

EXTENDED ABSTRACT

Combined Application of Multi-Criteria Decision Making Methods and Remote Sensing Systems for Flood Cellular Zoning of Abolabbas River Basin in Khuzestan Province

A. Zoratipour^{1*} and M. Cheraghi²

*1** - Corresponding author, Department of Nature Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran. Zoratipour@asnrukh.ac.ir.

2 - Department of Nature Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 9 January 2021

Revised: 4 March 2021

Accepted: 7 March 2021

Keywords:

Sensitivity analysis, Basin, TOPSIS,
Flood, Khuzestan.

TO CITE THIS ARTICLE:

Zoratipour, A., Cheraghi, M. (2021). 'Combined Application of Multi-Criteria Decision Making Methods and Remote Sensing Systems for Flood Cellular Zoning of Abolabbas River Basin in Khuzestan Province', *Irrigation Sciences and Engineering*, 44(4), pp. 109-122. doi: 10.22055/jise.2021.36255.1942

Introduction

Flood is one of the most common and dangerous natural disasters occurring worldwide (Samanta et al., 2018). Iran is ranked sixth in the world in terms of flooding (Khosroshahi and Saghafian, 2003) due to the disturbance of the hydrological balance of the country's watersheds, of which Abolabbas River Basin is no exception. In effect, due to the hydrological imbalance of the watershed, the river runoff cannot be transferred well (Tehrany et al., 2013). Given that each part of the basin has a certain potential in the production of runoffs and floods, once water overflows into the surrounding lands floods occur. It is thus necessary to prepare flood sensitivity maps and identify susceptible areas for flood prevention and management (Bout et al., 2018). This study was thus intended to prepare hazard maps for different parts of the watershed, and to prioritize the effective parameters in the occurrence of floods in the study area.

Methodology

This study considered 11 important indicators including altitude, runoff curve number, slope, slope direction, rainfall, vegetation, drainage density, distance from waterway, land use, stream power index and topographic wetness index to determine the flood potential of Abolabbas River Basin with an area of 281.23 square kilometers. For the purpose of this study, the layers were scaled and the individual pixels were weighted and then prioritized using the TOPSIS technique (Rasooli et al., 2018).

Results and discussion

The results showed that the runoff curve number had the most effect on the flood potential of the watershed, while the slope direction had the least effect among the studied parameters. Having divided the study area into five groups in terms of flood risk, the researchers identified areas with low to very high

risks. According to the calculations, 126.07 square kilometers out of 281.23 square kilometers of the basin area, mostly in the northern and eastern regions, were found to be in the high and very high risk ranges.

Conclusion

Based on the findings, the northern and eastern regions of Abolabbas River Basin had higher flood potential, probably due to the higher number of runoff curves, the mountainous region of the study area and the higher altitude of the basin area compared to other surrounding areas. Given that flooding in the watershed is the result of various environmental and human-induced factors, appropriate management measures can be taken to reduce flood damage based on the presented flood risk map in this study. Developing an accurate spatial forecasting map can also help managers and planners identify flood-prone and vulnerable areas for crisis management. In this regard, based on the results of the present study, it can be concluded that the TOPSIS technique can be effectively used in the GIS environment for the development of flood risk maps with a desirable degree of accuracy so as to assess urban and environmental hazards (Kyung-Soo et al., 2013).

Acknowledgement

The authors would like to appreciate the financial support from Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan (research project No. 991/05).

References

- 1- Bout, B. Jetten, V. 2018. The validity of flow approximations when simulating catchment-integrated flash floods. *Journal of Hydrology*, 556, 674-688.
- 2- Kyung-Soo J, Eun-Sung Ch., Young-Gyu Kim, Yeonjoo. K., 2013. A fuzzy multi-criteria approach to flood risk vulnerability in South Korea by considering climate change, *Expert Systems with Applications*, Volume 40, Issue 4, March,2013 Pp. 1003-1013.
- 3- Khosroshahi M., Saghafian B. 2003. Investigating the Role of Watershed Sub-Basin Participation in Basin Flood Intensity. *Journal of Research and Construction*. 59: 67-75.
- 4- Rasooli S.B.1, Bonyad A.E.And Bavaghar M. 2018. Forest fire vulnerability map using remote sensing data, GIS and AHP analysis (Case study: Zarivar Lake surrounding area). *Caspian J. Environmental Science*. 16 (4): 369-377.
- 5- Samanta R., Bhunia G., Shit P. and Pourghasemi H. R. 2018. Flood susceptibility mapping using geospatial frequency ratio technique: a case study of Subarnarekha River Basin, India. *Modeling Earth Systems and Environment*. 10.1007/s40808-018-0427-z. 4(1): pp 395–408.
- 6- Tehrany Shafapour, M., B. Pradhan and M.N. Jebur. 2013. Spatial prediction of flood susceptible areas using rule based Decision Tree (DT) and a novel ensemble bivariate and multivariate statistical models in GIS. *Journal of Hydrology*, 504: 69-79.



کاربرد ترکیبی روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و سیستم‌های سنجش از دور با هدف پهنه‌بندی سلولی سیل خیزی حوضه آبریز رودخانه ابوالعباس استان خوزستان

امین ذرتی پور^{۱*} و میترا چراغی^۲

*- نویسنده مسئول، استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران. Zoratipour@asnruckh.ac.ir

۲- استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران.

پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۱۷

بازنگری: ۱۳۹۹/۱۲/۱۴

دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۲۰

چکیده

بهم خوردن تعادل هیدرولوژی حوضه‌های آبریز، یکی از مهم‌ترین علل سیل‌خیزی می‌باشد. از آنجایی که هر قسمتی از حوضه، پتانسیل معینی را در تولید رواناب و سیل دارد، لذا تهیه نقشه‌های حساسیت به وقوع سیل و شناسایی مناطق مستعد، برای پیشگیری و مدیریت سیلاب بسیار مهم است. تهیه نقشه‌های خطر در قسمت‌های مختلف حوضه آبریز و اولویت‌بندی پارامترهای مؤثر در وقوع سیلاب، می‌تواند، نقش مؤثری در بهبود مدیریت سیلاب داشته باشد. در تحقیق حاضر از یازده شاخص تأثیرگذار در وقوع سیلاب شامل ارتفاع، شماره منحنی، تندی شیب، جهت شیب، بارندگی، پوشش گیاهی، تراکم زهکشی، فاصله از آبراهه، کاربری اراضی، توان آبراهه و رطوبت توپوگرافی استفاده گردید. سپس تک تک سلول‌ها بر اساس معیارها و زیرمعیارها، وزن دهی شده و با استفاده از روش TOPSIS اولویت‌بندی شدند. نتایج نشان داد، شماره منحنی و جهت شیب به ترتیب بیشترین و کمترین تأثیر را بر پتانسیل سیل‌خیزی حوضه آبریز داشتند. همچنین منطقه مورد مطالعه از نظر خطر سیلاب به پنج منطقه با ریسک وقوع کم تا بسیار زیاد تقسیم شدند. بر این اساس، ۴۵ درصد سطح حوضه در قسمت‌های شمالی و شرقی، به عنوان محدوده خطر، قلمداد شده که از دلایل اصلی آن می‌توان به بالاتر بودن شماره منحنی و نیز کوهستانی بودن منطقه آن اشاره کرد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که روش TOPSIS در محیط GIS ابزاری قوی در تهیه نقشه‌های خطر سیلاب با درجه مطلوبی از دقت است که در مخاطرات شهری و محیطی، کاربرد زیادی می‌تواند داشته باشد.

کلید واژه‌ها: آنالیز حساسیت، حوضه آبریز، تاپسیس، سیلاب، خوزستان.

