

Quarterly Journal of Village and Space Sustainable Development

2025, Vol.6, No.4, Serial Number 24, pp 165-192

doi <https://doi.org/10.22077/vssd.2025.8898.1302>



Analysis of Flood Susceptibility in Rural Settlements within the Hawraman Cultural Landscape

Davood Jamini^{1*}, Amir Shabani Hosainabadi²

1. Assistant Professor, Department of Geomorphology, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran (Part-time Researcher at Kurdistan Studies Institute, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran).

2. Master's student, Department of Geomorphology, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

*Corresponding author, Email: D.Jamini@uok.ac.ir

Keywords:

Environmental hazards, floods, rural development, crisis management, Hawraman.

1. Introduction

Given the numerous and complex issues and challenges arising from flooding, assessing and managing this risk in order to reduce the effects of flooding on the lives and livelihoods of human society and the environment seems to be necessary and logical. In order to have a reliable and useful tool for informed decision-making on flood risk management, it is essential to prepare flood risk maps and identify flood-prone areas. The first step in flood prevention and management is to determine flood-prone areas and, in a way, identify flood-prone areas, which can be achieved using various methods such as Geographic Information System (GIS) and remote sensing. The Cultural Landscape of Hawraman is located in western Iran, in the provinces of Kurdistan and Kermanshah, and was registered as a World Heritage Site by UNESCO in 2021 due to its unique attractions. Based on the control points of the Cultural Landscape of Hawraman buffer zone, which was drawn up by UNESCO, 319 rural settlements have been established in this area; the mentioned villages have a total of 31,485 households and 111,483 people. On the one hand, considering the world registration of the Hawraman region and its international value, and on the other hand, considering the mountainous nature of the region and the possibility of flood risk in this area, identifying rural settlements at risk of flooding can play a significant role in managing this risk. Therefore, considering the application of geographic information systems in zoning geographical areas in terms of the occurrence of various hazards, the main questions of the present study are: What are the most important factors affecting the occurrence of floods in the Cultural Landscape of Hawraman? What is the flood risk zoning in the Cultural Landscape of Hawraman? What number/percentage of villages and the population living in the Cultural Landscape of Hawraman are at high and very high risk of flooding? And what pattern does the spatial distribution of the Cultural Landscape of Hawraman follow in terms of flood risk?

2. Methodology

In general, in order to achieve the main goal of the research, the following steps have been carried out in a systematic process:

Step 1: Due to the lack of access to the study area file and the lack of cooperation of relevant organizations and departments in providing the desired layers to researchers, in the first stage of the research, the layer of the study area (Cultural Landscape of Hawraman, one of the UNESCO World Heritage Sites) was extracted and prepared. This was done using the map available on the UNESCO website and the UTM control points on

Received:

05/Feb/2025

Revised:

17/Mar/2025

Accepted:

10/May/2025

¹. This article is based on Mr. Amir Shabani Hosainabadi master's thesis entitled "Identifying rural settlements at risk of flooding in global cultural landscapes (Case study: Hawraman)" which was compiled under the guidance of Dr. Davood Jamini.

the aforementioned website, during which the desired area was digitized in the Arc Map software, and finally the study area was extracted with the UTM coordinate system.

Step 2 & 3: In this stage of the research, relevant criteria (21 criteria) were identified by studying domestic and foreign research related to the subject of study (flood risk zoning in human settlements).

Step 4: In this stage, after extracting the 21 layers, the necessary processing (reclassification) was performed on the layers used in the Arc Map software.

Step 5: In the fifth stage, existing flood points were extracted using Sentinel radar data and within the GEE system. It should be noted that 377 flood points were identified during this process.

Step 6: In this stage, the weight of the classes of all layers was calculated. In this way, the classes of all layers were valued using the fuzzy method. It should be noted that the importance of the classes was calculated based on the opinions of the relevant experts.

Step 7: In this stage, the final weight of the 21 layers was calculated by the relevant experts and then the weight of the layers was applied in the Arc Map software.

Step 8: In order to prepare the final map of the zoning of the global cultural landscape of Huaran in terms of flood risk, the fuzzy overlap approach and the OR method were used. It should be noted that the aforementioned zoning was carried out in five risk zones (very low risk, low risk, medium risk, high risk and very high risk). Then, the villages located in each zone were identified, and finally, 319 rural points located in the Cultural Landscape of Hawraman were grouped into the five mentioned risk zones, and the findings were analyzed.

Step 9: To examine the spatial distribution of the Cultural Landscape of Hawraman in terms of flood risk, the Moran index was used.

3. Findings

The results of the survey of the location of 319 rural settlements located in the study area showed that none of the villages were located in the very low risk zone, and 0.94 percent of the villages (equivalent to 3 villages) were located in the low risk zone, 21.63 percent (equivalent to 69 villages) in the medium risk zone, 43.57 percent (equivalent to 139 villages) in the high risk zone, and 22.55 percent (equivalent to 108 villages) in the very high risk zone. The findings regarding the population residing in different zones in the Cultural Landscape of Hawraman in terms of flood risk show that out of the 111,483 people residing in this region: 0.7 percent (equivalent to 776 people) are in the low-risk zone, 17.93 percent (equivalent to 19,990 people) are in the medium-risk zone, 48.76 percent (equivalent to 54,356 people) are in the high-risk zone, and 32.62 percent (equivalent to 36,361 people) are in the very high-risk zone.

4. Discussion and Conclusion

The mountainous nature of the region, high rainfall, steep slopes, lack of attention to the location of the original settlement of villages, gradual physical and structural development of villages towards flood-prone areas, unauthorized construction, and gradual reduction of forest and pasture cover are the main reasons for the poor condition of the studied region compared to other areas.

Considering the various damages caused by floods, which can be summarized in economic, social, and environmental dimensions, reducing the damages caused by them, especially in rural settlements that have a long-standing connection with their surroundings, is an essential requirement. Reducing the damages caused by floods can be achieved by relying on management-executive solutions and operational studies, which are discussed below.

A) Management and executive strategies to reduce flood risks

- ✓ Providing flood risk maps to government and private sector organizations and departments, as well as the local community
- ✓ Sustainability of materials used in various constructions in rural environments (housing, roads, public facilities, etc.)
- ✓ Gradual transfer of housing and facilities located in high and very high-risk areas in terms of flooding to low-risk areas
- ✓ Preventing all types of construction in areas at high and very high risk
- ✓ More stringent enforcement of rural construction laws and regulations by government departments and organizations, especially the Islamic Revolution Housing Foundation

B) Study strategies to reduce flood risks

- ✓ Using new methods and tools for zoning the Cultural Landscape of Hawraman in terms of flood risk
- ✓ Investigating the resilience of the local community at risk of flooding and identifying the factors affecting it.
- ✓ Finding optimal space for relocating villages at risk of flooding.

How to cite this article:

Jamini, D., & Shabani Hosainabadi, A. (2025) Analysis of Flood Susceptibility in Rural Settlements within the Hawraman Cultural Landscape. *Village and Space Sustainable Development*, 6(4), 165-192. <https://doi.org/10.22077/vssd.2025.8898.1302>





فصلنامه روستا و توسعه پایدار فضا

دوره ششم، شماره چهارم، پیاپی بیست و چهارم، زمستان ۱۴۰۴، شماره صفحه ۱۶۵-۱۹۲

<https://doi.org/10.22077/vssd.2025.8898.1302> doi

تحلیل سیل خیزی سکونتگاه‌های روستایی در منظر فرهنگی هورامان

داود جمینی^{۱*}، امیر شعبانی حسین آبادی^۲

۱. استادیار گروه ژئومورفولوژی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران (پژوهشگر پاره وقت پژوهشکده کردستان شناسی، دانشگاه کردستان)

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه ژئومورفولوژی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

* نویسنده مسئول، ایمیل: D.Jamini@uok.ac.ir

چکیده:

