Journal of Applied Researches in Geographical Sciences
Print ISSN: 2228-7736 Online ISSN: 2588-5138
https://jgs.khu.ac.ir/

Preparation of flood sensitivity map and probability of its occurrence using Shannon's entropy model (case study of Firoozabad river watershed)

Mohammad Ebrahim Afifi

Associate Professor of Geomorphology, Department of Geography, Islamic Azad University, Larestan, Iran
Email: Afifi.ebrahim6353@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received
2019/05/01
Received in revised
2021/03/15
Accepted
2021/06/06
Published
2021/06/14
Published online
2024/01/21

Keywords:
Shannon Entropy Model,
Flood Susceptibility,
Watershed,
Firoozabad River.

ABSTRACT

Among the natural hazards, without a doubt, the flood is known as a natural disaster. In this research, Shannon entropy model was used to prepare a flood sensitivity map. In this research, the Shannon entropy model was used to create a flood sensitivity map. Initially, 34 flood watersheds were selected from the Firoozabad basin, then these 34 points were classified into two groups. Out of the 34 points, 22 points (65 percent) were used for training and modeling, while the remaining 12 points (35 percent) were not used in the modeling process and were reserved for validation. First, a map depicting the flood status was developed. Then, ten factors, including slope, aspect, lithology, land use, NDVI, SPI, TWI, altitude, rainfall, and distance from the river, were selected as flood factors. Prioritizing the factors that have an impact on flood occurrence based on the Shannon entropy index revealed that the NDVI layers (2.03), rainfall (2.00), distance from the river (1.89), SPI (1.385), elevation classes (0.999), gradient with weight (0.932), lithology (0.478), TWI (0.379), land use (0.280) and aspect (0.184) had the highest and lowest impacts on flood events, respectively The results of the ROC curve showed that the predicted surface area under the curve with the validation data (35 percent) was equal to 91.42 percent, and the success rate with the training data (65 percent) was equal to 92.53 percent.

Cite this article: Afifi, Mohammad Ebrahim. (2025). Preparation of flood sensitivity map and probability of its occurrence using Shannon's entropy model (case study of Firozabad river watershed). *Journal of Applied Researches in Geographical Sciences*, 75 (24), 378-391. DOI: http://dx.doi.org/10.61186/jgs.24.75.2

© The Author(s). Publisher: Kharazmi University.
DOI: http://dx.doi.org/10.61186/jgs.24.75.2

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.55.8]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.2]

Journal of Applied Researches in Geographical Sciences
Print ISSN: 2228-7736 Online ISSN: 2588-5138
https://jgs.khu.ac.ir/

Extended Abstract

Introduction

Among the natural hazards, without a doubt, floods are known as natural disasters (Afifi, 2017). In this research, the Shannon entropy model was used to prepare a flood sensitivity map. First, 34 flood watersheds were selected from the Firoozabad basin, and then these 34 points were classified into two groups. 22 points, accounting for 65 percent of the points, were used for training and modeling, and 12 points, accounting for 35 percent of the locations, were not used in the modeling and were used for validation. First, a map of the flood status was developed. Then, 10 factors - slope, tilt, lithology, land use, NDVI, SPI, TWI, altitude, rainfall, and distance from the river - were selected as flood factors in the Firoozabad basin. Prioritizing the effective factors in flood occurrence using the Shannon entropy index showed that the NDVI layers (2.03), rainfall (0.00), distance from the river (1.89), SPI (385.1), elevation classes (999 (0.19), gradient with weight (0.932), lithology (478.0), TWI (379.0), and land use (280.0) had the highest to least impact on flood events, respectively (0.184). Based on the results of the ROC curve, the predicted surface area under the curve with 35% of the validation data was equal to 91.42%, and for the success rate with 65% of the training data, it was equal to 92.53%.

Material and Methods

The most important factors affecting the occurrence of floodwaters in Firoozabad include slope, slope direction, distance from the river, elevation classes, rainfall, topographic humidity (TWI), land use, vegetation cover (NDVI), and river power index (SPI). The form of these factors has been prepared. One of the important factors that directly affects the floods of different basins is the slope of the earth. The greater the gradient of the ground, the less influence the runoff has and the runoff is more powerful and faster. The second factor considered in this study is flood and its effects. The figure is based on the Digital Elevation Model and the ArcGis software, which has ten classes. To determine the distance from the river, the multiring buffer command in ArcGis software was used, and it was classified into five classes. To analyze the effective factor of elevation classes, a digital elevation model was used in ArcGis software, classified into five classes. Two important factors, SPI and TWI, are known as significant factors in connection with water. TWI represents the amount of flow accumulation in each location in the catchment area and the flow trend downstream by gravity.

Results and Discussion

An entropy index is a measure of equality in which groups are distributed evenly and uniformly among organizational units. It defines an entropy index as the measure of the average difference between the share of unit groups in a system as a whole. Entropy is one of the management approaches used to deal with irregularities, instability, turmoil, and uncertainties in a system.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.55.8]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.2]

Journal of Applied Researches in Geographical Sciences
Print ISSN: 2228-7736 Online ISSN: 2588-5138
https://jgs.khu.ac.ir/

Conclusion

One of the primary approaches for mitigating flood damage and financial losses is through the establishment of a flood susceptibility model. Thus, this research focuses on evaluating the Shannon and Fuzzy entropy model to assess the sensitivity and probability of flood occurrence in the Firoozabad River basin. The initial step involved delineating the flood conditions within the studied catchment area. Subsequently, ten flood factors were selected for the Firoozabad basin, which included slope, aspect, lithology, land use, NDVI, SPI, TWI, elevation, rainfall, and distance from the river. Evaluating the significance of these factors in flood occurrence using the Shannon entropy index revealed that the NDVI layers (2.03), rainfall (0.00), distance from the river (1.89), SPI (385.1), elevation classes (999 (0.19), weighted gradient (0.932), lithology (478.0), TWI (379.0), and land use (280.0) possessed the most and least considerable influence on flood events, respectively (0.184). According to the results obtained from the ROC curve, the projected area under the curve was found to be 35%.

Keywords: Shannon Entropy Model, Flood Susceptibility, Watershed, Firoozabad River.

References

Afifi mohammad,. Ebrahim (2017). Application of GIS for Flood Zoning Hazard in Shiraz International Journal of Ecology & Development number 22.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.55.8]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.2]

نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی
شاپا چاپی: ۷۷۳۶-۲۲۲۸ شاپا الکترونیکی: ۵۱۳۸-۲۵۸۸
https://jgs.khu.ac.ir/

تهیه نقشه حساسیت سیلاب و احتمال وقوع آن با استفاده از مدل آنتروپی شانون (مطالعه موردی حوضه آبخیز رودخانه فیروزآباد)

محمدابراهیم عفیفی

نویسنده مسئول، دانشیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان، ایران.
رایانامه: Afifi.ebrahim6353@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۳۹۸/۰۲/۱۱
تاریخ بازنگری:
۱۳۹۹/۱۰/۲۵
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۰/۰۳/۱۶
تاریخ انتشار:
۱۴۰۰/۰۳/۲۴
تاریخ انتشارآنلاین:
۱۴۰۲/۱۱/۰۱

کلیدواژه‌ها:
مدل آنتروپی شانون،
حساسیت به وقوع سیل،
حوضه آبخیز،
رودخانه فیروزآباد.

