

Research Paper

Reducing the Vulnerability of Vital Arteries to Flood (Case Study: Sabzevar City)

Abolghasem Sanaei Fard^{*1}, Abolghasem Amir Ahmadi², Yaghoob Zanganeh³

1. PhD Student in Geomorphology, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran.

2. Professor of Geomorphology, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran.

3. Associate Professor of Urban Planning Department, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran.

Abstract

As the most devastating natural disasters, floods are often associated with significant loss of life and property. Every year, floods in Iran cause a lot of damage to economic resources. The occurrence of floods and the resulting damage in Iran has been increasing in recent years. The study aims to investigate the risk of floods and assess the damage to Sabzevar city. To study the flood, the support vector machine model was used for flood modeling. After investigating 56 recorded flood points, ten factors influencing floods' occurrence, including land use, population density, canals, slope classes, residential density, CN coefficient, runoff rate, population density, open space, and age of buildings were considered. Then, Justin and ICAR methods were employed to estimate the study area runoff. According to the envelope and Deacon curve, the flood in the region was evaluated in 25-year and 50-year return periods. The results showed that the model's amount of rainfall could be quickly converted into runoff and after routing to yield and water level in the desired sections. The model was evaluated by various accuracy measures, including kappa coefficient, RMSE, system ROC curve performance and prediction rate curve (PRC). The study aims to investigate floods and the factors affecting their occurrence and identify areas prone to floods using the support vector machine (SVM) model to reduce the crisis and vulnerability to urban floods. According to the studies, it was found that the flood dams on the north side of the city do not correspond to the existing problems in Sabzevar city so that the network of urban thoroughfares is more involved in directing urban floods than the network of Sabzevar canals. Therefore, it is necessary to create suitable channels for directing running water and floods in Sabzevar city so that the role of channels in leading floods is more than urban roads. The results of this study can be used to manage flood vulnerable areas and reduce crises.

Received: 2020/10/15

Accepted: 2021/08/13

PP: 1-16

Use your device to scan and
read the article online



Keywords:

Crisis Management, Flood, Vulnerability, Sabzevar, Support Vector Machine (SVM) Model.

Citation: Sanaei Fard, A; Amir Ahmadi, A; Zanganeh, Y . (2023): **Reducing the Vulnerability of Vital Arteries to Flood (Case Study: Sabzevar City)**, Journal Research and Urban Planning, Vol 14, No 52, PP 1-16.

DOI: 10.30495/JUPM.2021.26428.3693

DOR: 20.1001.1.22285229.1402.14.52.4.6

*Corresponding author: Abolghasem Sanaei Fard

Address: PhD Student in Geomorphology, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran..

Tell:

Email: ijkl278etp4@gmail.com

Extended Abstract

Introduction

Hydrological changes due to urban development and urban planning and how to change land use in urban basins have led to changes in total runoff, nutrition due to rainfall, peak flood rates and water quality (Ghobadi et al., 2019: 1491). In general, natural hazards refer to events such as earthquakes, landslides, volcanic activity and floods. Each of these phenomena has risks for human societies. Still, it should be noted that the risk is not always born of these risks (natural vulnerability) but is due to human systems and related damage (human vulnerability). Flooding is one of the critical natural hazards that has affected many parts of the world, including developed countries (Saffari et al., 2020: 318).

Theoretical framework

This decision relies on big data analysis, which is more challenging than traditional data, requiring computational intelligence to analyze and extract different data structures and present them through computational strategies. (Sao et al.: 2021). In most flood management systems, computational intelligence is essential for timely decision making (Mohantary et al., 2020). In the field of flood investigation, they use artificial intelligence and machine learning algorithms for predictions, flood-affected areas and damage detection (Mishra et al.: 2020). Although complete flood prevention is considered impossible, the precise sensitivity of the flood risk zoning map enables us to predict where floods may occur (Liu et al., 2021: 2).

Research Methodology

In the present study, to prepare information layers from a topographic map with scale 1:1000000 to prepare a slope map, the DEM with 12.5 m resolution belonging to ALOS-PALSAR satellite, natural and urban land use map, Google Earth satellite images, meteorological data along with recorded rainfall data (hyetograph), and hydrometric data were used along with flood hydrographs, hydrological and climatic statistical data were used.

Two Justin and ICAR methods were employed to estimate the runoff in the study basins. The Kappa coefficient (KC), also known as the Justin coefficient, is obtained according to Equation 1 (Hosseini: 2013).

Equation 1:

$$S = (h_{max} - h_{min}) / \sqrt{A}$$

$$R = W/A$$

$$K = (R(1.8T + 32)) / (S^{0.155} \times P^2)$$

The I.C.A.R. method

The experimental ICAR method was employed to estimate runoff in the study area.

The Indian Agricultural Research Association has proposed this method, and the relationship is calculated according to Equation 3 (Delfredi: 2014).

Equation 1:

$$Q = (1.511 \times P^{1.44}) / (T^{1.34} \times A^{0.063})$$

Support vector machine model

The regression decision function of the nonlinear backup vector will be equation 1, which controls the Gaussian function's oscillation rate and the prediction results and generalizes the SVM model.

Equation 4:

$$b_{++} = \sum_{i=1}^l (-\partial_i - \partial_i^*) k(X_i, X_j) f(x_i)$$

After all, maps were restored and normalized. Also, the normalized maps were evaluated. Then the different layers were weighed using the SVM model.

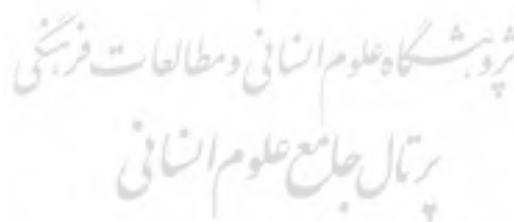
Results and discussion

In the study area, 56 flood points were first identified and recorded after reviewing recent floods. 70% of the points were randomly assigned for calibration and 30% for evaluation. Then the probability of flooding was modeled using the support vector machine model. The model was then validated using slash points that were not included in the implementation and calibration of the model by various

evaluation criteria such as the RMSE, KC, ROC curve, and Prediction Rate Curve. Then 70% of the data (41 points) and 30% of the data (15 points) were performed to evaluate the model in R software. To determine the appropriate points for flood discharge, we first identified the flood route, which is the bottom route of the flood and the runoff flows in it. The connection of two flood channels is the most appropriate point for flood discharge. Due to the unauthorized construction and location of the canal on the east side of the city, residents and immigrants from other cities have flocked to these parts and occupied the area of the channel. So that in the north side of this encroachment is less and the further we go to the south, this encroachment becomes more and more. Land-use changes from agricultural to residential in an unprincipled manner and blocking existing drains, failure to design and implement a comprehensive network for collecting and disposing of surface water in different parts of the city, and unprincipled constructions and encroachment on riverbeds can cause damages.

Conclusion

In the present study, the SVM model was used to assess the risk of floods in Sabzevar. This study showed that the SVM model is a suitable model for flood zoning and determining hazard ranges in the region. Investigation of flooding with the flood envelope and Deacon Curves shows that small changes at low levels have a large effect on the output of the model, i.e. peak flood discharge. The Justin method provided a high runoff height to estimate the amount of runoff in the study area based on the two Justin and ICAR methods. Expansion of construction in urban areas increases the flow and volume of runoff in it. In this way, the surface water that originates from the northern slopes overlooking the city has moved towards the city, which is accompanied by the arrival of mud during the rainy season and creates problems for the roads and the city. Due to unauthorized construction and the location of the channels on the east side of the city, residents and immigrants from other cities have been sent to these parts and have occupied the area of the channel so that in the north side of this encroachment is less. The further we go to the south, this encroachment increases to the area of the channel. The results of this study can prevent planners and researchers from taking appropriate measures to prevent and reduce the risk of flooding in the future.



کاهش آسیب‌پذیری شریان‌های حیاتی در برابر سیل (مطالعه موردی: شهر سبزوار)

ابوالقاسم سنایی فرد^{۱*}؛ ابوالقاسم امیر احمدی^۲؛ یعقوب زنگنه^۳

۱. دانشجو دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.
۲. استاد ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.
۳. دانشیار گروه برنامه‌ریزی شهری، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.