جوامع روستایی به واسطه پیوند عمیق با محیط پیرامون خود، دارای بیشترین وابستگی به آن هستند؛ این وابستگی در سکونتگاه‌های روستایی واقع در منظر فرهنگی هورامان در سطح بالایی قرار دارد. زیرا معیشت اغلب ساکنان این فضای جغرافیایی که در سال ۲۰۲۱ توسط یونسکو به ثبت جهانی رسیده است، تا حد زیادی وابسته به محیط طبیعی است. با این اوصاف وقوع مخاطرات محیطی از جمله سیل می‌تواند بنیان معیشت و حیات جوامع روستایی را با چالش‌های عدیده‌ای مواجه نماید. هدف اصلی پژوهش کمی و کاربردی حاضر که با روش توصیفی - تحلیلی انجام گرفته است، شناسایی سکونتگاه‌های روستایی در معرض خطر سیل در منظر فرهنگی هورامان است. برای دستیابی به هدف اصلی پژوهش از ۲۱ عامل موثر بر وقوع سیل و برای وزن دهی به آن‌ها از نظرات ۱۵ نفر از محققان و کارشناسان استفاده شده است. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از رویکرد همپوشانی فازی در نرم‌افزار Arc Map استفاده شده است. نتایج حاصل از بررسی وضعیت استقرار ۳۱۹ سکونتگاه روستایی واقع در محدوده مطالعاتی نشان داد هیچ یک از روستاها در پهنه خطر بسیار کم خطر قرار نگرفته‌اند و ۰/۹۴ درصد روستا (معادل ۳ روستا) در پهنه کم خطر، ۲۱/۶۳ درصد (معادل ۶۹ روستا) در پهنه خطر متوسط، ۴۳/۵۷ درصد (معادل ۱۳۹ روستا) در پهنه خطر زیاد و ۲۲/۵۵ درصد (معادل ۱۰۸ روستا) در پهنه خطر بسیار زیاد قرار گرفته‌اند. یافته‌ها در خصوص جمعیت مستقر در پهنه‌های مختلف در منظر فرهنگی جهانی هورامان به لحاظ مخاطره سیل نشان می‌دهد از ۱۱۱۴۸۳ نفر ساکن در این منطقه: ۰/۷ درصد (معادل ۷۷۶ نفر) در پهنه کم خطر، ۱۷/۹۳ درصد (معادل ۱۹۹۹۰ نفر) در پهنه خطر متوسط، ۴۸/۷۶ درصد (معادل ۵۴۳۵۶ نفر) در پهنه خطر زیاد و ۳۲/۶۲ درصد (معادل ۳۶۳۶۱ نفر) در پهنه خطر بسیار زیاد قرار گرفته‌اند.

واژگان کلیدی:

مخاطرات محیطی، سیل، توسعه روستایی، مدیریت بحران، هورامان.

تاریخ ارسال:

۱۴۰۳/۱۱/۱۷

تاریخ بازنگری:

۱۴۰۳/۱۲/۲۷

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۴/۰۲/۲۰

^۲ این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد آقای امیر شعبانی حسین آبادی با عنوان «شناسایی سکونتگاه‌های روستایی در معرض خطر سیل در مناظر فرهنگی جهانی (مطالعه موردی: هورامان)» است که با راهنمایی دکتر داود جمینی تدوین شده است.

۱- مقدمه

سیل یکی از فاجعه بارترین مخاطرات طبیعی در سراسر کره زمین است که معمولاً پس از بارندگی شدید، بارندگی مداوم و ذوب شدن ناگهانی برف به وقوع می‌پیوندد (اسکر^۱ و همکاران، ۲۰۲۲: ۱). از سه دهه اخیر تاکنون، به صورت پیوسته تعداد وقوع سیل در حال افزایش است (پراساد^۲ و همکاران، ۲۰۲۱: ۱) و به تبعیت از آن، خسارات اقتصادی و اجتماعی ناشی از سیل (کمالی و قاسمی، ۱۴۰۲: ۱۱۴؛ تان^۳ و همکاران، ۲۰۲۴: ۱)، به شدت روند صعودی پیدا کرده است (ساندرس^۴ و همکاران، ۲۰۲۰: ۱). در حال حاضر هر سال وقوع سیل به صورت مستقیم و غیر مستقیم زندگی میلیون‌ها نفر را تحت تأثیر قرار می‌دهد (کیاو^۵ و همکاران، ۲۰۲۴: ۱)، به گونه‌ای که سالانه بیش از ۲۰۰۰۰ نفر جان خود را در اثر وقوع سیل از دست می‌دهند و خسارات اقتصادی جبران‌ناپذیری را بر جوامع مختلف تحمیل می‌نماید. به عنوان نمونه بین سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۵، تقریباً ۱۰۹ میلیون نفر تحت تأثیر خسارات سیل قرار گرفتند که هزینه‌های مستقیم آن ۷۵ میلیارد دلار در سال است (شهابی و همکاران، ۲۰۲۰: ۲). علاوه بر موارد فوق، وقوع سیل و حوادث مرتبط با آن، عامل اصلی مهاجرت‌های داخلی کشورها در سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۵ بوده است (لی^۶ و همکاران، ۲۰۱۹: ۱). از علل اصلی وقوع سیل می‌توان به بارندگی شدید، غیرقابل نفوذ شدن بخش وسیعی از سطح زمین به دلیل رشد و توسعه شهرنشینی و تخریب خاک اشاره کرد و معمولاً میزان خسارت ناشی از سیل با رشد جمعیت و تغییرات آب و هوایی تشدید می‌گردد و روند فزاینده‌های پیدا می‌کند (شهابی^۷ و همکاران، ۲۰۲۱: ۱).

نکته قابل تأملی که وجود دارد این است که در وضعیت فعلی بر روی کره زمین، مکان‌های اندکی وجود دارند که مردم در آن نگران سیل نباشند (اودین^۸ و همکاران، ۲۰۱۸: ۱). در این میان اکثر روستاها و شهرهای واقع در دامنه کوه‌ها دائماً در معرض خطر سیلاب قرار دارند (استلاجی^۹ و همکاران، ۲۰۲۴: ۱۱-۱۲). با این وجود تمرکز بسیاری تحقیقات در خصوص وقوع سیل بر جوامع و فضاهای شهری تمرکز یافته است و در خصوص مناطق روستایی مطالعات کمتری صورت گرفته است (تالاکوتوکارا^{۱۰} و همکاران، ۲۰۲۴: ۱۹۰۸). این در حالی است که بسیاری از مناطق روستایی سراسر جهان، فاقد سیستم‌های خطر سیل هستند و هنوز در مراحل اولیه کاهش خطرات سیل هستند (قانساه^{۱۱} و همکاران، ۲۰۲۱: ۱۲). همچنین از یک طرف شیوه‌های مقابله با سیل در مناطق روستایی اغلب سنتی است و اکثر آن‌ها با استانداردهای مهندسی مطابقت ندارند و از طرف دیگر، جامعه روستایی توان اقتصادی لازم را برای اقدامات حفاظتی در برابر وقوع سیل ندارند (صفایی و همکاران، ۱۴۰۱: ۱۰۱؛ غفرانی^{۱۲} و همکاران، ۲۰۱۹: ۱۷۰). بر این مبنا محققان معتقدند که با پهنه‌بندی خطر

1 Askar

2 Prasad

3 Tan

4 Sanders

5 Kyaw

6 Li

7 Shahabi

8 Udin

9 Estelaji

10 Thalakkottukara

11 Ghansah

12 Ghofrani

سیل و شناسایی نواحی مستعد سیل در مناطق روستایی، می‌توان سطح تاب‌آوری در برابر خطرات ناشی از آن را افزایش داد (بیرقی و همکاران، ۱۴۰۱: ۵۴؛ تالا کوتوکارا و همکاران، ۲۰۲۴: ۱۹۰۸).

با توجه به مسائل و چالش‌های متعدد و پیچیده ناشی از وقوع بلایای طبیعی (حجی‌پور و سالاری طبس، ۱۴۰۳: ۱۲۵) از جمله سیل، ارزیابی و مدیریت این مخاطره در راستای کاهش اثرات سیل بر زندگی و معیشت جامعه انسانی و محیط زیست امر ضروری و منطقی به نظر می‌رسد (محمدی^۱ و همکاران، ۲۰۲۰: ۲). به منظور داشتن یک ابزار قابل اعتماد و مفید برای تصمیم‌گیری آگاهانه در مورد مدیریت خطر سیل، تهیه نقشه‌های خطر سیل و شناسایی نواحی مستعد سیل ضروری است (کیاو و همکاران، ۲۰۲۴: ۱-۲). اولین گام در پیشگیری و مدیریت سیل، تعیین مناطق مستعد سیل و به نوعی شناسایی مکان‌های مستعد سیل است که با استفاده از روش‌های مختلفی مانند سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سنجش از دور می‌تواند محقق گردد (شهابی و همکاران، ۲۰۲۰: ۲؛ اسکر و همکاران، ۲۰۲۲: ۲). بنابراین به منظور تهیه نقشه مخاطرات سیل، GIS ابزاری حیاتی و قدرتمند برای شناسایی مناطق سیل‌خیز است، چراکه با شناسایی مناطق مستعد و انجام اقدامات پیشگیرانه، می‌توان خسارات ناشی از وقوع مخاطره سیل را تا حد زیادی کاهش داد (تهرانی^۲ و همکاران، ۲۰۱۹: ۱۷۴).