چکیده

در بین مخاطرات طبیعی بدون شک سیلاب به‌عنوان یک بلای طبیعی شناخته شده است. در این تحقیق از مدل آنتروپی شانون جهت تهیه نقشه حساسیت به وقوع سیل استفاده شده است که ابتدا ۳۴ نقطه سیلابی حوضه آبخیز فیروزآباد انتخاب گردید و سپس این ۳۴ نقطه به دو گروه طبقه‌بندی گردیده‌اند؛ که ۲۲ نقطه، ۶۵ درصد از موقعیت نقاط برای آموزش و مدل‌سازی و ۱۲ نقطه، ۳۵ درصد از موقعیت نقاط که در مدل‌سازی به کار گرفته نشده‌اند برای اعتبار سنجی مورداستفاده قرار گرفته‌اند؛ که ابتدا به تهیه نقشه موقعیت سیل‌ها پرداخته شد و سپس ۱۰ فاکتور، شیب، جهت شیب، لیتولوژی، کاربری اراضی، NDVI، SPI، TWI، طبقات ارتفاعی، بارندگی و فاصله از رودخانه به‌عنوان عوامل مؤثر در وقوع سیل در حوضه آبخیز فیروزآباد انتخاب شدند. اولویت‌بندی عوامل مؤثر در وقوع سیل توسط شاخص آنتروپی شانون نشان داد که لایه‌های NDVI (۰۳ / ۲)، بارندگی (۰۰ / ۲)، فاصله از رودخانه (۸۹ / ۱)، SPI (۳۸۵ / ۱)، طبقات ارتفاعی (۹۹۹ / ۰)، شیب با وزن (۹۳۲ / ۰)، لیتولوژی (۴۷۸ / ۰)، TWI (۳۷۹ / ۰) و کاربری اراضی (۲۸۰ / ۰)، جهت شیب (۱۸۴ / ۰) به ترتیب دارای بیشترین تا کمترین تأثیر بر وقوع سیل می‌باشند. بر اساس نتایج منحنی ROC برای میزان پیش‌بینی مقدار سطح زیر منحنی با ۳۵ درصد داده‌های اعتبارسنجی برابر (۴۲ / ۹۱ درصد) و برای میزان موفقیت با ۶۵ درصد داده‌های آموزش برابر (۵۳ / ۹۲ درصد) می‌باشد.

استناد: عفیفی، نام؛ محمدابراهیم. (۱۴۰۳). تهیه نقشه حساسیت سیلاب و احتمال وقوع آن با استفاده از مدل آنتروپی شانون (مطالعه موردی حوضه آبخیز رودخانه فیروزآباد). *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۷۵ (۲۴)، ۳۹۱-۳۷۸.
http://dx.doi.org/10.61186/jgs.24.75.2

CC BY NC

ناشر: دانشگاه خوارزمی تهران.
© نویسندگان.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.55.8]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.2]

مقدمه

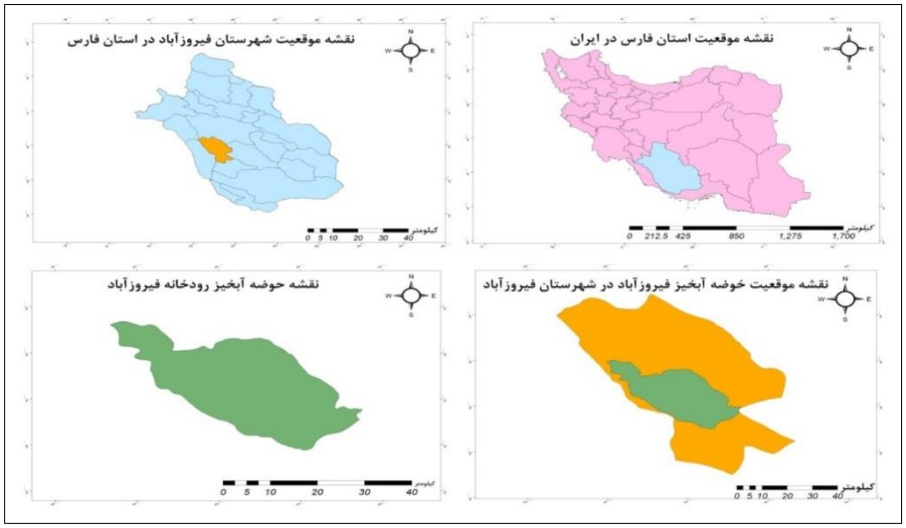
سیل یکی از پدیده‌های پیچیده و مخرب طبیعی است که هر ساله خسارات فراوانی را به دنبال دارد. (عفیفی ۵۰:۱۳۹۴) به‌منظور برنامه‌ریزی جهت بهره‌برداری بهینه و کنترل پدیده‌های طبیعی سیل که از مسائل موجود در کره زمین و از جمله کشور ما نیز می‌باشد، مطالعات و تحقیقات زیادی موردنیاز است. (قنواتی ۱۱۳:۱۳۹۲) در کشور ایران، در طی چند سال اخیر ۱۲۶۰ سیل با میانگین ۳۰ سیل در سال رخ داده است که این آمار حاکی از رشد وقوع سیل در سال‌های اخیر به میزان ۴۰٪ می‌باشد. (پورخسروانی و همکاران ۱۶:۱۳۹۶) آمارها حاکی از آن است که سیلاب چه از نظر تلفات جانی و چه از نظر تلفات مالی مقام اول را در میان حوادث دیگر داراست. این امر کشور ایران را به لحاظ سیل‌خیزی در رتبه هفتمین کشور دنیا قرار داده است (قهرودی ۵۲:۱۳۹۱). وقوع سیل و خسارات ناشی از آن در ایران طی سال‌های اخیر روند افزایشی داشته است، حال‌آنکه به آن توجه زیادی نشده است.(یمانی ۵۴:۱۳۸۴) از سال ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۷ حدود ۳۹۰۰۰۰ نفر در اثر بلایای طبیعی در جهان کشته شدند که ۵۸ درصد مربوط به سیلاب، ۲۶ درصد در اثر زلزله ۱۶ درصد در اثر طوفان و بلایای دیگر بوده است. (پورقاسمی ۱۸۱:۱۳۹۲) خسارات کل در این ۱۰ سال حدود ۷۰۰ میلیارد دلار بوده است که به ترتیب ۳۳، ۲۹، ۲۸ درصد مربوط به سیلاب طوفان و زلزله بوده است.(عفیفی ۱۵:۱۳۹۲) در این رابطه نکته نگران کننده، روند افزایشی تلفات و خسارات سیلاب در جهان در دهه‌های اخیر بوده است. (موسوی ۸۹:۱۳۹۵) به ارزیابی و پهنه‌بندی سیل‌خیزی با استفاده از منطق فازی TOPSIS در محیط GIS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز شهر باغ‌ملک) پرداختند نتایج نشان داد ۸۶ / ۱۷ درصد از محدوده در منطقه با خطر بسیار بالا ۱۵ / ۲۴ درصد در پهنه با خطر بالا قرار دارد. (نوحانی ۲۰:۱۳۹۵) به ارزیابی مدل آنتروپی شانون در تهیه شکل حساسیت و احتمال وقوع به سیل در حوضه آبریز هراز پرداختند که نتایج نشان داد سطح زیر منحنی با موقعیت‌های نقاط آموزش برای مدل آنتروپی شانون برابر با ۵۳ / ۹۲٪ با صحت پیش‌بینی ۴۲ / ۹۱٪ می‌باشد، پس صحت بالای این مدل حاکی از قابل‌اعتماد بودن، جهت تهیه شکل حساسیت به وقوع سیل می‌باشد. افزایش جمعیت و دارایی‌ها در سیلاب دشت‌ها تغییرات هیدرو سیستم‌ها و اثرات مخرب فعالیت‌های انسانی از دلایل عمده این روند افزایش بوده است. (شریفی پیجون ۱۵:۱۳۹۷) به ارزیابی و تحلیل فضایی سیل گیری رودخانه قره بسو با استفاده از منطق فازی در GIS پرداختند که بر اساس نتایج خروجی مدل فازی و همپوشانی شکل سیل گیری، مؤثرترین سطوح در ایجاد پهنه‌های سیل گیر اغلب شیب بین ۰ تا ۵۰ درجه، سطوح ارتفاعی ۱۲۴۰ تا ۱۲۵۰، تراکم زهکشی ۴ / ۰ تا ۱، بارش ۶۵۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر، انحنای پروفیل ۴ / ۰ و انحنای پلانیمتری ۶ / ۰ و کاربری اراضی شهری و فاصله ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ متری از آبراهه می‌باشد. (مصطفی زاده ۸۹:۱۳۹۷) به بررسی تحلیل الگو و شرایط وقوع بارش‌های منجر به سیل در سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۳ در شهرستان گرمی استان اردبیل پرداختند که بر اساس نتایج تحقیق عامل مؤثر در ایجاد بارش‌های سنگین در زمان و مکان موردمطالعه وجود مرکز کم‌فشار حرارتی بر فراز منطقه موردمطالعه و همچنین شکل‌گیری دو موج همراه با هسته بلوکینگ شده بر فراز دریای مدیترانه و وجود دو منطقه کم‌فشار می‌باشد. (Tehrani 72:2014.) توسط تکنیک svm چهار تابع LinerRadial Basis Function, Polynomial و Sigmoid به بررسی پهنه‌بندی مناطق حساس به وقوع سیل در مالزی پرداختند. آن‌ها بیان نمودند که مساحت سطح زیر منحنی به ترتیب برای توابع فوق برابر با ۶۳ / ۸۴، ۹۲ / ۸۳، ۹۶ / ۸۴، ۸۸ / ۸۱ می‌باشد (Tehrani 72:2015) . در تحقیقی تحت عنوان شکل حساسیت به وقوع سیل توسط ترکیب مدل‌های آماری دو متغیره و چند متغیره در کره پرداختند. نتایج نرخ موفقیت و نرخ پیش‌بینی برابر با ۷ / ۹۲ و ۳ / ۸۲ درصد می‌باشد. (khosravi 656:2016) به بررسی سه مدل آماری دو متغیره، شامل آنتروپی شانون، شاخص آماری و فاکتور وزن دهی جهت تهیه شکل‌های حساسیت به وقوع سیل در استان مازندران پرداختند و بیان نمودند که روش شاخص آماری با مساحت زیر منحنی ۷ / ۹۸ درصد دارای بیشترین صحت جهت پهنه‌بندی مناطق حساس به وقوع سیل بوده و پس‌ازآن مربوط به روش‌های فاکتور وزن دهی و آنتروپی شانون با مساحت زیر منحنی ۶ / ۹۷ و ۴ / ۹۲ درصد می‌باشد هدف از این تحقیق استفاده از مدل آنتروپی شانون جهت تهیه نقشه حساسیت به وقوع سیل در حوضه آبخیز فیروزآباد است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.55.8]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.2]

