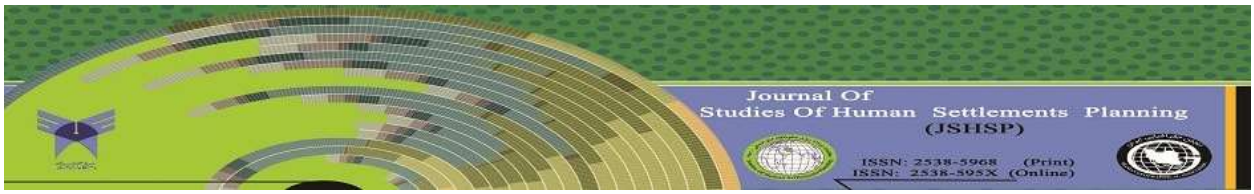
Vol. 18, Issue 1, Spring 2023, pp. 283-298 ISSN (Print): 2538-5968 ISSN (Online): 2538-595X



Research Article Dor: 20.1001.1.25385968.1401.17.1.18.8

Flood Risk Zoning in Fariman City Using Fuzzy Logic

Sanaz Saeedi Mofrad[1]* & Mehdi Asiai[2]

1. Associated Professor, Department of Urbanism, Mashhad branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran
2. Ph. D Condidate in Geography & Urban Planning, University of Tehran, Tehran, Iran
* Corresponding author: Email: Saeedi.s@mshdiau.ac.ir

Receive Date: 14 June 2021
Accept Date: 02 November 2021

ABSTRACT

Introduction: One of the most important natural hazards in the world and in Iran is flood, which will leave a lot of damage if it occurs. One of the very important steps to reduce the harmful effects caused by it is to know the flood prone areas, classify these areas in terms of the level of risk and its zoning. Based on that, it is possible to make decisions regarding the use of land and different uses, including the future optimal development of cities and villages, service and production agriculture, and reduce the losses caused by floods.
Research aim: The current research was carried out with the aim of flood risk zoning in Fariman city with emphasis on urban and rural areas in 2019.
Methodology: This type of research is of an applied type in which fuzzy logic, hierarchical analysis and geographic information system software are used. The eight criteria studied in this article are slope, distance from the river, altitude, geology, land use, rainfall, drainage density and vegetation.
Studied Areas: The geographical area of this research is Fariman city located in Razavi Khorasan province.
Results: Based on the findings of combining the layers using the fuzzy overlay method and the final weight obtained from the variable fuzzy hierarchy analysis model, the height with a weight coefficient of 0.271 has the greatest effect and land use with a coefficient of 0.040 has the least effect on the flood risk of the studied area. . Therefore, according to the flood risk classification map of Freeman city, it can be stated that areas with very high risk are 17.8%, areas with high risk are 14.2%, areas with moderate risk are 20.4%, areas with low risk are 22.5% and areas with They have occupied 25.1% of the area of the city with very low risk.
Conclusion: From the findings, it can be concluded that the city of Fariman is in a very low risk range. In terms of rural settlements, most of the settlements in this city are located in the medium vulnerability zone. Therefore, it is suggested that due attention be paid to the improvement, design and implementation of watershed and aquifer management plans and the location of new cities and towns as well as rural development plans in the study area. Also, planners and decision makers should also take necessary action in the field of reducing the risk of proper placement of infrastructures and facilities of the city.

KEYWORDS: Natural Hazards, Zoning, Flood, Vulnerability, Fuzzy Logic, Hierarchical Analysis, Fariman

فصلنامه علمی مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی
دوره ۱۸، شماره ۱ (پیاپی ٦٢)، بهار ١٤٠٢
شاپای چاپی ٥٩٦٨- ٢٥٣٥ شاپای الکترونیکی ٥٩٥X- ٢٥٣٨
http://jshsp.iaurasht.ac.ir
صص. ۲۹۸-۲۸۳

مقاله پژوهشی Dor: 20.1001.1.25385968.1401.17.1.18.8

پهنه بندی خطر وقوع سیل در شهرستان فریمان با استفاده از منطق فازی

ساناز سعیدی مفرد[1]* و مهدی آسیایی[2]

۱. دانشیار گروه شهرسازی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران
۲. دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تهران، تهران، ایران
* نویسنده مسئول: Email:Saeedi.s@mshdiau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۲۴ خرداد ۱۴۰۰
تاریخ پذیرش: ۱۱ آبان ۱۴۰۰

چکیده

مقدمه: یکی از مهمترین مخاطرات طبیعی در جهان و ایران سیل می‌باشد که در صورت وقوع خسارات زیادی را برجا خواهد گذاشت. از گام های بسیار مهم درجهت کاهش آثار زیان بار ناشی از آن، شناخت مناطق سیل‌گیر، درجه‌بندی این مناطق از لحاظ میزان خطر و پهنه‌بندی آن می‌باشد. تا براساس آن به توان درخصوص استفاده از اراضی و کاربری‌های مختلف از جمله توسعه بهینه آتی شهرها و روستاها، کشاورزی خدماتی و تولیدی، تصمیم گیری نمود و زیان‌های ناشی از وقوع سیل را کاهش داد.

هدف: پژوهش حاضر با هدف پهنه بندی خطر وقوع سیل در شهرستان فریمان با تاکید بر نقاط شهری و روستایی در سال ۱۳۹۹ انجام پذیرفته است.

روش شناسی تحقیق: این نوع پژوهش از نوع کاربردی که در آن از منطق فازی، تحلیل سلسله مراتبی و نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شده است. معیارهای مورد مطالعه در این مقاله شیب، فاصله از رودخانه، ارتفاع، زمین شناسی، کاربری اراضی، بارش، تراکم زهکشی و پوشش گیاهی می‌باشد.

قلمرو جغرافیایی پژوهش: قلمرو جغرافیایی این پژوهش، شهرستان فریمان واقع در استان خراسان رضوی می‌باشد.

یافته‌ها: براساس یافته‌های حاصل از تلفیق لایه‌ها به روش همپوشانی فازی و وزن نهایی حاصل از مدل تحلیل سلسله مراتب فازی متغیر ارتفاع با ضریب وزنی ۰/۲۷۱ بیشترین و کاربری اراضی با ضریب ۰/۰۴۰ از کمترین تاثیر در سیل خیزی منطقه مورد مطالعه برخوردار می‌باشد. بنابراین با توجه به نقشه کلاسه بندی خطر سیل خیزی شهرستان فریمان می‌توان بیان نمود که مناطق با خطر خیلی زیاد ۱۷/۸درصد، مناطق با خطر زیاد ۱۴/۲ درصد، مناطق با خطر متوسط ۲۰/۴درصد، مناطق با خطر کم ۲۲/۵درصد و مناطق با خطر پذیری خیلی کم ۲۵/۱ درصد از مساحت شهرستان را اشغال نموده‌اند.

نتایج: از یافته‌های حاصل می‌توان نتیجه گرفت که شهر فریمان در محدوده خطر خیلی‌کم و کم قرار گرفته است. به لحاظ سکونتگاه‌های روستایی نیز اکثر آبادیهای این شهرستان در پهنه با خطر آسیب پذیری متوسط قرار دارند. لذا پیشنهاد می‌شود نسبت به بهسازی، طراحی و اجرای طرح‌های آبخیز داری و آبخوان داری و مکان‌یابی شهرها و شهرک‌های جدید و همچنین طرح‌های عمران روستایی در منطقه مورد مطالعه توجه لازم مبذول گردد. همچنین برنامه ریزان و تصمیم گیرندگان نیز باید در زمینه کاهش خطرپذیری جانمایی مناسب زیرساخت‌ها و جانمایی تأسیسات شهرستان اقدام لازم را بعمل آورند.

کلیدواژه‌ها: مخاطرات طبیعی، پهنه بندی، سیل، آسیب پذیری، منطق فازی، تحلیل سلسله مراتبی، فریمان

مقدمه

بر اساس گزارش های مرکز مطالعات آئون[1] در شش ماه اول سال ۲۰۲۰ حداقل ۲۰۷ فاجعه طبیعی در سطح جهان ثبت شده است. این آمار بالاتر از میانگین قرن ۲۱ می باشد. در نیمه اول سال ۲۰۲۰ خسارات ناشی از مخاطرات طبیعی در سطح جهان ۷۵ میلیارد دلار برآورد می شود که نزدیک به خسارات وارده در طی سالهای۱۹۸۰تا۲۰۱۹ است (آدام پودلاحا[2]،۲۰۲۰: ۴). یکی از مهمترین مخاطرات طبیعی سیل می باشد که در صورت وقوع منجر به خسارتهای فراوانی می شود. بر اساس آمار سازمان ملل در حدود ۲/۳ میلیارد نفر در جهان تحت تاثیر آثار ناشی از آن می باشند (دفتر کاهش خطر بلایای سازمان ملل، ۲۰۱۵). در یک تعریف سیل رویدادی ناگهانی است که در آن جریان رودخانه و سطح آب به صورت غیرمنتظره افزایش پیدا کرده و باعث خسارات جانی و مالی می‌شود (علیزاده،۱۳۹۰). عوامل متعددی در بروز سیل دخالت دارند، این عوامل درسه گروه اصلی اقلیمی،خصوصیات منطقه ای و فعالیت های انسانی خلاصه می شود (لطفی،۱۳۹۰: ۲۸۴). افزایش سیر صعودی خسارات سیل دردو دهه گذشته سبب شده که آرزوی دیرینه درباره حل قطعی مسئله سیل جای خود را به واقع‌گرایی و درک این واقعیت دهد که همیشه نمی‌توان در مهار سیل ها موفق بود بلکه باید کوشید تا پیامدهای زیان بار آن را کاهش داد (نصری، ۱۳۸۸: ۶۷). از گام های بسیار مهم در جهت کاهش آثار زیان بار ناشی از سیل، شناخت مناطق سیل گیر و درجه بندی این مناطق از لحاظ میزان خطر است تا بر اساس آن بتوان در رابطه با نحوی استفاده از اراضی و کاربری های مختلف از جمله توسعه بهینه آتی شهرها و روستاها، کشاورزی خدماتی و تولیدی، تصمیم گیری نمود و زیان‌های ناشی از وقوع سیل را کاهش داد. لذا با رشد و توسعه فناوری‌های جدید، روش‌های تهیه نقشه‌های پهنه بندی خطر سیل و محیط ارائه نمایش این نقشه‌ها نیازمند استفاده از ابزارهای کارامدتر است استفاده از مدلهای ریاضی جدید و پیشرفته امکانات زیادی جهت تحلیل دقیق تر جریان سیل در اختیار کاربران قرار می دهد و از سوی دیگر سامانه های اطلاعات جغرافیایی نیز توانایی زیادی جهت تولید نقشه های پهنه بندی سیل در اختیار کاربران قرار می دهند و امکان اعمال تغیرات جدید و بروز رسانی نقشه ها را به راحتی فراهم نموده و می تواند اطلاعات جدید و بروزرسانی شده را دردسترس مدیران و کارشناسان درحوزه‌های مختلف قرار دهد. مطالعات بسیار خوبی در سطح بین المللی و ملی انجام شده است که در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌شود (جدول ۱).