منظر فرهنگی هورامان / اورامانات^۳ با قرارگیری در غرب ایران، در دو استان کردستان و کرمانشاه واقع شده است و با توجه به جذابیت‌های منحصر به فرد آن، در سال ۲۰۲۱ توسط سازمان یونسکو به ثبت جهانی رسیده است. بر اساس نقاط کنترل منطقه حائل^۴ منظر فرهنگی هورامان، که توسط یونسکو ترسیم شده است (یونسکو^۵، ۲۰۲۱)، در این منطقه ۳۱۹ سکونتگاه روستایی استقرار یافته است؛ روستاهای مذکور در مجموع شامل ۳۱۴۸۵ خانوار و ۱۱۱۴۸۳ نفر جمعیت هستند (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵). از یک طرف با توجه مرزی بودن منطقه و حساسیت ویژه مناطق مرزی (کماسی^۶ و همکاران، ۲۰۲۵: ۱)، ثبت جهانی منطقه هورامان و ارزش بین‌المللی آن و از طرف دیگر با توجه به کوهستانی بودن منطقه و احتمال وقوع خطر سیل در این منطقه، شناسایی سکونتگاه‌های روستایی واقع در معرض خطر سیل، می‌تواند نقش بسزایی را در مدیریت این مخاطره داشته باشد. از این رو با توجه به کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در پهنه‌بندی مناطق جغرافیایی به لحاظ وقوع انواع مخاطرات، سوال‌های اصلی پژوهش حاضر عبارت‌اند از: مهم‌ترین عوامل موثر بر واقع سیل در منظر فرهنگی هورامان کدامند؟ پهنه‌بندی خطر سیل در منظر فرهنگی هورامان به چه صورتی است؟ چه تعداد / درصد از روستاها و جمعیت ساکن در منظر فرهنگی هورامان در معرض خطر زیاد و بسیار زیاد سیل قرار دارند؟ و نحوه توزیع فضایی منظر فرهنگی هورامان به لحاظ مخاطره سیل از چه الگویی تبعیت می‌کند؟

1 Mohammadi

2 Tehrani

3 Cultural Landscape of Hawraman / Uramanat

4 Buffer Zone

5 UNESCO

6 Komasi

۲- بنیان نظریه‌ای

سیل یکی از مخرب‌ترین مخاطرات طبیعی است که ضمن آسیب رساندن به زیرساخت‌های مسکونی، حمل و نقل و ... کشاورزی، دامداری و تولیدات صنعتی را با مشکل مواجه می‌کند و به صورت مستقیم و غیر مستقیم زندگی انسان‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (فلاحتی و قلمبر دزفولی، ۱۴۰۲: ۱۶۱؛ هاگ^۱ و همکاران، ۲۰۲۳: ۱). سیل در نتیجه تعامل بین چندین متغیر انسانی و طبیعی مختلف شکل می‌گیرد و متناسب با فضاهای مختلف جغرافیایی، تأثیرات متفاوتی را ایجاد می‌نماید (پوپا^۲ و همکاران، ۲۰۱۹: ۱). دستورالعمل سیل اتحادیه اروپا این تعریف را از سیل را ارائه کرده است: سیل پوشش موقت زمین توسط آب است که در حالت عادی، آبی در آن وجود نداشته است (انوشه و بهاراتی^۳، ۲۰۲۰: ۲۰۷). در تعریفی دیگر، سیل ترکیبی از جریان‌های کوتاه در یک مکان خاص با شیب تند است که معمولاً در سطوح نفوذناپذیر و کم استحکام رخ می‌دهد (استلاجی و همکاران، ۲۰۲۴: ۱۱-۲).

به هر جهت در حال حاضر سیل تهدیدی جدی برای سیستم‌های اکولوژیکی شهری و روستایی، رفاه انسان و امنیت اموال است (وانگ^۴ و همکاران، ۲۰۲۳: ۱). بررسی‌های نشان می‌دهد برخی از مرگبارترین سیل‌ها در کشورهای چین (۱۹۳۵، ۱۹۳۱، ۱۸۸۷)، گواتمالا (۱۹۴۹)، بنگلادش (۱۹۷۴)، ونزوئلا (۱۹۹۹)، ایران (۱۹۵۴)، هند (۲۰۱۳)، ژاپن (۱۹۵۳)، و پرو (۱۹۴۱) رخ داده است و علاوه بر موارد مذکور، نمونه‌های فراوان دیگری وجود دارند که تلفات جانی چندین هزار نفری را به همراه داشته است (اسواین^۵ و همکاران، ۲۰۲۰: ۱).

افزایش فراوانی وقوع سیل منجر به شکل‌گیری و تقویت فزاینده این ذهنیت شده است که نسبت به مدیریت مخاطره سیل، باید اقدامات جدی‌تر و موثرتری اتخاذ گردد (بولین و میلز^۶، ۲۰۲۴: ۱). در این راستا تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیل برای ارگان‌ها و سازمان‌های مسئول در برابر مدیریت آن، از الزامات اساسی است. زیرا به واسطه نقشه‌های پهنه‌بندی، آن‌ها می‌توانند تجهیزات و امکانات خود را جهت واکنش سریع در مکان‌های پرخطر مستقر نماید و خسارات ناشی از سیل را کاهش دهند (لی و همکاران، ۲۰۱۸: ۲). پهنه‌بندی مذکور، یک ابزار ضروری و کم هزینه برای ارزیابی آسیب پذیری در برابر سیل است که می‌تواند برای برنامه ریزی کاربری زمین مورد استفاده تصمیم‌گیرندگان قرار گیرد (گونزالز-آرکروس^۷ و همکاران، ۲۰۱۸: ۶۸۵-۶۸۶). در مجموع پهنه‌بندی حساسیت به سیل^۸ (FSM) یک روش مدیریتی ضروری برای شناسایی مناطق در معرض خطر و همچنین جلوگیری از ساخت‌وسازهای غیرمجاز و حتی مجاز در مناطق پرخطر است (محمدی و همکاران، ۲۰۲۰: ۲). برای پهنه‌بندی و مدل‌سازی دقیق سیل، از روش‌ها و شاخص‌های مختلف توپوگرافی (زاویه شیب^۹، ارتفاع و انحنا)، شاخص‌های مرتبط با آب (بارش، SPI، TWI، فاصله تا رودخانه، تراکم رودخانه)، پوشش زمین (شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) و کاربری اراضی) و زمین‌شناسی (لیتولوژی) (شهابی و همکاران،

¹ Haque

² Popa

³ Anusha & Bharathi

⁴ Wang

⁵ Swain

⁶ Bullen & Miles

⁷ González-Arqueros

⁸ Flood susceptibility mapping

⁹ Slope angle

۲۰۲۰؛ ۱؛ شهبابی و همکاران، ۲۰۲۱: ۱) و ... استفاده شده است. در این میان اتکا به رویکردهای مبتنی بر سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی یک ابزار کم‌هزینه است که می‌تواند به طور سودآور برای پهنه‌بندی سیل مورد بهره‌برداری قرار گیرد (نوتی^۱ و همکاران، ۲۰۱۸: ۲). بررسی‌های نشان می‌دهد در راستای پهنه‌بندی فضاهای مختلف جغرافیایی در مواجهه با خطر سیل مطالعات متعددی صورت گرفته است که در ادامه به نتایج چند مطالعه مهم اشاره شده است.

