J. RS. GEOINF. RES. 2(1): 169-178, Winter & Spring 2024

Journal of Remote Sensing and Geoinformation Research
(JRSGR)
Homepage: jrsgr.sru.ac.ir

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Detection of Drought Behavioral Patterns and Its Prediction Using Web-Based Expert Systems

M. Nagahi, S. Behzadi*

Department of Surveying Engineering, Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran

Received: 14 February 2024
Reviewed: 2 April 2024
Revised: 15 May 2024
Accepted: 08 June 2024

KEYWORDS:
Drought Prediction
Expert System
Web-Based Platform
Behavioral Patterns

* Corresponding author
behzadi@sru.ac.ir
(+9821) 22970021

ABSTRACT

Background and Objectives: Drought is a persistent and critical challenge that affects many countries around the world, including Iran. This natural phenomenon can have severe economic, social, and environmental consequences, making the study and prediction of drought an important focus for researchers and experts. The primary objective of this paper is to predict drought using an expert system and to find an appropriate behavioral model for this phenomenon across all provinces of Iran. Drought is a complex and multifaceted issue that can have far-reaching impacts. In Iran, where water scarcity is a longstanding concern, drought can exacerbate existing challenges and lead to significant disruptions in various sectors, such as agriculture, water supply, and energy production. Accurate and timely prediction of drought can help policymakers and stakeholders implement effective mitigation and adaptation strategies, thereby minimizing the adverse effects of this natural disaster.

Methods: This study utilized data related to drought in all provinces of Iran from 2009 to 2021. These data include various drought indices, such as precipitation, temperature, humidity, and climate change indicators. Using these data, the researchers developed monthly behavioral models of drought for each province, employing an expert system and artificial intelligence techniques. The researchers first examined the drought patterns and trends in each province to identify suitable behavioral models. This process involved analyzing the historical data and identifying the key factors that influence drought patterns in the different regions of Iran. By leveraging the expertise of domain experts and the capabilities of advanced analytical tools, the researchers were able to construct comprehensive behavioral models that capture the complexity of drought dynamics. The development of these monthly behavioral models for each province was a critical step in the research process. By modeling the drought patterns at a granular, provincial level, the researchers were able to account for the unique geographic, climatic, and socioeconomic characteristics of each region. This approach enabled the creation of tailored predictions that can be more effectively utilized by decision-makers at the local and provincial levels.

Findings: The results of this study demonstrated that the use of drought data from all provinces of Iran and the development of monthly behavioral models can indeed facilitate the prediction of drought in each province on a monthly basis. The researchers were able to produce twelve behavioral models for each province, representing the probability of drought occurrence in different months. These models can serve as powerful tools in managing and planning to combat drought at both the provincial and national levels. By providing accurate and timely predictions of drought, policymakers and stakeholders can make more informed decisions regarding water resource management, agricultural planning, and disaster response strategies. The findings also highlighted the importance of an integrated, expert-driven approach to drought prediction. By leveraging the expertise of domain experts and the capabilities of advanced analytical tools, the researchers were able to develop comprehensive and reliable behavioral models that capture the nuances of drought dynamics in Iran.**Conclusion:** The findings of this study have significant implications for drought management and decision-making in Iran. By using an expert system and behavioral modeling of drought across all provinces, the researchers were able to achieve more accurate and timely predictions of this phenomenon. The linear model was selected as the best model, and an online web-based map was created to display the probability of drought for each province on a monthly basis. This web-based tool can serve as a valuable resource for policymakers, stakeholders, and the general public, facilitating informed decision-making and drought

management at various levels. The availability of this information can lead to the reduction of the impacts and consequences of drought, enabling more effective planning and mitigation strategies to be implemented. The comprehensive and systematic approach used in this study can be replicated in other regions or countries facing similar drought-related challenges. By leveraging the power of expert systems, artificial intelligence, and behavioral modeling, researchers and policymakers can work together to develop robust drought prediction and management frameworks that enhance resilience and sustainability in the face of this critical natural phenomenon.

NUMBER OF REFERENCES 33
NUMBER OF FIGURES 4
NUMBER OF TABLES 3

مقاله پژوهشی

تشخیص مدل رفتاری خشکسالی و پیش‌بینی آن با استفاده از سیستم خبره تحت بستر وب

مهدی ناگهی، سعید بهزادی*

گروه مهندسی نقشه برداری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، تهران، ایران

چکیده

پیشینه و اهداف: خشکسالی به عنوان یکی از چالش‌های حیاتی و پایدار در ایران و بسیاری از کشورهای جهان، همواره توجه بسیاری از محققان و تصمیم‌گیران را به خود جلب کرده است. این پدیده طبیعی می‌تولند تأثیرات گسترده‌ای بر اقتصاد، جامعه و محیط زیست داشته باشد و از این رو، شناسایی و پیش‌بینی دقیق آن از اهمیت بالایی برخوردار است. ایران به دلیل شرایط جغرافیایی و اقلیمی خاص خود، بیش از دیگر کشورها در معرض خطر خشکسالی قرار دارد و این موضوع لزوم استفاده از فناوری‌های نوین برای مدیریت بهتر منابع آب و مقابله با خشکسالی را برجسته‌تر می‌سازد. هدف اصلی این مقاله، پیش‌بینی خشکسالی با استفاده از سیستم خبره و هوش مصنوعی و توسعه مدل‌های رفتاری مناسب برای این پدیده در تمامی استان‌های ایران است.

روش‌ها: برای دستیابی به هدف مذکور، داده‌های مربوط به خشکسالی در تمامی استان‌های ایران از سال ۱۳۸۸ تا ۱۴۰۰ مورد بررسی قرار گرفت. این داده‌ها شامل مجموعه‌ای گسترده از شاخص‌های مختلف خشکسالی نظیر بارش، دما، رطوبت نسبی و شاخص‌های تغییرات اقلیمی می‌باشند. با استفاده از این داده‌ها، مدل‌های رفتاری ماهانه خشکسالی برای هر استان توسعه داده شده است. در این راستا، سیستم خبره و الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای شناسایی الگوها و روندهای خشکسالی در هر استان به کار گرفته شده‌اند. به کمک این روش‌ها، مدلی خطی به عنوان بهترین مدل انتخاب شد که توانست به صورت ماهانه احتمال وقوع خشکسالی را پیش‌بینی کند. در نهایت، یک نقشه آنلاین و تحت وب توسعه داده شده است که نتایج پیش‌بینی‌ها را به صورت ماهانه برای هر استان نمایش می‌دهد.