جدول ۱. خلاصه‌ای از مطالعات انجام گرفته در سطح جهانی و داخلی

برخی از مطالعات در سطح جهانی			
محقق	عنوان تحقیق	سال	نتایج تحقیق
راشتنیا[3]	ارزیابی آسیب پذیری سیل با استفاده از شاخص مبتنی بر قاعده فازی در ملبورن ، استرالیا	۲۰۲۱	نتایج این مطالعه نشان می‌دهد مهمترین متغیر موثر سیل دراین شهر مولفه فاصله از رودخانه و بارش می‌باشد همچنین براساس مطالعه انجام شده ۵۱/۶ درصد مساحت منطقه به لحاظ خطر آسیب پذیری در مقیاس بسیارکم و کم قرار دارد، درحالیکه ۷/۶درصد از کل منطقه با خطر بالا و بسیار زیاد طبقه‌بندی می‌شوند.
نگنیام بانگ[4]	بررسی مدیریت ریسک و پیش بینی خطر سیل در انگلستان	۲۰۲۱	یافته‌ها نشان می دهد که سیل ژوئن ۲۰۱۹ تأثیرات ملموسی و نامحسوس برای جامعه آسیب دیده داشته و اثرات وحشتناکی را به دنبال داشته است. بر اساس تجزیه و تحلیل‌ها، مجموعه‌ای از توصیه ها و سیاست با هدف تحریک مقاومت سازمانی نهادی ارائه گردیده و بر اهمیت گنجاندن استراتژی‌های مناسب به ویژه برای افزایش مشارکت جامعه در کاهش خطرات تأکید می کند.
زنینگووا	ارزیابی آسیب پذیری مناطق شهری در برابر سیل بر اساس داده های پایه‌ای در شهر ژنگژوی چین	۲۰۱۹	نتایج نشان می دهد که اکثر نقاط آبگرفتگی در مناطق بسیار پر خطر واقع شده اند، این مطالعه بر داده‌های محدود در روشهای ارزیابی آسیب پذیری در برابر سیلاب غلبه می کند و زمینه ای برای کنترل و مدیریت سیلاب در شهرها فراهم می کند.
صوفی[5]	بررسی سیستماتیک روشهای تهیه نقشه سیل	۲۰۱۸	در این پژوهش به این نتیجه رسیده که آسیب پذیری درمقابل سیل رابطه ای با زمینه های اجتماعی، زیست محیطی و اقتصادی دارد.
والینتینا نیکولووا[6]	تهیه نقشه سیل در محیط سیستم های اطلاعات جغرافیایی استفاده از منطق فازی	۲۰۱۷	بارش، فاصله از رودخانه، تجمع جریان، سنگ شناسی، کاربری اراضی، شیب ها و ارتفاع بعنوان عوامل تاثیرگذار در سیل در نظر گرفته شده و نقشه پتانسل سیل خیزی رودخانه لودا کامچیا۷ را ارائه شده است.

1. AON
2. Podlaha
3. Rashetnia
4. Ngenyam Bang
5. Sufia Rehman, Mehebub Sahana, Haoyuan Hong, Haroon Sajjad & Baharin Bin Ahmed (2019)
6. Valentina Nikolova ,Plamena Ventseslavova Zlateva (2017)
7. Luda Kamchia

ینان[1]	پهنه بندی خطر سیل درحوضه رودخانه هیائی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی	۲۰۱۵	نتایج نشان می دهد که استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی، در ارزیابی خطر سیل های حوضه در سالهای ۱۹۶۰ تا۲۰۱۰، سازگار بوده است.
خلیلی	تحلیل و ارزیابی آسیب پذیری ناشی از سیلاب شهری با استفاده از نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی در شهر بهشهر	۱۳۹۹	بر اساس نتایج این پژوهش نواحی جنوبی و مرکزی بیشترین آسیب پذیری را در برابر سیلاب دارند که ناشی از متغیرهای شیب، کاربری اراضی و بافت فرسوده است.
خلیلی	ارزیابی آسیب پذیری ناشی از سیلاب در منطقه مکران با استفاده از نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی	۱۳۹۹	در این مطالعه پنج شاخص به روش تحلیل سلسله مراتبی مورد ارزیابی قرار گرفته و در انتها تحلیل های فضایی با استفاده از نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام شده است.
شهیری	بررسی ارزیابی پتانسیل سیل خیزی حوزه های آبخیز استان مازندران با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی	۱۳۹۹	نتایج به دست آمده نشان داد که ۳۶/۷۹ درصد سطح استان مازندران دارای خطر سیل خیزی زیاد و خیلی زیاد است. هم چنین تقریباً نیمی از سطح این استان در محدوده سیل خیزی متوسط قرار دارد.
صابری فر	پهنه بندی خطر سیل در شهر بیرجند	۱۳۹۸	نتایج این مقاله نشان می دهد که تمام وسعت شهر در معرض خطر سیلاب قرار دارد. با وجود این، پهنه های جنوب و جنوب شرقی که قریب به ۲۰ درصد از وسعت شهر را به خود اختصاص داده اند، در معرض خطر پذیری زیاد و خیلی زیاد، محدوده‌های شمال‌غربی و جنوب‌غربی با ۵۰ درصد وسعت، در محدوده خطرپذیری متوسط و سایر بخش های شهر که کمتر از ۳۰ درصد وسعت را به خود اختصاص داده اند، در پهنه خطر پذیری کم و بسیار کم قرار دارند.
باقلانی	بررسی شناسایی عوامل مؤثر بر بروز سیلاب شهری در حوزه آبخیز شهر ایلام	۱۳۹۸	طبق نتایج این پژوهش، زیرحوضه شماره ۲ به دلیل تغییرات کاربری اراضی، ساخت و سازهای غیر اصولی و شبکه زهکشی نامناسب که باعث افزایش سطوح نفوذناپذیر می شوند، دارای بیشترین خطر سیل می باشد و در صورت عدم توجه به زیرساخت های شبکه زهکشی و عدم رعایت نکات مربوط به گسترش شهرنشینی، شهر ایلام با خطر جدی سیل رو به رو است.
آبیل	بررسی تحلیل مناطق بالقوه در معرض مخاطره ی سیلاب شهری مطالعه ی موردی: شهر زاهدان	۱۳۹۸	نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که حدود یک درصد از اراضی سطح شهر زاهدان در پهنه‌ی خطر خیلی زیاد، ۱۷ درصد در محدوده‌ی خطر نسبتاً زیاد، ۴۲ درصد در محدوده‌ی عادی، ۲۸ درصد در محدوده‌ی کم خطر و ۱۲ درصد در محدوده ی خیلی کم خطر قرار دارد.
رستمی	پهنه بندی خطر سیلاب شهری با استفاده از روش تصمیم گیری چند متغیره (مطالعه موردی: شهرک امام علی، شهر مشهد)	۱۳۹۸	یافته ها پژوهش نشان می دهد که ۸/۲ درصد از منطقه که در نزدیکی خروجی حوضه و در اطراف کانال اصلی قرار دارند، دارای پتانسیل خطر بیش تری هستند و روش تصمیم گیری چند متغیره روشی دقیق و مناسب برای پهنه بندی خطر سیلاب شهری می باشد.
اسفندیاری	پهنه بندی سیلاب حوضه آبخیز آجرلوچای با استفاده از منطق فازی	۱۳۹۸	در این پژوهش از ۹ پارامتر ارتفاع، اقلیم، واحداراضی، شیب، لیتولوژی، تراکم زهکشی، خاک،رواناب و کاربری زمین استفاده نموده است. نتایج نشان می دهد که بیشتر مساحت منطقه مورد مطالعه دارای پتانسیل سیل خیزی کم، خیلی کم و متوسط است.
محمود زاده	پهنه بندی سیلاب در شهر ساری با استفاده از تحلیل فازی	۱۳۹۷	در این مطالعه ۹ معیار، فاصله از رودخانه، رواناب،ضریب منحنی رواناب،تراکم جمعیت،تراکم مسکونی،شیب،کاربری اراضی،قدمت ابنیه و فضای باز مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج نشان می دهد که ۲۴/۱۲ درصد در از ساری در پهنه بندی خطر خیلی زیاد و ۳۷/۰۵ درصد در پهنه بندی خطر خیلی کم قرار گرفته است.

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع کاربردی و با استفاده از منطق فازی، تحلیل سلسله مراتبی،سیستم اطلاعات جغرافیایی و نرم افزار Excel انجام شده است. در ادامه ابتدا به توضیح لایه های مورد استفاده و سپس روش کار پرداخته می شود.

الف) داده ها: داده هایی که در این پژوهش از آنها استفاده شده است را می توان به شرح زیر بیان نمود:

-لایه ارتفاع: پستی و بلندی عامل مهمی در بروز سیل در منطقه است. این لایه با سیل خیزی رابطه مستقیم دارد و از نقشه رقومی ارتفاع DEM با قدرت تفکیک پذیری ۳۰*۳۰ بدست می آید.

-لایه شیب: شیب تعیین کننده میزان و سرعت حرکت آب است که در زمین های با شیب شدید تحت تأثیر نیروی ثقل دارای سرعت زیادی می شود (اصغری مقدم، ۱۳۷۸: ۴۵). این لایه از نقشه رقومی ارتفاع DEM بدست می آید.

-لایه زمین شناسی: لیتولوژی و ویژگی های مربوط به آن به طور غیر مستقیم در سیل تأثیرگذار است (یمانی،۱۳۸۴: ۴۹). این لایه از نقشه زمین شناسی با مقیاس ۱۰۰۰۰۰: ۱ سازمان زمین شناسی اخذ شده است.

-لایه فاصله از آبراهه: از مهم‌ترین عوامل افزایش خسارات سیل استفاده‌ی نامناسب از حریم رودخانه ها و مسیل ها می باشد (غیور، ۱۳۷۵: ۱۸). این لایه نیز از نقشه رقومی ارتفاع DEM بدست آمده است.