رکن‌الدین افتخاری و همکاران (۱۳۸۸) در پژوهشی با استفاده از معیارهای مقاطع عرض و طولی و میزان بارش اقدام به پهنه‌بندی روستاهای در معرض خطر سیلاب در حوزه گرگانرود با استفاده از مدل HEC-Geo RAS در محیط GIS نموده‌اند. نتایج پژوهش نشان داد در میان ۲۳۵ روستای واقع در محدوده مطالعاتی ۱۵۶ روستا در پهنه با خطر بالا، ۴۴ روستا در پهنه با خطر متوسط و ۳۵ روستا در پهنه با خطر کم قرار گرفته‌اند. نتایج پژوهش رجیبی و همکاران (۱۳۹۷) با هدف پهنه‌بندی آسیب‌پذیری مخاطره سیل در سکونتگاه‌های روستایی شهرستان سقز با استفاده از لایه‌های جهت شیب، قابلیت اراضی (کوه، تپه، فلات‌ها و دشتهای دامنه‌ای)، بارش، لایه رواناب، کاربری اراضی، درصد شیب و طبقات نگاهداشت خاک که در آن تجزیه و تحلیل داده‌ها، از ترکیبی از نرم‌افزارهای AHP و GIS استفاده شده است، نشان داد از میان ۳۱۲ نقطه روستایی این شهرستان، هیچ‌یک از روستاها در پهنه با خطر بسیار کم واقع نشده‌اند در حالی که ۶ روستا در پهنه خطر سیل خیزی کم، ۲۸۲ روستا در پهنه متوسط، ۱۸ روستا در پهنه سیل‌خیزی زیاد و ۶ روستا در پهنه خطر بسیار زیاد استقرار یافته‌اند. نصیری زارع (۱۴۰۰) در پژوهشی با هدف پهنه‌بندی نواحی روستایی آسیب دیده از سیلاب (فروردین ۱۳۹۸) در شهرستان هویزه (از توابع استان خوزستان) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی نشان داد از میان ۱۳۷ نقطه روستایی در محدوده شهرستان، ۱۰ روستا (حدود ۱۴ درصد از نقاط روستایی و ۱۹ درصد جمعیت روستایی شهرستان هویزه) در معرض آسیب جدی ناشی از سیل قرار گرفته‌اند. مودودی ارخودی و همکاران (۱۴۰۰) در پژوهشی با استفاده از معیارهای شیب، ارتفاع، کاربری اراضی، پوشش گیاهی، شبکه زهکشی، زمین‌شناسی، بارش و فاصله از آبراهه، اقدام به پهنه‌بندی و تحلیل فضایی خطر وقوع سیلاب در ۱۲ روستای شهرستان قائن نموده‌اند. نتایج پژوهش نشان داد از کل مساحت محدوده مورد بررسی (۳۲۶۴۸ هکتار)، ۹/۶ درصد، ۲۹/۴ درصد، ۳۰/۳ درصد، ۲۲ درصد و ۸/۶ درصد از فضای مورد بررسی به ترتیب در پهنه‌های خطر خیلی کم، خطر کم، خطر نسبتاً زیاد، سیلابی و بسیار سیلابی قرار گرفته است و در این میان، ۷ روستا در پهنه سیلابی و ۵ روستا در پهنه بسیار سیلابی واقع شده‌اند. نتایج مطالعه سعیدی مفرد و آسیایی (۱۴۰۲) با هدف پهنه‌بندی خطر وقوع سیل در شهرستان فریمان با استفاده از منطق فازی و استفاده از معیارهای شیب، کاربری اراضی، بارش، فاصله از رودخانه، ارتفاع، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی و تراکم زهکشی نشان داد ۱۷/۸ درصد محدوده مورد بررسی در پهنه با خطر خیلی زیاد، ۱۴/۲ درصد در پهنه با خطر زیاد، ۲۰/۴ درصد در پهنه با خطر متوسط، ۲۲/۵ درصد در پهنه با خطر کم و ۲۵/۱ درصد در پهنه با خطر خیلی کم قرار گرفته است. همچنین نتایج نشان داد شهر فریمان در محدوده خطر خیلی کم و اکثر روستاها در پهنه‌های خطی خیلی کم، کم و متوسط قرار گرفته‌اند. صادقی و حاصلی (۱۴۰۴) در پژوهشی با هدف ارزیابی آسیب‌پذیری مقاصد گردشگری روستایی در برابر مخاطره سیل در استان چهارمحال و بختیاری، از شش معیار ارتفاع، شیب، زمین‌شناسی، پوشش اراضی، آبراهه، بارش جهت ارزیابی

^۱ Notti

مخاطره سیل استفاده کرده‌اند. نتایج این مطالعه نشان داد در سناریوی بدبینانه همه روستاهای مورد بررسی در معرض خطر سیل قرار دارند.

گونزالز- آرکوروس و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی اقدام به تهیه نقشه حساسیت به سیل با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در سکونتگاه‌های روستایی واقع در مناطق دور افتاده و کوهستانی در منطقه سیرا-کوستا در میچوآکان (در کشور مکزیک) نموده‌اند. نتایج نشان داد محققان در این مطالعه از شاخص‌های ژئوپدولوژی، توپوگرافی، پوشش زمین و کاربری زمین برای تهیه نقشه‌های مد نظر استفاده کرده‌اند نتایج پژوهش نشان داد ۱۳ درصد از سکونتگاه‌های روستایی و ۷ درصد شبکه ارتباطی در محدوده سیلابی قرار دارند. نتایج مطالعه غفرانی و همکاران (۲۰۱۹) با هدف بهبود پایش سیلاب در مناطق روستایی با استفاده از سنجش از دور در حوضه آبریز تاروین در کشور استرالیا نشان داد محققان در این مطالعه با ادغام دو شاخص (شاخص اختلاف نرمال شده آب (NDWI)) و (شاخص اختلاف نرمال شده اصلاح شده آب (MNDWI))، برای شناسایی مناطق غرقاب شده در طول رویدادهای بارندگی شدید استفاده کرده‌اند. همچنین نتایج نشان داد شاخص‌های NDWI و MNDWI عملکرد خوبی را برای شناسایی مناطق پرخطر داشته‌اند اما در این میان NDWI دقت و عملکرد بهتری داشته است. نتایج پژوهش قانساه و همکاران (۲۰۲۱) با هدف پهنه‌بندی و شناسایی مناطق مستعد سیل و خطر در نواحی روستایی با استفاده از تصاویر لندست و الگوریتم جنگل تصادفی در حوضه آبخیز ناسیا در کشور غنا نشان داد محققان با استفاده از معیار کاربری اراضی / پوشش زمین به پهنه‌بندی سیل نموده‌اند. همچنین نتایج نشان داد در حدود ۴۱۸/۸۲ کیلومتر مربع از حوزه آبخیز هر ۲ تا ۳ سال یکبار سیلابی معمولی رخ می‌دهد و در حدود ۶۸۹/۶۱ کیلومتر مربع هر ۷ تا ۱۰ سال، سیل شدید رخ می‌دهد. نتایج پژوهش وانگ و همکاران (۲۰۲۳) با هدف ارزیابی خطر سیل در نواحی روستایی - شهری بر اساس طبقه‌بندی بیزی در منطقه خلیج بزرگ گوانگدونگ - هنگ کنگ - ماکائو نشان داد محققان در این مطالعه از معیارهای ارتفاع، شیب، فاصله از آبراهه، تراکم جاده، پوشش گیاهی جزئی^۱، نگهداری آب خاک^۲ و درصد سطح غیر قابل نفوذ استفاده کرده‌اند. نتایج نقشه پهنه‌بندی نهایی نشان داد که تقریباً نیمی از فضای مورد بررسی در معرض خطر متوسط سیل قرار دارد و ۲۵/۷ درصد از مناطق مورد بررسی در معرض خطر بالای سیل هستند. نتایج پژوهش استعلاجی و همکاران (۲۰۲۴) با هدف مدیریت سیل در استان لرستان با استفاده از GIS نشان داد محققان از معیارهای کاربری اراضی، شیب، بارندگی، تراکم آبراهه و فرسایش خاک جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی استفاده کرده‌اند و محدوده‌های پرخطر در تمام محدوده مورد مطالعه توزیع شده‌اند با این وجود این محدوده‌ها بیشتر در نواحی شرقی و بخش‌های از شمال شرق استان قرار گرفته‌اند.