یافته‌ها: نتایج این تحقیق نشان داد که با استفاده از داده‌های گسترده خشکسالی و توسعه مدل‌های رفتاری ماهانه، می‌توان به پیش‌بینی دقیق و به موقع خشکسالی در هر استان دست یافت. دوازده مدل رفتاری برای هر استان تولید شده که احتمال وقوع خشکسالی را در ماه‌های مختلف سال نشان می‌دهند. این مدل‌ها قادرند به عنوان ابزاری قدرتمند در مدیریت و برنامه‌ریزی مقابله با خشکسالی در سطح استانی و ملی مورد استفاده قرار گیرند. با ارائه نتایج به صورت نقشه‌های آنلاین و تحت وب، دسترسی به اطلاعات و نتایج پیش‌بینی‌ها برای تصمیم‌گیران و مدیران مربوطه ساده‌تر و سریع‌تر می‌شود.

نتیجه‌گیری: مطالعه حاضر نشان داد که استفاده از سیستم خبره و مدل‌سازی رفتاری خشکسالی در تمامی استان‌های ایران، منجر به پیش‌بینی دقیق‌تر و به‌موقع‌تر این پدیده می‌شود. انتخاب مدل خطی به عنوان بهترین مدل، این امکان را فراهم می‌کند که نتایج پیش‌بینی‌ها با دقت بالاتری ارائه شوند. نقشه آنلاین و تحت وبی که توسعه داده شده است، ابزاری مفید برای مدیران و تصمیم‌گیران در زمینه مدیریت منابع آب و مقابله با خشکسالی محسوب می‌شود. این ابزار می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های مرتبط با خشکسالی در سطوح مختلف کمک شایانی کند و به کاهش آثار و پیامدهای

تاریخ دریافت: ۲۵ بهمن ۱۴۰۲
تاریخ داوری: ۱۴ فروردین ۱۴۰۳
تاریخ اصلاح: ۲۶ اردیبهشت ۱۴۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۹ خرداد ۱۴۰۳

واژگان کلیدی:
پیش‌بینی خشکسالی
سیستم خبره
بستر وب
الگوهای رفتاری

* نویسنده مسئول
behzadi@sru.ac.ir
۰۲۱-۲۲۹۷۰۰۲۱

منفی این پدیده طبیعی منجر شود. با توجه به یافته‌های این تحقیق، می‌توان نتیجه گرفت که بهره‌گیری از فناوری‌های نوین مانند سیستم‌های خبره و هوش مصنوعی در پیش‌بینی و مدیریت خشکسالی، نه تنها امکان‌پذیر بلکه بسیار مؤثر است. این رویکرد می‌تواند الگویی برای دیگر کشورهایی باشد که با مشکل خشکسالی مواجه‌اند و نیازمند راهکارهای دقیق و عملی برای مدیریت بهتر منابع آب خود هستند.

مقدّمه

خشکسالی یکی از بلایای طبیعی است [۱] که در مقایسه با سایر بلایا از نقطه نظر میزان، شدت، طول مدت واقعه، گسترش منطقه، تلفات جانی، خسارت‌های اقتصادی و اثرات بلند مدت از بالاترین درجات برخوردار است. خشکسالی واقعه‌ای از کمبود طولانی در آب است، خواه جوی (متوسط بارش)، آب سطحی یا آب زیرزمینی باشد. خشکسالی می‌تواند ماه‌ها یا سال‌ها دوام داشته باشد، یا ممکن است بعد از گذشت ۱۵ روز اعلام شود. این می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی در اکوسیستم و کشاورزی منطقه آسیب دیده داشته باشد و به اقتصاد محلی آسیب برساند [۲].

فصول خشک سالانه در مناطق استوایی احتمال ابتلا به خشکسالی و آتش‌سوزی‌های بعدی را به‌میزان قابل‌توجهی افزایش می‌دهد. دوره‌های گرما می‌تواند با تسریع تبخیر بخار آب، شرایط خشکسالی را به‌طور قابل‌توجهی بدتر کند.

بارش‌ها و تأثیرات آن‌ها، از جمله خشکسالی و سیل [۳, ۴]، از جوانب حیاتی در مطالعات مربوط به موارد طبیعی است. بر اساس تحقیقات، خشکسالی به‌عنوان یکی از بلایای طبیعی با اثرات گسترده و مخرب، مخصوصاً در مناطق استوایی، تلقی می‌شود. عدم وجود بارش‌های منظم و کمبود طولانی مدت آب می‌تواند منجر به وقوع خشکسالی شود که این امر می‌تواند عوارض جدی برای اکوسیستم‌ها و اقتصاد منطقه داشته باشد. از سوی دیگر، بارش‌های شدید نیز می‌توانند به وقوع سیل و خسارت‌های وسیع و وخیم منجر شوند. تغییرات اقلیمی می‌توانند الگوی بارش را تغییر داده و این امر می‌تواند اثرات خشکسالی و سیل را تشدید کند. بنابراین، مدیریت هوشمند بارش‌ها و منابع آب، از جمله استفاده از تکنولوژی‌های مناسب و روش‌های مدیریتی جهت کاهش اثرات منفی خشکسالی و سیل، امری ضروری و حیاتی به‌شمار می‌رود [۵].

امروزه، با پیشرفت فناوری، ابزارهای مختلفی مانند تصاویر ماهواره‌ای، شبکه‌های تحت وب، دستگاه‌های موبایل و ... در مدیریت خشکسالی به کار گرفته می‌شوند. تصاویر ماهواره‌ای [۶]، به عنوان یک ابزار قدرتمند، امکان مشاهده و پایش الگوهای بارش، شناسایی مناطق خشکسالی و ارزیابی وضعیت منابع آب را فراهم می‌کنند [۷, ۸]. از سوی دیگر، شبکه‌های تحت وب به عنوان یک پل ارتباطی، امکان به اشتراک‌گذاری داده‌های مربوط به بارش و وضعیت آبیاری را بین محققان، دولتمردان و جامعه عمومی فراهم می‌سازند [۹, ۱۰]. همچنین، دستگاه‌های موبایل و نرم‌افزارهای مربوطه، به کاربران امکان مشاهده و پیگیری وضعیت بارش و آبیاری را در زمان واقعی می‌دهند و اطلاعات مهمی را در اختیار آن‌ها قرار می‌دهند. به طور کلی، استفاده از این ابزارهای فناوری اطلاعات و ارتباطات، در بهبود مدیریت خشکسالی و افزایش اثربخشی تدابیر پیشگیری و مقابله با این پدیده‌های طبیعی بسیار مؤثر است. تا کنون تحقیق های زیادی در این حوزه انجام شده است که در ادامه به نمونه های از آن اشاره خواهد شد.

حسینی موغاری و همکاران در سال ۱۳۹۴ پیش‌بینی خشکسالی ایستگاه گنبد کاووس را با استفاده از روش‌های شبکه عصبی مصنوعی موسوم به ANN و سیستم استنتاج عصبی-فازی تطبیقی موسوم به ANFIS انجام دادند. در مجموع ANFIS دارای دقت بالاتری نسبت به مدل ANN در پیش‌بینی خشکسالی بود [۵, ۱۱].