مقدمه

سیل به‌عنوان یک تهدید بزرگ برای زندگی بشر (آسیب یا مرگ انسان و حیوانات)، زمین کشاورزی، تولید محصول، ساختمان و خانه و زیرساخت‌ها (پل‌ها، جاده‌ها و راه‌آهن) محسوب می‌شود (Samanta et al., 2018). خطر وقوع سیل طی زمان افزایش یافته است، به ویژه از زمانی که بسیاری از کشورها مجوز ساخت و ساز در دشت‌های سیلابی را صادر، و حتی رشد تجاری و مسکونی در این مناطق را مورد حمایت قرار دادند (Kusky, 2008). کشور ایران نیز از جمله کشورهایی است که با گسترش شهرها در حاشیه رودخانه‌ها، روی مخروط افکنه‌ها، سواحل کم ارتفاع، دلتاها و مناطق پایین دست سدهای ذخیره‌ای، منجر به افزایش میزان آسیب پذیری جوامع در برابر خطر سیلاب شده است (Jahadi and Hosseinzade, 2014). به‌طور کلی بررسی آمار و اطلاعات سیل‌های ایران از سال ۱۳۰۰ نشان می‌دهد که تعداد سیل‌ها همواره سیر صعودی داشته و از نظر سیل‌خیزی رتبه ششم دنیا را به خود

اختصاص داده است (Khosroshahi and Saghafian, 2003). یکی از مهم‌ترین علل این امر، ایجاد اختلال و بهم خوردن تعادل هیدرولوژیکی حوضه‌های آبریز کشور می‌باشد (Ahmadzade et al., 2015). در واقع با برهم خوردن تعادل هیدرولوژیکی حوضه‌های آبریز، رودخانه نمی‌تواند رواناب تولید شده در حوضه را به‌خوبی انتقال دهد؛ از این‌رو شرایطی پیش می‌آید که آب به زمین‌های پیرامونی سرریز می‌شود و سیل رخ می‌دهد و از آنجایی که هر قسمتی از حوضه پتانسیل معینی را در تولید رواناب و سیل دارد (Tehrany Shafapour et al., 2013)، لذا تهیه نقشه‌های حساسیت به وقوع سیل و شناسایی مناطق مستعد، برای پیشگیری و مدیریت سیلاب بسیار مهم است (Bout and Jetten, 2018). یکی از راهکارهایی که برای شناسایی خطر سیل و تهیه نقشه‌های حساسیت به وقوع آن به‌کارگرفته می‌شود، استفاده از مدل‌های آماری دو و چند متغیره، داده‌کاوی و یادگیری ماشین می‌باشد. اما از آنجایی که بسیاری از این مدل‌ها به داده‌های زیادی

کم خطر قرار گرفته است. همچنین نتایج به‌دست آمده از مطالعه-های Sinha و Mishra (2020) و Ishizaka و Lai (2020) در تأیید این نتیجه می‌باشند که ابزار تصمیم‌گیری به نام فرآیند تحلیلی سلسله‌مراتبی برای تولید نقشه خطر سیل بسیار کارآمد هستند.

با توجه به مطالعه‌های انجام شده تاکنون، می‌توان دریافت که روش‌های مختلفی در تهیه نقشه‌های حساسیت سیل در داخل و خارج کشور به کار گرفته شده که نشان‌دهنده کاربردی بودن این روش‌ها در تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر سیلاب می‌باشد. اما در اکثر مطالعه‌های از سایر روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره به جز تاپسیس بهره گرفته شده است و پهنه‌بندی حوضه آبریز بر اساس زیر حوضه‌های مختلف آن انجام شده است. روش تاپسیس، دارای پایه‌های ریاضی مناسب است. این روش با فاصله‌ها سروکار دارد. تاپسیس گزینه‌ای را که بیشترین فاصله از بدترین گزینه و کمترین فاصله از بهترین گزینه دارد به عنوان گزینه بهینه انتخاب می‌کند و به همین دلیل و پایه ریاضی‌اش، بر سایر روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره برتری دارد. روش تاپسیس برتری دیگری نسبت به بعضی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره دارد که این روش از روش‌های جبرانی است. یعنی وزن تمامی گزینه‌ها و معیارها در تصمیم‌گیری دخالت داده می‌شود و هیچ وزنی در این روش نادیده گرفته نمی‌شود (Wang, 2018). از آنجایی که هر قسمتی از حوضه آبریز تحت تأثیر عوامل مختلف از جمله شماره منحنی نفوذ، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، شیب، جهت شیب، تراکم زهکشی و ... پتانسیل معینی را در تولید رواناب و سیل دارد، از این‌رو هر سلول رفتار متفاوتی در این زمینه از خود نشان می‌دهد که برای برنامه‌ریزی و مدیریت دقیق سیل، پهنه‌بندی سلولی می‌تواند کمک شایانی به مدیران و مسئولین نماید. لذا هدف از این مطالعه، تهیه نقشه‌های خطر در قسمت‌های مختلف حوضه آبریز و اولویت‌بندی پارامترهای مؤثر در وقوع سیلاب در مقیاس سلولی می‌باشد که وجه تمایز این مطالعه با مطالعه‌های انجام شده تاکنون در این زمینه است. نتایج حاصل از این مطالعه می‌تواند نقاط در معرض خطر سیلاب را مشخص کرده و با برنامه‌ریزی دقیق در این راستا، به کاهش خسارات مالی و جانی ناشی از وقوع سیلاب در منطقه کمک شایانی نماید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

ایستگاه آب‌سنجی پل منجینق با مختصات جغرافیایی $49^{\circ}54'$ طول شرقی و $31^{\circ}31'$ عرض شمالی، در جنوب غربی ایران، شرق استان خوزستان و شمال شرقی شهر باغملک است (شکل ۱). این ایستگاه روی رودخانه ابوالعباس از زیرحوضه‌های آبریز جراحی - زهره می‌باشد. قسمت اعظم حوضه کوهستانی، مرتفع و پوشیده از درختان جنگلی زاگرس و جریان آب رودخانه آن نیز دائمی است. براساس مطالعه‌های فیزیوگرافی انجام شده، مساحت حوضه

نیاز داشته و کالیبراسیون آن‌ها پیچیده می‌باشد، از این‌رو در سال‌های اخیر مدل‌های زیادی برای تهیه نقشه حساسیت به وقوع سیل آزمایش شده‌اند (Li, 2002; Lu et al., 2009) که در این میان، ترکیب مدل‌های آماری و احتمالاتی با روش‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی به دلیل بالا بردن توانایی مدل در پیش‌بینی، بسیار مورد توجه محققین بوده است (García-Pintado et al., 2013; Pradhan, 2009; Youssef et al., 2011). در زمینه پهنه‌بندی سیلاب، تحقیقات مختلف داخلی و خارجی صورت گرفته که در ادامه به تعدادی از این تحقیقات پرداخته می‌شود. در پژوهشی Mosavi et al. (2017) خطر سیل خیزی در حوضه آبریز باغملک را با استفاده از منطق فازی تاپسیس در محیط GIS مورد ارزیابی قرار دادند. آن‌ها عوامل مؤثر در ایجاد سیلاب شامل بارش، ارتفاع، شیب، سازند، فاصله از آبراهه و کاربری اراضی را مورد تحلیل قرار دادند. نتایج حاکی از آن بود که $86/17\%$ درصد از محدوده در طبقه با خطر بسیار بالا و $15/24\%$ درصد آن در طبقه با خطر بالا قرار داشت. در تحقیقی دیگر، Khosravi et al. (2016) به بررسی حساسیت به وقوع سیل حوضه آبریز هراز با بکارگیری مدل آنتروپی شانون، شاخص آماری و فاکتور وزن‌دهی پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان‌داد که مدل شاخص آماری دارای بیش‌ترین دقت در تهیه نقشه حساسیت به وقوع سیل بوده و پس از آن مدل فاکتور وزن‌دهی و در نهایت آنتروپی شانون قرار گرفتند. Khayrizadeh et al. (2018) نیز پتانسیل خطر وقوع سیلاب در حوضه آبریز مردقچای را با استفاده از مدل ANP پهنه‌بندی کردند و نتیجه گرفتند پنج درصد از سطح حوضه در خطر وقوع سیلاب بسیار زیاد و حدود ۲۷ درصد از سطح حوضه در خطر وقوع سیلاب زیاد است. Pradhan (2009)، نقشه سیل‌خیزی و محدوده‌های خطر سیل را با استفاده از داده‌های شیب، توپوگرافی، شبکه زهکشی، خاک، پوشش زمین، مقدار بارش، مقدار تجمع جریان و سیل‌های تاریخی، از طریق تصاویر ماهواره‌ای در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه نمود و از هم‌پوشانی لایه‌های مذکور و استخراج ضرایب، مناطق سیل‌خیز را در چهار دامنه خطر بالا، متوسط، کم و بدون خطر سیل تعیین کرد. در تحقیقی که توسط Lutz و Fernandez (2010) برای تهیه نقشه حساسیت سیل در آرژانتین انجام شد، بیان شد که روش AHP در محیط GIS یک ابزار مفید برای تعیین مناطق ریسک‌پذیر سیلاب می‌باشد. در این تحقیق از شاخص‌های شیب، ارتفاع، عمق سطح ایستابی و کاربری اراضی و همچنین فاصله از آبراهه به‌عنوان شاخص‌های مؤثر در سیلاب استفاده شد. Hasanloo et al. (2019) نیز با استفاده از عوامل مؤثر بر سیلاب از جمله مدل رقومی ارتفاع، شیب، شاخص پوشش گیاهی، تراکم زهکشی، شاخص موقعیت توپوگرافی، شاخص رطوبت توپوگرافی و شماره منحنی به پهنه‌بندی خطر سیلاب در حوضه آبریز پرداخته‌اند که نتایج به‌دست آمده از مطالعه آن‌ها نشان داد حدود ۶۰ درصد منطقه در گروه کم خطر و بسیار