مرور مطالعات مرتبط با موضوع مورد مطالعه نشان می‌دهد علی‌رغم خسارت قابل توجه مخاطره سیل برای جوامع روستایی، که دارای ارتباط تنگاتنگی به محیط پیرامون خود هستند، مطالعات اندکی در خصوص پهنه‌بندی خطر سیل در مناطق روستایی انجام گرفته است و همچنین از معیارهای محدودی برای دستیابی به این مهم استفاده شده است. محققان در پژوهش حاضر با آگاهی از موارد فوق و با اتکا به ۲۱ معیار کلیدی، درصد پهنه‌بندی مخاطره سیل در منظر فرهنگی هورامان هستند. همچنین از آنجایی که منظر فرهنگی هورامان از محدوده‌های نسبتاً جدید ثبت شده توسط یونسکو است،

1 fractional vegetation cover
2 soil water retention

پهنه‌بندی مخاطر سیل در این فضای جغرافیایی می‌تواند مبنای برای پایگاه جهانی منظر فرهنگی هورامان در استان‌های کردستان و کرمانشاه و همچنین سازمان جهانی یونسکو باشد.

۳- روش، تکنیک‌ها و قلمرو

از نظر تقسیم‌بندی‌های ارائه شده از پژوهش‌های انجام گرفته در مجموعه علوم جغرافیایی، مطالعه حاضر از نوع کاربردی است که با استفاده از روش توصیفی - تحلیلی انجام گرفته است. به طور کلی در راستای دستیابی به هدف اصلی پژوهش، طی یک فرایند نظام‌وار، مراحل زیر انجام گرفته است:

مرحله اول: با توجه به عدم دسترسی به فایل محدوده مورد مطالعه و عدم همکاری سازمان‌ها و ادارات مرتبط در خصوص ارائه لایه‌های مد نظر به محققان، در اولین مرحله پژوهش اقدام به استخراج و تهیه لایه منطقه مورد مطالعه (منظر فرهنگی جهانی هورامان یک از مناطق ثبت جهانی یونسکو) شده است. این امر با استفاده از نقشه موجود در وبسایت یونسکو و نقاط کنترل UTM در وبسایت مذکور انجام شده است که طی آن در نرم افزار Arc Map محدوده مد نظر دیجیت شده است و در نهایت منطقه مورد مطالعه با سیستم مختصات UTM استخراج شده است.

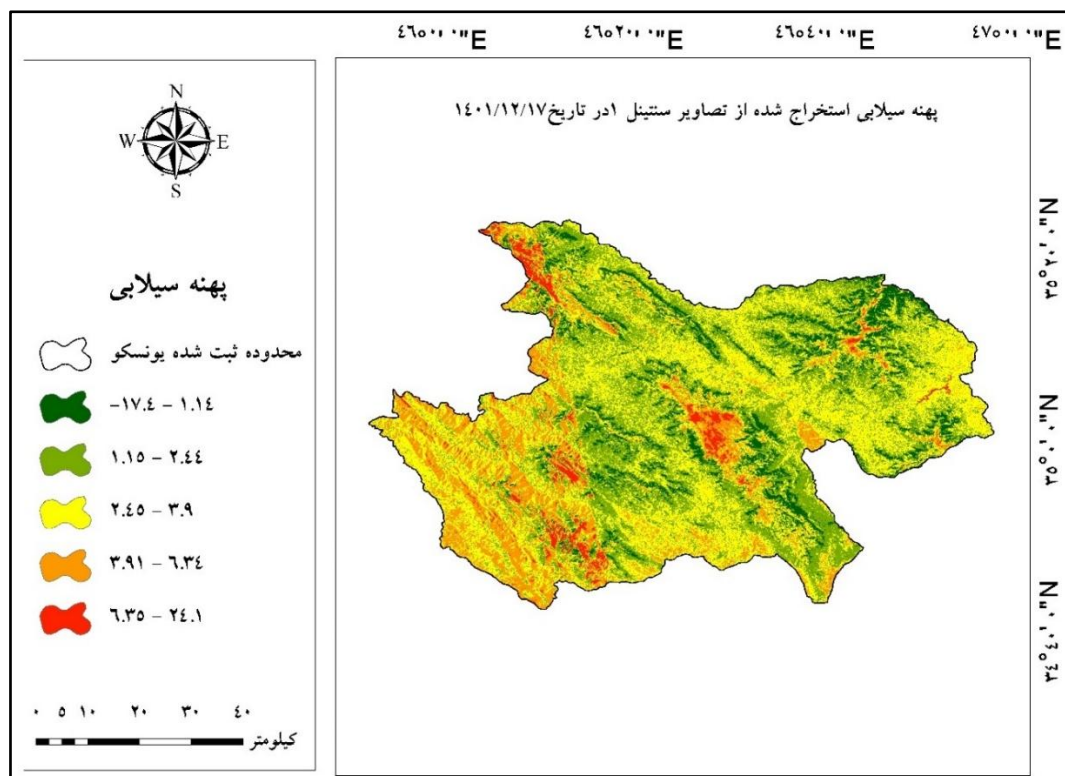
مرحله دوم و سوم: در این مرحله از پژوهش با مطالعه پژوهش‌های داخلی و خارجی مرتبط با موضوع مورد مطالعه (پهنه‌بندی خطر سیل در سکونتگاه‌های انسانی) معیارهای مرتبط (۲۱ معیار) شناسایی شده‌اند و در ادامه نحوه استخراج لایه‌ها مشخص شده است (جدول ۱).

جدول ۱- اسامی و شیوه استخراج لایه‌های مورد استفاده در پژوهش

عوامل موثر بر وقوع سیل	نحوه استخراج	عوامل موثر بر وقوع سیل	نحوه استخراج
زمین شناسی	استخراج شده از دیتا بیس‌های موجود	شیب	ایجاد شده در نرم افزار Arc Map
خاک	استخراج شده از دیتا بیس‌های موجود	ارتفاع	استخراج شده از پروداکت ماهواره SRTM در GEE
لندفرم	ایجاد شده از پروداکت آلوس در GEE	شاخص قدرت جریان	ایجاد شده در نرم افزار Arc Map
فاصله از جاده	ایجاد شده در نرم افزار Arc Map	شاخص موقعیت توپوگرافی	ایجاد شده در نرم افزار Arc Map
فاصله از رودخانه	ایجاد شده در نرم افزار Arc Map	شاخص تفرق پوشش گیاهی	ایجاد شده در نرم افزار Arc Map
کاربری اراضی	استخراج شده از پروداکت ماهواره سنتینل در GEE	شاخص زبری (ناهمواری) توپوگرافی	ایجاد شده در نرم افزار Arc Map
انحنای مقطع	ایجاد شده در نرم افزار Arc Map	شاخص رطوبت توپوگرافی	ایجاد شده در نرم افزار Arc Map
انحنای سطح	ایجاد شده در نرم افزار Arc Map	جهت شیب	ایجاد شده در نرم افزار Arc Map
تراکم جاده	ایجاد شده در نرم افزار Arc Map	بارش	ایجاد شده در نرم افزار Arc Map
رواناب	استخراج شده از سامانه GEE	شاخص انحنای	ایجاد شده در نرم افزار Arc Map
تراکم رودخانه	ایجاد شده در نرم افزار Arc Map	-	-

مرحله چهارم: در این مرحله بعد از استخراج لایه های ۲۱گانه، بر روی لایه‌های مورد استفاده پردازش های لازم (طبقه‌بندی مجدد، تبدیل رستر به وکتور و تبدیل وکتور به رستر) در نرم افزار Arc Map انجام شده است.