1. Yen an Wu, Ping-an Zhong, Yu Zhang, Biao Ma, Kun Yan, (2015)

-لایه کاربری اراضی: کاربری اراضی به شیوه های گوناگون در بروز سیلاب تأثیرگذار است. هرگونه اقدامی که باعث کاهش رطوبت خاک و کاهش نفوذپذیری شود، افزایش سیلاب را به همراه خواهد داشت (مهدی زاده، ۱۳۹۱: ۹۷). نقشه کاربری اراضی شهرستان با مقیاس ۵۰۰۰۰: ۱ از اداره کل منابع طبیعی استان تهیه شده است.

-لایه بارش: این لایه از سازمان هواشناسی استان تهیه شده است.

-لایه تراکم زهکشی: این لایه با سیل خیزی رابطه عکس و از نقشه DEM با تفکیک پذیری ۳۰*۳۰ بدست آمده است.

-لایه پوشش گیاهی: سیل با پوشش گیاهی رابطه‌ای معکوس دارد. این شاخص یک فاکتور مهم در سیل خیزی محسوب می‌شود. این لایه از اداره کل منابع طبیعی استان تهیه گردیده است.

ب) روش کار: روش کار در این پژوهش مشتمل بر تحلیل سلسله مراتبی، منطق فازی و استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی می باشد که در ادامه به توضیح مختصر آنها پرداخته می شود.

تحلیل سلسله مراتبی: روش تحلیل سلسله مراتبی یکی از پرکاربردترین روش های تصمیم گیری چند معیاره است که توسط ساعتی در سال۱۹۸۰ معرفی شد (ساعتی، ۱۹۹۴: ۱۹). با وجود مزایای بسیار زیاد تحلیل سلسله مراتبی (AHP) دارای کمبودهایی است تصمیم گیرندگان اغلب به علت طبیعت فازی مقایسه های زوجی قادر نیستند به صراحت نظرشان را در مورد اهمیت معیارها بیان کنند، به همین دلیل در قضاوت هایشان ارائه یک بازه را به جای یک عدد ثابت ترجیح می‌دهند. لذا جهت مدلسازی این نوع از عدم اطمینان‌ها از تئوری مجموعه های فازی استفاده می شود (قدسی‌پور، ۱۳۸۴ و عطائی، ۱۳۸۹).

منطق فازی: در دهه ۱۹۶۰توسط لطفی‌زاده استاد دانشگاه برکلی کالیفرنیا برای اولین بار ارائه شد. وی به جای این فرض که یک عنصر یا عضو یک دسته است و یا عضو یک دسته نیست، عضویت جزئی یک دسته را پیشنهاد کرد. لذا با توجه به اینکه پدیده‌هایی نظیر سیل تحت تأثیر عوامل بسیاری قرار دارند و این عوامل قطعی و صددرصدی نیستند، بنابراین بهتر است در مطالعه چنین پدیده‌هایی به جای استفاده از مدل بولین از مدل فازی بهره گرفت (مؤمنی، ۱۳۸۷: ۱۸۷). منطق فازی شیوه‌ای مرسوم برای طراحی و مدلسازی یک سیستم که نیازمند ریاضیات پیشرفته و به نسبت پیچیده است را با استفاده از مقادیر و شرایط زبانی و یا به عبارتی با دانش فرد خبره و با هدف ساده سازی و کارآمدتر شدن طراحی، جایگزین و یا تا حد زیادی تکمیل می‌نماید (سلامی، ۱۳۸۹: ۲۰). این نظریه در الگو کردن نظریه‌های فیزیکی، نقشه برداری و طبقه بندی به طور گسترده استفاده می شود (رستمی، ۱۳۷۸: ۴۲). در مدل فازی هر عضو هم زمان در مجموعه‌های مختلف ولی به درجات متفاوت عضویت دارد. درجات عضویت مقادیر بین صفر و یک و نیزخود این دو در حال تغییر است.

تابع عضویت (عدد فازی): عدد فازی عددی است که ارزش آن تا حدودی نامشخص است. آنها نوع خاصی از مجموعه ای فازی هستند که اعضایشان اعداد حقیقی هستند از این رو گسترش نامحدود دارند. تابع مربوط به عدد عضویت و درجه عضویت تابع عضویت نامیده می‌شود. تابع عضویت باید در دامنه‌ای وسیع‌تر از مقادیر ممکن برای متغیرهایی که آنها را تشریح می‌کنند، تعریف شوند و باید قادر به پذیرفتن شکل‌های مختلف بسته به مفهوم واژه‌های زبانی باشند. اعداد فازی ممکن است هرشکلی داشته باشند ولی تعدادی از آنها که حالت استاندارد داشته و بیشتر در محاسبات مهندسی مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از: مثلثی، ذوزنقه ای، گوسین، زنگوله ای و فازی.

تابع مثلثی: عدد فازی مثلثی یکی از مهمترین و پرکاربردترین اعداد فازی است. استفاده از این تابع در کاربردهای مهندسی معمول است چون سرعت اجرای آن بسیار زیاد می باشد.

تابع ذوزنقه ای: مطابق رابطه‌ی زیر تعریف می شود رابطه (۱):

$$trapmf(x;a,b,c,d)=max(min(x-a/b-a,1,c-x/c-b),0) \quad \text{رابطه (۱)}$$

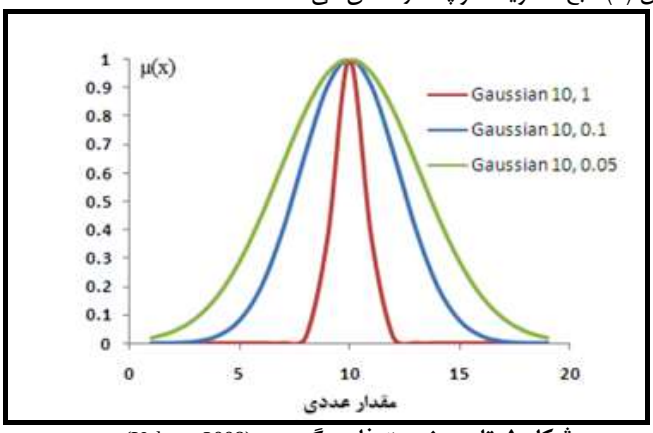
تابع گوسین: این تابع از فرمول‌های گوسی تبعیت و بیشتر در پدیده های طبیعی به کار می‌رود (شکل ۲). این تابع مقادیر اولیه را به توزیع نرمال تبدیل می‌کند. نقطه مرکزی توزیع نرمال، تعریف ایده‌آل برای مجموعه را تعیین می‌کند که همان مقدار عضویت فازی بیشینه یا عدد ۱ است، در حالیکه مقدار ورودی باقیمانده در عضویت کاهش می‌یابد تا در طرفین دامنه‌ی ورودی به مقدار عضویت صفر برسد.

تابع زنگوله ای: تابع حالت کلی تابع گوسی است که در آن تنها یک نقطه درجه عضویت یک ندارد. بدیهی است که می توان بنا به کاربرد مسئله،تابع فازی را آن گونه که مدنظر است، تعریف کرد و از شکل های متفاوت تابع فازی استفاده نمود این عمل امکان رسیدن به نتایج مختلف را حاصل می کند.

توابع عضویت فازی، اطلاعات ورودی را به مقیاس صفر تا یک تبدیل می کند عضویت صفر به مکان هایی تعلق دارد که عضو مجموعه مشخص شده نیستند و عضویت یک به مقادیری تعلق دارد که عضوی از مجموعه مشخص شده است.

تابع عضویت فازی بزرگ: هنگامی از این تابع استفاده می شود که مقادیر ورودی بزرگتر و بیشتر احتمال عضویت در مجموعه را دارند. نقطه مرکزی تابع بزرگ یا نقطه متقاطع صفر را با مقادیری بیشتر از نقطه میانی تعیین می کند. اختصاص یک عضو به مقدار عضویت پنج درصد و پارامتر گسترش شکل منطقه انتقال را تعریف می کند شکل (۱).

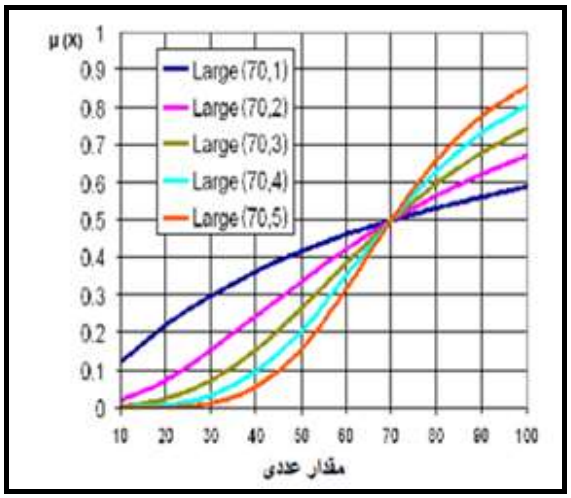
تابع عضویت فازی کوچک: هنگامی از این تابع استفاده می شودکه مقادیر ورودی کوچکتر احتمال بیشتری دارد که عضویت حداکثری مجموعه باشند؛ شکل (۲) تابع عضویت کوچک را نشان می دهد.



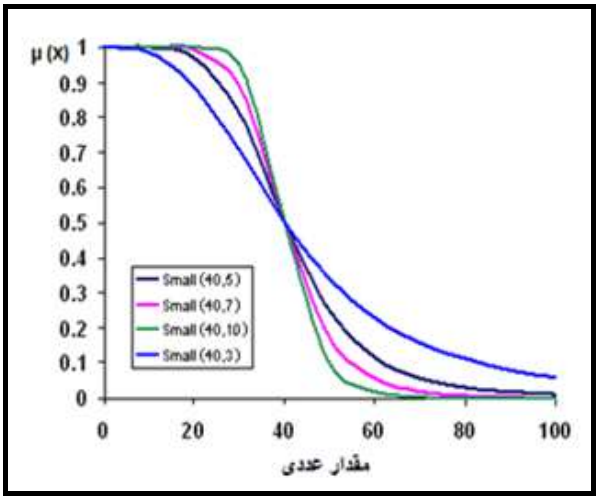
شکل ۱. تابع عضویت فازی گوسین (Yahaya:2008)

عملیات روی مجموعه‌های فازی

در اجرای تکنیک فازی به عملگرهایی نظیرOR (اجتماع)، اشتراک AND، Product (ضریب جبری) Sum جمع جبری و Gamma گاما نیاز می‌باشد. در عملگرOR پیکسلی که فقط از نظر یک نقشه مناسب بوده و ارزش یک داشته و از لحاظ سایر لایه‌های اطلاعاتی دارای ارزش صفر باشد، در نقشه خروجی تلفیق یافته و ارزش یک می گیرد و مناسب تشخیص داده می‌شود. عملگرAND فقط پیکسلی که در تمامی نقشه های پایه ارزش یک دارد، در نقشه نهایی ارزش یک خواهد داشت و جزمناطق مناسب قرار می‌گیرد. عملگر Product موجب می شود تا اعداد مجموعه ها کوچک تر شده و به سمت صفر میل کنند. اما عملگر Sum بر خلاف عملگرProduct موجب می شود تا اعداد به سمت یک میل نمایند. جهت تعدیل حساسیت خیلی بالای عملگر Product و دقت خیلی کم عملگر Sum به نام عملگر Gamma تعریف شده است. مقدار گامای تعدیل کننده بین صفر و یک است و از طریق قضاوت کارشناسانه تعیین می شود.گامای صفر معادل ضرب فازی و گامای یک معادل جمع فازی است.



