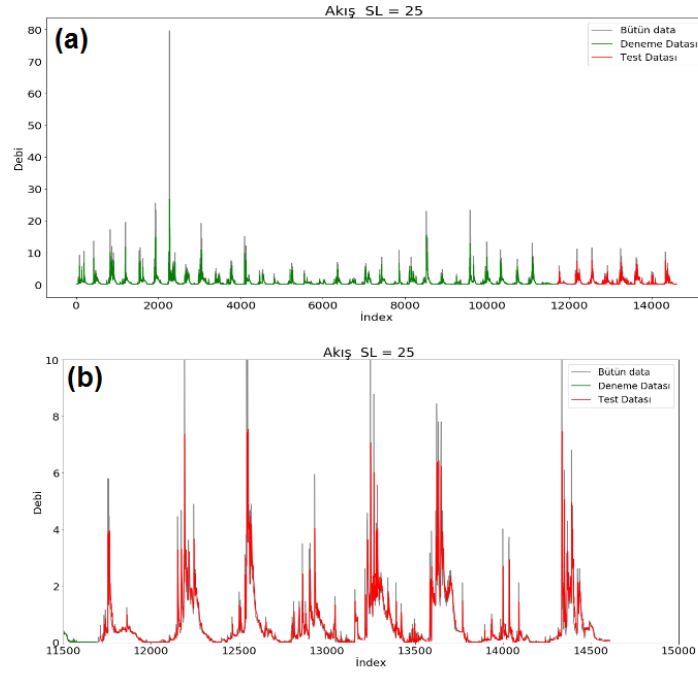
22-24 April 2019, Marmaris / Turkey

parametresi 100 seçilmiştir. Optimizer olarak Adam optimizer kullanılmıştır. Model oluşturulurken verilerin %80'i eğitim (kalibrasyon), %20'si test (validasyon) için kullanılmıştır.



Şekil 4. Önerilen UKVH Modeli

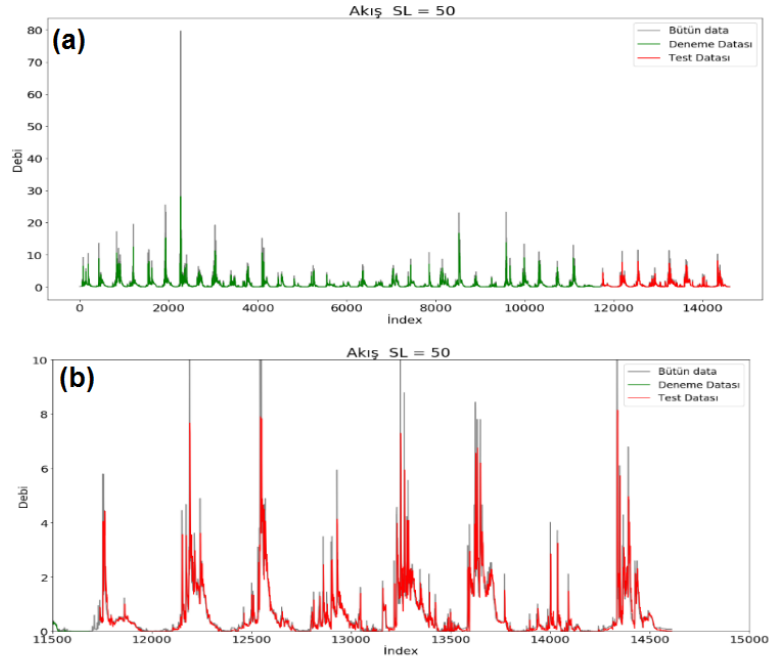
Akım tahminleri için kullanılan “ardışıklık uzunluğu (sequence-length, SL)” bir sonraki akımı tahmin etmek için kullanılır. Eğer ardışıklık 15 olarak ayarlanırsa her 15 günlük veya aylık akım verisinden sonraki akım değeri tahmin edilir. Bu işlem hareketli pencere mantığı gibidir ve zaman serisindeki veriler kaydırılarak bütün veri seti taranır. Bu kapsamda 3 farklı ardışıklık değeri için modeller oluşturulmuştur. Akım verileri 25, 50 ve 100 ardışıklık değerlerine göre tahmin edilmiş ve sonuçlar RMSE ve NSE değerlerine göre değerlendirilmiştir. Şekil 5(a),6(a) ve 7(a)’da akım tahmin akım değerlerini gösteren grafikler sunulmuştur. Şekil 5(b),6(b) ve 7(b)’de ise sadece test verisine ait gözlem-tahmin değerleri görülmektedir. Tüm modellere ait hata istatistikleri Çizelge 2’de verilmiştir. Model sonuçlarına bakıldığında farklı SL değerleri için hemen hemen aynı hata değerlerinin elde edildiği ve sonuçların oldukça tutarlı olduğu görülmektedir. Çizelge 2’den görüldüğü üzere en düşük RMSE ve en yüksek NSE SL=100 için elde edilmiştir.