مرحله پنجم: در این مرحله با استفاده از سامانه GEE^1 و تصاویر راداری سنتینل ۱ اقدام به شناسایی پهنه‌های سیلابی منطقه مورد مطالعه شده است. برای دستیابی به این مهم داده‌های دو روز بارشی و غیربارشی با هم مقایسه شده‌اند. تاریخ وقوع سیل در منظر فرهنگی هورامان روز چهارشنبه مورخ ۱۴۰۱/۱۲/۱۷ بوده است. با توجه به خصوصیات تصاویر راداری که قابلیت تصویر برداری در شرایط ابرناکی را دارند، در تاریخ مذکور از محدوده مورد مطالعه تصویر مد نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است تصویر قبل از وقوع سیل در منظر فرهنگی هورامان (روز غیربارشی)، مربوط به روز سه شنبه مورخ ۱۴۰۱/۱۱/۲۵ بوده است. در این مطالعه برای شناسایی پهنه‌های سیلابی از تصاویر دارای قطبش وی وی^۲ استفاده به عمل آمده است. همچنین برای حذف نویز از فیلتر میانه استفاده گردید و از روش بازتاب راداری برای شناسایی مناطق سیلابی استفاده شده است. در ادامه در سطوحی که در آن‌ها مقدار وی وی کاهش یافته است، به عنوان پهنه سیلابی شناسایی شده‌اند. برای استخراج نقاط سیلابی نیز خروجی فوق از سامانه GEE وارد نرم افزار Arc Map شده است و با ایجاد شیپ فایل نقطه‌ای و استفاده از ابزار ادیتور پهنه‌های سیلابی به صورت نقاط سیلابی برداشت شده‌اند. طی این فرایند مقدار نقاط برداشت شده سیل، ۳۷۷ نقطه بوده است (شکل ۱). در ضمن برای سنجش صحت پهنه سیلابی استخراج شده در مطالعه حاضر، نتایج حاصل شده با شیپ فایل پهنه‌های سیلابی کشور مقایسه شده است و ضمن تطابق با پهنه سیلابی کشور، پهنه‌های جدیدی نیز شناسایی شده است. دلیل اصلی تفاوت پهنه‌های سیلابی کشور و پهنه‌های سیلابی در مطالعه حاضر، به روز بودن فرایند شناسایی پهنه‌های سیلابی در محدوده مورد مطالعه نسبت به پهنه‌های سیلابی کشور است.



شکل ۱- پهنه‌های سیلابی استخراج شده در منظر فرهنگی هورامان

¹ Google Earth Engine

² VV

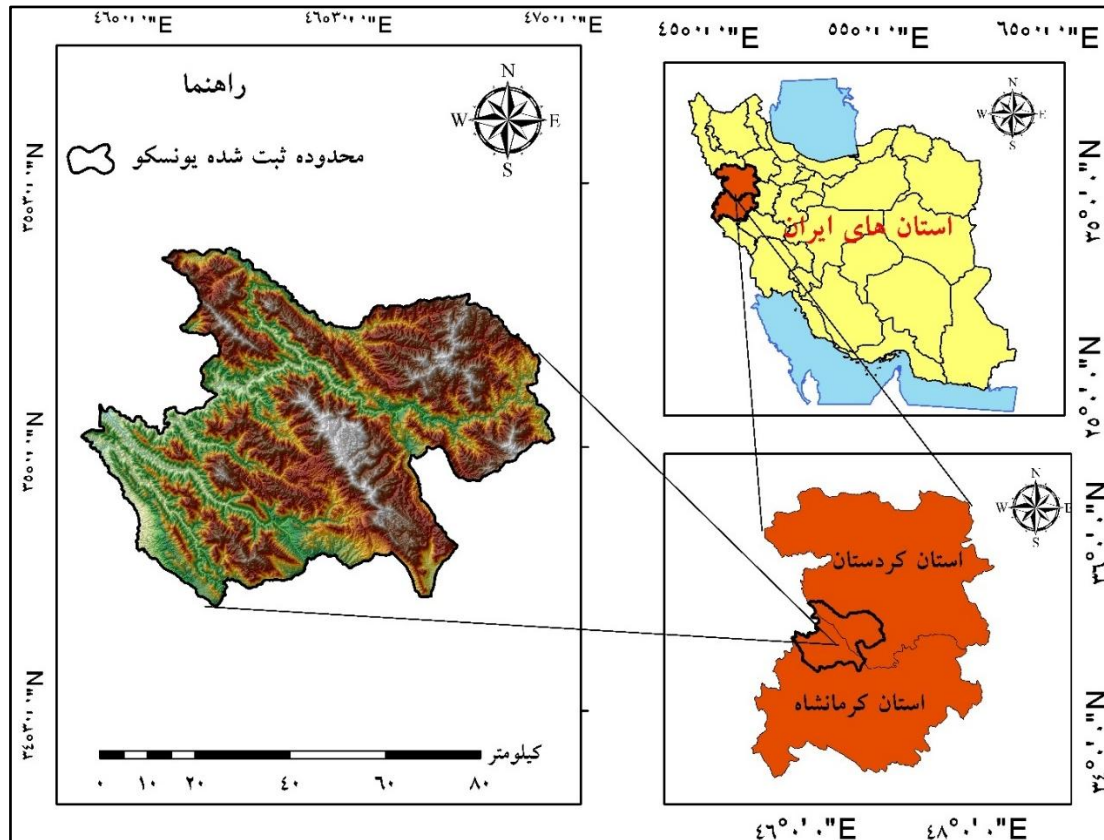
مرحله ششم: در این مرحله وزن طبقات تمامی لایه‌ها محاسبه شده است. به این صورت که طبقات همه لایه‌ها با استفاده از روش فازی ارزش‌دهی شده‌اند. لازم به ذکر است اهمیت طبقات بر اساس نظر محققان و کارشناسان مربوطه محاسبه شده است.

مرحله هفتم: در این مرحله وزن نهایی لایه‌های ۲۱ گانه توسط محققان و کارشناسان مربوطه (۱۵ نفر و با استفاده از روش میانگین وزنی) محاسبه شده است و در ادامه در نرم افزار Arc Map، وزن لایه‌ها اعمال شده است.

مرحله هشتم: در راستای تهیه نقشه نهایی پهنه‌بندی منظر فرهنگی جهانی هواران به لحاظ خطر سیل، از رویکرد همپوشانی فازی و روش OR استفاده شده است. دلیل استفاده از روش OR در این مطالعه حساسیت بالای محدوده مورد مطالعه بوده است. چراکه منظر فرهنگی هورامان یک منطقه ثبت شده جهانی است و گردشگران داخلی و خارجی قابل توجهی از آن دیدن می‌نمایند. بنابراین با توجه خسارات چند وجهی خطر سیل، سعی شده است تا حد امکان در شناسایی پهنه‌های در خطر سیل، سخت‌گیری بیشتری صورت گیرد تا نهادهای متولی در کنار جامعه محلی، در برنامه‌ریزی خطر سیل دقت و حساسیت بیشتری را به کار ببندند. لازم به ذکر است پهنه‌بندی مذکور در پنج پهنه خطر (بسیار کم خطر، کم، خطر متوسط، خطر زیاد و خطر بسیار زیاد) انجام گرفته است. سپس روستاهای واقع در هر پهنه مشخص شده‌اند و در نهایت ۳۱۹ نقطه روستایی واقع در منظر فرهنگی هورامان در پهنه‌های خطر ۵ گانه مذکور گروه‌بندی شده‌اند و یافته‌های حاصل شده مورد تحلیل قرار گرفته‌اند.

مرحله نهم: برای بررسی الگوی حاکم بر پهنه‌بندی خطر سیل در منظر فرهنگی جهانی هورامان از شاخص موران شده است. بر اساس آماره موران (خودهمبستگی فضایی)، می‌توان درجه پراکندگی یا متمرکز بودن پدیده‌های فضایی را در سه حالت خوشه‌ای، پراکنده و تصادفی مورد بررسی قرار داد.

به لحاظ موقعیت ریاضی منظر فرهنگی هورامان در عرض ۳۵ درجه، ۶ دقیقه و ۲۶ ثانیه و طول ۴۶ درجه، ۲۸ دقیقه و ۴۰ ثانیه واقع شده است (شکل ۲). به لحاظ موقعیت نسبی، این منطقه در غرب کشور ایران قرار دارد و بخش‌هایی از شهرستان‌های سروآباد، سنندج و کامیاران در استان کردستان و شهرستان‌های روانسر، پاوه، جوانرود و ثلاث باباجانی در استان کرمانشاه را در بر گرفته و از سمت غرب با کشور عراق هم‌مرز است. طرح‌ریزی و معماری شیب‌دار پلکانی، دامپروری و مهاجرت عمودی فصلی، هوار نشینی (کوچ‌گاه‌های موقت)، جشن‌ها و آیین‌های اصیل، صنایع دستی منحصر بفرد و ... از جمله ویژگی‌های متمایز فرهنگ و زندگی ساکنان منطقه هورامان است (UNESCO, 2021). بر اساس آمار و اطلاعات منتشر شده توسط مرکز آمار ایران و همچنین نقشه محدوده منظر فرهنگی هورامان، ۳۱۹ نقطه روستایی در این فضای جغرافیایی استقرار یافته است که معیشت اغلب ساکنان آن به شدت به محیط طبیعی آن وابسته است.