روش‌شناسی

موقعیت منطقه موردمطالعه

شهرستان فیروزآباد یکی از شهرستان‌های استان فارس بوده که با مساحت ۱۱۹۱۷ کیلومتر در غرب است واقع شده و مرکز آن شهر فیروزآباد است. شهر فیروزآباد در محدوده‌ی جنوب غربی استان فارس در عرض جغرافیایی 28 درجه و50 دقیقه شمالی و طول 52 درجه و 34 دقیقه شرقی و در ارتفاع 1325 متری از سطح آب‌های آزاد واقع شده است. حوضه آبخیز فیروزآباد یکی از زیرحوضه‌های آبخیز مند می‌باشد که حوزه آبخیز مند با مساحت ۴ میلیون و ۷۸۵ هزار و 400 هکتار می‌باشد و در قلمرو سه استان فارس، بوشهر و هرمزگان گسترده شده است. حدود این حوضه از بلندای ۳۱۶۵ متری خرمنکوه در زاگرس جنوبی تا سواحل خلیج‌فارس ادامه دارد (عفیفی ۳۵:۱۳۹۱) شکل (۱).



شکل (۱). موقعیت حوضه آبخیز فیروزآباد

۱ – استفاده از مدل آنتروپی شانون و فازی جهت تهیه شکل حساسیت به وقوع سیل.

۲ – بررسی و ارزیابی و اعتبار سنجی مدل آنتروپی شانون و فازی

فهرست وقوع سیل‌های گذشته

به‌منظور بررسی و ارزیابی پتانسیل سیل در حوضه آبریز رودخانه فیروزآباد، ابتدا به بررسی و تجزیه‌وتحلیل سیل‌های ثبت شده در این حوضه پرداخته شد. چون صحت وقایع سیلابی گذشته تأثیر بسیار بالایی بر روی صحت شکل حساسیت به وقوع سیل دارد. حوضه آبخیز رودخانه فیروزآباد در دهه‌های ۵۰ تا ۷۰ به‌شدت تحت تأثیر سیل‌های خطرناک بوده است. شکل ۲ موقعیت ۳۴ نقطه سیلابی در حوضه آبخیز رودخانه فیروزآباد را نشان می‌دهد. این ۳۴ نقطه به دو گروه طبقه‌بندی گردیده‌اند؛ که ۲۲ نقطه، ۶۵ درصد از موقعیت نقاط برای آموزش و مدل‌سازی و ۱۲ نقطه، ۳۵ درصد از موقعیت نقاط که در مدل‌سازی به کار گرفته نشده‌اند برای اعتبار سنجی مورداستفاده قرار گرفته‌اند (0.afifi 22:2017).

انتخاب پارامترهای مؤثر در وقوع سیلاب

مهم‌ترین عوامل و فاکتورهایی که در وقوع سیل حوضه آبخیز فیروزآباد تأثیر دارند شامل شیب، جهت شیب، فاصله از رودخانه، طبقات ارتفاعی، بارندگی، رطوبت توپوگرافی (TWI)، کاربری اراضی، پوشش گیاهی (NDVI) و شاخص توان رودخانه (SPI) انتخاب و سپس به تهیه شکل این فاکتورها اقدام گردیده است. یکی از عوامل مهمی که تأثیر مستقیم بر وقوع سیل‌های حوضه‌های مختلف دارد شیب زمین می‌باشد. هر چه شیب زمین بیشتر باشد قدرت نفوذ رواناب کمتر و رواناب تشکیل‌شده دارای سرعت و قدرت بیشتری می‌باشد. دومین عامل در نظر گرفته شده در این تحقیق که بر وقوع

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.55.8]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.2]

سیل و سیل گیری مؤثر می‌باشد جهت شیب می‌باشد؛ که شکل مزبور با استفاده از مدل رقومی ارتفاع و نرم‌افزار ArcGis تهیه شده که در ده کلاس می‌باشد. برای تهیه شکل فاصله از رودخانه از توسط دستور multiring buffer در نرم‌افزار ArcGis استفاده شد و در ۵ کلاس تقسیم‌بندی گردید. جهت تهیه فاکتور مؤثر طبقات ارتفاعی از مدل رقومی ارتفاع در نرم‌افزار ArcGis استفاده شد که به ۵ کلاس طبقه‌بندی شد. دو فاکتور مهم (SPI) و (TWI) به فاکتورهای مهم در ارتباط با آب مشهور و شناخته شده هستند. TWI مقدار تجمع جریان در هر مکان در حوضه آبخیز و روند جریان به سمت پایین دست توسط نیروی ثقل تعریف می‌گردد. جهت تعیین شاخص رطوبت توپوگرافی از رابطه (۱) استفاده می‌گردد.

$$TWI = 1n\ (AS / \tan \beta\ )$$ رابطه (۱)

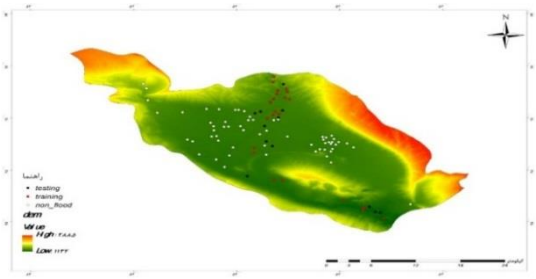
و سپس شکل TWI تهیه و سپس کلاس‌بندی شد. شاخص SPI نیز توسط رابطه (۲) تهیه و طبقه‌بندی شد.