محیط GIS تهیه گردید. فاکتورهای وابسته به آب حوضه از قبیل شاخص توان آبراهه (SPI) و شاخص رطوبت توپوگرافی (TWI) نیز با توجه به رابطه آن‌ها، روابط (۱) و (۲) و با استفاده از نرم‌افزار GIS به‌دست آمد.

$$TWI = \ln\left(\frac{A_s}{\beta}\right) \quad (1)$$

$$SPI = A_s \times \tan \beta \quad (2)$$

که در آن A و β به ترتیب نشان‌دهنده‌ی مساحت یک حوضه مشخص (متر مربع بر متر) و زاویه شیب (درجه) می‌باشد. عامل TWI نشان‌دهنده مقدار جریان تجمعی مربوط به یک نقطه از حوضه آبریز است که تحت تأثیر نیروی گرانش تمایل به رفتن آب در نواحی با شیب کم‌تر دارد. هم‌چنین شاخص SPI نشان‌دهنده قدرت فرسایش رواناب سطحی است. به منظور تهیه لایه بارندگی از داده‌های ۲۰ سال گذشته ایستگاه‌های بارندگی استان خوزستان استفاده شد و برای میان‌یابی بارندگی از روش معکوس فاصله (IDW) در محیط ArcGIS استفاده گردید. برای در نظر گرفتن تأثیر هم‌زمان کاربری اراضی و گروه هیدرولوژیک خاک بر پتانسیل سیل‌خیزی حوضه از نقشه شماره منحنی که از تلفیق نقشه‌های کاربری اراضی و نفوذپذیری خاک به‌دست می‌آید، استفاده گردید. در شکل (۳) نقشه عوامل مؤثر بر خطر سیل‌خیزی نشان داده شده است.

۲۸۱/۲۳ کیلومتر مربع و محیط آن، ۹۲/۹۷ کیلومتر می‌باشد. حداکثر ارتفاع منطقه ۳۲۹۹ متر و کمترین ارتفاع ۶۶۸ متر بوده و متوسط ارتفاع حوضه نیز ۱۹۸۳ متر می‌باشد. طول رودخانه اصلی ۶۲/۸۴ تا ۲۰۸۲۶/۹۸ متر می‌باشد. هم‌چنین شیب حوضه بین ۰ تا ۶۲/۸۴ درجه متغیر بوده و چهار کاربری مختلف شامل جنگل و بیشه‌زار، اراضی مرتعی، اراضی مرتعی به همراه اراضی دیم و رخنمون سنگی در منطقه مشاهده می‌شود. بارش متوسط حوضه بین ۵۶۱ تا ۶۰۵ میلی‌متر متغیر می‌باشد.

انتخاب عوامل مؤثر در تهیه نقشه‌های پتانسیل سیل

تعیین عوامل مؤثر بر سیلاب مهم‌ترین بخش تعیین پتانسیل سیل‌خیزی حوضه می‌باشد. در این تحقیق از یازده شاخص مهم و تأثیرگذار شامل ارتفاع، شماره منحنی رواناب، میزان شیب، جهت شیب، بارندگی، پوشش گیاهی، تراکم زهکشی، فاصله از آبراهه، کاربری اراضی، شاخص توان آبراهه و شاخص رطوبت توپوگرافی برای تعیین نقشه پتانسیل سیل‌خیزی منطقه استفاده گردید. به منظور تهیه لایه‌های اطلاعاتی از نرم‌افزار Arc GIS 10.1 و نرم افزار QGIS2.16.1 استفاده گردید. ابتدا مدل رقومی ارتفاع منطقه (شکل ۲) با استفاده از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ در محیط GIS تهیه شد و لایه‌های درجه شیب، ارتفاع و جهت شیب به طور مستقیم از آن استخراج گردید.

فاصله از رودخانه نیز یکی دیگر از عوامل مهم و تأثیرگذار بر سیل می‌باشد که با استفاده از دستور Multiple Ring Buffer

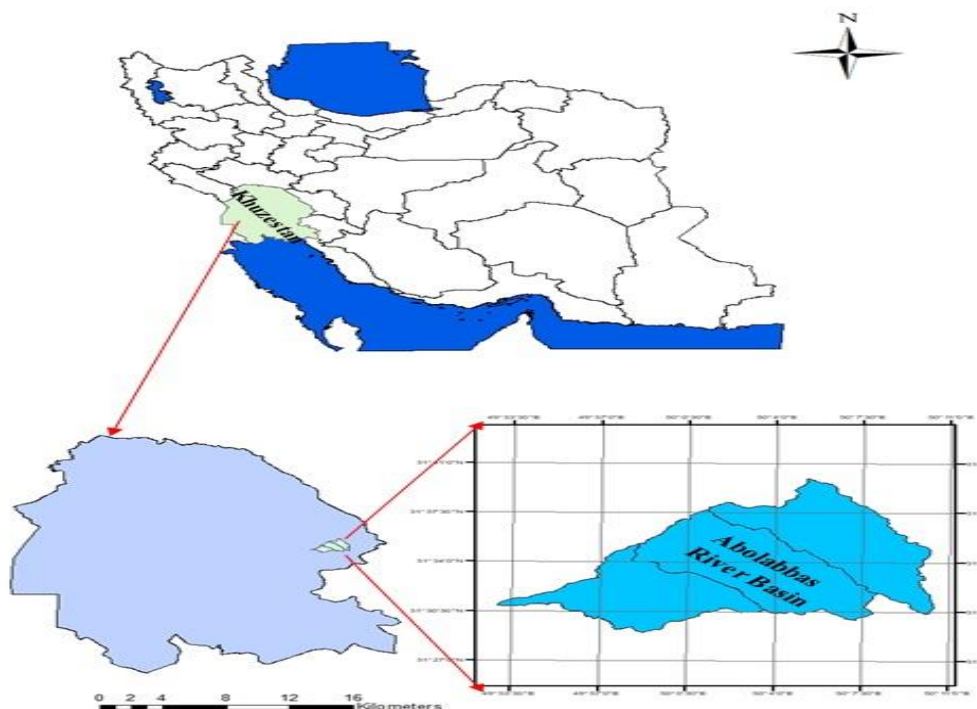


Fig. 1- Location of study area
شکل ۱- نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