شکل۲. تابع فازی بزرگ (Yahaya:2008)



شکل ۳. تابع فازی کوچک (Yahaya:2008)

عملگر اشتراک فازی (Fuzzy AND): این عملگر به صورت این رابطه تعریف می‌گردد (رابطه۲).

W combination =MIN(WA , WB , WC,…) (رابطه ۲)

در این رابطه W_C و W_B، W_A بیانگر مقادیر عضویت فازی فاکتورهای A وB و C در یک موقعیت خاص می باشد. تأثیر این عملگر در نقشه خروجی است که کوچک ترین مقدار عضویت فازی در هر موقعیت کنترل می شود.

عملگر اجتماع فازی (Fuzzy OR): این عملگر به صورت این رابطه تعریف می گردد (رابطه ۳)

W combination =MAX(WA , WB , WC,…) (رابطه ۳)

در این رابطه W_Cو W_B، W_A بیانگر مقادیر عضویت فازی فاکتورها در یک موقعیت خاص می باشد. تأثیر این عملگر آن است که نقشه خروجی توسط بزرگترین مقدار عضویت فازی که در هر موقعیت روی می‌دهد، کنترل می‌شود.

عملگر ضرب فازی (Fuzzy Algabric Product): این عملگر به صورت زیر تعریف می گردد (رابطه ۴)

$$W\ combination = \sum_{i=1}^{n} Wi$$ (رابطه ۴)

در این رابطه n فاکتور کنترل کننده و Wi بیانگر وزن لایه iام می باشد. مقادیر عضویت فازی با این عملگر به مقداری بسیار کوچک میل می کنند به عبارت دیگر مقدار خروجی هر موقعیت همواره کوچک تر یا مساوی کوچک ترین مقدار عضویت فازی در موقعیت‌های متناظر نقشه های ورودی می باشد. بنابراین عملگر فوق اثر کاهشی دارد در این روش بر خلاف اشتراک و اجتماع کلیه مقدارهای عضویت نقشه های ورودی در نقشه خروجی تأثیر دارند.

عملگر جمع فازی (Fuzzy Algabric Sum) : این عملگر به صورت این رابطه تعریف می گردد (رابطه ۵)

$$W\ combination = 1 - (\sum_{i=1}^{n}(1 - Wi))$$ (رابطه ۵)

با استفاده از این عملگر فازی مقدار عضویت فازی نقشه خروجی در هر موقعیت همواره بزرگ تر یا مساوی بزرگ ترین مقدار عضویت فازی در موقعیت های متناظر نقشه‌های ورودی می‌باشد. بنابراین عملگر فوق اثر افزاینده دارد.

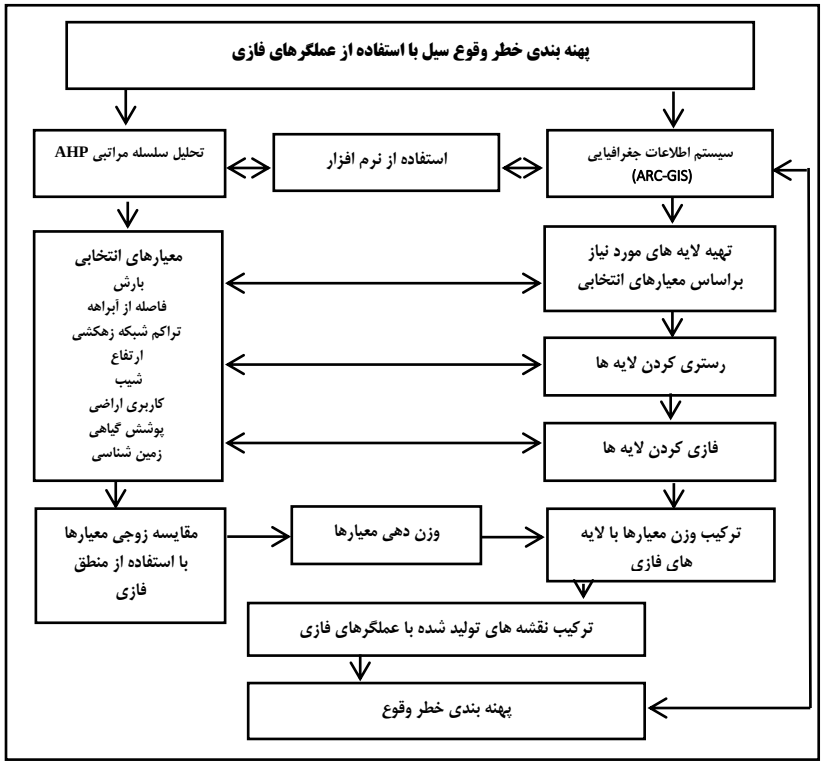
عملگر گاما فازی (Fuzzy Operation Gamma): این روش ترکیبی از روش های Fuzzy Algabric Sum و Fuzzy Algabric Product می باشد. در این روش فاکتورها با وزنهای مختلف طبق این رابطه است (رابطه ۶)

μ combination = (Fuzzy Agabric Sum)δ(Fuzzy Agabric Product)1-δ (رابطه ۶)

در این رابطه مقدارδ بین عدد صفر تا یک تعیین می‌گردد. درصورتی که بخواهیم اهمیت روش Fuzzy Algabric Sum بیشتر باشد، مقدار δ نزدیک به یک انتخاب می گردد و در صورتی که بخواهیم روش Fuzzy Algabric Product بیشتر مدنظر

باشد، مقدار δ نزدیک به عدد صفر انتخاب می گردد. انتخاب صحیح و آگاهانه δ مقدارهایی را در خروجی به وجود می آورد که یک سازگاری قابل انعطاف میان گرایش کاهشی و افزایشی دو عملگر فازیProduct و Sum را دارد. با توجه به توضیحات ارائه شده مراحل انجام این تحقیق به شرح نمودار زیر می باشد (شکل۵).

بنابراین به منظور استفاده از مزایای هردو تکنیک فازی و AHP و غلبه بر نقاط ضعف، ون لارهوون و پدریکز[1]،اولین بار اصول منطق فازی را در تحلیل سلسله مراتبی بکار بردند (لارهوون، ۱۹۸۳: ۱۹۹). این روش دامنه‌ای از مقادیر را برای بیان عدم قطعیت تصمیم گیرندگان به کار می‌گیرد (لی، ۲۰۰۸: ۹۶). بر این اساس چانگ[2](۱۹۹۶) روش فازی-تحلیل سلسله مراتبی FAHP را ارائه کرد. خلاصه این روش شامل؛ مرحله رسم نمودار سلسله مراتبی، مرحله تعریف اعداد فازی به منظور انجام مقایسه های زوجی و برای انجام مقایسه ها نیاز به تعریف اعداد فازی و مقیاس های فازی است. با عنایت به توضیحات ارائه شده جهت ترسیم نقشه های پتانسیل سیل خیزی شهرستان فریمان بر اساس منطق فازی ابتدا لایه های مورد نیاز برحسب معیارهای انتخاب شده تعیین و در ادامه در محیط Arc GIS تبدیل به رَستر و با استفاده از توابع عضویت فازی، فازی شده و سپس با کمک نرم افزارEXCEL فرآیند AHP (مقایسه زوجی معیارها نسبت به یکدیگر) انجام و سپس وزن نهایی معیارها با لایه های فازی ترکیب و ضریب همبستگی لایه‌ها با گاماهای ۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹ محاسبه و نقشه های مربوط استخراج گردید.

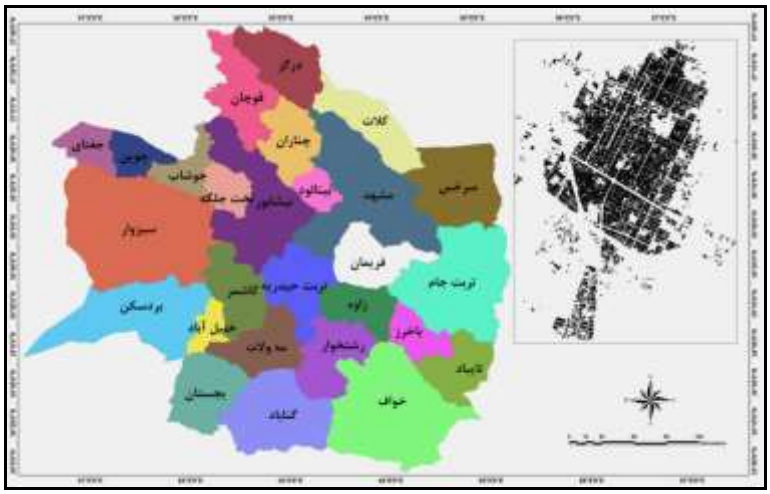


شکل ٤. مراحل انجام تحقیق

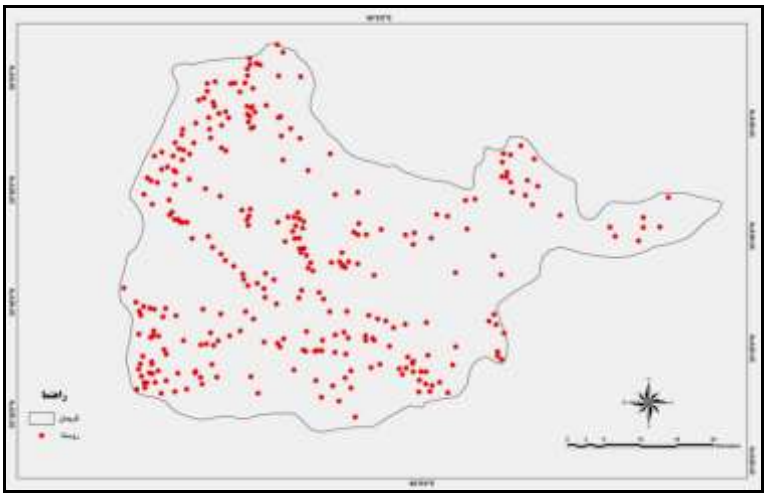
قلمرو جغرافیایی پژوهش

این شهرستان در ۳۵ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی و ۵۹ درجه و ۵۱ دقیقه طول شرقی در شمال شرق کشور واقع است. این شهرستان از شمال و غرب به شهرستان مشهد از جنوب به شهرستان تربت حیدریه و از شرق به تربت جام محدود می شود. براساس مطالعات اقلیمی؛ آب و هوای شهرستان فریمان در حوزه اقلیم مدیترانه‌ای گرم و خشک قرار دارد. متوسط میزان بارندگی شهرستان فریمان ۱۸۰/۴ میلیمتر در سال است که عمده آن در فصول پاییز و زمستان صورت می‌گیرد.