$$SPI = (AS \times \tan \beta\ )$$ رابطه (۲)

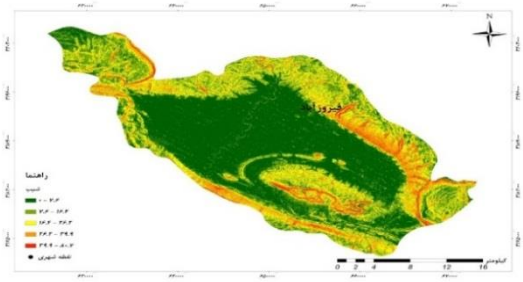
از دیگر عامل‌های مهم در وقوع سیل عامل بارندگی می‌باشد که در ارزیابی پتانسیل سیل حوضه‌های آبخیز دارای اهمیت فراوانی است. زمین‌شناسی به‌طورکلی به علت داشتن سازندهای مختلف نقش مهمی را در وقوع سیل بازی می‌کند. این لایه با فرمت shp از اداره آب شهرستان فیروزآباد تهیه گردید و کلاس‌بندی گردید. تهیه شکل کاربری اراضی و NDVI با استفاده از تصویر سنجنده مربوط به ماهواره لندست تهیه شد. این شکل که نشان دهنده پوشش سطحی گیاهان و تراکم آن‌ها در تصاویر می‌باشد تهیه و در کلاس‌هایی طبقه‌بندی شد این شاخص بین ۱ – تا ۱+ می‌باشد؛ که با افزایش پوشش گیاهی، میزان ارزش حاصل از این نسبت گیری نیز افزایش می‌یابد که از طریق رابطه (۳) محاسبه می‌شود (massey 281:1988)

$$NDVI = (NIR – VIS\ ) \backslash (NIR + VIS\ )$$ رابطه (۳)

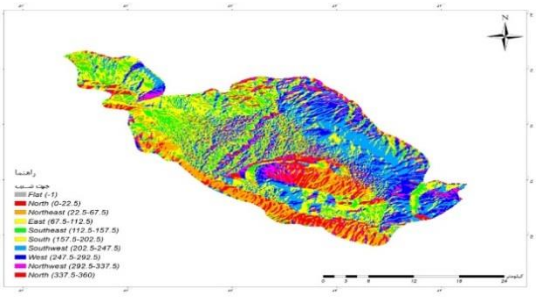
که VIS و NIR به ترتیب اندازه‌گیری بازگشت طیف نور مرئی و مادون‌قرمز نزدیک می‌باشد.



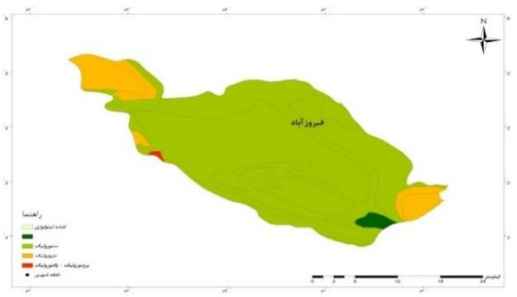
شکل (۲). موقعیت نقاط سیلابی در حوضه آبخیز رودخانه فیروزآباد



شکل (۳). شیب حوضه آبخیز رودخانه فیروزآباد

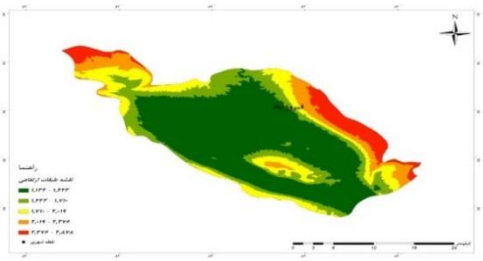


شکل (۴). جهت شیب حوضه آبخیز فیروزآباد

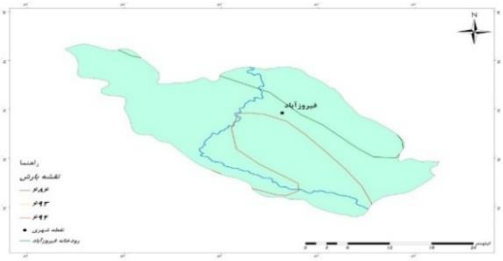


شکل (۵). لیتولوژی حوضه آبخیز فیروزآباد

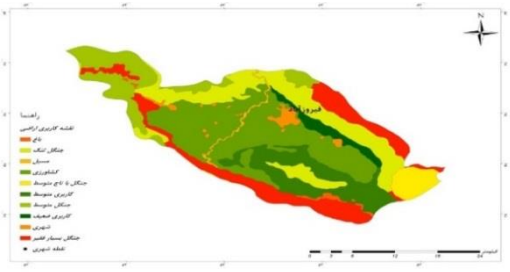
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.55.8]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.2]



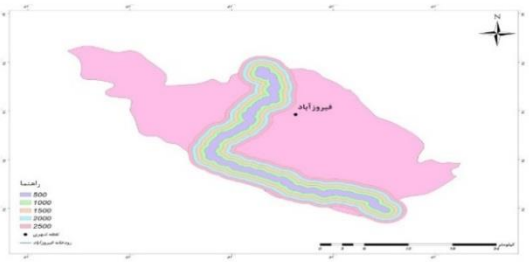
شکل (۶). ارتفاع حوضه آبخیز فیروزآباد



شکل (۷). بارش حوضه آبخیز فیروزآباد



شکل (۸). کاربری اراضی حوضه آبخیز فیروزآباد



شکل (۹). فاصله از رودخانه حوضه آبخیز فیروزآباد

مدل آنتروپی شانون جهت تهیه شکل حساسیت به وقوع سیل

شاخص آنتروپی مقیاسی از مقدار برابری است که در آن گروه‌ها به‌طور مساوی و یکنواخت در بین واحدهای سازمانی توزیع شده‌اند (Massey DS, Nancy AD, 1988) تیل[1] (۱۹۷۲) شاخص آنتروپی را به‌عنوان اندازه‌گیری اختلاف متوسط بین سهم گروه‌های واحد از سیستم‌ها به‌عنوان یک کل تعریف می‌کند. آنتروپی یکی از رویکردهای مدیریتی است که به‌منظور برخورد با بی‌نظمی، بی‌ثباتی اغتشاش و عدم یقین‌های موجود در یک سیستم مورداستفاده قرار می‌گیرد. (Naghibi 100:2014)

نتایج

بررسی نرخ تأثیر کلاس پارامترهای مؤثر در وقوع سیل

تجزیه‌وتحلیل مقایسه‌ای بین موقعیت وقوع سیل‌های گذشته و پارامترهای محیطی مؤثر بر وقوع سیل توسط روش نسبت فراوانی (FR) و آنتروپی شانون انجام گرفت و بر اساس آن، وزن هر یک از پارامترها به دست آمد. وزن‌های مؤثر هر یک از پارامترها برای مدل آنتروپی شانون جهت تهیه شکل حساسیت به وقوع سیل در جدول (۱ تا ۱۰) مشاهده می‌گردد. فاکتور شیب همان‌طور که جدول (۱) نشان می‌دهد به ۵ کلاس تقسیم گردیده که کلاس‌های ۶ / ۷ – ۰ و ۴ / ۱۶ – ۶ / ۷ دارای بیشترین تأثیر بر وقوع سیل می‌باشند، زیرا دارای Eij بیشتری می‌باشند.