فقیه در سال ۱۳۹۲ پیش‌بینی خشکسالی در منطقه سقز را با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و شاخص بارش استاندارد انجام داد. نتایج نشان داد که ANN مقادیر SPI و وضعیت خشکسالی را با دقت قابل قبولی پیش‌بینی می‌نماید.

حسن‌زاده و همکاران (۱۳۹۰) پیش‌بینی خشکسالی شهر تبریز را با استفاده از الگوریتم ژنتیک و مدل ترکیبی شکبه عصبی-موجکی را انجام داده‌اند. نتایج رخداد خشکسالی به دست آمده از دو مدل، نشان می‌دهند که تعداد رویدادهای خشکسالی بر اساس شاخص SPI با بازه‌های زمانی مختلف، از خشکسالی ملایم به طرف خشکسالی حاد، روند کاهشی داشته است. یعنی احتمال وقوع خشکسالی شدید و حاد نسبت به دیگر خشکسالی‌ها کمتر است [۱۲].

اشرف آوان و بی در سال ۲۰۱۶ به پیش‌بینی خشکسالی با استفاده از ANFIS و ناهنجاری‌های دمای سطح دریا برای منطقه موسمی شرق آسیا پرداختند. این مطالعه مبتنی بر مدل توسعه یافته ANFIS برای پیش‌بینی خشکسالی بود که در آن از داده‌های شاخص بارش استاندارد شده SPI و ناهنجاری دمای سطح دریا SSTA به‌عنوان متغیرهای ورودی مدل استفاده شد. نتایج نشان داد هنگامی‌که به همراه SPI از داده‌های ناهنجاری دمای سطح دریا به‌عنوان ورودی استفاده شود، مدل نتایج دقیق‌تری نسبت به زمانی‌که تنها SPI ورودی مدل باشد ارائه می‌کند [۱۳].

شیرمحمدی و همکاران در سال ۲۰۱۳ با استفاده از مدل‌های ANN و ANFIS به پیش‌بینی خشکسالی هواشناسی SPI برای سه ماه آینده در استان آذربایجان پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد که هر دو روش قادر به پیش‌بینی SPI در منطقه هستند [۱۴].

نگاهی اجمالی به مطالعات انجام شده در زمینه پیش‌بینی خشکسالی نشان می‌دهد که در این زمینه، مطالعات بسیاری در مناطق مختلف جهان صورت گرفته است. اکثر این مطالعات با استفاده از مدل‌های مختلف نظیر ANN و ANFIS انجام شده است [۱۵, ۱۶]. تاکید تحقیقات گذشته، بیشتر روی مقایسه بین روش‌های پیش‌بینی است و اشاره‌ای به پیش‌بینی خشکسالی تحت بستر وب نداشته‌اند. پس می‌توان گفت جای

یک سامانه آنلاین تحت بستر وب برای ارائه پیش‌بینی خشکسالی خالی است [۱۷]. البته، مابقی بحران‌ها نیز می‌توانند به این سامانه اضافه شوند. هدف این مقاله پیش‌بینی خشکسالی با پیدا کردن مدل رفتاری برای خشکسالی و همچنین به‌کمک سیستم خبره یا متخصص است. سیستم خبره به‌دلیل سرعت در اجرای قوانین، برای استفاده در بستر وب بسیار کاربردی است، چراکه، یک عامل مهم در بستر وب، پاسخ سریع به درخواست کاربر است [۱۸].

پیش‌بینی رفتار خشکسالی حایز اهمیت است، چراکه برای مدیریت کردن هر بحرانی از جمله خشکسالی آمادگی قبل از بحران مهم است تا بتوان آن بحران را مدیریت کرد [۱۹, ۲۰]. هدف این مقاله پیش‌بینی و مدیریت خشکسالی به‌کمک سیستم خبره یا متخصص و همچنین مدل رفتاری ماهانه خشکسالی در هراستان ایران است.

مواد و روش‌ها

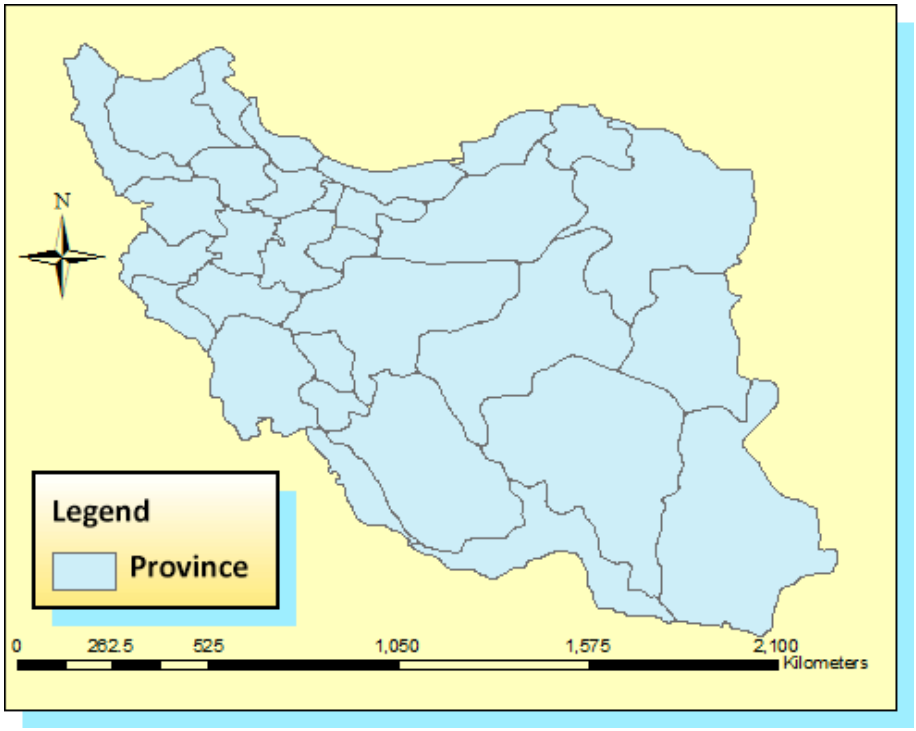
در این مقاله به‌کمک یک سیستم خبره یا متخصص و زبان برنامه‌نویسی پایتون را پیاده‌سازی می‌شود [۲۱]. این سیستم خبره با توجه به مدل رفتاری ماهانه خشکسالی در هر استان، پیش‌بینی خشکسالی را ارائه دهد. خروجی این مقاله در بستر وب است. به‌نحوی‌که تمام افراد جامعه به‌آسانی از آن استفاده کنند. این اطلاع‌رسانی می‌تواند افراد عادی و مسئولان را هشیار کند که خطر خشکسالی تا چه حد در کمین آن‌هاست.