1. Laarhoven VP, Pedrycz W
2. Chang



شکل ۵ . نقشه موقعیت جغرافیایی شهرستان و شهر فریمان



شکل ٦. نقشه پراکنش جغرافیایی روستاها در شهرستان فریمان

یافته‌ها و بحث

در پهنه بندی خطر وقوع سیل ابتدا باید معیارها و شاخص های تاثیر گذار شناسایی و درجه اهمیت هر کدام مورد سنجش و ارزیابی قرار گیرد. لذا با توجه به محدودیت هایی که در تهیه برخی از لایه ها وجود داشت و همچنین به دلیل محدودیت هایی که به خاطر طولانی بودن فرآیند مدل وجود دارد استفاده از لایه‌های اطلاعاتی بیشتر باعث پیچیدگی بیش از حد و زمان طولانی در تحلیل و پردازش اطلاعات می گردید. بنابراین با توجه به محدودیت های اشاره شده و تجارب گذشته هشت معیار شیب،فاصله از رودخانه، ارتفاع، زمین شناسی،کاربری اراضی،بارش، تراکم زهکشی و پوشش گیاهی مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته اند. سپس لایه های مورد نظر در در محیط Arc-GIS فازی سازی شده و در مرحله بعد وزن دهی و در نهایت نقشه های مربوط استخراج گردیدند. بر این اساس نسبت به عضویت دهی فازی معیارها مورد مطالعه اقدام که نتایج آن به شرح زیر می باشد.

شیب: این پارامتر در منطقه مورد مطالعه با سیل رابطه مستقیم داشته و به عبارتی دیگر خطی و افزاینده است. در این مطالعه شیب بر مبنای درجه عضویت فازی در حدفاصل صفر و یک ارزش گذاری شده است. در این نقشه هرچه به دامنه یک نزدیک می شویم، پتانسیل سیل خیزی نیز بیشتر می باشد و از رابطه زیر پیروی می کند.

Min: 5 70 Max: Membership Function: Linear

فاصله از رود: از جمله مهمترین عوامل افزایش خسارات سیل استفاده نامعقول از حریم رودخانه ها و مسیل‌ها می باشد (غیور، ۱۳۷۵: ۱۸). در منطقه مورد مطالعه به دلیل تراکم شبکه آبراهه فواصل نزدیک به رودخانه عمدتاً در معرض سیل خیزی قرار دارند.

بنابراین، در ارزش گذاری نقشه فاصله از رودخانه بین صفر و یک صورت گرفته است. لذا هر چه به مناطق اطراف رودخانه‌ها نزدیکتر می شویم، ارزش فازی بیشتر می شود. بنابراین این لایه با سیل رابطه معکوس و از تابع زیر تبعیت می کند.

Spread:2500 50 Midpoint: Linear Membership Function:

ارتفاع: نقش مهمی در ایجاد سیل دارد. نقشه ارتفاع منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد همانطور که مشاهده می شود در جه عضویت فازی بین صفر و یک می باشد و به این مفهوم است که هر چه به عدد یک نزدیک می شویم درجه مطلوبیت برای ایجاد سیل خیزی بیشتر می شود. بنابراین این لایه خطی و کاهنده است و از تابع زیر تبعیت می کند.

Min: 1304 Max: 2707 Membership Function: Linear

زمین شناسی: این شاخص به طور غیرمستقیم در سیل خیزی منطقه تاثیرگذار است و با آن رابطه ای معکوس دارد. نقشه زمین شناسی در منطقه مورد مطالعه نشان می دهد هرچه به طرف عدد یک حرکت کنیم،میزان نفوذ پذیری کمتر و پتانسیل رواناب و سیل خیزی بیشتر می شود. جهت ترسیم نقشه فازی شهرستان فریمان از تابع زیر استفاده شده است.

Sperid: 5 70 Midpoint: Membership Function: Small

کاربری اراضی: بر روی جریان رودخانه و وقوع سیل به روشهای مختلفی تأثیر می گذارد. هرگونه عملیاتی که سبب کاهش ذخیره ی رطوبت خاک و یا کاهش نفوذپذیری گردد،موجب افزایش سیل می گردد (مهدی زاده، ۱۳۹۱ : ۹۷). نوع کاربری اراضی در سطح حوضه به هفت نوع زراعی، مرتع، بوته زار، مسکونی، باغ، رخنمون های سنگی و اراضی بایر تقسیم می گردد. در نقشه کاربری اراضی هرچه به طرف یک حرکت می کنیم کاربری با رخنمون سنگی،مرتع،مناطق مسکونی و زراعی، پتانسیل سیل خیزی بیشتر می شود.جهت ترسیم نقشه این لایه از تابع زیر استفاده شده است.

5 Sperid: 70 Midpoint: Membership Function: Large

بارش: در منطقه مورد مطالعه از اواخر فصل پائیز و زمستان عمدتا بارش برف شروع و در فصل بهارکه بارش ها بصورت باران است رگبارهای ناگهانی منجر به طغیان رودخانه های دائمی و فصلی شده و باعث سیل های شدید در منطقه می شود. در نقشه بارش، مناطق با میانگین بارشی زیاد، ارزش بالا دریافت کردند. لازم به ذکر است در این منطقه بارش با سیل خیزی رابطه ای خطی و افزآینده دارد و از طریق روش درون یابی و تابع زیر استخراج شده است.

5 Sperid: 274 Midpoint: Membership Function: Large

تراکم زهکشی: این لایه با سیل خیزی رابطه معکوس و جهت تعیین عضویت از رابطه زیر استفاده شده است.در این لایه نیز درجه عضویت فازی در حد فاصل صفر و یک ارزش گذاری شده است. در این نقشه هرچه به دامنه یک نزدیک می شویم، پتانسیل سیل خیزی نیز بیشتر می باشد.

Sperid: 5 199.5 Midpoint: Membership Function: Small

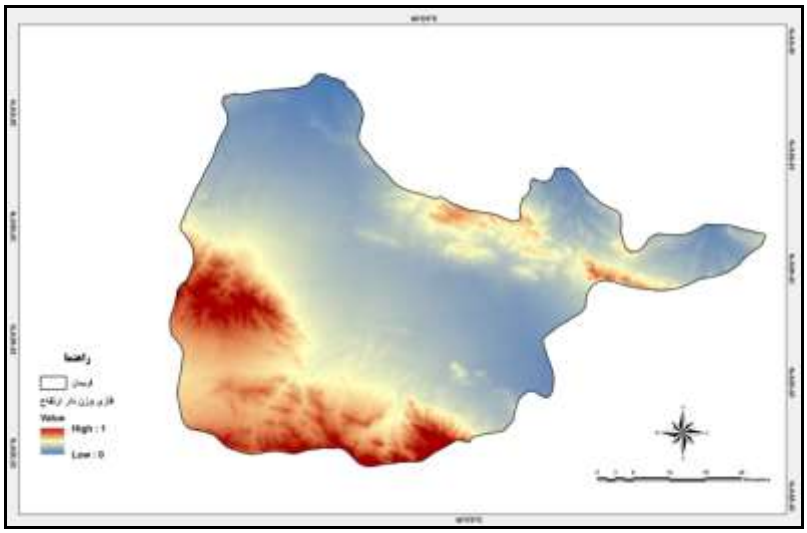
پوشش گیاهی؛ با سیل رابطه معکوس دارد و از تابع زیر بدست آمده است. در این پژوهش پوشش گیاهی بر مبنای درجه عضویت فازی؛حد فاصل صفر و یک ارزش گذاری شده است. لذا هرچه به دامنه یک نزدیک می شویم فاقد پوشش گیاهی هستیم و پتانسیل سیل خیزی بیشتر می شود.

Sperid: 5 Midpoint: 229.5 Membership Function: Small

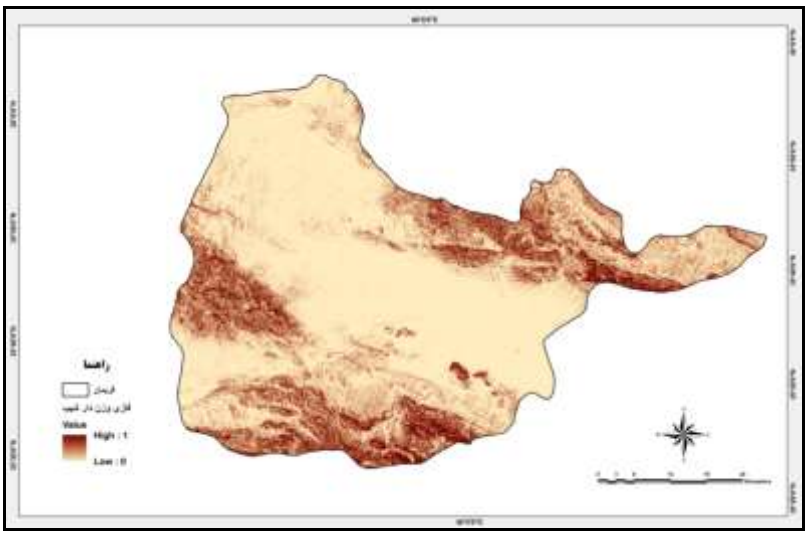
بر اساس روابط فوق،نقشه های فازی استخراج و سپس بر اساس فرآیندAHP (مقایسه زوجی معیارها نسبت به یکدیگر) و با توجه به هدف تحقیق نسبت به وزن دهی معیارها اقدام (جدول ۲) و سپس وزن نهایی معیارها (جدول ۳) با لایه های فازی شده ترکیب و نقشه های مربوط به شرح اشکال ۷ تا ۱۴ بدست آمده است.