جدول (۱). ارتباط بین سیلاب، شیب و تعیین میزان آن‌ها با استفاده از مدل آنتروپی شانون

پارامتر	کلاس	پیکسل	وقوع سیل	FR	Eij	Hj	Hjmax	Ij	Vj
شیب	۰ – ۷/۶	۷ / ۷۴	۴۱ / ۱۸	۶ / ۸۹	۰ / ۶۵۴	۱ / ۵۳۰	۲ / ۶۸۹	۰ / ۵۸	۰ / ۹۳۲
	۷/۶ – ۱۶/۴	۱۹ / ۵۲	۳۱ / ۵۹	۲ / ۴۲	۰ / ۲۴۰				
	۱۶/۴ – ۲۶/۲	۳۰ / ۲۹	۱۷ / ۳۸	۱ / ۲۰	۰ / ۱۸۴				
	۲۶/۲ – ۳۹/۹	۲۶ / ۰۶	۱۴ / ۶۳	۰ / ۹۳	۰ / ۰۷۳				
	۳۹/۹ – ۸۰/۷	۱۶ / ۶۴	۷ / ۷۴	۰ / ۴۸	۰ / ۰۵۶				

[1] Theil

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.55.8]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.2]

جدول (۲) نشان دهنده ارتباط بین سیلاب حوضه آبخیز فیروزآباد و جهت شیب آن می‌باشد که به چهار کلاس تقسیم گردیده همچنان که ملاحظه می‌شود جهت شمال دارای بیشترین تأثیر بر وقوع سیل‌ها می‌باشد چون دارای Eij بیشتری می‌باشد. وزن لایه موردمطالعه در مدل آنتروپی حوضه فیروزآباد ۰/۱۸۴ می‌باشد.

جدول (۲). ارتباط بین سیلاب، جهت شیب و تعیین میزان آن‌ها با استفاده از مدل آنتروپی شانون

پارامتر	کلاس	پیکسل	وقوع سیل	FR	Eij	Hj	Hjmax	Ij	Vj
جهت شیب	شمال	۱۷ / ۶۵	۴۲ / ۶۰	۱ / ۶۵	۰ / ۵۲۱	۱ / ۸۳۹	۱ / ۹۸۸	۰ / ۱۶۸	۰ / ۱۸۴
	جنوب	۲۱ / ۴۷	۱۵ / ۸۷	۱ / ۰۹	۰ / ۱۶۵				
	شرق	۱۸ / ۲۶	۱۹ / ۲۸	۰ / ۴۷	۰ / ۰۵۹				
	غرب	۴۲ / ۶۲	۲۲ / ۲۵	۱ / ۳۲	۰ / ۲۷۸				

جدول (۳) نشان دهنده ارتباط بین سیلاب حوضه آبخیز فیروزآباد و فاصله از رودخانه می‌باشد که به ۵ کلاس تقسیم گردیده همچنان که ملاحظه می‌شود کلاس ۵۰۰ – ۰ دارای بیشترین سیل‌های اتفاق افتاده می‌باشد و کلاس ۲۵۰۰ دارای کمترین تعداد سیل می‌باشد بنابراین تأثیر کلاس ۵۰۰ – ۰ در وقوع سیل بیشتر از بقیه کلاس‌ها بوده چون دارای Eij بیشتری می‌باشد؛ و وزن لایه فاصله از رودخانه نیز ۱/۸۹ می‌باشد.

جدول (۳). ارتباط بین سیلاب، فاصله از رودخانه و تعیین میزان آن‌ها با استفاده از مدل آنتروپی شانون

پارامتر	کلاس	پیکسل	وقوع سیل	FR	Eij	Hj	Hjmax	Ij	Vj
فاصله از رودخانه	۰ – ۵۰۰	۷ / ۹۴	۹۰ / ۵۹	۹ / ۰۲	۰ / ۸۲۰	۰ / ۸۴۳	۲ / ۹۷۳	۰ / ۷۱۲	۱ / ۸۹
	۵۰۰ – ۱۰۰۰	۷ / ۵۲	۴ / ۶۷	۰ / ۶۳	۰ / ۰۸۶				
	۱۰۰۰ - ۱۵۰۰	۷ / ۳۲	۲ / ۳۱	۰ / ۲۸	۰ / ۰۴۲				
	۱۵۰۰ - ۲۰۰۰	۷ / ۰۰	۱ / ۵۷	۰ / ۰۵	۰ / ۰۰۸				
	۲۰۰۰ - ۲۵۰۰	۷۰ / ۶۷	۰ / ۸۶	۰ / ۰۲	۰ / ۰۰۴				

طبقات ارتفاعی از دیگر فاکتورهای مهم و مؤثر بر وقوع سیل می‌باشد که تأثیر بسیار زیادی بر وقوع سیل دارد. معمولاً سیل در طبقات پایین رخ می‌دهد. با توجه به جدول (۴) حدود ۴۸ / ۹۱ سیل‌ها در حوضه آبخیز فیروزآباد در کلاس اول یعنی در ارتفاع ۱۴۴۳ – ۱۱۳۴ متری اتفاق افتاده است. وزن لایه طبقات ارتفاعی طبق مدل آنتروپی شانون ۹۹۹ / ۰ می‌باشد.

جدول (۴). ارتباط بین سیلاب، طبقات ارتفاعی و تعیین میزان آن‌ها با استفاده از مدل آنتروپی شانون

پارامتر	کلاس	پیکسل	وقوع سیل	FR	Eij	Hj	Hjmax	Ij	Vj
طبقات ارتفاعی	۱۱۳۴ – ۱۴۴۳	۵۱ / ۲۶	۹۱ / ۴۸	۱۳ / ۶۹	۰ / ۹۶۸	۱ / ۸۰۳	۳ / ۸۶۲	/ ۷۴۹ ۰	/ ۹۹۹ ۰
	۱۴۴۳ – ۱۷۱۰	۱۰ / ۴۳	۷ / ۲۸	۲ / ۲۶	۰ / ۴۰۱				
	۱۷۱۰ – ۲۰۱۹	۱۵ / ۳۹	۱ / ۲۴	۰ / ۰۸	۰ / ۱۹۳				
	۲۰۱۹ – ۲۳۷۶	۱۳ / ۶۹	۰ / ۰۰	۰ / ۰۰	۰ / ۰۰				
	۲۳۷۶ – ۲۸۱۸	۹ / ۲۳	۰ / ۰۰	۰ / ۰۰	۰ / ۰۰				

جدول (۵) شاخص رطوبت توپوگرافی حوضه آبخیز فیروزآباد می‌باشد، طبق جدول هر چه مقدار این فاکتور بیشتر گردد، تأثیر آن در وقوع سیل بیشتر است. با توجه به جدول کلاس ۶۹ / ۷ – ۷۴ / ۶ دارای کمترین تأثیر و کلاس ۵۸ /۱۲ – ۴۱ / ۱۱ بیشترین تأثیر در وقوع سیل را دارا می‌باشند؛ که وزن لایه TWI در وقوع سیل ۰/۳۹ می‌باشد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.55.8]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.2]

جدول (۵). ارتباط بین سیلاب، TWI و تعیین میزان آن‌ها با استفاده از مدل آنتروپی شانون

پارامتر	کلاس	پیکسل	وقوع سیل	FR	Eij	Hj	Hjmax	Ij	Vj
TWI	۳ / ۳۸ – ۶ / ۷۴	۱۷ / ۱۸	۱ / ۶۸	۰ / ۳۷	۰/ ۰۰۶	۲ / ۹۳۱	۳ / ۷۵۳	۰ / ۲۳۹	۰ / ۳۷۹
	۶ / ۷۴ – ۷ / ۶۹	۲۰ / ۱۲	۱ / ۲۶	۰ / ۱۲	۰ / ۰۰۲				
	۷ / ۶۹ – ۸ / ۵۷	۲۱ / ۷۱	۱ / ۴۲	۰ / ۲۶	۰ / ۰۰۴				
	۸ / ۵۷ – ۹ / ۴۴	۱۶ / ۵۹	۳ / ۱۲	۱ / ۴۲	۰ / ۰۱۸				
	۹ / ۴۴ – ۱۰ / ۳۹	۱۴ / ۱۰	۱۵ / ۵۸	۵ / ۸۵	۰ / ۱۶۴				
	۱۰ / ۳۹ – ۱۱ / ۴۱	۵ / ۹۲	۱۵ / ۴۲	۵ / ۴۳	۰ / ۱۶۳				
	۱۱ / ۴۱ – ۱۲ / ۵۸	۲ / ۳۷	۱۶ / ۲۲	۶ / ۵۱	۰ / ۱۹۶				

جدول (۶) نشان دهنده ارتباط بین سیلاب و SPI در حوضه آبخیز فیروزآباد می‌باشد. طبق جدول هر چه مقدار این فاکتور کمتر باشد تأثیر آن در وقوع سیل بیشتر است با توجه به جدول کلاس ۶۰۰۰۰۰ – ۴۰۰۰۰۰ دارای بیشترین تأثیر در وقوع سیل در حوضه آبخیز فیروزآباد می‌باشد چون دارای Eij بیشتری می‌باشد. وزن لایه هم ۳ / ۱ می‌باشد.