تمام استان‌های ایران در حیطه منطقه مورد مطالعه این مقاله قرار گرفته‌اند، که در مختصات جغرافیایی ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی جغرافیایی و ۴۴ تا ۶۳ درجه طول شرقی جغرافیایی جای دارد که در شکل (۱) مشخص شده است.

از سال ۱۳۸۸ تا ۱۴۰۰ در زمینه خشکسالی داده‌هایی توسط سایت ایدمان جمع‌آوری شده است که نشان می‌دهد در هر ماه چه تعدادی اخبار خشکسالی منتشر شده است. البته هر روز در صورت وجود یک خبر ثبت شده است، بدین معنا که اگر در یک روز، خبرهای گوناگون در شکبه‌های مختلف خبری منتشر شده باشد، تنها یک خبر محسوب می‌شود. این داده‌ها باید به‌صورت مرتب در پایگاه داده ذخیره شوند و مدل‌های رفتاری خشکسالی ماهانه هر استانی، به‌کمک این داده‌ها حاصل شود. اطلاعاتی که در هر سال دسترس بود شامل سال وقوع، ماه وقوع، روز وقوع، نام استان و نام بحران است [۱۸, ۲۲, ۲۳].

برای بیشتر شدن دقت مدل‌سازی رفتار بحران خشکسالی تصمیم گرفته شد که به‌جای پیش‌بینی سالانه، رفتار بحران خشکسالی به‌صورت ماهانه بررسی شود و در نهایت به‌صورت درصدی برای احتمال وقوع خشکسالی در هر روز ارائه شود، بدان معنا که اگر در مدل رفتاری ۱۵ روز در ماه خشکسالی پیش‌بینی شود احتمال وقوع خشکسالی برای کاربر ۵۰ درصد نمایش داده می‌شود.

برای بحران خشکسالی در هر استان ۱۲ مدل ارائه می‌شود که رفتار خشکسالی را در هر ۱۲ ماه سال به‌طور جداگانه پیش‌بینی می‌کند. با توجه به اینکه ایران ۳۱ استان دارد، ۳۷۲ مدل رفتاری برای پیش‌بینی بحران خشکسالی ارائه می‌شود.



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه، استان‌های ایران
Fig. 1: Study Area, Provinces of Iran

باتوجه به اینکه کاربر در چه ماهی قرار دارد، پاسخ مدنظر به او داده می‌شود. چون در برنامه‌نویسی فقط با اعداد می‌خواهیم سروکار داشته باشیم، به‌دلیل سرعت در اجرا و کمتر شدن حجم کدنویسی، باید برای استان‌ها لیستی تهیه کنیم و تا پایان تحلیل‌های پژوهش، نتیجه‌گیری و اطلاع‌رسانی به کاربر، از این ترتیب پیروی کنیم. ترتیب استان‌ها به شرح جدول ۱ است:

ابتدا داده‌ها را بر اساس حلقه‌های تو در تو مرتب کردیم. خروجی این حلقه برای ما ماتریس برداری یا تک‌ستون است که هر عدد یا سطر آن ارائه دهنده تعداد وقوع بحران خشکسالی برای یک استان و در یکی از سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۴۰۰ و یکی از ماه‌هاست. برای مثال، فرض کنید عدد ۲ در این لیست در ردیف ۱۰ قرار دارد، با توجه به جدول ۱ این عدد بیان‌گر این است که، در استان آذربایجان شرقی برای بحران خشکسالی در سال ۱۳۸۸ و در دی ماه، ۲ مورد اخبار خشکسالی ثبت شده است.

مثالی دیگر: فرض کنید عدد ۳ در ردیف ۲۰، با توجه به جدول ۱، این عدد بیان‌گر این است که، در استان آذربایجان غربی برای بحران خشکسالی در سال ۱۳۸۹ و در آبان ماه، ۳ مورد خشکسالی ثبت شده است.

این داده‌ها در پایگاه داده توسط حلقه‌های تو در تو به‌کمک زبان پایتون در جدولی به نام ws_data_88 ذخیره شد. ستون‌های این جدول شامل id، year، month، day، province و disaster است که در شکل (۲) نمایش داده شده است.

برای رفتار هر یک از بحران‌ها، در هر ماه، یک مدل در نظر گرفته شده است. در واقع هر بحران به‌جای یک مدل که فقط رفتار بحران را در هر سال بیان کند، دارای ۱۲ مدل است. به‌کمک این دوازده مدل به‌دست آمده رفتار بحران در هر ماه سال پیش‌بینی می‌شود.

جدول ۱: نام و ترتیب استان‌ها

Table 1: Names and Order of Provinces

نام استان‌ها The names of the provinces				
۱. آذربایجان شرقی 1. East Azarbaijan	۸. تهران 8. Tehran	۱۵. سمنان 15. Semnan	۲۲. کرمانشاه 22. Kermanshah	۲۹. هرمزگان 29. Hormozgan
۲. آذربایجان غربی 2. West Azarbaijan	۹. چهارمحال و بختیاری 9. Chaharmahal and Bakhtiari	۱۶. سیستان و بلوچستان 16. Sistan and Baluchestan	۲۳. کهگیلویه وبویراحمد 23. Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad	۳۰. همدان 30. Hamedan
۳. اردبیل 3. Ardabil	۱۰. خراسان جنوبی 10. South Khorasan	۱۷. فارس 17. Fars	۲۴. گلستان 24. Golestan	۳۱. یزد 31. Yazd
۴. اصفهان 4. Isfahan	۱۱. خراسان رضوی 11. Razavi Khorasan	۱۸. قزوین 18. Qazvin	۲۵. گیلان 25. Gilan	
۵. البرز 5. Alborz	۱۲. خراسان شمالی 12. North Khorasan	۱۹. قم 19. Qom	۲۶. لرستان 26. Lorestan	
۶. ایلام 6. Ilam	۱۳. خوزستان 13. Khuzestan	۲۰. کردستان 20. Kurdistan	۲۷. مازندران 27. Mazandaran	
۷. بوشهر 7. Bushehr	۱۴. زنجان 14. Zanjan	۲۱. کرمان 21. Kerman	۲۸. مرکزی 28. Markazi	

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Comments	Extra
1	id	int(11)			No	None		AUTO_INCREMENT
2	year	int(4)			No	None		
3	month	int(2)			No	None		
4	day	int(2)			No	None		
5	province	varchar(255)	utf8mb4_unicode_ci		Yes	NULL		
6	disaster	varchar(255)	utf8mb4_unicode_ci		Yes	NULL		