چکیده

سیل یکی از مخرب‌ترین بلایای طبیعی است که معمولاً با خسارت‌های جانی و مالی فراوانی همراه است. سیل همه ساله در کشور ایران خسارت زیادی را به منابع اقتصادی وارد می‌آورد. وقوع سیل و خسارات ناشی از آن در ایران طی سال‌های اخیر روند افزایشی داشته است. هدف از این پژوهش، بررسی میزان خطرپذیری سیلاب و ارزیابی خسارات وارده به شهر سبزوار می‌باشد. جهت بررسی سیلاب از مدل ماشین بردار پشتیبان برای مدل‌سازی سیلاب استفاده شد. پس از بررسی‌های صورت گرفته ۵۶ نقطه سیل گیر ثبت شده و ۱۰ عامل موثر در وقوع سیل شامل کاربری اراضی، تراکم جمعیت، مسیل‌ها، طبقات شیب، تراکم مسکونی، ضریب CN، ضریب رواناب، تراکم جمعیت، فضای باز و قدمت ابنیه در نظر گرفته شد. سپس جهت برآورد میزان رواناب در منطقه مورد مطالعه از روش جاستین و I.C.A.R استفاده گردید است و طبق منحنی پوش و دیکن برآورد سیلاب منطقه در دوره بازگشت ۲۵ ساله و دوره بازگشت ۵۰ ساله جهت دوره‌های بازگشت برآورد گردید و نتایج نشان داد که مقدار بارندگی در سطح منطقه توسط مدل به سرعت قابل تبدیل به رواناب و پس از روندیابی، به بده و تراز آب در مقاطع مورد نظر می‌باشد. ارزیابی مدل توسط معیارهای مختلف سنجش دقت از جمله ضریب کاپا، ریشه میانگین مربعات خطا، منحنی مشخصه عملکرد سیستم ROC و منحنی میزان پیش‌بینی صورت گرفت. هدف اصلی پژوهش بررسی سیلاب و عوامل موثر در وقوع آن‌ها و در نهایت شناسایی مناطق مستعد سیلاب با استفاده از مدل ماشین بردار پشتیبان جهت کاهش بحران و آسیب‌پذیری سیلاب شهری می‌باشد. با توجه به مطالعات انجام شده مشخص گردید سیل بندهای ضلع شمال شهر با مسیل‌های موجود در شهر سبزوار منطبق نمی‌باشد به طوری که شبکه معابر شهری بیش از شبکه مسیل‌ها سبزوار در هدایت سیلاب شهری نقش دارند، پس نیاز است مسیل‌های مناسب جهت هدایت آب‌های جاری و سیلاب‌ها در شهر سبزوار ایجاد شود تا نقش مسیل‌ها در هدایت سیل بیشتر از معابر شهری گردد. نتایج به دست آمده از این پژوهش می‌تواند برای مدیریت مناطق آسیب‌پذیر سیل و کاهش بحران استفاده شود.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۲۲

شماره صفحات: ۱-۱۶

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید



واژه‌های کلیدی:

مدیریت بحران، سیلاب، آسیب‌پذیری، سبزوار، مدل ماشین بردار پشتیبان

استناد: سنایی فرد، ابوالقاسم؛ امیر احمدی، ابوالقاسم؛ زنگنه، یعقوب (۱۴۰۲)، کاهش آسیب‌پذیری شریان‌های حیاتی در برابر سیل (مطالعه موردی: شهر سبزوار)، فصلنامه پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال ۱۴، شماره ۵۲، مردادشت، صص ۱-۱۶.

DOI: 10.30495/JUPM.2021.26428.3693

DOR: 20.1001.1.22285229.1402.14.52.4.6

*نویسنده مسئول: ابوالقاسم سنایی فرد

نشانی: دانشجو دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.

تلفن: ۰۹۱۵۳۷۱۵۲۳۸

پست الکترونیکی: ijkl278etp4@gmail.com

مقدمه:

در میان انواع انواع مخاطرات محیطی، سیل یکی از مخرب‌ترین بلای طبیعی است که خسارات و آسیب‌های فراوان را به همراه دارد (Shahabi, 2021: 172). تحولات هیدرولوژیک ناشی از توسعه شهرها و شهرسازی و نحوه تغییر در کاربری اراضی در حوضه‌های شهری منجر به تغییر کل رواناب، میزان تغذیه ناشی از بارش، مقدار اوج سیلاب‌ها و کیفیت آب شده است (Ghobadi et al., 2019: 1491). در کل مخاطرات طبیعی به حوادثی از قبیل زلزله، لغزش، فعالیت آتشفشانی و سیلاب اطلاق می‌شود. وقوع هرکدام از این پدیده‌ها خطراتی را برای جوامع انسانی دارد ولی باید توجه داشت که خطر همیشه زاینده این مخاطرات (آسیب‌پذیری طبیعی) نیست بلکه ناشی از سیستم‌های انسانی و آسیب‌های مرتبط با آن (آسیب‌پذیری انسانی) است. جاری شدن سیل یکی از مخاطرات مهم طبیعی است که بسیاری از نقاط جهان از جمله کشورهای توسعه یافته را تحت تاثیر قرار داده است (Saffari et al., 2020: 318). چندین تحقیق گزارش می‌دهند که سیل سالانه حدود ۲۰۰ میلیون نفر را در مقیاس جهانی تحت تاثیر قرار می‌دهد. علاوه بر این، با توجه به پیش‌بینی تغییرات آب و هوا، تغییر الگوی کاربری زمین و افزایش جمعیت، پیش‌بینی می‌شود که میزان وقوع و شدت سیلاب به احتمال زیاد تشدید می‌شود (Towfiqul et al., 2021: 3). با توجه به افزایش شهرنشینی و آثار آن، تغییرات آب و هوایی، خطر سیل در سراسر جهان در حال افزایش است. امروزه سیل فاجعه طبیعی مکرر و پرهزینه در جهان از نظر خسارت می‌باشد. با در نظر گرفتن افزایش خطر سیل در سراسر جهان، مزایای سرمایه‌گذاری در مقاوم سازی در برابر بلایا باید مورد کاوش قرار گیرد. اگرچه نمی‌توان از وقوع سیل جلوگیری کرد، اما می‌توان تاثیر آن را با ارزیابی میزان تاب آوری مناطق آسیب‌پذیر در برابر بلایای احتمالی تا حد زیادی کاهش داد (Ghasemzadeh et al., 2021: 2). در کشورهای در حال توسعه به دلیل نابرابری‌های اجتماعی و اقتصادی، توسعه ضعیف زیرساخت‌ها، تغییر برنامه‌ریزی نشده در الگوهای استفاده از زمین، سیستم‌های ناکافی کاهش سیل و افزایش سرعت شهرنشینی، تغییر شرایط آب و هوایی وقوع سیلاب تشدید می‌شود (Kumar et al., 2021: 1). در سراسر جهان، مدیریت آب شهری (کمبود آب، رواناب سطحی و جاری شدن سیل، آلودگی آب) به یکی از چالش برانگیزترین مسائلی تبدیل شده است که با رویکردهای جدید باید مورد توجه قرار گیرد. از آنجایی که تغییرات آب و هوایی بر شهرها از طریق وقوع بارندگی‌های کوتاه مدت مکرر و شدید که منجر به جاری شدن سیلاب‌های ناشی از باران بر انسان‌ها و ساختمان‌ها می‌شود شهرها به طور مرتب با مسئله مدیریت آب باران شهری روبرو می‌شوند (Quagliolo et al., 2021: 2). مدل ماشین بردار پشتیبان از الگوریتم‌های محبوب یادگیری ماشین هستند. مدل مذکور می‌تواند مشکلات غیر خطی را بهتر حل کند اما دقت آنها بستگی زیادی به نقاط نمونه دارد. در این مطالعه از مدل SVM برای بررسی سیل استفاده شده است که یکی از دلایل انتخاب روش SVM به عنوان یک روش یادگیری ماشین این است که از موضوعات ذهنی اجتناب می‌کند و تعیین وزن‌ها در روش‌های MCDA اتفاق می‌افتد (Li et al., 2013: 5). فرضیه‌های اساسی که مورد بررسی می‌باشد عبارت‌اند از الف) شناسایی مسیر ورود آب‌های سطحی به داخل شهر و نقش معابر در هدایت آب‌های سطحی ب) شناسایی و بررسی نقاط آسیب‌پذیر شهر در مقابل سیل با استفاده از مدل SVM ج) شناسایی مسیرهای خروجی سیل و ارزیابی ظرفیت آنها در رابطه با تخلیه آب‌های سطحی در هنگام وقوع سیلاب.

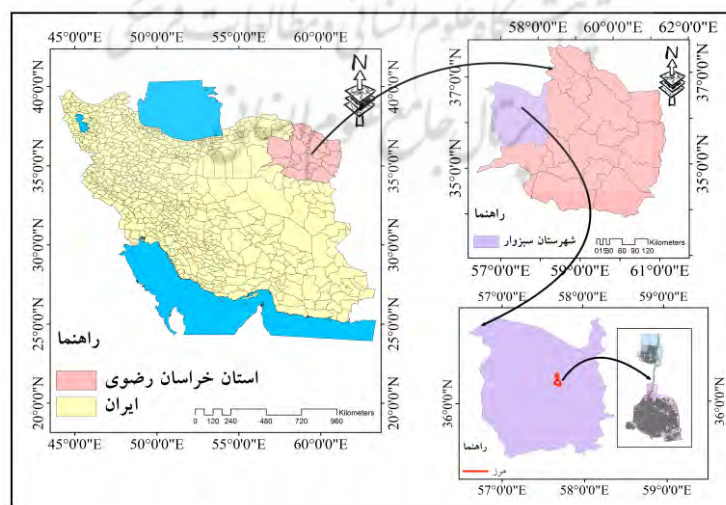
پیشینه و مبانی نظری:

فرایند تصمیم‌گیری در هر مرحله از مدیریت بلایا ضروری است که بر رویدادهای بحران مخاطرات تاثیر می‌گذارد (Shafizadeh-Moghadam et al., 2018). این تصمیم‌گیری متکی به تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ است که در مقایسه با داده‌های سنتی چالش برانگیز است که این امر نیازمند هوش محاسباتی است تا ساختارهای مختلف داده را تجزیه و تحلیل و استخراج کند و آن را از طریق استراتژی‌های محاسباتی ارائه دهد (Cao et al., 2021). در اکثر سیستم‌های مدیریت سیل، استفاده از هوش محاسباتی برای تصمیم‌گیری به موقع ضروری می‌باشد (Mohanty et al., 2020). در زمینه بررسی سیلاب از هوش مصنوعی و الگوریتم‌های یادگیری ماشین جهت پیش‌بینی‌ها، مناطق آسیب دیده از سیل و تشخیص آسیب استفاده می‌کنند (Mishra et al., 2020). اگر چه پیشگیری کامل از سیل غیر ممکن تلقی می‌شود، اما حساسیت دقیق نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب ما را قادر می‌سازد تا مکان‌هایی که ممکن است سیل رخ دهد پیش‌بینی کنیم. ارزیابی بر اساس نقشه سیل خیزی می‌تواند به طور موثر به کاهش آثار و تلفات ناشی از سیل کمک کند (Liu et al., 2021: 2). دانشمندان و محققان زیادی در زمینه مدل‌های کاربردی جهت بررسی و بحران سیلاب انجام داده‌اند از جمله Cheraghi Ghale Sari et al (1399) در پژوهشی جهت شناسایی مناطق حساس به سیل‌گیری با استفاده از مدل ماشین بردار پشتیبان در حوضه نکارود به این نتایج دست یافتند که مدل مذکور دقت مناسبی در شناسایی پهنه‌های حساس سیلاب در منطقه مورد مطالعه دارد. مجددی Mojaddedi et al (2020) در پژوهشی در جهت شناسایی مناطق مستعد سیل با مدل ترکیبی نسبت فراوانی - ماشین بردار پشتیبان در حوضه کلات به این نتایج دست یافتند که مدل FR-SVM با منحنی میزان پیش‌بینی ۰/۸۸۶۲ دقت زیاد و کارایی بهتری را نسبت به SVM نشان داده است. Fath Alizad et al (2019) در پژوهشی در حوضه آبریز زنونچای با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS و

منطق فازی به این نتایج دست یافتند که مدل‌های مذکور کارایی بالایی در شناسایی پهنه‌های سیل‌خیز و سیل‌گیر می‌باشد. همچنین وجود سازندهای زمین‌شناسی و خاک‌های با نفوذپذیری اندک، شیب زیاد، فقدان یا ضعف پوشش گیاهی، زمان تمرکز و زمان تاخیر اندک از جمله مهمترین دلایل بالا بودن رواناب و هدایت سریع رواناب‌های ناشی از بارش در زیرحوضه‌هاست. (Masri Alamdari (1400 در پژوهشی در حوضه آبریز قلعه چای عجب شیر با استفاده از GIS و HEC-HMS به این نتایج دست یافت که مدل مذکور می‌تواند منجر به شناسایی پهنه‌های با تولید رواناب بالاتر شده که گامی اساسی در راستای مهار و کنترل سیلاب در سرچشمه‌ها به شمار می‌رود Zanganeh. (1400) Asadi et al در پژوهشی در استان خراسان رضوی با استفاده از مدل‌های ویکور، L-THIA و شبکه عصبی مصنوعی به این نتایج دست یافتند که مدل L-THIA با گامی ۰/۸ بیشترین مقدار همبستگی را با لایه‌های اولیه دارد و از دقت و کارایی بیشتری نسبت به دو مدل ویکور و شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی سیلاب برخوردار است. (Kadaverugu et al (2021) در پژوهشی با استفاده از شبیه‌سازی اثرات بیو فیزیکی NBS به این نتایج دست یافتند که مدل مذکور برای کاهش حجم رواناب می‌تواند برای اندازه‌گیری مزایای ملموس این اقدامات از نظر تنظیم آب و عمدتاً کنترل سیل شهری مفید باشد. این روش می‌تواند با تعیین NBS خاص، اهداف کمی برای کاهش رواناب را برای دستیابی به تاب آوری سیلاب ایجاد کند. تعیین کمی از مزایای اکوسیستم از نظر بیو فیزیکی و اقتصادی برای ادغام سرمایه طبیعی در برنامه‌ریزی سیاست‌ها بسیار مهم است. (Singh et al., 2021) در پژوهشی جهت بررسی خطر سیل به این نتایج دست یافتند که برای مدیریت استراتژیک خطر سیل FRM بسیار مهم است. در مورد خطر کلی سیل رویکردهای مدل‌سازی در زمینه FRM در حال ظهور هستند و روش‌های نوآورانه‌ای را برای کاهش خطر سیل و اجرای طرح پیشنهاد می‌کنند. از دیگر پژوهش‌های صورت گرفته می‌توان به (Moreira et al (2021)، (Sahana et al (2019)، (Sakar et al (2020)، (Ding et al (2020)، (Hoch et al (2019) اشاره کرد.

روش تحقیق و شناخت محدوده:

سبزوار یکی از شهرهای میانی کشور و مرکز یکی از شهرستان‌های نسبتاً وسیع و پر جمعیت خراسان رضوی است. این شهر در ضلع شمال غربی این استان قرار گرفته است که از سمت شمال به شهرستان جوبین و خوشاب از شرق به شهرستان نیشابور، از جنوب به شهرستان کاشمر و از طرف غرب به شهرستان شاهرود از استان سمنان محدود است. موقعیت شهر سبزوار بین ۳۶ درجه و ۹ دقیقه و ۷ ثانیه عرض شمالی و ۵۷ درجه و ۳۷ دقیقه و ۳۰ ثانیه طول شرقی و ارتفاع ۹۷۰ متر از سطح دریا واقع شده است (شکل ۱). این شهر از جنوب به دشت نسبتاً مسطح محدود می‌شود که از رسوبات آبرفتی دوران چهارم تشکیل شده است. حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته برای ایستگاه سینوپتیک سبزوار ۴۰/۴۰ میلی‌متر در ماه مارس و حداقل آن ۵ میلی‌متر در ماه سپتامبر می‌باشد. در نتیجه دامنه نوسان آن ۳۵/۵۰ میلی‌متر می‌باشد. حداکثر بارش محتمل در شهر سبزوار نیز ۱۹۷/۸۲ میلیمتر می‌باشد. سری زمانی و روند بارندگی سالیانه حکایت از بی نظمی و نوسانات شدید بارندگی در فصل بهار دارد (Ebrahimi, 2011).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی شهرستان سبزوار در کشور (منبع: نویسندگان)

در پژوهش حاضر جهت تهیه لایه‌های اطلاعاتی از نقشه توپوگرافی با مقیاس برای تهیه نقشه شیب، لایه رقومی ارتفاع DEM ۱۲/۵ متر متعلق به ماهواره ALOS-PALSAR، نقشه کاربری اراضی طبیعی و شهری، تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث، داده‌های هواشناسی به همراه داده‌های رگبارهای ثبت شده (هایتوگراف) و داده‌های هیدرومتری به همراه هیدروگراف‌های سیلاب‌ها، داده‌های آماری هیدرولوژیکی و اقلیمی استفاده شده است. جهت تهیه نقشه مسیل‌های شهر (کال‌ها) از نقشه اتوکد شهر سبزوار با دقت ۱:۲۰۰۰ استفاده شد. جهت تهیه نقشه CN از نقشه کاربری اراضی، خاک و تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ ETM⁺ (۱۹۷۰-۲۰۲۰) استفاده شده و نقشه ضریب رواناب بر اساس روش هیدروگراف مصنوعی دفتر حفاظت خاک آمریکا (SCS) محاسبه شد. نقشه تراکم جمعیت و تراکم مسکونی بر اساس سرشماری عمومی نفوس و مسکن (۱۳۹۸) و جهت تهیه نقشه فضای باز شهری از نقشه بافت شهر استفاده شده است (شکل ۲). پارامترهای استفاده شده جهت تهیه نقشه حساسیت سیل در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- پارامترهای استفاده شده جهت تهیه نقشه حساسیت سیل (منبع: نویسندگان)

پارامتر	منبع استخراج داده‌ها	نوع داده GIS	مقیاس
شیب	نقشه توپوگرافی سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح	Vector	۱:۵۰۰۰۰
شیب	DEM	Grid	۱۲/۵ متر
کاربری اراضی	نقشه کاربری اراضی طبیعی و شهری (سازمان منابع طبیعی استان خراسان رضوی)	Vector	۱:۱۰۰۰۰۰
شناسایی نقاط سیل‌خیز	نرم افزار گوگل ارث	Grid	۳۰*۳۰
تشخیص پهنه‌های سیل‌خیز و بررسی محدوده شهری	ماهواره ALOS-PALSAR	Grid	۳۰*۳۰
بارندگی	داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های سینوپتیک	Grid	۳۰*۳۰
بارندگی	داده‌های آماری هیدرولوژیکی و اقلیمی ایستگاه‌های باران سنجی	Grid	۳۰*۳۰
مسیل‌های شهر (کال‌ها)	نقشه اتوکد شهر سبزوار	DXF-DWG	۱:۲۰۰۰
نقشه CN	نقشه کاربری اراضی طبیعی و شهری (سازمان منابع طبیعی استان خراسان رضوی)، نقشه خاک (سازمان آبخیز داری استان خراسان رضوی) و تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ ETM ⁺ سایت USGS	Grid	۳۰*۳۰
ضریب رواناب	نقشه توپوگرافی سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح	Vector	۱:۵۰۰۰۰
تراکم جمعیت و تراکم مسکونی	نقشه اتوکد شهر سبزوار	DWG - DXF	۱:۲۰۰۰
فضای باز شهری	نقشه اتوکد شهر سبزوار	DWG - DXF	۱:۲۰۰۰

جهت برآورد میزان رواناب در حوضه‌های مورد مطالعه از دو روش جاستین و I.C.A.R استفاده شد. ضریب K که به ضریب جاستین معروف است طبق معادله ۱ بدست می‌آید (Hosseini, 2013)

معادله ۱:

$$S = (h_{max} - h_{min}) / \sqrt{A}$$

$$R = W/A$$

$$K = (R (1.8T + 32)) / (S^{0.155} \times P^2)$$

مساحت منطقه A (کیلومتر مربع)، حداکثر ارتفاع منطقه h_{max} (کیلومتر)، حداقل ارتفاع منطقه h_{min} (کیلومتر)، آبدهی سالانه W (میلیون مترمکعب)، متوسط بارش سالانه در منطقه P (سانتی متر)، متوسط دمای سالانه هوا T (سانتی گراد) می‌باشد. با توجه به خصوصیات هیدرولوژیکی و شرایط اقلیمی و همچنین موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه، ایستگاه معرف جهت محاسبه ضریب K در فرمول جاستین در نظر گرفته شده است.