جدول (۶). ارتباط بین سیلاب، SPI و تعیین میزان آن‌ها با استفاده از مدل آنتروپی شانون

پارامتر	کلاس	پیکسل	وقوع سیل	FR	Eij	Hj	Hjmax	Ij	Vj
SPI	۲۹ – ۵۰۰۰	۷۸ / ۳۹	۶۲ / ۸۴	۰ / ۵۸	۰ / ۰۳۸	۲ / ۲۱۰	۳ / ۲۴۶	۰ / ۴۲۸	۱ / ۳۸۵
	۵۰۰۰ – ۳۰۰۰۰	۹ / ۴۸	۱۸ / ۲۰	۲ / ۴۹	۰ / ۰۷۲				
	۳۰۰۰ – ۱۰۰۰۰۰	۵ / ۷۵	۹ / ۶۱	۷ / ۷۲	۰ / ۱۶۳				
	۱۰۰۰۰۰ – ۲۰۰۰۰۰	۳ / ۰۷	۵ / ۴۷	۵ / ۶۱	۰ / ۱۵۰				
	۲۰۰۰۰۰ – ۴۰۰۰۰۰	۱ / ۷۸	۱ / ۳۲	۳ / ۱۸	۰ / ۰۸۲				
	۴۰۰۰۰۰ – ۶۰۰۰۰۰	۰ / ۹۵	۲ / ۸۶	۱۴ / ۹۸	۰ / ۳۹۲				

جدول (۷) نشان دهنده ارتباط بین سیلاب و کاربری اراضی حوضه آبخیز فیروزآباد می‌باشد. برای فاکتور کاربری اراضی خاک‌های لخت، مناطق مسکونی و مسیل‌ها دارای تأثیر بیشتری در وقوع سیل می‌باشند. مناطق مسکونی به دلیل اینکه در نزدیک رودخانه و مناطق با شیب کم احداث می‌شوند و همچنین دارای سطح نفوذناپذیر هستند دارای پتانسیل قابل‌توجهی جهت وقوع سیل می‌باشند. وزن لایه هم ۲۸۰ /۰ می‌باشد.

جدول (۷). ارتباط بین سیلاب، کاربری اراضی و تعیین میزان آن‌ها با استفاده از مدل آنتروپی شانون

پارامتر	کلاس	پیکسل	وقوع سیل	FR	Eij	Hj	Hjmax	Ij	Vj
کاربری اراضی	کشاورزی	۸۲ / ۵۸	۸۳ / ۳۲	۱ / ۷۶	۰ / ۱۶۴	۱ / ۶۹۵	۲ / ۵۹۳	۰ / ۷۳	/ ۲۸۰ ۰
	خاک لخت	۰ / ۸۱	۸ / ۶۹	۷ / ۸ ۵	۰ / ۲۸۵				
	جنگل	۱۰ / ۵۴	۶ / ۰۴	۰ / ۷۴	۰/ ۰۳۵				
	باغ	۵ / ۵۲	۰ / ۰۰۰	۰ / ۰۰	۰ / ۰۰				
	مسکونی	۰ / ۴۵	۰ / ۴۵	۳ / ۰۷	۰ / ۰۸۷				
	مسیل‌ها	۰ / ۲۴	۱ / ۲۳	۴۲ / ۶۴	۰ / ۷۳۲				

با توجه به جدول (۸) پارامتر سنگ‌شناسی به سه گروه تقسیم‌بندی گردیده است که فقط سنوزوئیک در وقوع سیلاب‌های حوضه آبخیز فیروزآباد تأثیرگذار است؛ و وزن لایه هم ۴۷ /۰ می‌باشد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.55.8]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.2]

جدول (۸). ارتباط بین سیلاب، لیتولوژی و تعیین میزان آن‌ها با استفاده از مدل آنتروپی شانون

پارامتر	کلاس	پیکسل	وقوع سیل	FR	Eij	Hj	Hjmax	Ij	Vj
لیتولوژی	سنوزوئیک	۹۰ / ۵۲	۱۰۰	۱۰ / ۰۰	۰ / ۹۸۹	۱ / ۶۹۰	۲ / ۷۶۱	۰ / ۴۰۲	۰ / ۴۷۸
	مزوزوئیک	۷ / ۷۳	۰ / ۰۰	۰ / ۰۰	۰ / ۰۰				
	پالئوزوئیک	۱ / ۷۵	۰ / ۰۰	۰ / ۰۰	۰ / ۰۰				

شاخص NDVI یا شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده از دیگر فاکتورهای مؤثر در وقوع سیل می‌باشد که جدول (۹) نشان دهنده این شاخص در حوضه آبخیز فیروزآباد می‌باشد که همچنان که ملاحظه می‌شود این شاخص به ۱۰ کلاس تقسیم گردیده و وزن لایه هم ۰۳۷ /۰ می‌باشد.

جدول (۹). ارتباط بین سیلاب، NDVI و تعیین میزان آن‌ها با استفاده از مدل آنتروپی شانون

پارامتر	کلاس	پیکسل	وقوع سیل	FR	Eij	Hj	Hjmax	Ij	Vj
NDVI	- ۰ / ۳۷۶ – ۰ / ۱۱۹	۰ / ۱۱	۳ / ۳۱	۲۹ / ۳۵	۰ / ۶۱۷	۱ / ۹۰۰	۳ / ۳۲۲	۰ / ۴۲۸	۲ /۰۳۷
	۰ / ۱۱۹ – ۰ / ۱۶۳	۲ / ۴۷	۴ / ۶۴	۱ / ۸۸	۰ / ۰۴۰				
	۰ / ۱۶۳ – ۰ / ۲۰۰	۱۵ / ۱۸	۱۱ / ۲۶	۰ / ۷۴	۰ / ۰۱۶				
	۰ / ۲۰۰ – ۰ / ۲۴۹	۳۱ / ۸۰	۹ / ۹۳	۰ / ۳۱	۰ / ۰۰۷				
	۰ / ۲۴۹ ۰ / ۳۳۵	۲۸ / ۳۰	۲۱ / ۱۹	۰ / ۷۵	۰ / ۰۱۶				
	۰ / ۳۳۵ – ۰ / ۴۵۴	۱۰ / ۶۳	۱۴ / ۵۷	۱ / ۳۷	۰ / ۰۲۹				
	۰ / ۴۵۴ – ۰ / ۵۸۹	۳ / ۳۲	۹ / ۹۳	۳ / ۰۰	۰ / ۰۶۳				
	۰ / ۵۸۹ – ۰ / ۷۲۴	۲ / ۳۹	۱۳ / ۲۵	۵ / ۵۵	۰ / ۱۱۷				
	۰ / ۷۲۴ – ۰ / ۸۴۸	۱ / ۵۱	۱۰ / ۶۰	۴ / ۲۲	۰ / ۰۸۹				
	۰ / ۸۴۸ – ۱	۳ / ۲۹	۱ / ۳۲	۰ / ۴۰	۰ / ۰۰۸				