شکل ۲: ساختار جدول ws_data_88 به‌منظور ذخیرسازی داده‌های خام

Fig. 2: Structure of the ws_data_88 Table for Storing Raw Data

با استفاده از داده‌های سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۵، رابطه (۱)، رابطه (۲)، رابطه (۳) و رابطه (۴)، برای هر یک از ماه‌ها برازش داده می‌شود. پس، داده‌های سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۵ را برای برازش داده منحنی و ارائه مدل مورد استفاده قرار داده شده است. داده‌های سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰ را نیز برای بدست آوردن ضریب همبستگی پیرسون، رابطه (۵) [۲۴]، به‌کار گرفته می‌شود. در نهایت چهار نوع مدل رفتاری اصلی برای خشکسالی حاصل می‌شود.

$$Y = aX + b \quad (۱)$$

$$Y = aX^2 + bX + c \quad (۲)$$

$$Y = aX^3 + bX^2 + cX + d \quad (۳)$$

$$Y = aX^4 + bX^3 + cX^2 + dX + e \quad (۴)$$

a، b، c، d و e ضرایب معادلات چندجمله‌ای هستند.

$$\rho_{X,Y} = \frac{\mathrm{cov}(X,Y)}{\sigma_X \sigma_Y} \quad (۵)$$

در رابطه ۵، σ_X ، انحراف معیار X، σ_Y ، انحراف معیار Y، $\rho_{X,Y}$ ، ضریب همبستگی پیرسون بین X و Y و $cov(X,Y)$ ، کوریانس بین X و Y می‌باشد

انحراف استاندارد اندازه گیری میزان تغییر یا پراکندگی مجموعه ای از مقادیر است [۲۵, ۲۶]. در تئوری و آمار احتمال، کواریانس اندازه‌گیری تنوع مشترک دو متغیر تصادفی است[۲۷, ۲۸]. ضریب همبستگی پیرسون اندازه‌گیری همبستگی خطی بین دو مجموعه داده است. [۲۹, ۳۰] این ضریب نسبت بین کواریانس دو متغیر و محصول انحراف معیار آن‌ها است. بنابراین، در اصل یک اندازه‌گیری عادی از کواریانس است، به‌گونه‌ای که نتیجه همیشه دارای یک مقدار بین ۱- تا ۱ است. مانند خود کواریانس، این اندازه‌گیری فقط می‌تواند یک همبستگی خطی متغیرها را منعکس کند و بسیاری از انواع دیگر روابط را نادیده می‌گیرد. با محاسبه ضریب همبستگی پیرسون برای هریک از مدل‌ها و مقایسه نتایج با یکدیگر، بهترین مدل به‌عنوان مدل رفتاری خشکسالی، انتخاب می‌شود. لازم به ذکر است هر نوع مدل رفتاری شامل ۳۷۲ مدل فرعی است که هریک برای استان و ماه خاصی است. میانگین ضرایب همبستگی ۳۷۲ مدل فرعی، ضریب همبستگی مدل اصلی یا کلی است. برای این ۳۷۲ مدل تولید شده، در هر مدل کلی، داده‌های سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰ را محاسبه و ذخیره می‌کنیم. داده‌های واقعی نیز از سایت ایدمان در دسترس است. حال داده‌های محاسباتی و واقعی موجود است، کافیست ضریب همبستگی پیرسون را برای این مدل‌ها به‌طور جداگانه محاسبه و میانگین‌گیری کرد.

توضیح بیشتر اینکه، برای هریک از مدل‌های فرعی، که معرف مدل رفتاری خشکسالی برای یک استان مشخص و ماه مشخصی است، هشت داده محاسباتی و واقعی در دسترس است. با مثالی این موضوع روشن‌تر بیان خواهد شد.

رفتار بحران خشکسالی استان تهران در فروردین ماه مدل رفتاری دارد که می‌تواند حاصل از برازش منحنی رابطه (۱)، رابطه (۲)، رابطه (۳) یا رابطه (۴) باشد. برای هر یک از سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰ عددی توسط این مدل بدست می‌آید. همچنین اعداد واقعی این رخداد را همان‌طور که بیان شد از سایت ایدمان داریم. حال کافی است به‌کمک رابطه (۵)، ضریب همبستگی پیرسون بین اعداد محاسباتی بدست آمده از مدل و اعداد واقعی مربوطه، محاسبه می‌شود. این روند برای ۳۷۲ مدل فرعی انجام می‌پذیرد. در نهایت با میانگین گرفتن از این ۳۷۲ عدد، ضریب همبستگی پیرسون برای مدل اصلی بدست می‌آید. لازم به ذکر است مدل اصلی حاصل از برازش رابطه (۱) تا رابطه (۴) هر یک به‌طور جداگانه این روند را طی می‌کنند و برای هر یک ضریب همبستگی پیرسون، رابطه (۵)، محاسبه می‌شود.

نتایج

ضریب همبستگی پیرسون برای مدل‌های اصلی یا کلی حاصل از رابطه (۱)، رابطه (۲)، رابطه (۳) و رابطه (۴) در جدول (۲) آمده است.

جدول ۲: ضریب همبستگی پیرسون حاصل برازش چندجمله‌ای روابط (۱)، (۲)، (۳) و (۴)

Table 2: Pearson Correlation Coefficients Obtained from Fitting Polynomial Relationships (1), (2), (3), and (4)

Polynomial Type	Pearson Correlation Coefficient
Relation (1)	0.36
Relation (2)	0.31
Relation (3)	0.34
Relation (4)	0.38

در نهایت برای بحران خشکسالی در هر استانی ۱۲ مدل فرعی حاصل شد. هر یک از این مدل‌ها رفتار بحران خشکسالی در استان مربوطه را به ترتیب برای ماه‌های فروردین تا اسفند ارائه دادند. تعداد استان‌ها ۳۱ و تعداد ماه‌ها ۱۲ است، پس در نهایت ۳۷۲ مدل فرعی برای هر یک از مدل‌های اصلی، به‌طور جداگانه، بدست آمد. ضرایب مدل‌های فرعی در پایگاه داده ذخیره شد.

برازش دادن روابط (۱)، (۲)، (۳) و (۴) بدین معنی است که ضرایب a و b و c و d و e بدست آورده شود. رابطه (۱) دو ضریب a و b را دارد که با ساختاری که در شکل (۳) آمده است ذخیره شد.

در شکل (۳) تنها ساختار جدول مدل رابطه (۱) در پایگاه داده آمده است. برای مدل‌های دیگر کافیست، ستون ضرایب دیگر را در جدول اضافه کرد. مدل رابطه (۲) ستون ضریب c، مدل رابطه (۳) ستون ضریب c و d و مدل رابطه (۴) ستون ضریب c، d و e اضافه می‌شود. در نهایت تمام ضرایب مدل‌ها در جدولی، به‌طور جداگانه، در پایگاه داده ذخیره شد.