سپس با انجام عمل عکس و قرار دادن پارامترها برای منطقه مورد مطالعه در معادله ۲ و داشتن ضریب K مقدار رواناب سالیانه را محاسبه می‌کنیم.

معادله ۲:

$$R = K (S^{0.155} P^2) / (R (1.8T + 32))$$

روش I.C.A.R

روش تجربی^۲ ICAR برای برآورد رواناب در منطقه مورد مطالعه استفاده شده است.

این روش توسط انجمن تحقیقات کشاورزی هند پیشنهاد شده است و رابطه مذکور طبق معادله ۳ محاسبه می‌شود (Delfardi, 2014)

معادله ۳:

$$Q = (1.511 \times P^{1.44}) / (T^{1.34} \times A^{0.063})$$

Q = رواناب سالانه بر حسب cm, P = متوسط بارندگی حوضه بر حسب cm, T = متوسط درجه حرارت سالانه بر حسب A, C_0 = سطح حوضه آبریز بر حسب Km^2 .

در پژوهش حاضر به منظور محاسبه مقادیر سیلاب منطقه مطالعاتی از روش‌های کریگر، دیکن، منحنی پوش و فولر استفاده گردید. هر چهار رابطه جز روابط تجربی می‌باشند که در آن پارامتر مساحت، ضریب رابطه و دوره بازگشت (به روش فولر) به منظور محاسبه سیلاب بکار برده می‌شود. براین اساس، در این روابط اثر تمامی پارامترهای موثر در سیلاب به جز مساحت، نظیر خصوصیات فیزیکی، حوضه، کاربری اراضی، مشخصات خاک و ... در ضریب تجربی C نهفته است که در صورت امکان کالیبراسیون مناسب جهت تعیین مقدار آورد سالانه حوضه‌های مورد مطالعه براساس روش جاستین به شرح جدول (۲) و میزان رواناب سالانه برای حوضه‌های مورد مطالعه به روش ICAR در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۲- مقدار رواناب سالانه به روش جاستین در حوضه

P (میلیمتر)	T (سانتیگراد)	جاستین	جاستین نقطه‌ای با حذف دبی پایه
۱۹۲	۱۳/۷	۱۵/۶	۱۶/۸

منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰

جدول ۳: مقدار رواناب سالانه به روش ICAR

p (میلیمتر)	T (سانتیگراد)	ICAR	ICAR نقطه‌ای با حذف دبی پایه
۱۹۶	۱۴/۸	۱۲/۳	۱۴/۴

منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰

مدل ماشین بردار پشتیبان^۳

در یک مدل رگرسیونی SVM لازم است وابستگی تابع متغیر وابسته (y) به مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل (x) تخمین زده شود. مانند دیگر مسائل رگرسیونی، رابطه بین متغیرهای وابسته و مستقل توسط یک تابع معین f به علاوه یک مقدار اضافی نویز^۴ مشخص می‌شود.

معادله ۴:

$$y = f(x) + \text{noise}$$

در روش SVM- ϵ از توابع هسته‌ای (کرنل) به منظور جداسازی صفحات و بهینه‌سازی فواصل موجود بین داده‌های مشاهداتی و تخمینی استفاده می‌شود اما در مدل SVM- V از روش برنامه‌ریزی غیرخطی برای کاهش خطای پیش‌بینی استفاده می‌شود (Siasar et al., 2019). برای این مدل تابع خطا به صورت معادله ۵ تعریف می‌شود:

معادله ۵:

$$C = \sum_{i=1}^N \xi_i * + c \sum_{i=1}^N \xi_i * + \frac{1}{1} w^T w$$

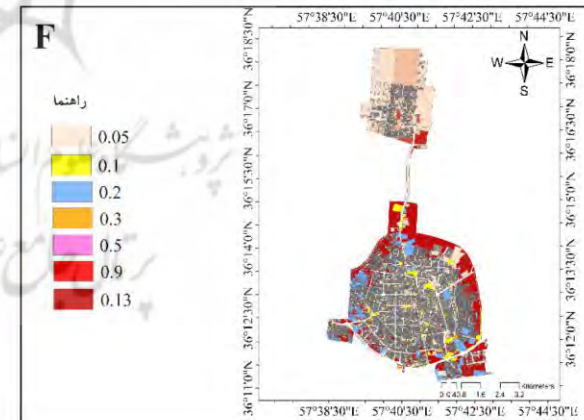
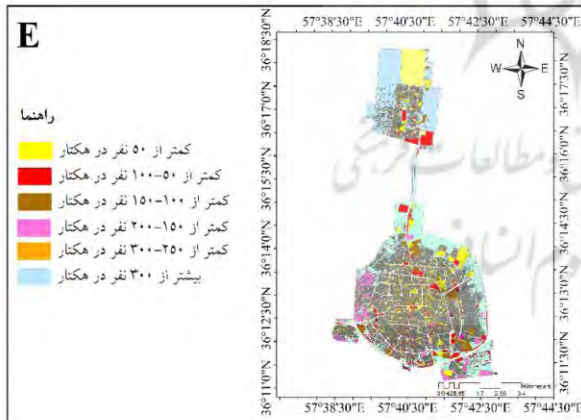
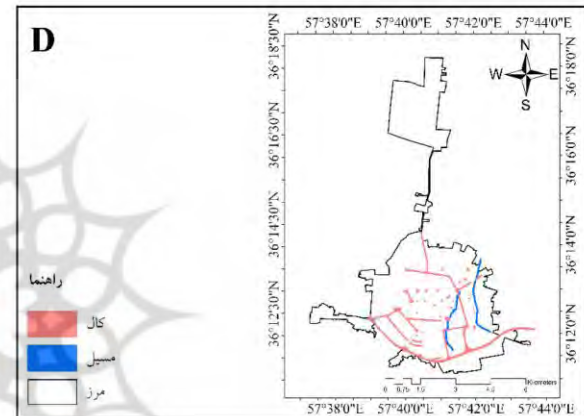
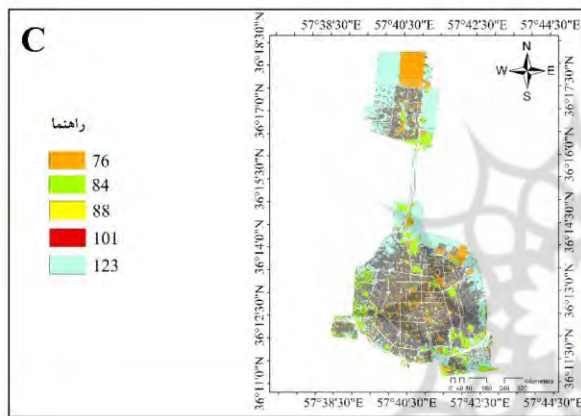
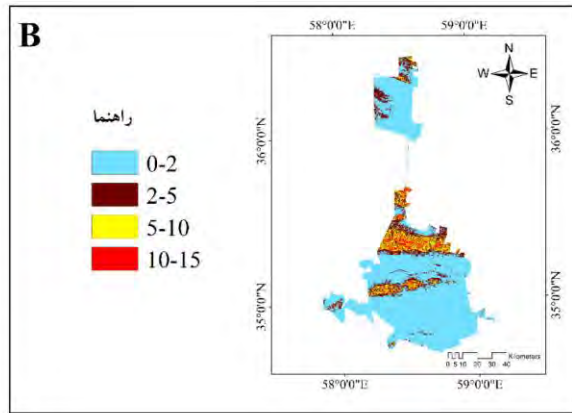
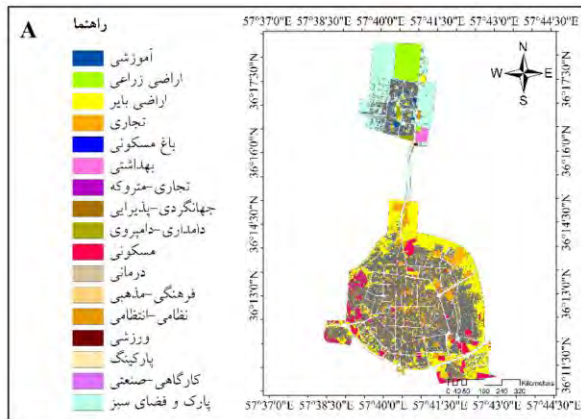
در نهایت، تابع تصمیم رگرسیون بردار پشتیبان غیرخطی به صورت معادله ۶ خواهد بود که کنترل کننده میزان نوسان تابع گوسی همچنین کنترل کننده نتایج پیش‌بینی و تعمیم دهنده مدل SVM است.