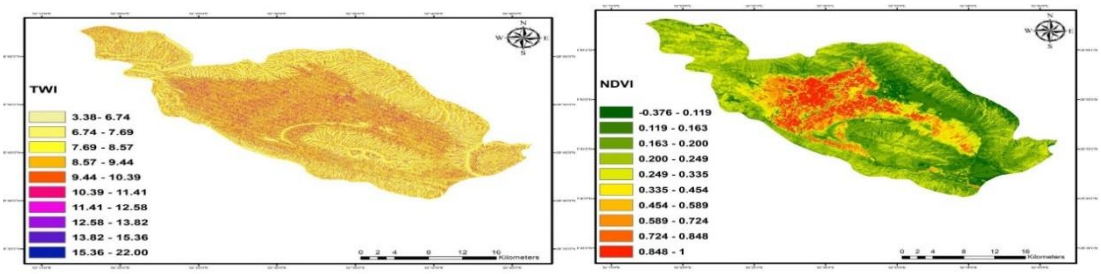
جدول (۱۰) نمایانگر ارتباط بین سیلاب و بارندگی در حوضه آبخیز موردمطالعه می‌باشد که این پارامتر به سه کلاس تقسیم گردیده و تعداد پیکسل‌ها در هر کلاس و تأثیر هر یک از کلاس‌ها در وقوع سیل محاسبه گردیده که وزن لایه هم ۰۰ / ۲ می‌باشد.

جدول (۱۰). ارتباط بین سیلاب، بارندگی و تعیین میزان آن‌ها با استفاده از مدل آنتروپی شانون

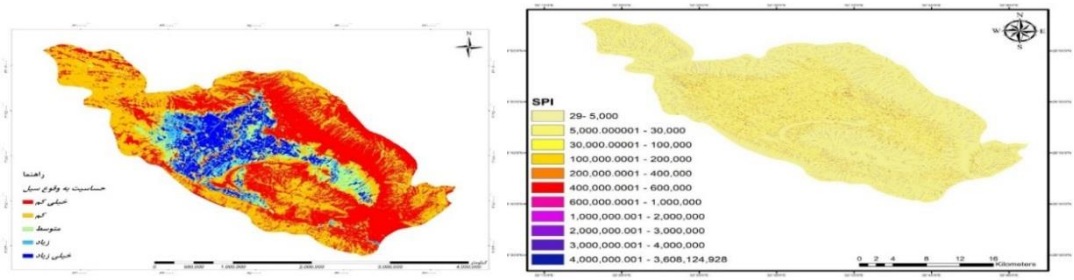
پارامتر	کلاس	پیکسل	وقوع سیل	FR	Eij	Hj	Hjmax	Ij	Vj
بارندگی	> ۶۸۶	۱۷ / ۵۸	۲۵ / ۸۵	۶ / ۷۰	۰ / ۵۰۲	۲ / ۳۱۹	۳ / ۸۱	۰ / ۳۰۵	۲ / ۰۰
	۶۹۳	۱۸ / ۱۳	۳۸ / ۳۱	۳ / ۳۹	۰ / ۴۱۷				
	۶۹۴<	۶۴ / ۲۹	۳۵ / ۸۴	۰ / ۹۵	۰ / ۰۷۹				

بعد از بررسی ارتباط بین هر یک از پارامترها با سیلاب حوضه موردمطالعه و وزن آن‌ها مشخص گردید که شاخص NDVI دارای بیشترین وزن (۰۳۷/ ۲) و شاخص جهت شیب دارای کمترین وزن (۰/۱۸۴) بودند. پس NDVI از دیدگاه آنتروپی شانون مهم‌ترین فاکتور در وقوع سیل می‌باشد. به‌منظور تهیه شکل حساسیت به وقوع سیل ۱۰ فاکتور فوق تهیه شدند پس از وزن نهایی هر عامل توسط مدل آنتروپی شانون و ضرب آن در کلاس‌های عامل مذکور، شکل‌های وزنی با هم جمع شدند و شکل نهایی حساسیت به وقوع سیل تهیه گردید. سپس شکل نهایی به ۵ کلاس حساسیت خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی تقسیم‌بندی گردید که در شکل (۱۳) نشان داده شده است. با توجه به شکل قسمت‌های مرکزی حوضه آبخیز بیشتر در معرض حساسیت به وقوع سیل قرار دارند.

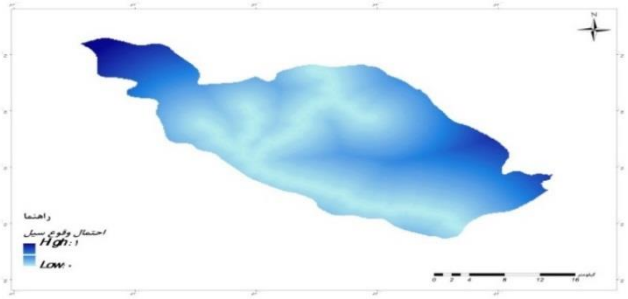
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.55.8]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.2]



شکل (۱۰). شاخص NDVI حوضه آبخیز فیروزآباد شکل (۱۱). رطوبت توپوگرافی (TWI) در حوضه آبخیز فیروزآباد



شکل (۱۲). SPI حوضه آبخیز فیروزآباد شکل (۱۳). حساسیت به وقوع سیل در حوضه آبخیز فیروزآباد

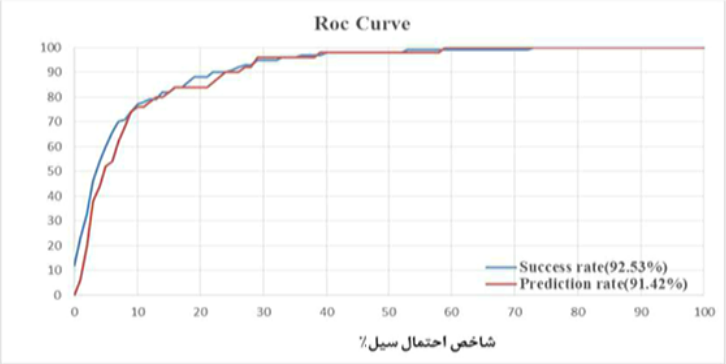


شکل (۱۴). احتمال به وقوع سیل در حوضه آبخیز فیروزآباد طبق مدل آنتروپی شانون

ارزیابی شکل

برای اطمینان از صحت و اعتبار سنجی شکل‌های تهیه شده در این مطالعه از محاسبه شاخص ویژگی‌های نسبی یا منحنی ROC استفاده می‌شود (عفیفی ۱۳۹۵:۱۰). در این روش مساحت زیر منحنی دارای مقادیر بین ۰/۵ تا ۱ می‌باشد و از آن برای ارزیابی مدل استفاده می‌شود. بهترین مدل دارای سطح زیر منحنی نزدیک به ۱ دارد. درحالی‌که مقادیر نزدیک به ۰/۵ نشان دهنده عدم صحت مدل است. برای ترسیم نمودار ROC باید محورهای افقی و عمودی تعریف شوند. محور x در این نمودار عبارت است شاخص احتمال وقوع سیل و محور y درصد تجمعی رخداد سیل است. اساس نتایج منحنی ROC برای حوضه آبخیز فیروزآباد، برای میزان پیش‌بینی مقدار سطح زیر منحنی با ۳۵ درصد داده‌های اعتبارسنجی برابر با ۴۲ / ۹۲ درصد و برای میزان موفقیت با ۶۵ درصد داده‌های آموزش برابر با ۵۳ / ۹۲ درصد می‌باشد شکل (۱۵). پس مدل آنتروپی شانون دارای صحت قابل قبولی در تهیه شکل حساسیت به وقوع سیل در حوضه آبخیز فیروزآباد می‌باشد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.55.8]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.2]