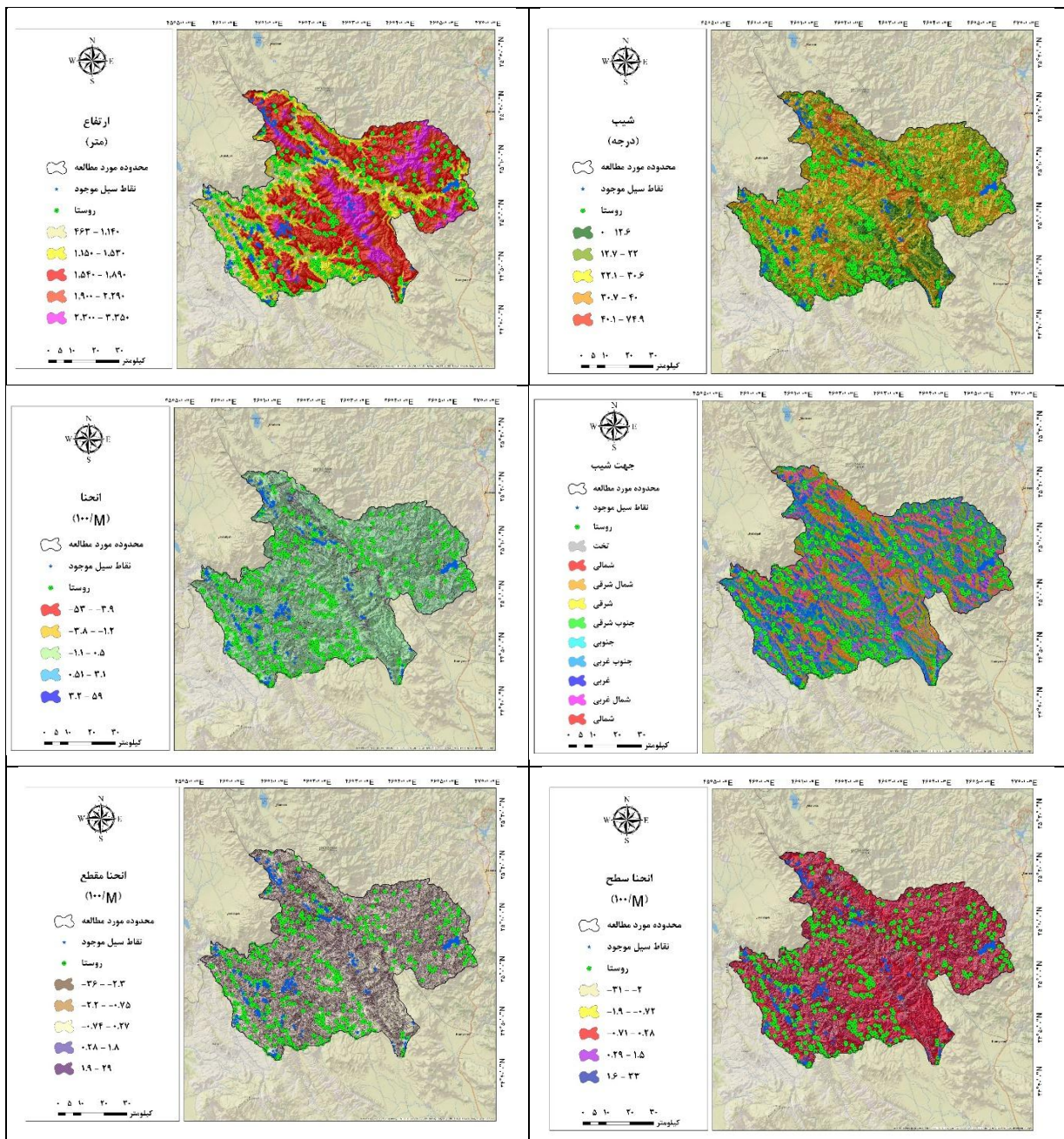


شکل ۲- نمایش موقعیت محدوده مورد در غرب ایران

۴- یافته‌ها و تحلیل داده

در این بخش از پژوهش بر اساس هدف اصلی در نظر گرفته شده، نقشه‌های مربوط به عوامل ۲۱ گانه موثر بر وقوع سیل تهیه شده است. در این نقشه‌ها و جداول طبقات مربوط به هر عامل نیز استخراج شده است. نتایج در خصوص خطر سیل در منظر فرهنگی جهانی هورامان بر اساس شش عامل شیب، ارتفاع، جهت شیب، انحنا، انحنا سطح و انحنا مقطع نشان می‌دهد (شکل ۳ و جدول ۲) از نظر عامل شیب بیشترین مساحت محدوده مورد مطالعه با مقدار ۱۱۰۳ کیلومتر مربع در شیب ۲۲/۱ درجه تا ۳۰/۶ درجه قرار گرفته است که نشانگر شیب نسبتاً زیاد محدوده مورد مطالعه است. همچنین نتایج نشان می‌دهد بیشترین درصد نقاط سیلابی موجود با تعداد ۱۱۳ مورد (۲۹/۹۷ درصد نقاط سیلابی) در شیب واقع در طبقه ۰ تا ۱۲/۶ درجه رخ داده است. این مهم نشانگر پتانسیل بالای نواحی با شیب کم در خصوص وقوع سیل است. در خصوص عامل ارتفاع نتایج نشان می‌دهد کم‌ترین و بیشترین نقطه ارتفاعی در محدوده مورد مطالعه ۴۶۳ متر و ۳۳۵۰ متر از سطح دریا بوده است و طبقه ارتفاعی ۱۵۴۰ متر تا ۱۸۹۰ متر، بیشترین مساحت (۱۱۸۷/۱۵ کیلومتر مربع) را به خود اختصاص داده است. همچنین نتایج نشان می‌دهد بیشترین تعداد نقاط سیلابی موجود (۱۶۳ نقطه معادل ۴۳/۲۴ درصد نقاط سیلابی) در طبقه ارتفاعی ۱۱۵۰ متر تا ۱۵۳۰ متر قرار گرفته است. در خصوص عامل جهت شیب یافته‌ها نشان می‌دهد جهت شیب جنوب غربی، بیشترین مساحت محدوده مورد مطالعه را پوشش می‌دهد و اکثر نقاط سیل موجود (۹۵ نقطه سیلابی معادل ۲۵/۲ درصد نقاط سیلابی موجود) در شیب شمال شرقی قرار گرفته‌اند. در ارتباط با عامل

انحنا، یافته‌ها نشان می‌دهد اکثر مساحت محدود مورد بررسی با ۲۱۷۱/۸۷ کیلومتر مربع مساحت در طبقه ۱/۱- تا ۰/۵، قرار گرفته است و بیشترین نقاط سیلابی نیز (۱۹۲ نقطه معادل ۵۰/۹۳ درصد نقاط سیلابی موجود) در این طبقه قرار گرفته‌اند. یافته‌ها در خصوص عامل انحنا سطح نشان می‌دهد اکثر مساحت منظر فرهنگی جهانی هورامان در طبقه ۰/۷۱- تا ۰/۲۸ (۲۰۵۰/۶۷ کیلومتر مربع) قرار گرفته و بیشترین نقاط سیل موجود نیز (۱۷۳ نقطه معادل ۴۵/۸۹ درصد نقاط سیلابی) در این طبقه قرار گرفته است. در ارتباط با عامل انحنا مقطع نیز یافته‌ها نشان می‌دهد طبقه ۰/۷۴- تا ۰/۲۷، بیشترین مساحت (۱۸۰۳/۳۲ کیلومتر مربع) را به خود اختصاص داده است و این طبقه و طبقه ۰/۲۸ تا ۱/۸، بیشترین نقاط سیلابی موجود را (۲۹۹ نقطه سیلابی معادل حدود ۷۹ درصد نقاط سیلابی) در خود جای داده‌اند.