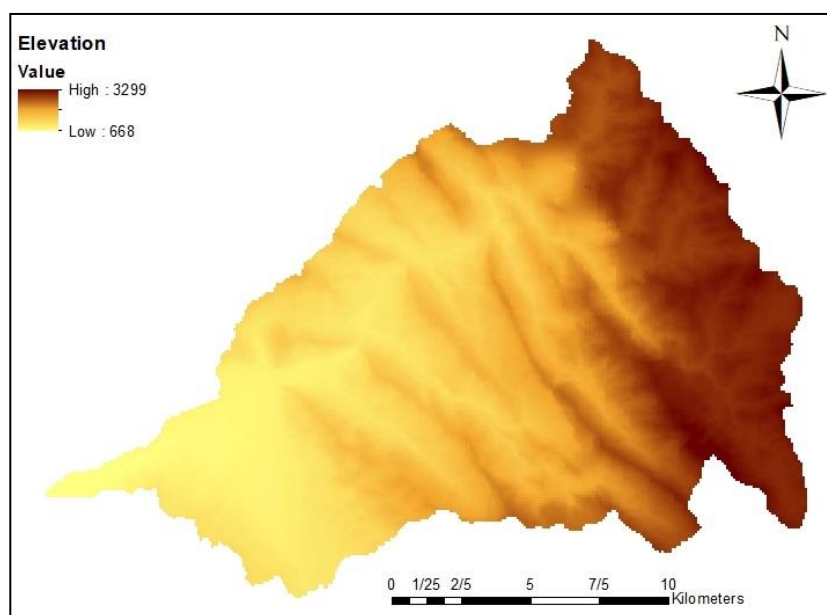


Fig. 2- The map of Digital Elevation Model (DEM) of basin
شکل ۲- نقشه رقومی ارتفاع حوضه

جدول ۱- مقادیر وزن پارامترهای موثر در ارزیابی سیلاب

Table1- Weight of effective parameters in the flood assessment

| Criteria | Elevation | Curve Number | Slope | Aspect | Precipitation | Land Cover | Drainage | River Distance | Land Use | TWI | SPI |
|----------|-----------|--------------|-------|--------|---------------|------------|----------|----------------|----------|------|-------|
| Weight | 0.097 | 0.26 | 0.029 | 0.022 | 0.025 | 0.21 | 0.032 | 0.12 | 0.13 | 0.04 | 0.035 |

همچنین در جدول (۲) مساحت هر یک از کلاس‌های حساسیت به وقوع سیل بیان شده است. همان گونه که در جدول (۱) نشان داده شده است همه پارامترها از اهمیت یکسانی برخوردار نیستند و شاخص شماره منحنی (۰/۲۶) و کاربری اراضی (۰/۱۳) بیشترین تأثیر و جهت شیب (۰/۰۲۲) کمترین تأثیر بر تولید سیل در منطقه را دارند.

با توجه به عوامل موثر بر وقوع سیل که شامل پارامترهای فاصله از رودخانه، تراکم زهکشی، میزان شیب، جهت شیب، میزان شماره منحنی، میزان بارندگی، توان فرسایش آبراهه‌ای، شاخص رطوبت توپوگرافی، ارتفاع، نوع پوشش گیاهی و کاربری اراضی می‌باشد (جدول ۱) و نیز در نظر گرفتن میزان تأثیر هر یک از عوامل فوق اقدام به برآورد نقشه ریسک‌پذیری سیلاب در حوضه آبریز رودخانه ابوالعباس گردید که در شکل (۵) نشان داده شده است.

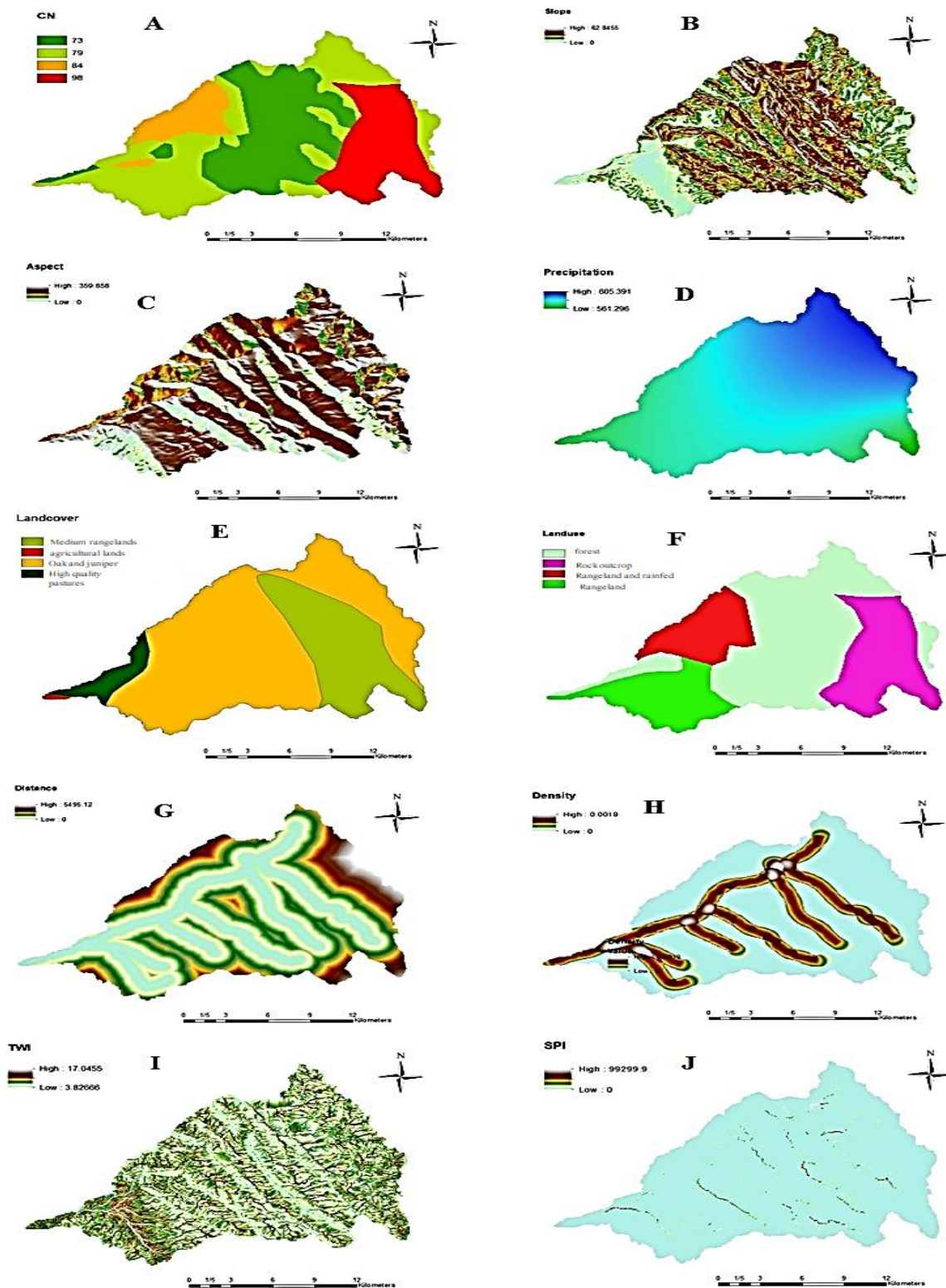


Fig. 3- The map of effective parameters in the flood assessment: Curve number (A), Slope (B), Aspect (C), Precipitation (D), Land cover (E), Land use (F), River distance (G), Drainage density (H), TWI (I) and SPI (J)

شکل ۳- نقشه عوامل موثر بر سیل خیزی: شماره منحنی رواناب (A)، میزان شیب (B)، جهت شیب (C)، بارندگی (D)، پوشش گیاهی (E)، کاربری اراضی (F)، فاصله از آبراهه (G)، تراکم زهکشی (H)، شاخص توان آبراهه (I) و شاخص رطوبت توپوگرافی (J)