جدول ۲. وزن دهی معیارها و زیر معیارهای مورد مطالعه

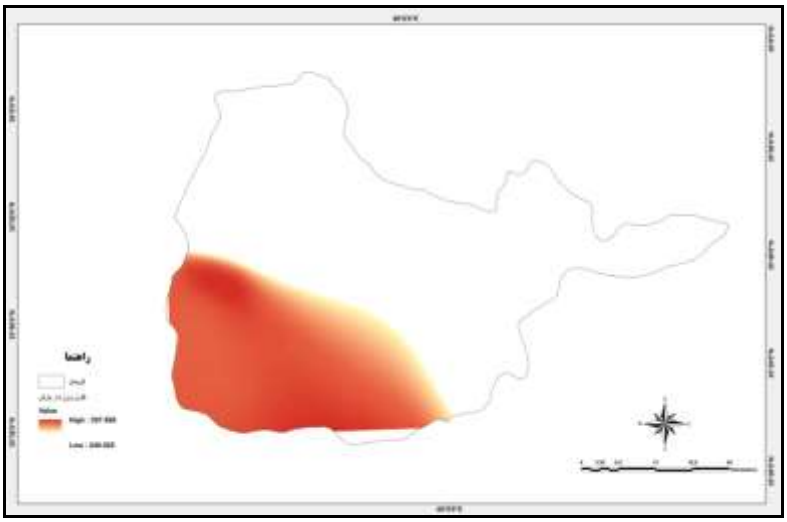
معیار و زیر معیار		وزن		معیار و زیر معیار		وزن
توپوگرافی	0/4073	شیب	0/333	هیدرواقلیم	0/298	بارش	0/370
		ارتفاع	0/668			فاصله از آبراهه	0/297
						تراکم زهکشی	0/332
پوشش زمین	0/1219	کاربری اراضی	0/333	زمین شناسی	0/172	زمین شناسی	۱
		پوشش گیاهی	0/6667				



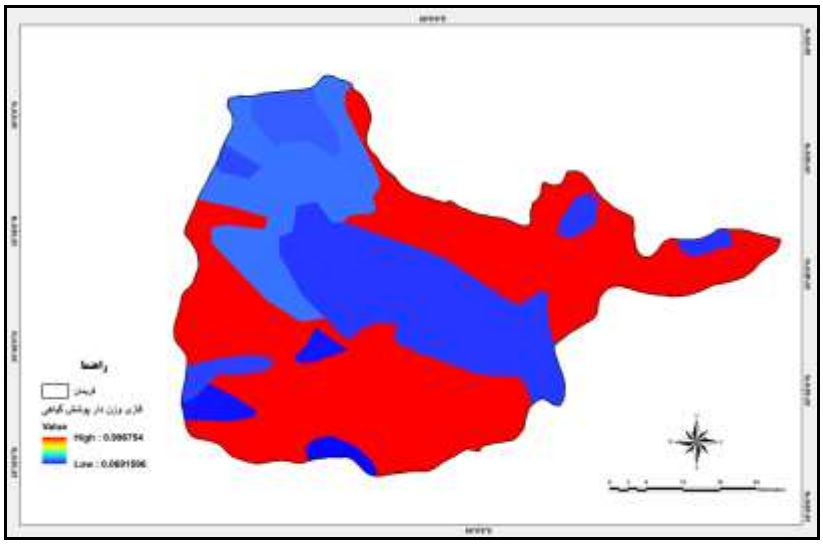
شکل ۷. فازی وزن دار ارتفاع شهرستان فریمان



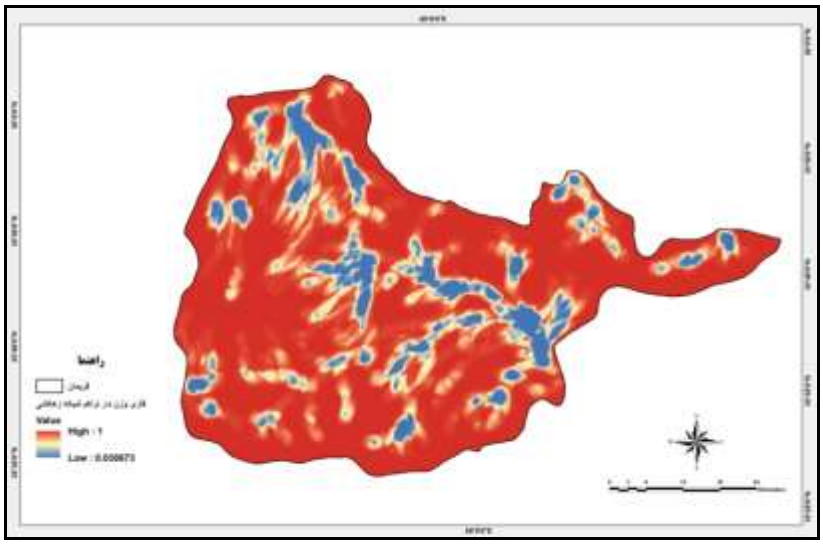
شکل ۸ . فازی وزن دار شیب شهرستان فریمان



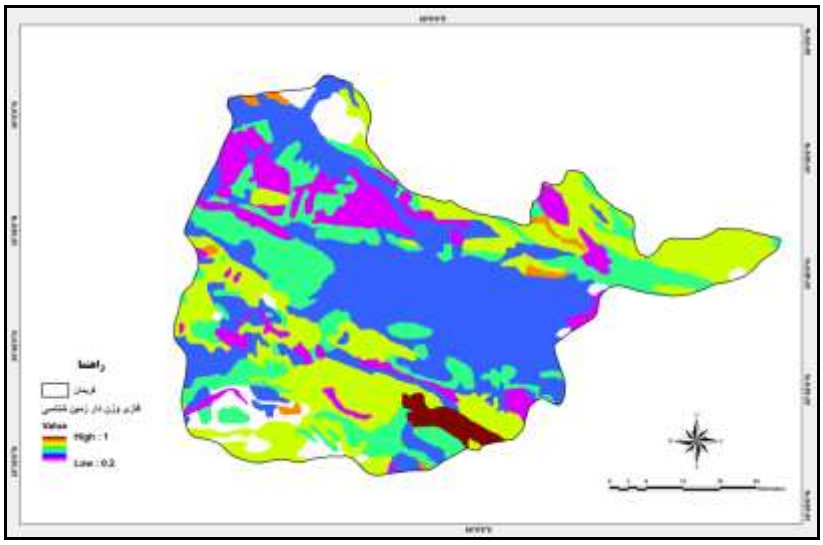
شکل ۹. نقشه فازی وزن دار بارش شهرستان فریمان



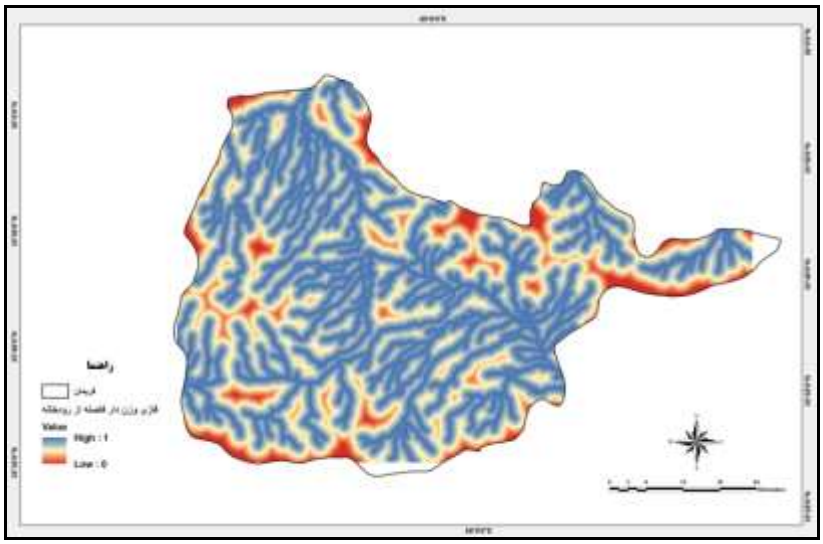
شکل ۱۰. نقشه فازی وزن دار پوشش گیاهی شهرستان فریمان



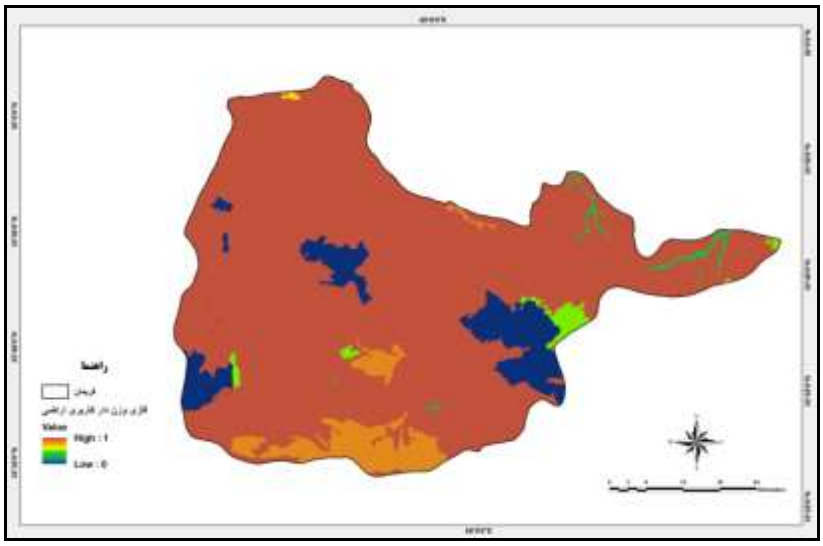
شکل ۱۱. نقشه فازی وزن دار تراکم شبکه زهکشی شهرستان فریمان



شکل ۱۲. نقشه فازی وزن دار زمین شناسی شهرستان فریمان



شکل ۱۳. نقشه فازی وزن دار فاصله از رودخانه شهرستان فریمان



شکل ۱٤. نقشه فازی وزن دار کاربری اراضی شهرستان فریمان

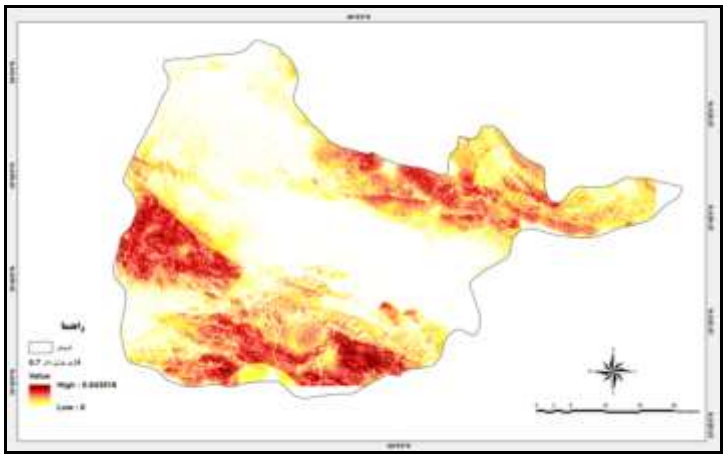
پس از تهیه نقشه‌های فازی وزن دار شده شهرستان فریمان و با عنایت به ضریب همبستگی لایه‌های مورد مطالعه با گاماهای ۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹ (جدول ۴) و به دلیل ضریب بالای همبستگی گامای ۰/۷ نقشه پتانسیل سیل خیزی بر اساس منطق فازی و عملگر گامای ۰/۷ ترسیم گردید (شکل ۱۵).