اطلاع‌رسانی به کاربر به‌گونه‌ای است که امکان انتخاب هر چهار مدل تولید شده را به کاربر می‌دهد. همچنین مقایسه نتایج پیش‌بینی این مدل‌ها را نسبت به‌هم فراهم می‌آورد. این نوع اطلاع‌رسانی با یک سیستم خبره یا متخصص و به‌کمک مدل‌های رفتاری بدست آمده از روابط (۱)، (۲)، (۳) و (۴) حاصل شده است. در بستر وب زمان ارائه پاسخ به درخواست کاربر بسیار اهمیت دارد. هرچه معادلات و تحلیل‌های

پیچیده‌تری برای اطلاع‌رسانی استفاده شود، زمان ارائه پاسخ به درخواست کاربر بیشتر می‌شود.

برای ارائه اطلاعات به کاربر، نیاز به ماهی که کاربر درخواست ارسال کرده است و همچنین استان مد نظر کاربر داریم. با مشخص شدن ماه و استان و به‌کمک مدل‌های رفتاری و سیستم خبره یا متخصص، احتمال وقوع خشکسالی در بستر وب به کاربر نمایش داده می‌شود. نحوه ارائه اطلاعات به کاربر در شکل (۴) آمده است.

بحث و بررسی

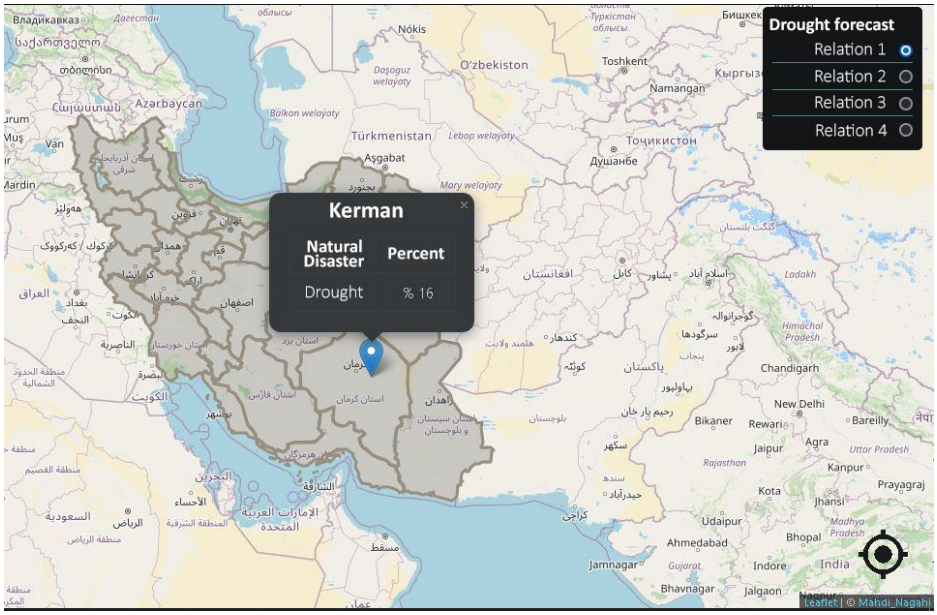
با توجه به جدول شماره (۲) می‌توان گفت معادلات پیچیده‌تر بهبودی چشم‌گیری در مدل رفتاری و ضریب همبستگی آن ایجاد نمی‌کند. همچنین می‌توان گفت به ترتیب رابطه (۴)، رابطه (۱)، رابطه (۳) و رابطه (۲) از ضریب همبستگی بهتری برخوردار هستند. پیچیده شدن مدل از رابطه (۱) به رابطه (۲) موجب بهبود همبستگی بین مدل و واقعیت نمی‌شود. اما پیچیده شدن مدل از رابطه (۲) به رابطه (۳) و همچنین از رابطه (۳) به رابطه (۴) این همبستگی را بهبود می‌بخشد.

خشکسالی یک بحران یا بلای طبیعی است [۱]. خشکسالی معمولا از یک رفتار ثابت پیروی نمی‌کنند. چراکه یک بارش باران شدید غیرمنتظره می‌تواند تمام مدل‌های پیش‌بینی را دچار چالش بزرگی کند. پس نمی‌توان انتظار همبستگی بالایی از مدل‌ها نسبت به واقعیت داشت. به‌طور خاص تعریف ضریب تعیین، مربع همبستگی بین دو متغیر است. [۳۱] ضریب تعیین یا مجذور ضریب همبستگی دو مدل ANFIS و ANN، که به‌منظور پیش‌بینی خشکسالی طراحی شده بود، بررسی شد [۳۲]. داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های زابل، زاهدان، خاش، ایرانشهر و چابهار از سال آبی ۶۵-۶۴ تا ۹۵-۹۴ در این تحقیق مورد استفاده می‌باشد. در مجموع مدل ANFIS دقت بهتری از ANN داشته است. پس برای مقایسه نتایج، تنها مدل ANFIS را در نظر می‌گیریم. نتایج حاصل از مدل ANFIS در جدول (۳) آمده است. این نتایج برای پیش‌بینی خشکسالی در استان سیستان و بلوچستان است. در جدول (۳) شاخص‌های بارندگی استاندارد شده، درصد نرمال و خشکسالی موثر مورد بررسی قرار گرفته است [۳۳].

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Comments	Extra
1	id	int(255)			No	None		AUTO_INCREMENT
2	province	varchar(255)	utf8_general_ci		No	None		
3	province_code	int(255)			No	None		
4	disaster	varchar(255)	utf8_general_ci		No	None		
5	disaster_code	int(255)			No	None		
6	month	int(255)			No	None		
7	coef_a	float			No	None		
8	coef_b	float			No	None		

شکل ۳: ساختار جدول ذخیره ضرایب مدل چندجمله‌ای رابطه (۱)

Fig. 3: Structure of the Table for Storing Polynomial Model Coefficients of Relationship (1)



شکل ۴: احتمال خشکسالی کرمان در ماه شهریور در مدل خطی یا رابطه (۱)

Fig. 4: Drought Probability in Kerman in the Month of Shahrivar in Linear Model or Relationship (1)

جدول ۳: میانگین مجذور ضریب همبستگی پنج ایستگاه برای مدل ANFIS

Table 3 - Mean Squared Correlation Coefficients of Five Stations for ANFIS Model

Index	Mean square correlation coefficient
Standardized Precipitation Index (SPI)	0.48
Normalized Precipitation Index (PN)	0.55
Effective Drought Index (EDI)	0.92