روش TOPSIS

روش TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) توسط Hwang و Yoon (1981) ارائه گردید. در این روش m گزینه به‌وسیله n شاخص مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و هر مسئله را می‌توان به‌عنوان یک سیستم هندسی شامل m نقطه در یک فضای n بعدی در نظر گرفت. این روش بر این مفهوم بنا شده است که گزینه انتخابی باید کمترین فاصله را با راه حل ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن، A_1^+) و بیشترین فاصله را با راه حل ایده‌آل منفی (بدترین حالت ممکن، A_1^-) داشته باشد. فرض بر این است که هر معیار تمایل به افزایش یا کاهش مطلوبیت به‌صورت منوتونیک B دارد. روش TOPSIS برای رتبه‌بندی نهایی استفاده شده است که به‌صورت زیر به‌دست می‌آید: گام اول: ماتریس تصمیم (D) با استفاده از رابطه (۳)، نرمال (بی‌مقیاس) می‌شود:

$$r_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n r_{ij}^2}} \quad j=1,2, 3 \dots n \quad (3)$$

ماتریس به‌دست آمده N_D نامیده می‌شود. گام دوم: وزن‌های نرمال شده ماتریس تصمیم، با استفاده از رابطه (۴) حاصل می‌شود:

$$V = N_D * W_{n*n} \quad (4)$$

$j=1,2,3 \dots n$
 $i=1, 2, 3 \dots m$

که در آن V ماتریس بی‌مقیاس موزون و W یک ماتریس قطری از وزن‌های بدست آمده برای شاخص‌ها می‌باشد. گام سوم: راه حل ایده‌آل مثبت (A_1^+) به‌صورت رابطه (۵) و راه حل ایده‌آل منفی (A_1^-) به‌صورت رابطه (۶) تعریف می‌شوند:

(۵) گزینه ایده‌آل مثبت
 $A^+ = \{ (MAX_i V_{ij} | j \in J_1), (MIN_i V_{ij} | j \in J_2) | i=1,2,3, \dots, m \}$

(۶) گزینه ایده‌آل منفی
 $A^- = \{ (MIN_i V_{ij} | j \in J_1), (MAX_i V_{ij} | j \in J_2) | i=1,2,3, \dots, m \}$

$A_1^+ = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\}$
 $A_1^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$

به‌طوری‌که

$J_1 = \{1,2,3, \dots, n | \text{به‌ازاء عناصر مثبت شاخص‌ها}\}$

$J_2 = \{1,2,3, \dots, n | \text{به‌ازاء عناصر منفی شاخص‌ها}\}$

گام چهارم: اندازه فاصله بر اساس نرم اقلیدسی به‌ازاء راه‌حل ایده‌آل مثبت و گزینه مثبت و همین اندازه را به‌ازاء راه‌حل ایده‌آل منفی و گزینه منفی از روابط (۷) و (۸) به‌دست می‌آوریم:

(۷) $d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad i=1, 2, 3 \dots m$

(۸) $d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad i=1, 2, 3 \dots m$

گام پنجم: نزدیکی نسبی A_i به راه‌حل ایده‌آل بر اساس رابطه (۹) محاسبه می‌شود:

(۹) $C_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}, (i=1, 2, 3 \dots m)$

چنانچه $A_i = A_1^+$ باشد، آن‌گاه $d_i^+ = 0$ و $C_i = 1$ می‌شود و در صورتیکه $A_i = A_1^-$ باشد، آن‌گاه $d_i^- = 0$ و $C_i = 0$ خواهد شد، بنابراین هر گزینه A_i به راه‌حل ایده‌آل نزدیک‌تر باشد، مقدار C_i آن به یک نزدیک‌تر خواهد بود.

گام ششم: رتبه‌بندی

در این گام میزان نزدیکی نسبی هر گزینه به راه‌حل ایده‌آل محاسبه شده و گزینه‌ها به‌ترتیب صعودی رتبه‌بندی می‌شوند.

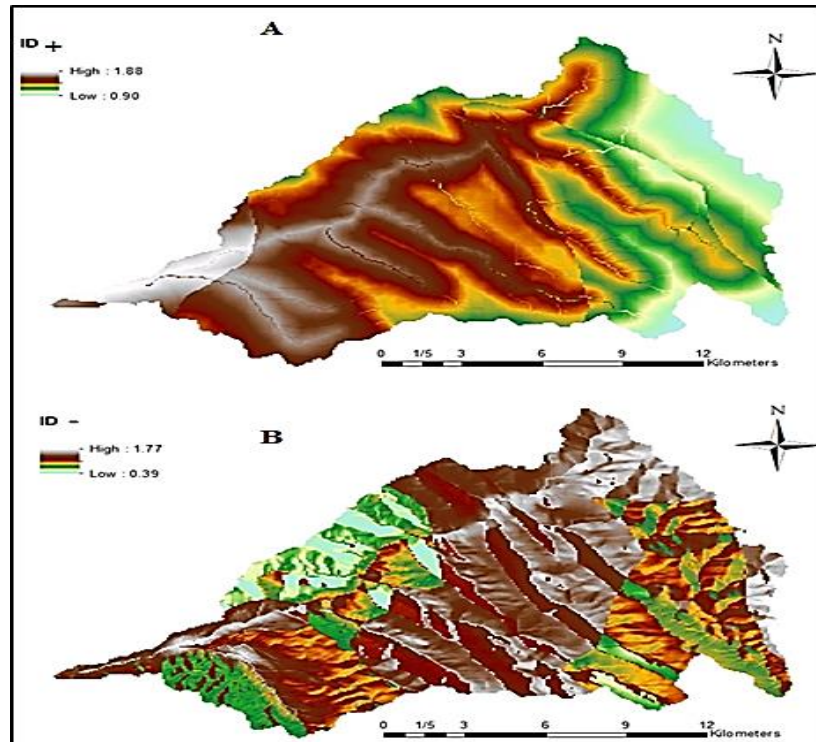


Fig. 4- Ideal⁺ (A) and Ideal⁻ (B) layer

شکل ۴- لایه ایده آل پوینت مثبت (A) و لایه ایده آل پوینت منفی (B)

تلفیق نقشه‌های کاربری اراضی و نفوذپذیری خاک بدست می‌آید، این پارامتر می‌تواند تأثیر هم‌زمان کاربری اراضی و گروه هیدرولوژیک خاک بر پتانسیل سیل‌خیزی حوضه را نشان دهد. نتایج به‌دست آمده در این مطالعه، برخلاف نتایج Nouri et al., (2019) می‌باشد. این محققان بیان کردند عامل شماره منحنی نفوذ دارای کم‌ترین تأثیر بر وقوع سیلاب حوضه آبریز رازآور می‌باشد. پارامتر تأثیرگذار دیگر در سیل‌خیزی منطقه مورد مطالعه، پوشش گیاهی است. پوشش گیاهی منطقه شامل اراضی کشاورزی، مراتع متوسط، جنگل بلوط و مراتع مرغوب است که به ترتیب بیشترین و کمترین ارزش در وقوع سیلاب، متعلق به اراضی کشاورزی و مراتع مرغوب بود. لایه کاربری اراضی نیز با ارزشی معادل ۰/۱۳ از دیگر پارامترهای مؤثر بر وقوع سیلاب در منطقه می‌باشد. کاربری اراضی این منطقه شامل رخنمون سنگی، ترکیبی از اراضی مرتعی و اراضی دیم، جنگل و بیه‌زار و اراضی مرتعی بوده که بیشترین ارزش به رخنمون سنگی و کمترین ارزش به جنگل و بیه‌زار تعلق دارد. بدین منظور که مناطق با کاربری رخنمون سنگی پتانسیل بالاتری در سیل‌خیزی دارند. فاصله از آبراهه نیز با ارزش وزنی ۰/۱۲ به‌عنوان پارامتر تأثیرگذار بعدی بوده که هرچه فاصله از آبراهه کمتر باشد ارزش بالاتری در وقوع سیلاب دارد و بیشترین پتانسیل سیل‌خیزی منطقه در این حریم‌هاست. رویکرد سیل در فاصله کم از آبراهه از فراوانی و قدرت حمل بیشتری برخوردار است. بر اساس نقشه مدل رقمی ارتفاع که پارامتر تأثیرگذار دیگر در سیل‌خیزی منطقه می‌باشد، بیشترین ارتفاع در نواحی شمالی و شرقی و کمترین ارتفاع در نواحی غربی منطقه می‌باشد و از آنجایی