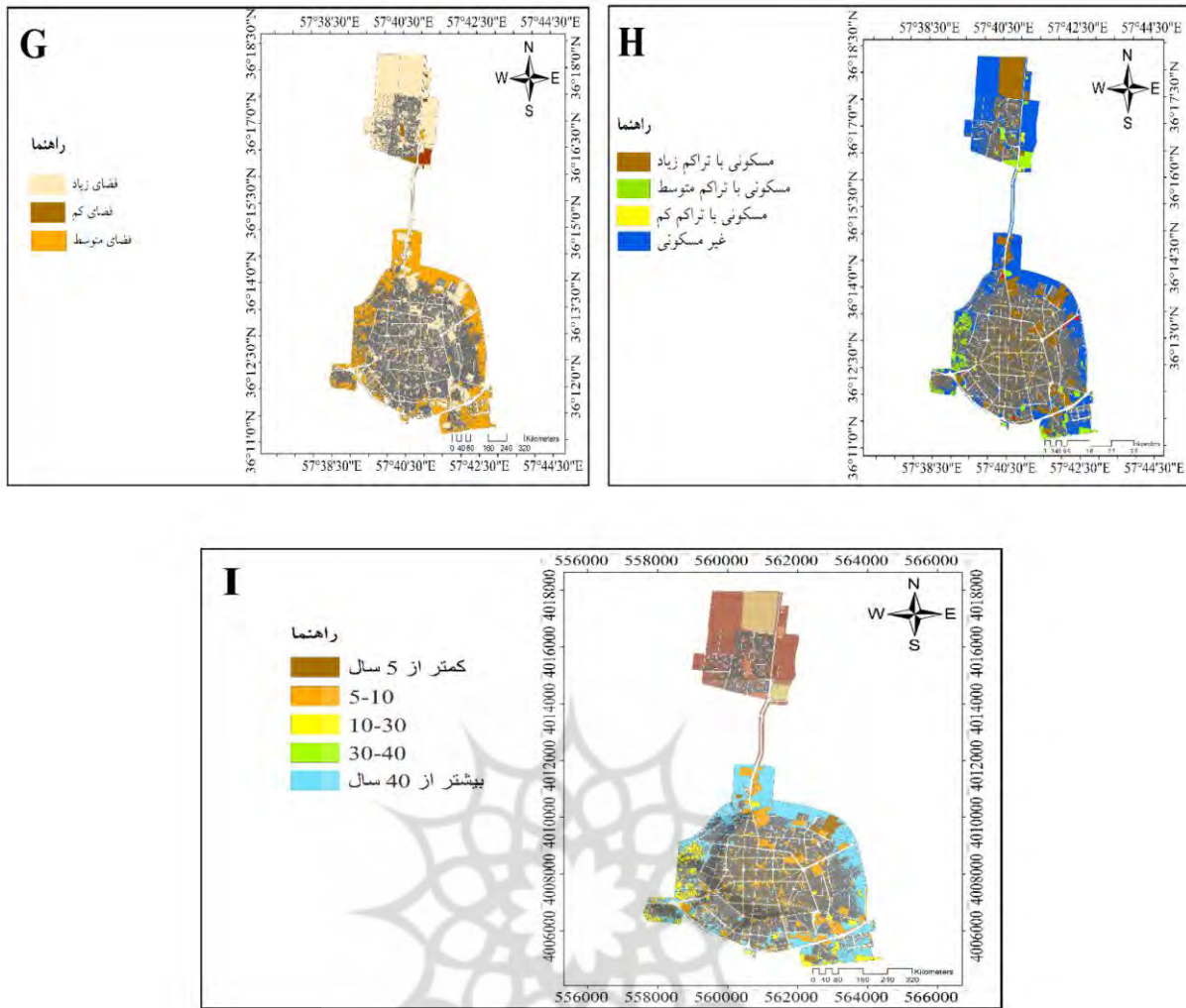
معادله ۶:

$$f(x_i) = \sum_{i=1}^1 (-\partial_i - \partial_i *) k(X_i, X_j) + b$$

SVM^r
Noise²

پس از رستری شدن و نرمال سازی کلیه نقشه‌ها، نقشه‌های نرمال شده ارزش‌گذاری شد. سپس لایه‌های مختلف با استفاده از مدل SVM وزن دهی شدند.





شکل ۲- کاربری اراضی (A)، شیب به درجه (B)، ضریب CN (C)، مسیل‌های شهر (D)، تراکم جمعیت (E)، ضریب رواناب (F)، کلاسه های فضای باز شهری (G)، تراکم مسکونی (H)، قدمت ابنیه (I). (منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰)

بحث و یافته‌ها:

در منطقه مطالعاتی ابتدا ۵۶ نقطه سیلابی پس از بررسی سیلاب‌های اخیر شناسایی و ثبت شد. به طور تصادفی ۷۰ درصد نقاط برای واسنجی و ۳۰ درصد برای ارزیابی تقسیم شد. سپس احتمال وقوع سیل با استفاده از مدل ماشین بردار پشتیبان مدل‌سازی شد. پس از آن مدل با استفاده از نقاط سیلی که در اجرا و واسنجی مدل شرکت داده نشده است توسط معیارهای مختلف ارزیابی همچون مجموع میانگین مربعات خطا^۵ RMSE، ضریب کاپا^۲ KC، منحنی مشخصه عملکرد سیستم^۳ ROC و منحنی میزان پیش‌بینی^۴ PRC اعتبار سنجی شد. سپس ۷۰ درصد داده‌ها (۴۱ نقطه) و ۳۰ درصد داده‌ها (۱۵ نقطه) برای ارزیابی مدل در نرم افزار R انجام شد. مدل‌سازی بر اساس دو مجموعه از مقادیر (صفر و یک) که صفر نبود سیل و یک نشان دهنده وقوع سیل است. پس از استاندارد سازی کلیه نقشه‌ها نقاط موجود سیل با استفاده از نقشه‌های استاندارد شده ارزش گذاری شد. طبق نتایج به دست آمده برای تجزیه و تحلیل‌های آماری به نرم افزار Weka 3.8 منتقل شد. سپس تمامی لایه‌های مورد نظر با فرمت ASCII وارد نرم افزار R شدند تا بدین وسیله مقدمات تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر سیل‌خیزی فراهم شود. در مطالعه حاضر با چهار معیار ارزیابی دقت که نشان‌دهنده کارایی، صحت و اعتبار نقشه‌های احتمال سیل هستند بررسی شد. داده‌های آزمایشی که طی فرایند مدل‌سازی ۳۰ درصد داده‌ها برای فرایند اعتبار سنجی استفاده گردید. ضریب K، معیار ROC

¹Root Mean Squares Errors

²Kappa Coefficient

³Receiver Operating Characteristic

⁴Prediction Rate Curve

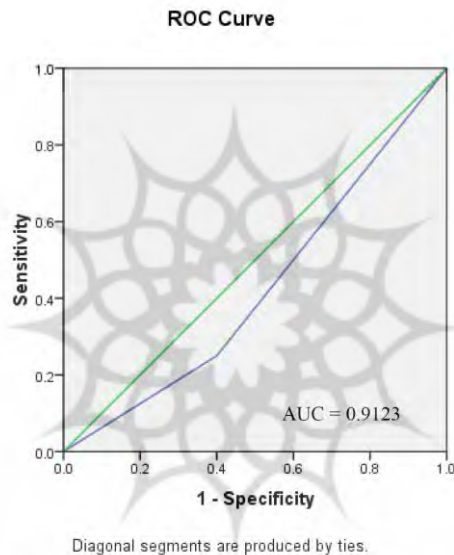
و PRC نشان‌دهنده رابطه معنادار بین واقعیت و مدل‌های آموزش دیده است. طبق نتایج ارزیابی مدل‌ها در جدول ۴ مقدار RMSE در واسنجی و اعتبار سنجی در مدل SVM خطای کمی را نشان می‌دهد.

جدول ۴: نتایج واسنجی و اعتبار سنجی مدل SVM (منبع: نویسندگان)

مدل	واسنجی				اعتبار سنجی			
	RMSE	Kappa	ROC	PRC	RMSE	Kappa	ROC	PRC
SVM	۰/۲۳۱۶	۰/۷۶۵۴	۰/۹۱۲۳	۰/۷۶۱۲	۰/۳۴۸۱	۰/۷۸۹۱	۰/۹۱۲۳	۰/۸۲۵۱

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

سطح زیر منحنی (AUC) بیانگر مقدار پیش‌بینی سیستم از طریق توصیف توانایی آن در تخمین درست وقوع سیلاب و عدم وقوع آن است. مناسب‌ترین روش، بیشترین سطح زیرمنحنی را داشته و مقدار AUC از ۰/۵ تا ۱ متغیر است که عدد یک بهترین دقت را دارد (Vahabzadeh et al., 2017). در این پژوهش از منحنی مشخصه (ROC) برای ارزیابی صحت نقشه‌های پهنه‌بندی استفاده شد. بر این اساس، مقدار سطح زیر منحنی منطقه مورد مطالعه برای روش ماشین بردار پشتیبان ۰/۹۱۲۳ به دست آمد (شکل ۳).