در شاخص EDI خشکسالی به‌طور روزانه پایش می‌شود [۶]. پس نمی‌توان نتایج این شاخص را با نتایج مدل‌های روابط (۱) تا (۴) مقایسه کرد. مدل‌های روابط (۱) تا (۴) به‌طور ماهانه برازش داده شده‌اند. با توجه به جدول (۲) و (۳) مدل ANFIS از نظر همبستگی بهتر از مدل رفتاری روابط (۱) تا (۴) است. در بستر وب امکان تحلیل‌های طولانی مدت را نداریم. زمان اطلاع‌رسانی در بستر وب تا حد امکان باید کم باشد. طولانی شدن این زمان کاربر را خسته کرده و سامانه اطلاع‌رسانی ساخته شده با مدل ANFIS کارایی چندانی ندارد. لازم به ذکر است دقت‌های بالا در زمینه پیش‌بینی رفتار یک بحران یا بلای طبیعی، کمی اغراق‌آمیز است، چراکه اگر با دقت بالا امکان پیش‌بینی بلایای طبیعی میسر بود، این حجم از خسارات ناشی از این بلایا دچار زمین نمی‌شد.

نتیجه‌گیری

پیامدهای ناشی از تغییر اقلیم، به‌ویژه در اثر افزایش گازهای گلخانه‌ای، طی سال‌های اخیر مشکلات زیادی را همراه داشته است. این پیامدها به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم بخش‌های مختلف جامعه را تحت تاثیر قرار داده است. یکی از مهمترین این پیامدها افزایش وقوع بلایای جوی - اقلیمی نظیر سیل، خشکسالی، چرخندهای حاره‌ای، بالا آمدن سطح آب دریا، توفان گرد و غبار و ... است. که شایع‌ترین آن‌ها در ایران وقوع سیل و خشکسالی است. با توجه به موقعیت جغرافیایی ایران و سیستم‌های سینوپتیکی که این منطقه را تحت تاثیر قرار می‌دهند. آشکار است که خشکی از جمله ویژگی‌های این منطقه به حساب می‌آید. خشکسالی یکی از مهمترین و شایع‌ترین بلایای جوی - اقلیمی است که این کشور را متأثر می‌سازد. از آنجا که خشکسالی، بخش های مختلف جامعه مانند منابع آب، کشاورزی، صنعت، اقتصاد، بهداشت و ... را تحت تاثیر قرار می دهد. لذا پایش و ارزشیابی این بحران در آینده به‌منظور برنامه ریزی صحیح در بخش های مختلف جامعه، امری لازم و ضروری است.

در این مقاله به بحران خشکسالی در ایران به‌کمک داده‌های سال ۱۳۸۸ تا ۱۴۰۰ پرداخته شد. با دستیابی به مدل رفتار خشکسالی در هر ماه، سیستم خبره یا متخصصی در بستر وب طراحی و پیاده‌سازی شد.

با توجه به جدول (۲) می‌توان اذعان کرد، ضریب همبستگی پیرسون برای چهار مدل چندجمله‌ای رابطه (۱)، رابطه (۲)، رابطه (۳) و رابطه (۴) بسیار نزدیک به هم است. در این پژوهش بنا به دلایل متنوع از جمله؛ اطلاع‌رسانی تحت وب، تا حد ممکن باید پاسخ به کاربر در زمان کوتاهی انجام گیرد. به‌همین جهت استفاده از معادله‌های پیچیده‌تر برای بهتر شدن ضریب همبستگی به میزان ۰.۰۲ به هیچ‌وجه درست نیست، چراکه زمان ارائه اطلاعات به کاربر را افزایش می‌دهد. پس بهتر است از چندجمله‌ای رابطه (۱) یا مدل خطی با ضریب همبستگی ۰.۳۶ استفاده شود.

پیشنهاد می‌شود این روند برای بحران‌های دیگری از جمله آلودگی هوا، سیل، زلزله، آتش‌سوزی جنگل‌ها و مراتع نیز انجام گیرد تا در نهایت سامانه‌ای کامل و جامع، تحت بستر وب، عرضه شود. همچنین مدل‌های دیگری نیز برای خشکسالی تحت بستر وب ارائه و نتایج حاصل، با یکدیگر مقایسه شود.

مشارکت نویسندگان

در این مقاله نویسندگان به نسبت سهم برابر مشارکت داشته‌اند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از تمام افرادی که در جمع‌آوری اطلاعات و تجزیه و تحلیل نمونه‌ها ما را در این تحقیق یاری رساندند، تشکر و تقدیر می‌نمایند.

تعارض منافع

هیچگونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

منابع و مآخذ

[1] Maybank J, Bonsai B, Jones K, Lawford R, O'brien E, Ripley E, et al. Drought as a natural disaster. Atmosphere-Ocean. 1995;33(2):195-222.

[2] Mohammadi J, Vafaeinezhad A, Behzadi S, Aghamohammadi H, Hemmasi A. Drought prediction and modeling by hybrid wavelet method and neural network algorithms. Journal of RS and GIS for Natural Resources. 2022;13(4):13-6.

[3] Karimi P, Safaval PA, Behzadi S, Azizi Z, Zarkash MMK, Kalashami HK. Flood Risk Zoning Using Geographical Information System Case Study: Khorramabad Flood in April 2019. Acta hydrotechnica. 2022;35(63):89-100.

[4] Jalilzadeh A, Behzadi S, editors. Flood Mapping and Estimation of Flood Water-Level Using Fuzzy Method and Remote Sensing Imagery (Case Study: Golestan Province, Iran). Forum Geografic; 2020: University of Craiova, Department of Geography.

[5] Behzadi S, Mousavi Z, Norouzi E. Mapping Historical Water-Supply Qanat Based On Fuzzy Method. An Application to the Isfahan Qanat (Isfahan, Iran). International Journal of Numerical Methods in Civil Engineering. 2019;3(4):24-32.

[6] SHIRAVAND H, KHALEDI S, BEHZADI S, Shokri SHA. Monitoring and assessing the changes in the coverage and decline of oak forests in Lorestan Province using Satellite Images and BFAST Model. 2020.

Spatial Analysis of Water Levels at the Time of Drought. Journal of Geomatics Science and Technology. 2020;9(3):73-84.

[20] Mahjoobi M, Behzadi S. Solar desalination site selection on the Caspian Sea coast using AHP and fuzzy logic methods. Modeling Earth Systems and Environment. 2022:1-9.

[21] Poorazizi E, Alesheikh A, Behzadi S. Developing a mobile GIS for field geospatial data acquisition. J Appl Sci. 2008;8(18):3279-83.

[22] Ghasempoor Z, Behzadi S. Traffic Modeling and Prediction Using Basic Neural Network and Wavelet Neural Network Along with Traffic Optimization Using Genetic Algorithm, Particle Swarm, and Colonial Competition. Journal of Geomatics Science and Technology. 2021;10(3):147-63.