جدول ۳. وزن نهایی حاصل از مقایسه زوجی معیارهای مورد مطالعه

معیار	وزن	معیار	وزن
شیب	0/136	بارش	0/110
ارتفاع	0/271	فاصله از آبراهه	0/088
تراکم زهکشی	0/099	زمین شناسی	0/172
کاربری اراضی	0/040	پوشش گیاهی	0/081

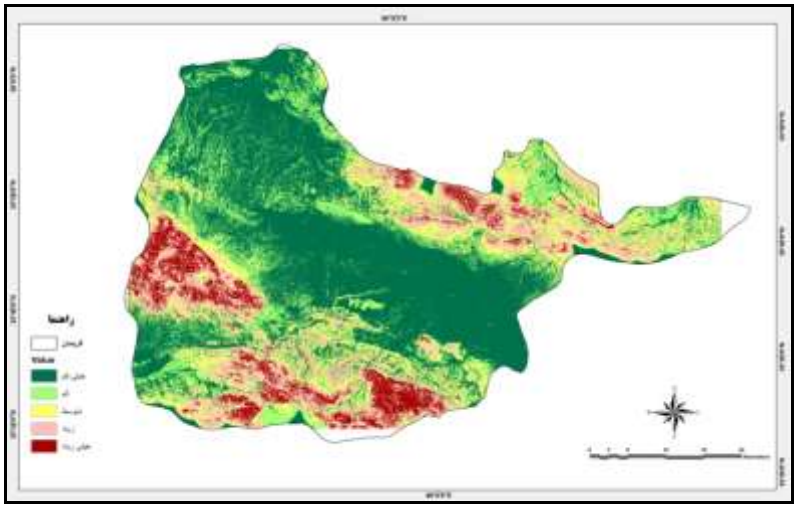
جدول ٤. ضریب همبستگی همپوشانی لایه‌های تولید شده با گاماهای ۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹

Regression Statistics 0.5		Regression Statistics 0.7		Regression Statistics 0.9	
Multiple R	0.904059	Multiple R	0.91055	Multiple R	0.859558
R Square	0.817322	R Square	0.829101	R Square	0.73884



شکل۱۵. نقشه پتانسیل سیل خیزی در شهرستان فریمان بر اساس منطق فازی و عملگر گامای ۰/۷

همانگونه که در نقشه نهایی پتانسیل سیل‌خیزی شهرستان فریمان براساس منطق فازی و عملگر گامای ۰/۷ مشاهده می‌شود، دامنه ارزشی حاصل از مدل در پهنه بندی سیلاب حوضه مطالعاتی بین صفر و یک می باشد و بیانگر این نکته می باشد که هر چه به عدد ۰/۸۴ نزدیک شویم بیانگرخطر زیاد وقوع شکل‌گیری سیل در شهرستان می‌باشیم و هرچه میزان مقدار ارزش دریافت پیکسلی به سمت صفر باشد گویای پتانسیل کمتر جهت ایجاد سیل است. در ادامه با توجه به دامنه مقادیر حاصل؛ نقشه کلاسه بندی خطر سیل خیزی بر اساس روش شکستگی‌های طبیعی در پنج سطح به شرح ذیل طبقه بندی شده است (شکل ۱۶). با بررسی نقشه پهنه بندی پتانسیل سیل‌خیزی منطقه مورد مطالعه و مقایسه آنها با نقشه‌های معیارهای مورد مطالعه، به این نتیجه رسیدیم که مناطق با خطر خیلی زیاد (قرمز پُر رنگ) در بخشی از مناطق شمالی، شرق، جنوب و غرب، نواحی با خطر زیاد (صورتی) در دامنه ارتفاعات شمالی، شرق، غربی و جنوب، نواحی با خطر متوسط (زرد) در نوار بخش های زیادی از شهرستان پراکنش دارد، مناطق با خطر کم (سبزکم رنگ) و نواحی با خطر خیلی کم (سبز پُررنگ) در مناطق مرکزی، شمال غربی، بخشی از مناطق شرقی و جنوبی که عمدتا دشت است، دیده می شود (شکل۱۶ و جدول ۵).



شکل ۱٦. نقشه کلاسه بندی خطر سیل خیزی در شهرستان فریمان

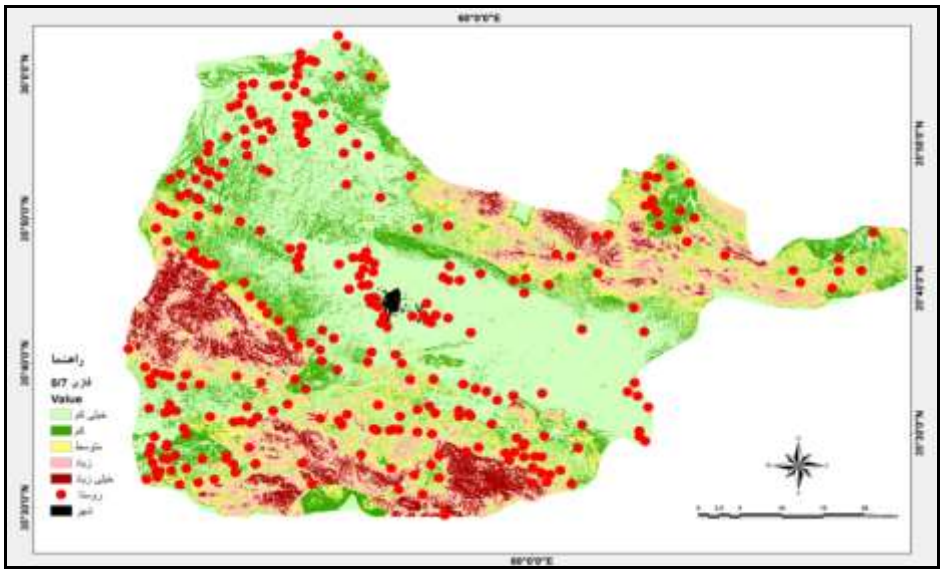
جدول۵. مساحت کلاس‌های نقشه پهنه بندی پتانسیل سیل خیزی در شهرستان فریمان به درصد

ردیف	کلاس	پهنه بندی سیل خیزی شهرستان به درصد
۱	خیلی کم	۲۵/۱
۲	کم	۲۲/۵
۳	متوسط	۲۰/۴
۴	زیاد	۱۴/۲
۵	خیلی زیاد	۱۷/۸

لازم به ذکر است یافته های بدست آمده در این پژوهش از بُعد شاخص ها و مؤلفه های مورد مطالعه در راستای مطالعه قنواتی ۱۳۹۲، نسرین نژاد ۱۳۹۳، اصغری ۱۳۹۴، موسوی ۱۳۹۵،محمودزاده ۱۳۹۷ و خلیلی ۱۳۹۹ قرار دارد. با بررسی های انجام شده در منطقه مورد مطالعه دو معیار ارتفاع و زمین شناسی بیشترین تاثیر را در سیل خیزی منطقه دارند. سیل پدیده ای است که باعث خسارات فراوانی برای ساکنان مناطق سیل زده می شود. شناسایی اراضی مستعد وقوع سیل، جهت اعمال روشهای پیشگیری و کنترل کننده از ضروریات مدیریت و برنامه‌ریزی توسعه‌ای و عمرانی می‌باشد. این پژوهش با استفاده از منطق فازی، تحلیل سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی به بررسی تأثیر مؤلفه‌های موثر در سیل خیزی شهرستان فریمان پرداخته است. در همین راستا با استفاده از تلفیق مدل‌های فازی و تحلیل سلسله مراتبی به تعیین درجه اهمیت و میزان تأثیرگذاری هشت عامل مورد مطالعه پرداخته شده است. استفاده از مدل مذکور با استفاده از مقادیرفازی این امکان را میسر ساخت تا شرایط لازم به منظور کاهش میزان عدم قطعیت و افزایش میزان اطمینان درتعیین دقیق تر درجه تأثیرگذاری و اولویت هر یک از این هشت عامل مهیا گردد. نتایج نشان می دهد مدل فازی با وجود پیچیدگی هایی که دارد دارای مزایای بسیاری در مطالعه پدیده های مختلف مرتبط با سطح زمین است.

در پژوهش حاضر از تلفیق منطق فازی و تحلیل سلسله مراتبی (AHPF) استفاده شده است تا از مزایای هر دو مدل بهره گرفته شود. با توجه به نتایج حاصل از مطالعه حاضر و نظر کارشناسان خبره؛ پارامترهای ارتفاع با ۰/۲۷۱ و زمین شناسی با وزنی معادل۰/۱۷۲ بیشترین تاثیر را در رخداد سیل در این منطقه دارند. البته مولفه های بارش، تراکم شبکه زهکشی، فاصله از آبراهه، پوشش گیاهی و کاربری اراضی در اولویت های بعدی قرار دارند (جدول۳). با توجه به شکل (۱۵) نقشه نهایی با گامای۰/۷، نواحی پرخطر بطور عمده در مناطق با ارتفاع زیاد و در بخشی از نواحی شمالی، شرق، غرب و جنوبی قرار دارد که تمایل به ارزش یک داشته و هر چه به مناطق با ارزش صفر نزدیک می شویم از میزان پتانسیل سیل خیزی درمنطقه مورد مطالعه کاسته می‌شود. همچنین بر اساس نتایج حاصل از تلفیق لایه‌ها به روش همپو شانی فازی و وزن نهایی حاصل از مدلAHPF، نقشه کلاسه بندی خطر سیل خیزی در منطقه مورد مطالعه استخراج (شکل۱۶) و مشخص گردید که مناطق با خطر خیلی زیاد۱۷/۸درصد، مناطق با خطر زیاد ۱۴/۲ درصد، مناطق با خطر متوسط ۲۰/۴درصد، مناطق با خطر کم ۲۲/۵درصد و مناطق با خطر پذیری خیلی کم با۲۵/۱ درصد از مساحت شهرستان را اشغال نموده اند (جدول۵). لذا پیشنهاد می شود نسبت به بهسازی، طراحی و اجرای طرح های آبخیز داری و آبخوان داری و مکان یابی شهرها و شهرک های جدید و همچنین طرحای عمران روستایی در منطقه مورد مطالعه به این مناطق توجه لازم مبذول گردد. همچنین برنامه ریزان و تصمیم گیرندگان نیز باید در زمینه کاهش خطر پذیری جانمایی مناسب زیرساخت ها و جانمایی تأسیسات شهرستان اقدام لازم را بعمل آورند.