شکل ۳: نمودار محدوده زیر منحنی ROC (منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰)

سپس جهت برآورد مقادیر سیلاب حاصل از روش کریگر و فولر به دلیل استفاده از ایستگاه‌های مبنای یکسان به منظور کالیبراسیون از روش منحنی پوش و دیکن استفاده شد که نتایج نشان‌دهنده دارای مقادیر زیادی می‌باشد (جدول ۵ و ۶)

جدول ۵: برآورد سیلاب منطقه مطالعاتی بر اساس روابط مختلف در دوره بازگشت ۲۵ ساله

منحنی پوش	کریگر منطقه‌ای	فولر نقطه‌ای	دیکن نقطه‌ای
۵۱/۶	۳۰/۹	۹۸/۳	۱۲۴/۱

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

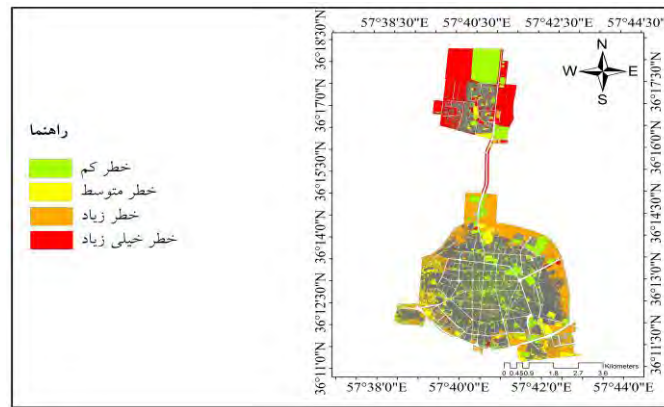
جدول ۶: برآورد سیلاب منطقه مطالعاتی بر اساس روابط مختلف در دوره بازگشت ۵۰ ساله

منحنی پوش	کریگر منطقه‌ای	فولر نقطه‌ای	دیکن نقطه‌ای
۶۳/۱	۷۳/۲	۱۷۸/۱	۱۵۸/۳

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

نتایج آنالیز حساسیت پارامترهای به کار رفته در جداول فوق حاکی از آن است که تمامی روابط نسبت به مساحت کم حساسیت بالایی دارد. به طوری که تغییرات کم در سطوح پایین تاثیر زیادی در مقدار خروجی مدل یعنی دبی اوج سیل دارد. در مساحت‌های بالا تاثیر تغییرات

این پارامتر بر مقادیر دبی سیل نسبت به تغییرات ضریب منطقه‌ای کمتر است. چرا که افزایش کمیت منطقه باعث کاهش اثر آن بر دبی اوج سیل می‌شود. بر اساس این تحقیق پارامترهای دوره بازگشت و به خصوص مساحت و ضریب منطقه‌ای برآورد دبی اوج لحظه‌ای که از آنها استفاده شده، تاثیر زیادی در برآورد دبی لحظه‌ای در حوضه‌های فاقد آمار یا ایستگاه‌هایی که به هر دلیلی از آمار کافی برخوردار نیستند دارد. هر چند تاثیر تغییرات ضریب منطقه‌ای در مساحت‌های بالا، تاثیر تغییرات این ضریب در دبی لحظه‌ای بیشتر از تاثیر تغییرات عامل مساحت است. در حالی که تاثیر فاکتور مساحت در مساحت‌های کم در مقدار دبی لحظه‌ای قابل ملاحظه است. اگر چه تنها عامل موثر در مقدار حداکثر دبی سیلاب، مساحت نمی‌باشد و عوامل دیگری از قبیل شیب، ارتفاع، عوامل اقلیمی، شیب آبراهه اصلی، طول آن، پوشش گیاهی و ... در مقدار آن موثر است، برخی از این عوامل اغلب به مساحت حوضه و نیز به هم‌دیگر وابسته‌اند. لذا به منظور کنترل سیلاب منطقه مطالعاتی می‌توان از آمار حداکثر لحظه‌ای ایستگاه‌ها بهره گرفت. بر این اساس اگر سیلاب در یک منطقه رخ دهد از اطلاعات موجود می‌توان برای رودخانه‌هایی که در همان منطقه واقع شده‌اند استفاده کرد و بزرگی سیلاب‌ها را در هر نقطه مورد نظر برآورد نمود. تعیین برآورد بر اساس روش جاستین و ICAR بیانگر این است که ارتفاع رواناب برای منطقه آب برده با استفاده از روش جاستین برابر $16/5$ میلی‌متر، روش ICAR برابر $12/3$ میلی‌متر به دست آمد. از بین روش‌های مورد استفاده روش جاستین ارتفاع رواناب بالایی را ارائه داده است. در روش جاستین با تغذیه آماری از ایستگاه‌های هیدرومتری مناسب‌ترین روش در برآورد آبدی پیشنهاد می‌گردد. همچنین عامل نقطه‌ای با حذف دبی پایه نتایج قابل قبولی را ارائه نموده است. سپس برای تعیین نقاط مناسب برای تخلیه سیلاب مسیل سیلاب را مشخص نمودیم که در واقع مسیل سیلاب خط القعر بوده و رواناب در آن جریان پیدا می‌کند. اتصال دو مسیل سیلاب مناسب‌ترین نقطه برای تخلیه سیلاب می‌باشد. با توجه به وجود ساخت و ساز غیر مجاز و قرار گرفتن مسیل در سمت شرقی شهر، ساکنین و مهاجرین شهرهای دیگر به این قسمت‌ها سرازیر شده‌اند و حریم مسیل را اشغال کرده‌اند. به طوری که در سمت شمال این تجاوز کمتر و هر چه به سمت جنوب پیش می‌رویم این تجاوز به حریم مسیل بیشتر می‌گردد. در حال حاضر شبکه معابر شهری بیش از شبکه مسیل‌ها سبزوار در هدایت سیلاب شهری نقش دارد، پس نیاز است مسیل‌های مناسب جهت هدایت آبهای جاری و سیلاب‌ها در شهر سبزوار ایجاد شود، از این رو نقش مسیل‌ها در هدایت سیل بیشتر از معابر شهری گردد. حدود $14195/6$ متر مربع را ساکنین به ساخت و سازهای خود اختصاص داده‌اند که اکثر آنها هم کاربری مسکونی است. پس حدود ۱۳ درصد از حریم مسیل ساخته شده می‌باشد که در زمان طغیان مسیل، این امر خطرات بسیاری را برای ساکنین و شهر به بار خواهد آورد. همچنین تغییرات کاربری اراضی نیاز به اصلاح و بازبینی دارد. تغییر کاربری اراضی از حالت زراعی به مسکونی به صورت غیر اصولی و مسدود نمودن و مسدود کردن زهکش‌های موجود، عدم طراحی و اجرای شبکه جامع جمع‌آوری و دفع آب‌های سطحی مناطق مختلف شهر، ساخت و سازهای غیر اصولی و تجاوز به بستر و حریم رودخانه‌ها سبب بروز خسارت می‌شود. چرای بی رویه دام و نابودی پوشش گیاهی در بالادست منطقه و تصرفات و تجاوزات به بستر و حریم رودخانه و کال‌ها مشهود بوده و سبب مسدود شدن کال‌ها و کاهش عرض و ظرفیت آبگذری این مسیل‌ها و بروز خسارت به مناطق مسکونی، اراضی کشاورزی و باغات روستا شده است. نقشه پهنه بندی سیلاب با مدل ماشین بردار پشتیبان نشان‌دهنده این است که آسیب‌پذیری در پیرامون مسیل‌ها می‌باشد (شکل ۴). به ویژه مسیل‌هایی که با دریافت میزان آب و دبی بیشتر از مناطق بالادست خود، مناطق شهری را با مسئله سیلاب مواجه می‌سازند. بیشترین نقاط آسیب‌پذیر منطبق بر شبکه‌های غرب به شرق و بالعکس می‌باشند که شیب طبیعی جریان آبراهه‌ها را قطع کرده‌اند و مانع عبور شبکه جریان آبراهه‌ها بر بستر شیب شمال به جنوب منطقه می‌شوند. مقایسه نقشه پهنه‌بندی و نقشه کاربری اراضی شهری نشان داد که بیشترین مساحت کاربری منطقه، کاربری مسکونی و معبر است و به دلیل قدمت قدیمی ساخت و سازها، مساحت بافت نو ساز که دارای ویژگی‌های پایداری و نفوذپذیری می‌باشد کم است. در بین این نقاط بافت فرسوده بیشترین مساحت طبقه آسیب‌پذیر زیاد به خود اختصاص داده است به طوری که بیش از ۶۵ درصد مساحت بافت فرسوده در این محدوده پراکنده شده که در برنامه‌ریزی مدیریت سیلاب و مخاطرات آن باید مد نظر قرار گیرد، همچنین سهم رواناب در این قسمت زیاد می‌باشد.



شکل ۴: نقشه حساسیت به سیل با استفاده از مدل SVM (منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰)

نتیجه گیری:

شناسایی عوامل موثر در وقوع سیل و پهنه بندی خطر آن یکی از پارامترهای مهم جهت دستیابی به راهکارهای کنترل این پدیده و انتخاب مناسب ترین و کاربردیترین گزینه موثر می باشد. ارزیابی خطر سیل فرایند پیچیده‌ای است و تا به امروز روش‌های مختلفی جهت برآورد خطر پدیده سیل و عملکرد آنها بر اساس اندازه گیری‌های مختلف آماری مطرح شده است. در پژوهش حاضر از روش SVM جهت ارزیابی خطر وقوع سیل در شهر سبزوار استفاده شده است. این پژوهش با استفاده از ده پارامتر شامل کاربری اراضی، تراکم جمعیت، مسیل‌ها، طبقات شیب، تراکم مسکونی، ضریب CN، ضریب رواناب، تراکم جمعیت، فضای باز و قدمت ابنیه استفاده گردید. سپس جهت برآورد میزان رواناب از روش جاستین و I.C.A.R استفاده شد و طبق منحنی پوش و دیکن برآورد سیلاب منطقه در دوره بازگشت ۲۵ ساله و دوره بازگشت ۵۰ ساله جهت دوره‌های بازگشت برآورد شد. جهت تجزیه و تحلیل نتایج از شاخص‌های میانگین مربعات خطا RMSE، ضریب کاپا KC، منحنی مشخصه عملکرد سیستم ROC و منحنی میزان پیش‌بینی PRC استفاده شد که پس از واسنجی مدل این ضرایب 0.7654 ، 0.9123 ، 0.7612 و برای مرحله اعتبار سنجی 0.3481 ، 0.7891 ، 0.9123 و 0.8251 بدست آمد. نتایج این پژوهش نشان داد که مدل SVM مناسبی جهت پهنه‌بندی سیلاب و تعیین بازه‌های خطر در منطقه می باشد و با مطالعات (1400)، (Tahmasebi et al., 2016)، (Sattari et al., 2020)، (Malekzadeh et al., 2019)، (Farhadi & Esmaili, 2019) مطابقت دارد. بررسی سیل‌خیزی با منحنی پوش و دیکن نشان دهنده آن است که تغییرات کم در سطوح پایین تاثیر زیادی در مقدار خروجی مدل یعنی دبی اوج سیل دارد. جهت برآورد میزان رواناب در منطقه مورد مطالعه دو روش جاستین و I.C.A.R بیانگر آن است که روش جاستین ارتفاع رواناب بالایی را ارائه داده است. گسترش ساخت و ساز در مناطق شهری باعث افزایش دبی و حجم رواناب در آن می‌شود. رواناب ایجاد شده وارد نواحی شهری پایین دست شده و سیلاب‌های شهری مخاطره آمیز و غیر قابل پیش‌بینی را بوجود می‌آورد. جهت جلوگیری از مخاطرات سیلاب و آسیب‌های ناشی از نیازمداطلاعات دقیقی از روند تغییرات کاربری اراضی، رواناب و... می‌باشد. با توجه به اینکه سطح منطقه از نوع شهری می‌باشد و سهم این عامل در ایجاد رواناب و دبی حداکثر زیاد است بنابراین ضرورت دارد به منظور کاهش رواناب و سیل‌خیزی منطقه، برنامه‌ریزی دقیق‌تری صورت گیرد و حتی الامکان از تغییر شدید کاربری‌های اراضی جلوگیری شود. در شرایط منطقه مورد مطالعه جهت کنترل سیلاب می‌بایست به جنبه‌های مدیریتی و سازه‌ای توجه شود. با اجرای اقدامات مدیریتی نظیر پروژه‌های آب‌خیزداری در منطقه با پتانسیل سیل‌خیزی و دبی اوج بالا، تراز سیلاب به طور چشمگیری کاهش خواهد یافت. در بیشتر مناطق کاربری شهری بیشتر از نوع آسفالت با کمترین میزان نفوذپذیری و کمترین میزان نکه داشت و بیشترین حجم تولید رواناب می‌باشد. در حالت کلی قسمت‌های شمالی منطقه به دلیل حجم زیاد تلفات بارش از سیل‌خیزی بسیار پایینی برخوردار هستند. قسمت‌های مرکزی و بخش‌هایی از جنوب منطقه به دلیل فقدان پوشش حفاظتی، شیب‌های نسبتاً تند و نفوذپذیری اندک خاک از تولید رواناب و پتانسیل سیل‌خیزی بالایی برخوردار می‌باشند. رواناب‌های انتقال یافته از این پهنه‌ها، مخصوصاً در ارتباط با بارش‌های شدید و طولانی مدت، باعث ایجاد آب‌گرفتگی و سیلاب می‌شود. افزایش مساحت پهنه‌های سیل گیر رودخانه با دوره بازگشت ۵۰ ساله نسبت به دوره‌های بازگشت بالاتر شدیدتر می‌باشد. نتایج تحلیل همپوشانی نقشه نهایی با نقشه‌های مربوط به هر یک از عوامل مورد بررسی بر سیلاب نشان می‌دهد که نواحی شمال غرب در مقایسه با جهات دیگر، کمتر در معرض خطر سیل‌خیزی قرار دارد. ارتفاع رواناب بالاتر در ارتباط با حاکمیت سطوح غیرقابل نفوذ یا با نفوذپذیری اندک و کاربری‌های با پوشش گیاهی اندک یا مسکونی می‌باشد. پهنه‌های با ارتفاع رواناب زیاد در قسمت‌های مرکزی و جنوبی تمرکز یافته‌اند که منشا سیلاب محسوب می‌شوند. جاری شدن سیلاب در مسیرهای پر تردد ریشه در نبود سیستم زهکشی

اصولی دارد. در محدوده شهر وجود دامنه‌ها و ارتفاعات در سمت شمال شهر و وجود دشت کم ارتفاع و مسطح در جنوب، باعث شده تا آب‌ها از سمت شمال به جنوب حرکت کنند. در حاشیه معابر و خیابان‌های اصلی کانال‌ها و جوی‌های بتنی در حاشیه خیابان‌ها وظیفه دفع آب‌های سطحی را به عهده دارند. در خیابان‌های فرعی بیشتر کانیوها عهده‌دار دفع آب‌های سطحی هستند و در بعضی قسمت‌های شهر به خصوص در بافت‌های فرسوده و کهنه، هیچگونه سیستم مناسبی جهت دفع آب‌های سطحی وجود ندارد. دفع آب‌های سطحی بطور غالب از طریق جوی‌ها و کانال‌های روباز در دو طرف خیابان در خیابان‌های اصلی و از جوی‌های باریک در وسط خیابان در کوچه‌ها و خیابان‌های فرعی استفاده می‌شود. در بافت قدیم و فرسوده شهر بخشی از معابر فاقد سیستم دفع هستند که این مسئله به خصوص با توجه به توسعه ارگانیک و نامنظم بافت، دفع را با مشکل بیشتری مواجه می‌سازد. به این ترتیب آب‌های سطحی که از دامنه‌های شمالی مشرف بر شهر سرچشمه می‌گیرند، به سمت شهر حرکت نموده که این آب‌های سطحی در زمان بارندگی همراه با ورود گل ولای بوده و مشکلاتی را برای معابر و شهر به وجود می‌آورد. با توجه به وجود ساخت و ساز غیر مجاز و قرار گرفتن مسیل در سمت شرقی شهر، ساکنین و مهاجرین شهرهای دیگر به این قسمت‌ها گسیل شده‌اند و حریم مسیل را اشغال کرده‌اند به طوری که در سمت شمال این تجاوز کمتر و هر چه به سمت جنوب پیش می‌رویم این تجاوز به حریم مسیل بیشتر می‌گردد. نتایج این پژوهش می‌تواند به برنامه‌ریزان و محققان برای انجام اقدامات مناسب به منظور جلوگیری و کاهش خطر سیل‌خیزی در آینده جلوگیری نماید و نتایج پژوهش با نتایج (Darfashi et al., 2020), Khabiri et al., (2019), Baghalani et al., (2019), Mir Emadi et al., (2019), Rashidi et al., (2019), Asadullahi et al., (2020) مطابقت دارد. همچنین جهت پیشگیری از وقوع سیل استفاده از مدل‌های آماری جهت پهنه‌بندی مناطق سیل‌گیر برای ارزیابی آسیب‌پذیری، خطر و ریسک پیشنهاد می‌شود. جهت کاهش خطر سیلاب در مناطق شهری پیشنهاد می‌شود که از ساخت و ساز در حریم رودخانه و مسیل جلوگیری شود. با کاشت گیاهان دوره‌ای برای تثبیت خاک در زمین‌های زراعی در حریم رودخانه استفاده شود. از استانداردهای کشاورزی، ایجاد بستر خاکی مقاوم و با قابلیت نفوذ بسیار بالای آب و کنترل فرسایش خاک در زمین‌های زراعی حریم رودخانه که با فرسایش بالای خاک مواجه می‌باشند استفاده شود. سازه‌ها در سیلاب‌دشت‌ها در برابر سیلاب مقاوم سازی شود. پروژه‌های مقابله با سیلاب در سطح ملی و دولت‌های محلی انجام شود. آموزش‌های عمومی در ارتباط با اقدامات مورد نیاز قبل، حین و بعد از سیلاب انجام شود. برای پیشگیری از وقوع و یا کاهش اثرات بلایای طبیعی و مدیریت بر چگونگی یک امداد و نجات و اسکان موقت و بازسازی نواحی آسیب دیده، همه جوامع نیازمند به مدیریت بحران می‌باشند. پس مدیریت بحران با توجه به نقش و عملکرد آن در حوادث غیر مترقبه و بلایای طبیعی عبارت است از: نظام و حرفه کاربرد دانش، تکنولوژی، برنامه‌ریزی و مدیریت، برای مقابله با حوادث و بلایا و یا پیشگیری از وقوع و یا کاهش اثرات بلایای طبیعی. مدیریت بحران دارای چهار رکن اصلی شامل کاهش خسارات، آمادگی، واکنش و بازسازی و عادی سازی است. مهمترین اصل مدیریت بحران پیش‌بینی و آمادگی برای مقابله با بحران است و هر اندازه که به مراحل قبل از بحران اهمیت بیشتری داده شود، هزینه‌های مربوط به مرحله حین و پس از بحران کاهش خواهد یافت.