نتایج و بحث

تحلیل معیارهای به کار برده شده در پهنه بندی خطر

سیل

قدم اول در مطالعه‌های پهنه‌بندی سیل، شناسایی حوضه و وضعیت فاکتورهای آن می‌باشد. در پهنه‌بندی سیلاب عوامل زیادی باید در نظر گرفته شود که هر کدام از اهمیت متفاوتی برخوردارند اما با توجه به در دسترس بودن لایه‌ها و در نظر گرفتن زمان و هزینه اجرای مدل، فاکتورهایی که بیشترین تأثیر را بر رخداد سیلاب در حوضه آبریز رودخانه ابوالعباس و انطباق بیشتری با مدل تاپسیس داشته‌اند، انتخاب شدند. بر این اساس، در این پژوهش، یازده لایه مؤثر بر وقوع سیلاب از جمله شماره منحنی رواناب، مدل رقمی ارتفاع، میزان شیب، جهت شیب، بارندگی، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، فاصله از آبراهه، تراکم زهکشی، شاخص توان آبراهه و شاخص رطوبت توپوگرافی تهیه و طبقه‌بندی شدند. سپس لایه‌های مورد نظر بی‌مقیاس شده (زمانی که داده‌های مسئله یک مقیاس واحد ندارند برای یکسان‌سازی لازم است بی‌مقیاس شوند)، پس از آن وزن‌دهی و در نهایت وارد مدل شدند. لازم به ذکر است که انتخاب معیارها بر اساس تجارب مطالعات قبلی (Eftekhari et al., 2010; Farajzadeh and Nosrati, 2004; Alee Taleghani et al., 2012; Ghanavati et al., 2013; Rezaie Moghaddam et al., 2011) و نظرات کارشناسان صورت گرفته است. نتایج نشان داد که شماره منحنی رواناب دارای بیشترین تأثیر و جهت شیب دارای کمترین تأثیر در بین پارامترهای مورد بررسی بود. با توجه به اینکه نقشه شماره منحنی رواناب از

تأثیر شیب روی مقدار رواناب، ناشی از اثر آن بر عمق و ظرفیت نگهداری آب و خاک و همچنین فرصت نفوذ آب در آن و میزان نفوذ آب در خاک است. چنانچه مقدار شیب فزونی یابد، نقش عوامل افزاینده نفوذ کاهش یافته و میزان رواناب زیاد می‌شود، زیرا تجمع آب در ناهمواری‌های سطحی رابطه نزدیک با شیب آبریز داشته و با افزایش آن تقلیل می‌یابد. در شرایط مساوی سرعت جریان در حوضه‌های با شیب تند نسبت به حوضه‌های با شیب ملایم سریعتر است. در این مطالعه نیز شیب‌های تند در نواحی شمالی و شرقی حوضه قرار دارند و نواحی غربی حوضه از شیب‌های ملایم‌تری برخوردارند. در خصوص تراکم زهکشی حوضه آبریز نیز، هر چقدر تراکم زهکشی زیادتر باشد سرعت تجمع رواناب سریع‌تر شده و تأثیر بیشتری در سیل‌خیزی حوضه دارد که در این مطالعه نیز، این لایه با ارزش وزنی $0/032$ از دیگر پارامترهای مؤثر بر وقوع سیلاب منطقه مورد مطالعه به شمار می‌رود. بارندگی نیز از پارامترهای مؤثر بر وقوع سیلاب در حوضه آبریز رودخانه ابوالعباس است که ارزش وزنی این لایه، $0/025$ می‌باشد. به‌طور کلی با افزایش میزان بارندگی، احتمال وقوع سیلاب بیشتر خواهد شد. لذا در این مطالعه نیز مناطقی که میانگین بارندگی بالاتری داشتند، از ارزش بالاتری برخوردار بودند که بیشتر در نواحی شمالی و شرقی حوضه مورد مطالعه بودند. نکته قابل توجه در خصوص حوضه آبریز رودخانه ابوالعباس با توجه به قرار گرفتن این منطقه در زمره مناطق نیمه-خشک، وجود بارش‌های رگباری سیل‌آسا در فصل بهار است که می‌تواند بر پتانسیل وقوع سیلاب در منطقه تأثیر به‌سزایی داشته باشد. عامل جهت شیب نیز به دلیل تبعیت و رابطه مستقیم با مسیر حرکت جریان از پارامترهای مؤثر و تأثیرگذار در سیل‌خیزی حوزه محسوب می‌شود. نکته دیگری که باید در وزن‌دهی جهت شیب مورد توجه قرار گیرد، جهت حرکت جریان‌ها، شکل حوضه و خصوصیات فیزیوگرافی حوضه می‌باشد. با در نظر گرفتن عوامل فوق در حوضه، مشاهده می‌گردد که غالب جریان‌ها جنوب شرقی - شمال غربی و شرقی - غربی می‌باشد، لذا این جهت‌ها وزن بیشتری به خود اختصاص داده‌اند.

که هرچه ارتفاع بیشتر باشد، نقش مهم‌تری در سیل‌خیزی منطقه دارد لذا مناطق شمالی و شرقی پتانسیل بالاتری در وقوع سیلاب دارند زیرا مناطق مرتفع‌تر، پتانسیل بیشتری در ارتباط با بارش و هدایت رواناب دارند. لذا در لایه وزن‌دهی شده مدل رقومی ارتفاع، نواحی کم‌ارتفاع ارزش کمتر و مناطق مرتفع ارزش بالاتری را دریافت نمودند. در تحلیل ارزش وزنی معیارها، ارتفاع با داشتن ارزش وزنی $0/097$ دارای رتبه پنجم در بین معیارها می‌باشد که با مطالعات Mousavi et al. (2017) هم‌خوانی دارد. این محققان نیز پتانسیل سیل‌خیزی منطقه در حوضه آبریز شهر باغملک را مورد مطالعه قرار دادند که نتایج حاصل از مطالعه آن‌ها نشان داد نواحی با ارتفاع بالاتر پتانسیل بالاتری در وقوع سیلاب دارند و بالعکس. همچنین در این مطالعه لایه ارتفاع دارای رتبه پنجم در بین پارامترهای مورد بررسی بود. شاخص توان آبراهه و شاخص رطوبت توپوگرافی نیز از دیگر پارامترهای مؤثر بر سیل‌خیزی منطقه مورد مطالعه می‌باشد. شاخص رطوبت توپوگرافی که از دیگر پارامترهای مؤثر بر وقوع سیلاب منطقه می‌باشد، بیانگر مقدار انباشت جریان در هر مکان در یک حوضه آبریز و روند قدرت جریان آب به پایین دست بر اثر نیروی گرانش می‌باشد و رابطه مثبت و معنی‌داری بین افزایش خطر ریسک سیلاب با افزایش مقادیر شاخص TWI وجود دارد که با تحقیقات Samanta et al. (2018) مطابقت می‌نماید. بر این اساس با افزایش مقدار شاخص رطوبت توپوگرافی، احتمال وقوع سیل به طور کلی بیشتر خواهد شد و در این مطالعه نیز، با افزایش این شاخص، امتیاز بالاتری به آن تعلق گرفت. شاخص توان آبراهه نیز پارامتر تأثیرگذار دیگر است که اثر توپوگرافی را در تولید رواناب با فرض پایداری و یکنواختی شرایط خاک بیان می‌کند. ارزیابی این شاخص نشان می‌دهد که مقادیر بالاتر، دارای امتیاز بیشتری هستند. لایه شاخص توان آبراهه و شاخص رطوبت توپوگرافی به ترتیب دارای ارزش وزنی $0/04$ و $0/035$ می‌باشند که در جایگاه ششم و هفتم رتبه‌بندی معیارها قرار گرفته‌اند. شیب حوضه آبریز نیز پارامتر تأثیرگذار دیگری است که در این مطالعه با ارزش وزنی $0/029$ جزو پارامترهای مؤثر بر سیل‌خیزی حوزه آبریز می‌باشد. به طور کلی میزان شیب اثری محسوس و قابل توجه در جریان سطحی آن دارد.