[23] Ghasempoor Z, Behzadi S. Predicting Traffic Data in GIS using Different Neural Network Methods. International Journal of Geography and Geology. 2022;11(2):62-71.

[24] Schober P, Boer C, Schwarte LA. Correlation coefficients: appropriate use and interpretation. Anesthesia & Analgesia. 2018;126(5):1763-8.

[25] Bland JM, Altman DG. Statistics notes: measurement error. Bmj. 1996;312(7047):1654.

[26] Ghashghaie S, Behzadi S. Spatial Statistics Analysis to Identify Hot Spots Using Accidental Event Calls Services. Journal of Statistical Research of Iran JSRI. 2019;16(1):121-41.

[27] Rice JA. Mathematical statistics and data analysis: Cengage Learning; 2006.

[28] Abdollahi A, Behzadi S. Socio-Economic and Demographic Factors Associated with the Spatial Distribution of COVID-19 in Africa. Journal of Racial and Ethnic Health Disparities. 2022:1-13.

[29] Ahmed Z, Kumar S. Pearson's correlation coefficient in the theory of networks: A comment. arXiv preprint arXiv:180306937. 2018.

[30] Deng J, Deng Y, Cheong KH. Combining conflicting evidence based on Pearson correlation coefficient and weighted graph. International Journal of Intelligent Systems. 2021;36(12):7443-60.

[31] Everitt. Everitt BS 2002: The Cambridge dictionary of statistics (2nd ed.). CUP. p. 78. ISBN 978-0-521-81099-9. 2002.

[32] Jalilzadeh A, Behzadi S. Machine learning method for predicting the depth of shallow lakes using multi-band remote sensing images. Journal of Soft Computing in Civil Engineering. 2019;3(2):54-64.

[33] Shiravand H, Khaledi S, Behzadi S. Evaluation and Prediction of Decline of Oak Forests in Middle Zagros (Lorestan Section) with a Climate Change Approach. Iranian Journal of Forest and Range Protection Research. 2019;17(1):64-81.

[7] Norouzi E, Behzadi S. Evaluating machine learning methods and satellite images to estimate combined climatic indices. International Journal of Numerical Methods in Civil Engineering. 2019;4(1):30-8.

[8] Norouzi E, Behzadi S. The Feasibility of Machine-learning Methods to Extract the Surface Evaporation Quantity using Satellite Imagery. Journal of Electrical and Computer Engineering Innovations (JECEI). 2021;9(2):229-38.

[9] Mousavi Z, Behzadi S. Geo-Portal Implementation with a Combined Approach of AHP and SWOT. International Journal of Natural Sciences Research. 2019;7(1):23-31.

[10] Mousavi Z, Behzadi S. Introducing an Appropriate Geoportal Structure for Managing Wildlife Location Data. International Journal of Natural Sciences Research. 2019;7(1):32-48.

[11] Hosseini-Moghari S.M., Araghinejad Sh. Application of Statistical, Fuzzy and Perceptron Neural Networks in Drought Forecasting (Case Study: Gonbad-e Kavous Station). Journal of Water and Soil. 2016;30(1):247-259.

[12] Hassanzadeh Y., Abdi Kordani A., Fakheri Fard A.. Drought Forecasting Using Genetic Algorithm and Conjoined Model of Neural Network-Wavelet. Journal of Water and Wastewater. 2012;23(3):48-59.

[13] Awan JA, Bae DH. Drought prediction over the East Asian monsoon region using the adaptive neuro-fuzzy inference system and the global sea surface temperature anomalies. IJCli. 2016;36(15):4767-77.

[14] Shirmohammadi B, Moradi H, Moosavi V, Semiromi MT, Zeinali A. Forecasting of meteorological drought using Wavelet-ANFIS hybrid model for different time steps (case study: southeastern part of east Azerbaijan province, Iran). Natural hazards. 2013;69(1):389-402.

[15] Behzadi S, Jalilzadeh A. Introducing a Novel Digital Elevation Model Using Artificial Neural Network Algorithm. Civil Engineering Dimension. 2020;22(2):47-51.

[16] Mokhtarzad M, Eskandari F, Jamshidi Vanjani N, Arabasadi A. Drought forecasting by ANN, ANFIS, and SVM and comparison of the models. Environmental earth sciences. 2017;76:1-10.

[17] Arandian N, Behzadi S. Providing a Web-Based Platform Based on Predicted Weights from Existing Conditions. The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2020;42:1169-72.

[18] Ghasempoor Z, Behzadi S. Provide an Automated Web-based Platform for Collecting Traffic Data. Journal of Geomatics Science and Technology. 2022;12(1):171-86.

[19] Barzegari S, Agahamohammadi H, Behzadi S. Development of a Strategy Using Spatial Analysis and Neural Network for

معرفی نویسندگان

AUTHOR(S) BIOSKETCHES

مهدی ناگهی دارای مدرک کارشناسی ارشد مهندسی سامانه های اطلاعات مکانی از دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی تهران می‌باشد. همچنین مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی عمران نقشه برداری از دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی در سال ۱۳۹۶ اخذ نموده بود. ایشان از سال ۱۳۹۷ تاکنون به عنوان هنر آموز رشته ساختمان و کامپیوتر در آموزش و پرورش تهران مشغول به فعالیت میباشد. زمینه تخصصی ایشان برنامه نویسی در حوزه GIS می باشد.

Nagahi, M. Department of Surveying and Geomatics Engineering, Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran

nagahiedu@gmail.com

سعید بهزادی دارای مدرک دکتری تخصصی مهندسی عمران نقشه برداری گرایش سامانه اطلاعات مکانی از دانشگاه صنعتی خواجه نصیر از تهران می‌باشد. از سال ۱۳۹۵ تا کنون به عنوان استادیار در گروه مهندسی عمران نقشه برداری دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی مشغول به فعالیت میباشند ایشان تا کنون موفق به چاپ بیش از ۱۰۰ مقاله در مجلات و کنفرانس‌های معتبر بین‌المللی شده اند. زمینه های تخصصی ایشان عبارتند از هوش مصنوعی GIS پزشکی کاربرد یادگیری ماشین و هوش مصنوعی در GIS.

Behzadi, S. Assistance Professor at the Department of Surveying and Geomatics Engineering, Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran

behzadi@sru.ac.ir

Citation (Vancouver): Nagahi M, Behzadi S. [Detection of Drought Behavioral Patterns and Its Prediction Using Web-Based Expert Systems]. *J. RS. GEOINF. RES. 2024; 2(1): 169-178*

https://doi.org/10.22061/jrsgr.2024.10772.1063

COPYRIGHTS

© 2024 The Author(s). This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)