References:

1. Abu Reza Towfiqul Islama Swapan Talukdarb Susanta Mahatob Sonali Kundua Kutub Uddin Eibeka Quoc Bao Phamcd Alban Kuriqie Nguyen Thi ThuyLinhfg.(2021): Flood susceptibility modelling using advanced ensemble machine learning models, *Geoscience Frontiers*, 12(3). <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2020.09.006>
2. Singh, A., Dawson, D., Trigg, M., & Wright, N. (2021): A review of modelling methodologies for flood source area (FSA) identification. *Natural Hazards*, 1-22.
3. Baghalani, M., Rostami, N., & Tavakoli, M. (2019). Identification of effective factors on the occurrence of urban floods in Ilam watershed, 11(2), 523-536. (In Persian)
4. Behnam Ghasemzadeh, Z. S., Zarabadi, S., Majedi, H., Behzadfar, M., & Ayyoob Sharif (2021): A Framework for Urban Flood Resilience Assessment with Emphasis on Social, Economic and Institutional Dimensions: A Qualitative Study Sustainability, 13, 7852. <https://doi.org/10.3390/su13147852> <https://www.mdpi.com/journal/sustainability>
5. Cao, C., Xu, M., Kamsing, P., Boonprong, S., Yomwan, P., Saokarn, A. (2021). Flooding Identification by Vegetation Index. In *Environmental Remote Sensing in Flooding Areas*; Springer: Singapore, 29-44
6. Quagliolo, C., Comino, E., & Pezzoli, A. (2021); Experimental Flash Floods Assessment Through Urban Flood Risk Mitigation (UFRM) Model: The Case Study of Ligurian Coastal Cities, *Front. Water*, 31 May 2021 | <https://doi.org/10.3389/frwa.2021.663378> 1-16

7. Cheraghi Ghale Sari, A., Habibnejad Roshan, M., & Roshan, S. H. (2020): Preparation of flood sensitivity map using support vector model (SVM) and geographic information system (GIS). *Journal of Environmental Hazards*, 9(25), 61-78. (In Persian)
8. Sarkar, D., & Mondal, P. (2020); Flood vulnerability mapping using frequency ratio (FR) model: a case study on Kulik river basin, Indo-Bangladesh Barind region, *Appl Water Sci*, 10(1), 17
9. Darfashi, K. B., Adeli, S. F., & Malek Mohammadi, B. (2020); Providing a model in the analysis and zoning of the level of vulnerability of urban areas in the risk of floods in Tehran (case study: Districts 1 & 2 of Tehran Municipality), *Journal of Crisis Management*. 10(17), 5-16. (In Persian)
10. Ding, Y., Liu, Y., and Song, Y. (2020); East Asian summer monsoon moisture transport belt and its impact on heavy rainfalls and floods in China, *Advances in Water Resources*, 629-643, <https://doi.org/10.14042/j.cnki.32.1309.2020.05.001>
11. Farhadi, H., & Esmaili, K. (2019); Evaluation of the ability of a machine training method in estimating the maximum flood discharge due to dam failure, *Iranian Journal of Irrigation and Water Engineering*, 9(36), 1-13. (In Persian)
12. Fath Alizad, B., Abedini, M., & Rajabi, M. (2019); Investigation of the causes of floods and their hazards in Zanuzchay catchment using HEC-HMS hydrological model and fuzzy logic, *Quantitative Geomorphological Research*, 9(2), 134-155. (In Persian)
13. Ghobadi, F., Khodashenas, S. R., & Masaedi, A. (2019); Comparison of two patterns of uniform rainfall and periodic block in the evaluation of runoff collection system to control floods in densely populated urban areas using ASSA software (Case study: Chehl Baze Basin, Golestan area of Mashhad), *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 13(5), 1491-1503. (In Persian)
14. Hoch, J. M., & Trigg, M. A. (2019); Advancing global flood hazard simulations by improving comparability, benchmarking, and integration of global flood models, *Environmental Research Letters*, 14, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaf3d3>
15. Hosseini, Y. (2013); Selecting a Method for Calculating the Annual Estimation of a Drain Basin by Examining Various Methods for Estimating the Annual Flow (Jaroo Basin). First National Conference on Drainage in Sustainable Agriculture, Tarbiat Modares University.
16. Liu, J., Xiong, J., Cheng, W., Li, Y., Cao, Y., He, Y., Duan, Y., He, W., Yang, G. (2021); Assessment of Flood Susceptibility Using Support Vector Machine in the Belt and Road Region. *Natural hazards and earth system sciences*, <https://doi.org/10.5194/nhess-2021-80> Preprint, CC BY 4.0 License.
17. Kadaverugu, A., Nageshwar Rao, C., and Viswanadh, G. K. (2021): Quantification of flood mitigation services by urban green spaces using InVEST model: a case study of Hyderabad city, India. *Model. Earth Syst. Environ.* 7, 589–602. doi: 10.1007/s40808-020-00937-0
18. Li, Q., Jiang, X., & Liu, D. (2013); Analysis and modelling of flood risk assessment using information 755 diffusion and artificial neural network, *Water SA*, 39, 634-648, <https://doi.org/10.4314/wsa.v39i5.8>.
19. Moreira, L. L., de Brito, M. M., & Kobiyama, M. (2021); A systematic review and future prospects of flood vulnerability indices. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 21(5), 1513-1530.
20. Sahana, M., Rehman, S., Sajjad, H., & Hong, H. (2020): Exploring effectiveness of frequency ratio and support vector machine models in storm surge flood susceptibility assessment: A study of Sundarban Biosphere Reserve, India. *Catena*, 189, 104450.
21. Malekzadeh, S., Arman, A., & Azari, A. (2020); Flood hydrograph trend detection using Mike11 numerical model and support vector machine (Case study: Seymareh River), 21(78), 79-98. (In Persian)
22. Masri Alamdari, P. (2021); Spatial analysis of flood risk in Ajabshir tea castle catchment using GIS and HEC-HMS. *Quantitative Geomorphological Research*, 10(1), 93-111. (In Persian)
23. Mir Emadi, S. Z., Karami, H., Hosseini, Kh., & Hashemi, S. A. A. (2019); Flood reduction in urban watersheds using LID-BMPS in SWMM model and selection of superior option by AHP-TOPSIS method (Study Case: Golestan town of Semnan), 6(4), 1003-1013. (In Persian)
24. Mirasdollahi, Sh. S., & Janbaz Ghobadi, Gh.R. (2020); Analysis of resilience of urban settlements against floods with emphasis on economic and social indicators (Case study: Gorgan City), (59), 137-155. (In Persian)

25. Mishra, A., Arya, D.S. (2020); Development of Decision Support System (DSS) for Urban Flood Management: A Review of Methodologies and Results. In World Environmental and Water Resources Congress 2020: Water, Wastewater, and Stormwater and Water Desalination and Reuse; American Society of Civil Engineers: Reston, VA, USA, 60–72
26. Mohanty, M.P., Nithya, S., Nair, A.S., Indu, J., Ghosh, S., Bhatt, C.M., Rao, G.S., Karmakar, S. (2020); Sensitivity of various topographic data in flood management: Implications on inundation mapping over large data-scarce regions. *J. Hydrol.*, 590, 125523.
27. Mojaddedi Rizeei, H., Habibnejad Roshan, M., Shahedi, K., & Pardahan, B. (2020); Efficiency of Frequency Ratio of Combined Ratio-Vector Machine in Identifying Flood Prone Areas of Kalat Watershed, *Journal of Echo Hydrology*, 7(1), 77- 95. (In Persian)
28. Kumar, N., Liu, X., Narayanasamydamodaran, S., & Pandey, K. K. (2021); A Systematic Review Comparing Urban Flood Management Practices in India to China's Sponge City Program. *Sustainability*, 13(11), 6346.
29. Rashidi, M., & Hosseinzadeh, M. M. (2019); The role of sub-basins overlooking the city in the occurrence of urban floods in Izeh (Khuzestan), 8(29), 25-42. (In Persian)
30. Saffari, A., Ahmadabadi, A., & Sedighifar, Z. (2020); Flood risk analysis based on the WMS model in urban catchments (Case Study: Darband, Golabdereh and Saadabad Basins of Tehran Metropolis), *Journal of Applied Research in Geographical Sciences*, 20(57), 318-334. (In Persian)
31. Sattari, M. T., Pour-Azad, A., & Mir Abbasi Najafabadi, R. (2016); Technical Report: Predicting Hourly Floods of Ahrachai River Using Machine Learning Methods, *Journal of Engineering and Watershed Management*, 8(1), 115-127. (In Persian)
32. Shafizadeh-Moghadam, H., Valavi, R., Shahabi, H., Chapi, K., Shirzadi, A. (2018); Novel forecasting approaches using combination of machine learning and statistical models for flood susceptibility mapping. *J. Environ. Manag.* 217, 1–11
33. Shahabi, H. (2021); Flood susceptibility zoning in northern regions of Iran using advanced data mining algorithms (Case Study: Haraz Watershed), *Quarterly Journal of Regional Planning of Marvdasht*, 11(2), 167-184. (In Persian)
34. Siasar, H., & Honar, T. (2019); Application of support vector machine models, chad and random forest in estimating daily reference transpiration evaporation in the north of Sistan and Baluchestan province, *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, (2), 388-378. (In Persian)
35. Tahmasebi, M. R., Shabanloo, S., & Rajabi, A. (2021); Zoning of flood probability using a comparative study of two known models of random forest and support vector machine in northern Iran, *Journal of Water and Irrigation Management*, 11, 1 -15. (In Persian)
36. Vahabzadeh, Gh., Miraki, Sh., & Shirzadi, A. (2017); Landslide sensitivity zoning with GIS and comparison of efficiency of logistic regression methods and frequency ratio (Case study: Cheshmidar watershed, Kurdistan), *Journal of Information System Application Geography and Remote Sensing in Planning*, 8(2), 11-21. (In Persian)
37. Zanganeh Asadi, M. A., Amir Ahmadi, A., & Naemi Tabar, M. (2021); Evaluation of efficiency of Vicor, L-THIA and artificial neural network models in regional flood analysis (Case study: Khorasan Razavi province), *Journal of Echo Hydrology*, 8(1), 108-89. (In Persian)