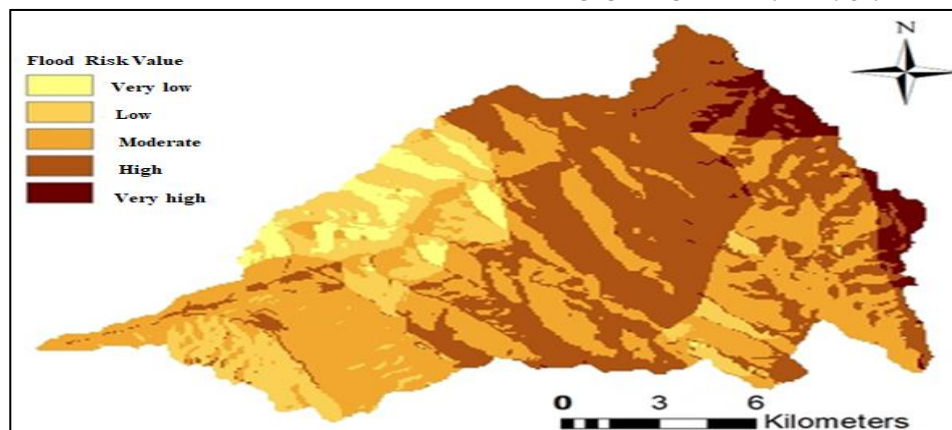


Fig. 5- Flood risk map of Abolabbas River Basin using TOPSIS technique
شکل ۵- نقشه خطر سیل خیزی برای حوضه آبریز رودخانه ابوالعباس با استفاده از روش TOPSIS

جدول ۲- مساحت هر یک از کلاس‌های حساسیت به وقوع سیل در حوضه آبریز رودخانه ابوالعباس

| Table2- Area of each of the flood susceptibility classes in the Jare Dam basin | | |
|--|-------------------------|----------|
| Flood risk value | Area (Km ²) | Area (%) |
| Very low | 11.07 | 4 |
| Low | 37.54 | 13 |
| Moderate | 106.55 | 38 |
| High | 113.08 | 40 |
| Very high | 12.99 | 5 |
| sum | 281.23 | 100 |

TOPSIS نه تنها مقدار نقش هر عامل در وقوع سیل را تعیین می‌کند بلکه چگونگی ارتباط و هماهنگی بین عوامل مؤثر در وقوع سیل را از طریق وزن‌دهی به صورت یک شبکه منظم و متصل بهم را فراهم می‌سازد. روش TOPSIS مبتنی بر مرتب‌سازی مجموعه-ای از گزینه‌ها می‌باشد که به جای استفاده از یک معیار برای تصمیم‌گیری، امکان استفاده از چندین معیار در تصمیم‌گیری را به صورت یکجا به تصمیم‌گیرندگان می‌دهد. برای تعیین مناطق مخاطره‌آمیز در برابر خطر وقوع سیل در حوضه آبریز رودخانه ابوالعباس از یازده فاکتور استفاده شد که به ترتیب اولویت عبارتند از: شماره منحنی رواناب، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، فاصله از آبراهه، ارتفاع، شاخص توان آبراهه، شاخص رطوبت توپوگرافی، تراکم زهکشی، میزان شیب، بارندگی و جهت شیب. عامل شماره منحنی رواناب بیشترین تأثیر و جهت شیب کمترین تأثیر را به خود اختصاص داده‌اند. همان‌طور که در نقشه ریسک‌پذیری سیلاب حوضه نشان داده شده است، منطقه از لحاظ خطر سیلاب به پنج گروه تقسیم می‌شود و مناطق با ریسک وقوع کم تا بسیار زیاد شناسایی شدند. بر طبق محاسبات انجام شده، ۱۲۶/۰۷ کیلومتر مربع از ۲۸۱/۲۳ کیلومتر مربع مساحت حوضه در محدوده خطر بالا و بسیار بالا قرار دارد که بیشتر در مناطق شمالی و شرقی حوضه کوهستانی بوده و از ارتفاع بیشتری نسبت به سایر مناطق حوضه برخوردار است، قرار گرفته‌اند. در این مناطق، تمام فاکتورهای مؤثر بر سیل‌خیزی به صورت مؤثر عمل کرده و خطر سیل‌خیزی را افزایش داده‌اند، به خصوص در نقاط نزدیک به رودخانه اصلی و آبراهه‌های منتهی به آن، احتمال وقوع سیل بیش‌تر است که بایستی هنگام برنامه‌ریزی بیشتر مورد توجه قرار گیرند. به طور کلی نتایج به‌دست آمده از این مطالعه نشان داد که سیل‌خیزی حوضه ناشی از برآیند عوامل مختلف محیطی و انسانی است که بر اساس نقشه خطر سیل ارائه شده می‌توان اقدامات مدیریتی مناسبی را جهت کاهش خسارت‌ها و تلفات ناشی از سیل انجام داد. هم‌چنین دستیابی به یک نقشه پیش‌بینی مکانی دقیق می‌تواند به مدیران و برنامه‌ریزان در شناسایی مناطق حساس به وقوع سیل به‌منظور مدیریت

ارزیابی سیل‌خیزی حوضه با استفاده از روش TOPSIS

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که شماره منحنی (۰/۲۶) و کاربری اراضی (۰/۱۳) بیش‌ترین تأثیر و جهت شیب (۰/۰۲۲) کمترین تأثیر بر تولید سیل در منطقه را دارند اگر چه نتایج et al. Nouri (2019) نشان داد که عامل شماره نفوذ منحنی کم‌ترین تأثیر بر وقوع سیل را داراست. هم‌چنین بررسی و تحلیل نقشه‌ی به‌دست آمده از روش تاپسیس شکل (۵) بیانگر این است که حدود ۴۵ درصد از منطقه مورد مطالعه دارای خطر بالا و بسیار بالای سیل‌خیزی را دارند که بیشتر این نقاط در نواحی شمالی و شرقی واقع هستند و این مناطق دارای بیشترین پتانسیل خطر در برابر سیل هستند. عمده‌ترین دلایل آن این است که نواحی شمالی و شرقی به دلیل داشتن ارتفاع بیشتر، طغیان‌های فصلی رودخانه، بارش بیشتر و نیز شماره منحنی رواناب بالاتر، مستعد خیزش رواناب‌های زیادتری هستند. هم‌چنین تغییر کاربری اراضی و تخریب پوشش گیاهی نیز می‌تواند از عوامل کلیدی در بالا بودن پتانسیل سیلاب در منطقه باشند. با توجه به اینکه در مدل تاپسیس، برای بررسی پتانسیل سیل‌خیزی منطقه، پارامترهای مؤثر بر وقوع سیلاب بی‌مقیاس شده و بر اساس وزن‌های به‌دست آمده، فاصله از ایده‌آل مثبت و منفی شکل (۴) نیز محاسبه می‌شود، لذا این روش می‌تواند قابلیت بالایی در تعیین پتانسیل سیل‌خیزی حوضه آبریز داشته باشد. این نتایج با نتایج مطالعه Mosavi et al. (2013)، Mosavi et al. (2017) و Gyumin et al. (2014) تطابق دارد. این محققان نیز در نتایج حاصل از مطالعه‌شان به کارآمد بودن روش TOPSIS در تعیین پتانسیل سیل‌خیزی حوضه آبریز اشاره کرده‌اند.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش با استفاده از روش TOPSIS که از فنون تصمیم‌گیری چند معیاره است به بررسی و ارزیابی خطر سیل برای حوضه آبریز رودخانه ابوالعباس واقع در استان خوزستان پرداخته شد. مدل

کاهش خسارات مالی و جانی ناشی از وقوع سیلاب به مدیران و مسئولین کمک شایانی نماید.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان (طرح پژوهشی به شماره ۹۹۱/۰۵) اجرا شده است. نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از همکاری و مساعدت معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان و تمامی عزیزانی که در این طرح ما را یاری نموده‌اند، سپاسگزاری نمایند.

