



## توسعه روش ترکیبی موجک-شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان برای مدلسازی چند ایستگاه بارش-رواناب با استفاده از ابزارهای خوشه‌بندی و اطلاعات مشترک

غلامرضا عندلیب<sup>۱\*</sup>، وحید نورانی<sup>۲</sup>، حسین منیری فر<sup>۳</sup>، الناز شرقی<sup>۴</sup>

<sup>۱\*</sup> دکتری مهندسی آب و سازه‌های هیدرولیکی، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران  
(gholamreza.andalib@gmail.com)

<sup>۲</sup> استاد، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

<sup>۳</sup> کارشناسی ارشد مهندسی سازه، گروه مهندسی سازه، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

<sup>۴</sup> استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

(تاریخ دریافت مقاله: ۹۸/۰۲/۱۰، تاریخ پذیرش مقاله: ۹۸/۰۵/۲۶)

### چکیده

در این مقاله پیش‌بینی چند ایستگاه رواناب با استفاده از تبدیل موجک و شبکه عصبی مصنوعی خودسازمانده و مدل‌های هوش مصنوعی در حوضه آبریز Little River Watershed (LRW) انجام گردید. بطوریکه سری‌های زمانی رواناب توسط تبدیل موجک تجزیه‌گشته و سپس زیرسری‌های تجزیه‌شده توسط شبکه عصبی مصنوعی خودسازمانده خوشه‌بندی گردید. در ادامه، معیار استخراج ویژگی (اطلاعات مشترک) برای انتخاب نماینده از هر خوشه جهت ورود به مدل‌های هوش مصنوعی شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان برای پیش‌بینی رواناب خروجی حوضه آبریز LRW بکار گرفته شدند. مدلسازی چند ایستگاه بارش-رواناب بر اساس خاصیت فصلی بودن انجام شده و با مدلسازی چند ایستگاه بر اساس خاصیت مارکف مقایسه گردید. نتایج نشان داد که مدل‌های هوش مصنوعی ترکیب شده با تبدیل موجک، شبکه عصبی مصنوعی خودسازمانده و اطلاعات مشترک توانایی پیش‌بینی رواناب چند ایستگاه را نسبت به مدل‌های هوش مصنوعی که از خاصیت مارکف بهره می‌برند تا ۲۳ درصد بهبود می‌بخشد. بطور کلی، استفاده از خاصیت فصلی بودن پدیده‌ها به همراه کاهش ابعاد ورودی‌ها، می‌تواند به مدل‌های هوش مصنوعی در جهت استفاده از اطلاعات خالص داده‌های مشاهداتی کمک کند.

### کلمات کلیدی

اطلاعات مشترک، تبدیل موجک، حوضه آبریز LRW، نقشه‌های خودسازمانده، هوش مصنوعی.



# Development of Hybrid Wavelet-Artificial Neural Network and Support Vector Machine Approach for Multi-Station Rainfall-Runoff Modeling Using Clustering and Mutual Information Tools

Gholamreza Andalib<sup>1\*</sup>, Vahid Nourani<sup>2</sup>, Hosein Monirifar<sup>3</sup>, Elnaz Sharghi<sup>4</sup>

<sup>\*1</sup> Ph.D. of Water and Hydrualic Structure, Department of Water Engineering, Faculty of Civil Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran (gholamreza.andalib@gmail.com)

<sup>2</sup> Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Civil Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran

<sup>3</sup> M.Sc. of Structural Engineering, Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran

<sup>4</sup> Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Civil Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran

(Date of received: 30/04/2019, Date of accepted: 17/08/2019)

## ABSTRACT

Conversion of rainfall to runoff according to the laws of gravity vivifies earth, replenishes groundwater, keeps rivers and lakes full of water, and varies the landscape by the action of erosion. Large uncertainties and high non-linearity of the Rainfall-Runoff (R-R) process make it complex task to have the process-based modeling, so it is preferred to create a black box relationship between driving and resultant variables. Therefore, several black box approaches including Artificial Intelligence (AI) models have been developed and used to simulate R-R process. In this paper, WANN and WSVM models are employed for Multi-Station (MS) modeling of R-R. However in any data driven modeling, some of the inputs may have no significant relationship with the output variables. Therefore, determination of dominant input variables, is one of the indispensable challenges in the model development procedure. For this purpose, to extract main features and inputs of the WANN, WSVM methods, two kinds of data pre-processing methods of Self-Organizing Map (SOM) based clustering and Mutual Information (MI) concepts are employed in this study. Therefore, spatio-temporal investigation, identification and using all sub-basins records as a cascade-based MS analysis can improve prediction of runoff in watersheds. For this purpose, two scenarios with distinct views were used for MS modeling of R-R to identify the suitable strategy for future hydro-environmental researches. The results indicated that the proposed AI-models coupled with the SOM and MI tools improved the performance of MS runoff prediction compared to the Markovian-based models up to 23%. Nevertheless, benefit of the seasonality of the process along with reduction of dimension of the inputs could help the AI-models to consume pure information of the recorded data.

## Keywords:

Mutual information, Wavelet transform, Little River watershed, Self-organizing map, Artificial intelligence.