شهر فریمان: این شهر مرکز شهرستان و مهمترین شهر می باشد که از نظر موقعیت جغرافیایی در مناطق مرکز شهرستان قرار گرفته است. براساس نقشه پتانسیل سیل خیزی این شهر از لحاظ خطر وقوع سیل در محدوده خطر خیلی کم قرار گرفته است (شکل۱۷). سکونتگاههای روستایی: با توجه به شکل (۲ و ۱۷) اکثر سکونتگاههای روستایی در این شهرستان در محدوده آسیب پذیری کم، خیلی کم و متوسط قرار گرفته اند.



شکل ۱۷. نقشه نهایی کلاسه بندی خطر سیل خیزی در شهرستان فریمان

تقدیر و تشکر

این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی مستقل بوده و بدون حمایت مالی سازمانی انجام شده است.

منابع

آبیل، ابولفضل؛ طاوسی، تقی و خسروی، محمود. (۱۳۹۸). تحلیل مناطق بالقوه در معرض مخاطرهٔ سیلاب شهری مطالعهٔ موردی: شهر زاهدان. *فصلنامه جغرافیا و توسعه، ۱۷* (۵۴)، ۱۰۶-۹۱.

اسفندیاری دارآباد، فریبا. (۱۳۹۸). پهنه بندی سیلاب حوضه آبخیز آجرلو چای با استفاده از روش L-THIA و منطق فازی. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، ۸*(۲)، ۱۷۷-۱۵۵.

اصغری مقدم، محمدرضا. (۱۳۷۸). *جغرافیای طبیعی شهر (هیدرولوژی و سیل خیزی شهر)*. چاپ اول، انتشارات مسعی.

باقلانی، میلاد؛ رستمی، نورالدین و توکلی، محسن. (۱۳۹۸). شناسایی عوامل مؤثر بر بروز سیلاب شهری در حوزه آبخیز شهر ایلام. *مهندسی و مدیریت آبخیز*، ۱۱(۲)، ۵۳۶-۵۲۳.

خلیلی، علی، پورزارع، مرتضی و اسروش، آریان. (۱۳۹۹). تحلیل و ارزیابی آسیب پذیری ناشی از سیلاب شهری با استفاده از نرم افزار ArcGIS (نمونه موردی: شهر بهشهر). *اولین کنفرانس محیط زیست، عمران، معماری و شهرسازی*، سلیویکا، شماره ۱۰۲۵۷۵۵ .

خلیلی، علی و اسروش، آریان. (۱۳۹۹). ارزیابی آسیب پذیری ناشی از سیلاب در منطقه مکران با استفاده از نرم افزار ArcGIS. *فصلنامه جغرافیایی سرزمین، ۱۷* (۶۶)، ۱۱-۱.

رستمی خلج، محمد؛ حسامی،دانا؛ سلمانی، حسین و تیموریان، تیمور. (۱۳۹۸). پهنه‌بندی خطر سیلاب شهری با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند متغیره (مطالعه موردی: شهرک امام علی مشهد). *فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست*، ۲۱(۱۱)، ۱۸۵-۱۷۳.

رستمی، فرهاد. (۱۳۸۷). اصلاح مدل برآورد رسوب ام پسیاک با بکارگیری تکنیک فازی در حوضه سد زاگرس. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده ادبیات، رشته جغرافیا، دانشگاه تربیت معلم.

سلامی، محمد. (۱۳۸۹). تحلیل پارامترهای کیفی آب تالاب انزلی با استفاده از روش ریاضی فازی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت معلم.

شهیری، احسان و ذکایی، محمد سعید. (۱۳۹۹). ارزیابی پتانسیل سیل خیزی حوزه های آبخیز استان مازندران با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی(AHP). *مجله محیط زیست و مهندسی آب*، ۶(۴)، ۳۴۴-۳۳۱.

صابری‌فر، رستم و شکری، هومر. (۱۳۹۹). پهنه بندی خطر سیل در شهر بیرجند. *مجله آمایش سرزمین*، ۱۱(۱)، ۱۷۸-۱۵۹.

عطائی، محمد. (۱۳۸۹). *تصمیم گیری چند معیاره فازی*. چاپ اول، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود.

علیزاده، امین. (۱۳۹۰). *اصول هیدرلوژی کاربردی*. چاپ سی و سوم، مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد.

غیور، حسن علی. (۱۳۷۵). سیل و مناطق سیل خیز در ایران. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ۱۱(۱)، ۱۲۰-۱۰۱.

قدسی پور، حسین. (۱۳۸۴). *فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP* . تهران، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

قنواتی، عزت الله. (۱۳۹۲). ارزیابی و پهنه بندی خطر رخداد سیل در حوضه فرحزاد (تهران) با استفاده از مدل فازی. *مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*، ۲۳(۴)، ۱۳۸-۱۲۱.

لطفی، حیدر و جعفری، مهتاب. (۱۳۹۰). فرآیند ایمن سازی شهری جهت مقابله با مخاطرات طبیعی (سیل) مطالعه موردی شهرتهران. *فصلنامه علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی*، ۱۱(۳۶)، ۲۹۶-۲۸۳.

محمود زاده، حسن و باکویی، مائده. (۱۳۹۷). پهنه بندی سیلاب با استفاده از تحلیل فازی مطالعه موردی ساری. *مجله مخاطرات محیط طبیعی*، ۷(۱۸)، ۶۸-۵۱.

مهدی زاده، جواد. (۱۳۹۱). تحلیل مخاطرات اقلیمی در شهر تبریز با استفاده از منطق فازی و مدلANP. کارشناسی ارشد رشته جغرافیا، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل.

موسوی، سیده معصومه؛ نگهبان، سعید؛ رخشانی مقدم، حیدر و حسین زاده، سید محسن. (۱۳۹۵). ارزیابی و پهنه بندی خطر سیل خیزی با استفاده از منطق فازی TOPSIS در محیط GIS مطالعه موردی حوضه آبخیز شهر باغملک. *مجله مخاطرات محیط طبیعی*، ۵(۱۰)، ۹۸-۷۹.

مومنی، منصور.(۱۳۷۸). *مباحث نوین تحقیق در عملیات*. چاپ دوم، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

نسرین نژاد، نعمت الله؛ رنگزن،کاظم؛ کلانتری، نصرالله و صابری، عظیم. (۱۳۹۳). پهنه بندی پتانسیل سیل خیزی حوزه آبریز باغان با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP). *مجله سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۵(۴)، ۳۴-۱۵.

نصری، مسعود. (۱۳۸۸). بررسی سیلاب‌ها و شبکه مسیل‌های تاثیر گذار بر شهر زواره و توجه به آن در برنامه‌ریزی شهری. *فصلنامه جغرافیایی چشم انداز*، ۱(۲)، ۷۸-۶۵.

یمانی، مجتبی و مریم عنایتی. (۱۳۸۴). ارتباط ویژگیهای ژئومورفولوژیک حوضه‌ها و قابلیت سیل خیزی (تجزیه وتحلیل داده‌های سیل از طریق مقایسه ژئومورفولوژیک حوضه های فشند و بهجت آباد). *مجله پژوهشهای جغرافیایی*، ۳۸(۳)، ۵۷-۴۷.

Bang, N., & Church Burton, N .(2021). Contemporary flood risk perceptions in England: Implications for flood risk management foresight Henry Disaster Management Centre, Bournemouth University, Dorset, Talbot Campus, Fern Barrow, BH12 5BB Poole, UK.https://doi.org/10.1016/j.crm. 2021.

Laarhoven, VP., & Pedrycz, W.(1983). A fuzzy extension of Saaty's priority theory. *Fuzzy sets and Systems*, *11*(1), 199-227.

Lee, AH, Chen, WC., & Chang CJ. (2008). A fuzzy AHP and BSC approach for evaluating performance of IT department in the manufacturing industry in Taiwan. *Expert systems with applications*, *34*(1), 96-107.

Nikolova, V., Ventseslavova Zlateva, P .(2017). Assessment of Flood Vulnerability Using Fuzzy Logic and Geographical Information Systems, Conference: International Conference on Information Technology in Disaster Risk Reduction. November 2017, DOI: 10.1007/978-3-319-68486-4. Pp: 20.

Podlaha, A., Lorinc, M., Srivastava, G., Bowen, S., Kerschner, B. (2020). *Global Catastrophe Recap:* First Half of July 2020, pp 110.

Rashetnia, S., & Jahanbani, H .(2021). Flood vulnerability assessment using a fuzzy rule-based index in Melbourne. Australia, *Sustainable Water Resources Management*, *7*(2), 351-362.

Saaty, TL. (1994). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *Interfaces*, *24*(6), 19-43.

Sufia Rehman, Mehebub Sahana, Haoyuan Hong, Haroon Sajjad & Baharin Bin Ahmed (2019) A systematic review on approaches and methods used for flood vulnerability assessment : framework for future research,Natural Hazards volume96, pages975–998.

UNISDR CRED .(2015). *The human cost of weather-related disasters*. 1995-2015. Pp:119.

Zening Wu, Yanxia Shen and Huiliang Wang. (2019). Assessing Urban Areas' Vulnerability to Flood Disaster Based on Text Data: A Case Study in Zhengzhou City. College of Water Conservancy and Environment, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, and China.

Yen an Wu, Ping-an Zhong, Yu Zhang, Biao Ma, Kun Yan. (2015). Integrated flood risk assessment and zonation method: a case study in Huaihe River basin, China. *Natural Hazards*, *78*(1), 635-651.

How to cite this article:
Saeedi Mofrad, S., & Asiaei, M. (2023). Flood risk zoning in Fariman city using fuzzy logic. *Journal of Studies of Human Settlements Planning*, *18*(1), 283-298.

ارجا به این مقاله:
سعیدی مفرد، ساناز و آسیایی، مهدی. (۱۴۰۲). پهنه بندی خطر وقوع سیل در شهرستان فریمان با استفاده از منطق فازی. *فصلنامه مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی*، ۱۸(۱)، ۲۹۸-۲۸۳.