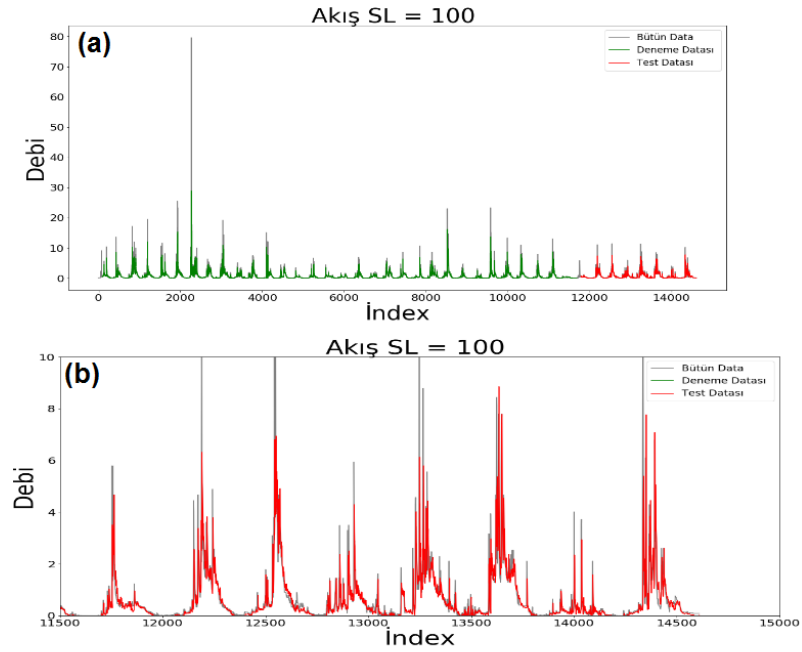
Şekil 5. SL = 25 için gözlem-tahmin akım değerleri (a) eğitim ve test verisi için, (b) test verisi için

Çizelge 2. Modeller için hata istatistikleri

Hata Türü	SL=25	SL=50	SL=100
RMSE (Eğitim)	1.05	1.04	1.04
RMSE (Test)	0.6	0.61	0.59
NSE (Test)	0.71	0.7	0.71



Şekil 6. SL = 50 için gözlem-tahmin akım değerleri (a) eğitim ve test verisi için, (b) test verisi için



Şekil 7. SL = 100 için gözlem-tahmin akım değerleri (a) eğitim ve test verisi için, (b) test verisi için



2nd INTERNATIONAL CONGRESS on ENGINEERING and ARCHITECTURE

22-24 April 2019, Marmaris / Turkey

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, akarsu akımı tahmininde özel bir Tekrarlayan Sinir Ağı olan Uzun Kısa Vadeli Hafıza yönteminin kullanılabilme potansiyeli araştırılmıştır. Sonuçlar UKVH'nın performansının yeterli ve tutarlı olduğunu göstermektedir. Fiziksel tabanlı hidrolojik modellerle karşılaştırıldığında bu yöntem, farklı ve çok sayıda meteorolojik girdi verisine olan ihtiyacı azaltmaktadır. Gelecek bir çalışma olarak, uzun zaman serilerinin modellenmesinde başarılı olduğu bilinen UKVH modelinin, farklı akım gözlem istasyonları verilerinde de kullanılabileceği öngörülmektedir.

Kaynaklar

Bayazıt, M., 1991. Hidroloji, Genişletilmiş Beşinci Baskı, İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul.

Hochreiter, S., Schmidhuber, J., 1997, Long Short-Term Memory, Neural Comput., 9, 1735–1780.

Kratzert, F., Klotz, D., Brenner, C., Schulz, K., Herrnegger, 2018, M.: Rainfall–runoff modelling using Long Short-Term Memory (LSTM) networks, Hydrol. Earth Syst. Sci., 22, 6005-6022, <https://doi.org/10.5194/hess-22-6005-2018>.

Tian, Y.; Xu, Y.-P.; Yang, Z.; Wang, G.; Zhu, Q., 2018, Integration of a Parsimonious Hydrological Model with Recurrent Neural Networks for Improved Streamflow Forecasting, Water, 10, 1655.