شکل (۱۵). منحنی ROC حوضه آبخیز فیروزآباد

نتیجه‌گیری

یکی از راهکارهای اساسی جهت کاهش خسارت ناشی و مالی سیل تهیه شکل حساسیت به وقوع سیل می‌باشد لذا در این تحقیق به ارزیابی مدل آنتروپی شانون و فازی در تهیه شکل حساسیت و احتمال وقوع سیلاب در حوضه آبخیز رودخانه فیروزآباد پرداخته می‌شود؛ که ابتدا به تهیه شکل موقعیت سیل‌ها در حوضه آبخیز موردمطالعه پرداخته شد؛ و سپس ۱۰ فاکتور، شیب، جهت شیب، لیتولوژی، کاربری اراضی، NDVI، SPI، TWI، طبقات ارتفاعی، بارندگی و فاصله از رودخانه به‌عنوان عوامل مؤثر در وقوع سیل در حوضه آبخیز فیروزآباد انتخاب شدند. اولویت‌بندی عوامل مؤثر در وقوع سیل توسط شاخص آنتروپی شانون نشان داد که لایه‌های NDVI (۰۳/ ۲)، بارندگی (۰۰/ ۲)، فاصله از رودخانه (۸۹/ ۱)، SPI (۱/۳۸۵)، طبقات ارتفاعی (۰/۹۹۹)، شیب با وزن (۰/۹۳۲)، لیتولوژی (۴۷۸/ ۰)، TWI (۳۷۹/ ۰) و کاربری اراضی (۰/۲۸۰)، جهت شیب (۰/۱۸۴) به ترتیب دارای بیشترین تا کمترین تأثیر بر وقوع سیل می‌باشند. بر اساس نتایج منحنی ROC برای میزان پیش‌بینی مقدار سطح زیر منحنی با ۳۵ درصد داده‌های اعتبارسنجی برابر (۹۱/۴۲ درصد) و برای میزان موفقیت با ۶۵ درصد داده‌های آموزش برابر (۹۲/۵۳ درصد) می‌باشد. پس مدل آنتروپی شانول دارای صحت قابل قبولی در تهیه شکل حساسیت به وقوع سیل در حوضه آبخیز فیروزآباد می‌باشد. بر طبق شکل نهایی حساسیت به وقوع سیل اطراف رودخانه فیروزآباد دارای حساسیت به وقوع سیل بالایی می‌باشند، پس باید از ساخت اراضی مسکونی و باغ و اراضی کشاورزی در اطراف رودخانه خودداری شود. با توجه به نتایج تحقیق تهیه شکل حساسیت به وقوع بلایای طبیعی نظیر سیل و ... جهت مدیریت و برنامه‌ریزی‌های آتی لازم و واجب بوده تا از وارد آمدن خسارات جانی و مالی به این بخش‌ها جلوگیری شود.

منابع

پورخسروانی، محمد. پربار، زهرا. مغتنی رحیمی، بهرام (۱۳۹۶) ارزیابی مکان‌های بهینه جهت دفن زباله‌های شهری، فصلنامه پژوهش‌های برنامه‌ریزی شهری دانشگاه تهران، شماره ۲، ص ۳۳۷ – ۳۵۶.

پور قاسمی، حسن. مرادی، حسین. فاطمی عقدا، مژگان (۱۳۹۲) اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش و پهنه‌بندی حساسیت آن، مجله علوم آب‌وخاک، دوره ۱۸، شماره ۷۰، صفحات ۱۸۱ – ۱۹۲.

شریفی پیچون، مصطفی. پرنون، پروین (۱۳۹۷) ارزیابی و تحلیل فضایی سیل گیری رودخانه قره بسو با استفاده از منطق فازی در GIS، مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هفتم، شماره ۱۵، ۳۰ – ۱۷.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.55.8]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.2]

قهرودی، منیژه (۱۳۹۱) ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب در شهر تهران، فصلنامه علمی امداد و نجات، سال چهارم، شماره ۳.

قنواتی، علی (۱۳۹۲) پهنه‌بندی سیلاب شهر کرج با استفاده از منطق فازی، جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۸، ۱۳۱ – ۱۱۳.

طاهری بهبهانی، محسن. بزرگ‌زاده، مرضیه (۱۳۷۵) سیلاب‌های شهری، انتشارات مرکز تحقیقات مسکن و معماری ایران، تهران.

مصطفی زاده، وحید. صفریان زنگور، وحید. حاجی، خلیل (۱۳۹۷) تحلیل الگو و شرایط وقوع بارش‌های منجر به سیل در سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۳ در شهرستان گرمی استان اردبیل، مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هفتم، شماره ۱۵، ۱۰۶ – ۸۹.

موسوی، محمد. نگهبان، سعید. رخشانی مقدم، حسن. حسین زاده، مریم (۱۳۹۵) ارزیابی و پهنه‌بندی سیل‌خیزی با استفاده از منطق فازی TOPSIS در محیط GIS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز شهر باغ‌ملک)، مجله مخاطرات محیط طبیعی، سال پنجم، شماره دهم، ۹۸ – ۷۹.

نوحانی ابراهیم دارابی فریبا معروفی نیا ادریس ۱۳۹۵ ارزیابی مدل آنتروپی شانون در تهیه شکل اساسی و احتمال وقوع سیل در حوضه آبخیز هراز مجله مخاطرات محیط طبیعی سال پنجم شماره دهم زمستان ۱۳۹۵

عفیفی محمدابراهیم ۱۳۹۵ ارزیابی پتانسیل فرونشست زمین و عوامل مؤثر بر آن مطالعه موردی دشت سیدان فاروف مجله پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی شماره ۱۲ سال ۱۳۹۵

عفیفی محمدابراهیم ۱۳۹۱ هیدروژئومورفولوژی حوضه آبریز دشت گرو استان هرمزگان مجله فصلنامه جغرافیایی سرزمین شماره ۳۵ سال ۱۳۹۱

عفیفی محمدابراهیم ۱۳۹۲ مخاطرات ژئومورفولوژیک محور شیراز کازرون و پهنه‌بندی خطر با استفاده از GIS همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار سال اول ۱۳۹۲

عفیفی محمدابراهیم ۱۳۹۴ بحران‌های محیط طبیعی ایران انتشارات پیروز ۱۳۹۴

یمانی، مجتبی. عنایتی، محمد (۱۳۸۴) ارتباط ویژگی‌های ژئومرفولوژیک حوضه‌ها و قابلیت سیل‌خیزی (تجزیه‌وتحلیل داده‌های سیل از طریق مقایسه ژئومرفولوژیک حوضه‌های فشند و بهجت‌آباد). پژوهش‌های جغرافیایی شماره ۵۴، زمستان.

Afifi mohammad,. Ebrahim (2017) Application of GIS for Flood Zoning Hazard in Shiraz International Journal of Ecology & Development number 22.

Khosravi, K., Pourghasemi, H.R., Chapi, K. Bahri, M (2016). Environ Monit Assess, 188: 656. doi:10.1007/s10661-016-5665-9.

Tehrany, M.S., Lee, M.J., Pradhan, B., Jebur, M.N., Lee, S.(2014b). Flood susceptibility mapping using integrated bivariateand multivariate statistical models. Environ. Earth sci. 72(10): 4001-4015.

Tehrany, M.S., Pradhan, B., Jebur, M.N., (2015b). Flood susceptibility analysis and its verification using a novel ensemble support vector machine and frequency ratio method. Stoch Environ Res Risk Assess 29:1149–1165.

Massey DS, Nancy AD (1988) The Dimensions of Residential. Social Forces 67(2):281–315

Naghibi.S.A., Pourghasemi, H.R., Pourtaghi, Z.S., Rezaei A. (2014). Groundwater qanat potential mapping using frequencyratio and Shannon’s entropy models in the Moghan watershed, Iran. Earth Sci Inform, DOI 10.1007/s12145-014-0145-7.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.55.8]
[DOI: 10.61186/jgs.24.75.2]