بحران نواحی مستعد کمک شایانی نماید. در این راستا بر اساس نتایج حاصل از مطالعه حاضر می‌توان بیان نمود که اجرای روش TOPSIS در محیط GIS رویکردی قوی در تهیه نقشه‌های خطر سیلاب با درجه مطلوبی از دقت است که چنین ابزارهایی می‌تواند در ارزیابی مخاطرات شهری و محیطی با دقت بالا کاربرد زیادی داشته باشند که با نتایج به‌دست آمده از مطالعه‌های Hasanloo et al. (2019)، Lai et al. (2020) و Mishra و Sinha (2020) مطابقت دارد. این محققان نیز بیان کردند که ابزار تصمیم‌گیری به نام فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی برای تولید نقشه‌های خطر سیلاب بسیار کارآمد بوده که در راستای مدیریت سیلاب جهت

References

- 1- Ahmadzadeh, H. and EN, R.S., 2015. A Study and Zoning of the Areas Prone to Flooding with an Emphasis on Urban Floods (Case Study: City of Maku). *Journal of Hydrogeomorphology*, 1(2), pp.1-24. (in Persian).
- 2- Alee Taleghani, M. and Homauni, S., 2012. Dinevar basin flood zoning relying on the geomorphologic characteristics. *Geography and Environmental Sustainability*, 1(1), pp.37-49.
- 3- Bout, B. and Jetten, V.G., 2018. The validity of flow approximations when simulating catchment-integrated flash floods. *Journal of Hydrology*, 556, pp.674-688.
- 4- Eftekhari, R.A., Sadeghloo, T., Ahmadabadi, A. and Sojasi, H., 2010. Zoning of rural regions in flood hazard with use of HEC-GeoRAS model in GIS sphere (case study: flooded villages of gorganrud basin). *Journal of Rural Development*, 1(1). (in Persian).
- 5- Farajzadeh, M., Nosrati, A., 2004. The zonation of flood susceptibility in drainage basin using GIS case study: Gavehrood basin. *Journal of Geographical Sciences*, 3(3-4), 49-58. (in Persian).
- 6- Fernandez D.S. and Lutz M.A. 2010. Urban Flood Hazard Zoning in Tucumán Province, Argentina, Using GIS and Multicriteria Decision Analysis. *Engineering Geology*, 111, 90-98. (in Persian).
- 7- García-Pintado J, Neal JC, Mason DC, Dance SL, Bates PD. Scheduling satellite-based SAR acquisition for sequential assimilation of water level observations into flood modelling. *Journal of Hydrology*. 2013 Jul 12;495:252-66.
- 8- Ghanavati, E., Karam, A., Aghaalikhani, M. 2013. Flood risk zonation in the farahzad basin (Tehran) using Fuzzy model, *Geography and Environmental Planning*, 23(4): 121-138. (in Persian).
- 9- Lee, G., Jun, K. S., Chung, E. S. 2014. Robust spatial flood vulnerability assessment for Han River using fuzzy TOPSIS with α -cut level set. *Expert Systems with Applications*, 41(2), 644-654.
- 10- Hasanloo, M., Pahlavani, P. and Bigdeli, B., 2019. Flood Risk Zonation Using a Multi-Criteria Spatial Group Fuzzy-Ahp Decision Making and Fuzzy Overlay Analysis. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 42: pp.455-460.
- 11- Hwang, C.L. and Yoon, K., 1981. *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Springer-Verlag, New York.
- 12- Khayrizadeh, M., Maleki, J., Amunia, H. 2018. Potential flood hazard zoning in Mardeghai catchment using model ANP. *Quantitative Geomorphology Research*. 1(3): 39-56. (in Persian).

- 13-Jahadi, T.M., Hosseinzade, S.R. 2014. Paleoflood Hydrology, New Approach of Modern Geomorphology in Flood Hazard Assessment. *Geography and Environmental Hazards*, 133-162. (in Persian).
- 14-Khosravi K., Pourghasemi H.R., Chapi K. and Bahri M. 2016. Flash flood susceptibility analysis and its mapping using different bivariate models in Iran: a comparison between Shannon's entropy, statistical index, and weighting factor models. *Environmental Monitoring and Assessment*, doi:10.1007/s10661-016-5665-9. 898.
- 15-Khosroshahi, M. and Saghfian, B., 2003. Investigating the role of watershed sub-basin participation in basin flood intensity. *Journal of Research and Construction*, 59(2), pp.67-75.
- 16- Kusk, T., 2008, *Floods: Hazards of Surface and Groundwater Systems*, Facts On File publishing, New York.
- 17-Jun, K.S., Chung, E.S., Kim, Y.G. and Kim, Y., 2013. A fuzzy multi-criteria approach to flood risk vulnerability in South Korea by considering climate change impacts. *Expert Systems with Applications*, 40(4), pp.1003-1013.
- 18-Lai, Y.L. and Ishizaka, A., 2020. The application of multi-criteria decision analysis methods into talent identification process: A social psychological perspective. *Journal of Business Research*, 109: Pp. 637-647.
- 19-Li, N. 2002. *The flood risk management system based on GIS. PhD Paper. Beijing*: China Institute of Water Resource and Hydropower Research.
- 20-Li, L., Shi, Z.H., Yin, W., Zhu, D., Ng, S.L., Cai, C.F. and Lei, A.L., 2009. A fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) approach to eco-environmental vulnerability assessment for the danjiangkou reservoir area, China. *Ecological Modelling*, 220(23), pp.3439-3447.
- 21-Mishra, K. and Sinha, R., 2020. Flood risk assessment in the Kosi megafan using multi-criteria decision analysis: A hydro-geomorphic approach. *Geomorphology*. 350, p.106861.
- 22-Mosavi, M., Abedini, A., Ouri, A., 2013. Analysis and zoning of flood risk in Izeh watershed using experimental and hierarchical models. *Second International Conference on Environmental Hazards. Tehran*. (in Persian).
- 23-Mosavi, S. M., Negahban, S., Rakhasni Moghadam, H., Hossinzadeh, S.M., 2017. Assessment and zoning Flood risk by using Fuzzy logic TOPSIS in GIS (Case study: Baghmalek urban catchment), *Environmental Hazards*. 5(10): 79-98. (in Persian).
- 24-Nouri, H., Shahedi, K. Habibnezhad Roshan, M., Kavian, A., Faramarzi, M. 2019. Susceptibility to flooding in the Razavar Watershed using analytical hierarchy process method. *Journal of Natural Environmental Hazards (JNEH)*.8(19):35-50. Analysis and zoning of flood risk in Izeh watershed using experimental and hierarchical models. *Second International Conference on Environmental Hazards* (in Persian).
- 25-Pradhan B. 2009. Flood susceptible mapping and risk area delineation using logistic regression, GIS and remote sensing. *Journal of Spatial Hydrology* 9(2): 1-18.
- 26-Rezaie Moghaddam, M. H., Asghari, S., FeyzollahPour, M. 2011. Mdeling Flood Flow Of Jajrood Basin River. *Geography*, 9(30): 163-176. (in Persian).
- 27-Samanta R., Bhunia G., Shit P. and Pourghasemi H. R. 2018. Flood susceptibility mapping using geospatial frequency ratio technique: a case study of Subarnarekha River Basin, India. *Modeling Earth Systems and Environment*. 10.1007/s40808-018-0427-z. 4(1): 395-408.

-
- 28-Tehrany, M.S., Pradhan, B. and Jebur, M.N., 2013. Spatial prediction of flood susceptible areas using rule based decision tree (DT) and a novel ensemble bivariate and multivariate statistical models in GIS. *Journal of hydrology*, 504, pp.69-79.
- 29-Youssef, A.M., Pradhan, B. and Hassan, A.M., 2011. Flash flood risk estimation along the St. Katherine road, southern Sinai, Egypt using GIS based morphometry and satellite imagery. *Environmental Earth Sciences*, 62(3), pp.611-623.
- 30-Wang, Y., 2018. Application of TOPSIS and AHP in the Multi-Objective Decision-Making Problems. In *MATEC Web of Conferences (Vol. 228, p. 05002)*. EDP Sciences.