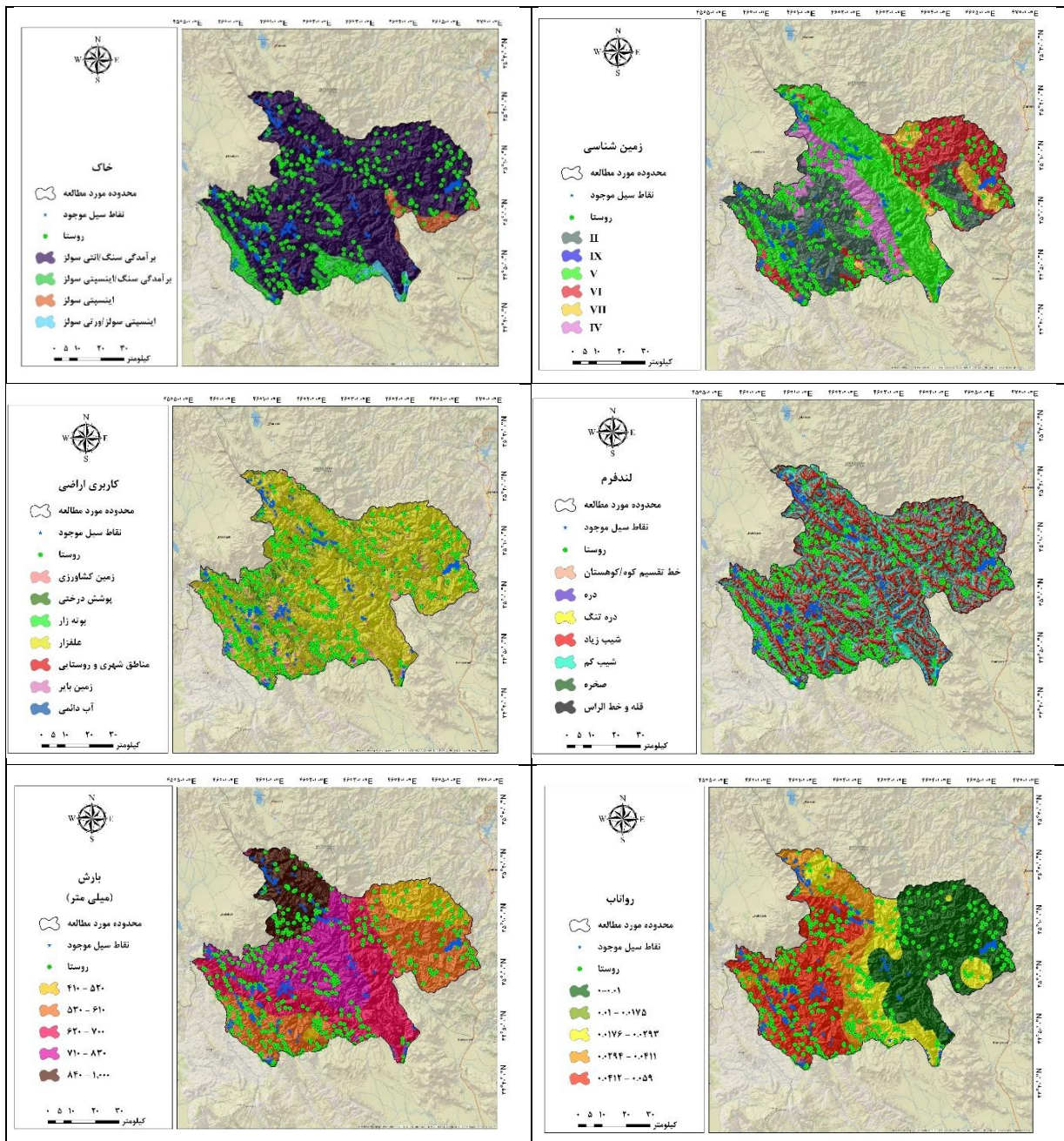
شکل ۳- نقشه‌های شیب، ارتفاع، جهت شیب، انحنا، انحنا سطح و انحنا مقطع در منظر فرهنگی جهانی هورامان

جدول ۲- طبقات مرتبط با عوامل شیب، ارتفاع، جهت شیب، انحنا، انحنا سطح و انحنا مقطع

شیب	مساحت (کیلومتر مربع)	نقاط سیل موجود	درصد نقاط سیل	ارتفاع	مساحت (کیلومتر مربع)	نقاط سیل موجود	درصد نقاط سیل
۰ - ۱۲/۶	۷۳۴/۱۳	۱۱۳	۲۹/۹۷	۴۶۳ - ۱۱۴۰	۵۳۷/۶	۱۰۸	۲۸/۶۵
۱۲/۷ - ۲۲	۹۹۳/۳۳	۸۶	۲۲/۸۱	۱۱۵۰ - ۱۵۳۰	۱۰۲۱/۷۶	۱۶۳	۴۳/۲۴
۲۲/۱ - ۳۰/۶	۱۱۰۳/۰۶	۶۴	۱۶/۹۸	۱۵۴۰ - ۱۸۹۰	۱۱۸۷/۱۵	۱۵	۳/۹۸
۳۰/۷ - ۴۰	۹۷۵/۱۹	۶۸	۱۸/۰۴	۱۹۰۰ - ۲۲۹۰	۹۴۵/۷۵	۶۷	۱۷/۷۷
۴۰/۱ - ۷۴/۹	۳۴۸/۴۴	۴۶	۱۲/۲	۲۳۰۰ - ۳۳۵۰	۹۵۱/۹۲	۲۴	۶/۳۷
مجموع	۴۱۴۴	۳۷۷	۱۰۰	مجموع	۴۱۴۴	۳۷۷	۱۰۰
جهت شیب	مساحت (کیلومتر مربع)	نقاط سیل موجود	درصد نقاط سیل	انحنا	مساحت (کیلومتر مربع)	نقاط سیل موجود	درصد نقاط سیل
بدون جهت	۱۰	۳	۰/۸	-۳/۹ - -۰/۵۳	۱۴۸/۹۲	۲۱	۵/۵۷
شمالی	۳۹۹/۱۶	۴۷	۱۲/۴۷	-۱/۲ - -۳/۸	۹۵۱/۸۷	۸۳	۲۲/۰۲
شمال شرقی	۶۴۵/۲۲	۹۵	۲۵/۲	-۱/۱ - -۰/۵	۲۱۷۱/۸۷	۱۹۲	۵۰/۹۳
شرقی	۴۹۳/۷۷	۸۰	۲۱/۲۲	۰/۵۱ - ۳/۱	۷۶۷/۷۶	۷۳	۱۹/۳۶
جنوب شرقی	۳۸۴/۰۹	۳۸	۱۰/۰۸	۳/۲ - ۵۹	۱۰۳/۶۷	۸	۲/۱۲
جنوبی	۵۵۱/۳۹	۴۱	۱۰/۸۸	مجموع	۴۱۴۴	۳۷۷	۱۰۰
جنوب غربی	۶۶۸/۸۱	۳۶	۹/۵۵				
غربی	۵۲۱/۸۱	۱۵	۳/۹۸				
شمال غربی	۳۶۹/۹	۲۲	۵/۸۴				
مجموع	۴۱۴۴	۳۷۷	۱۰۰				
انحنا سطح	مساحت (کیلومتر مربع)	نقاط سیل موجود	درصد نقاط سیل	انحنا مقطع	مساحت (کیلومتر مربع)	نقاط سیل موجود	درصد نقاط سیل
-۰/۳۱ - -۰/۲	۷۰/۱۶	۶	۱/۵۹	-۲/۳ - -۰/۳۶	۹۴/۰۱	۸	۲/۱۲
-۱/۹ - -۰/۷۲	۴۲۳/۶۲	۳۸	۱۰/۰۸	۲/۲ - -۰/۷۵	۴۷۵/۴۴	۴۱	۱۰/۸۸
-۰/۲۸ - ۰/۲۸	۲۰۵۰/۶۷	۱۷۳	۴۵/۸۹	-۰/۳۷ - -۰/۷۴	۱۸۰۳/۳۲	۱۴۹	۳۹/۵۲
۰/۲۸ - ۱/۵	۱۳۹۳/۲۴	۱۴۰	۳۷/۱۴	۰/۲۸ - ۱/۸	۱۵۴۱	۱۵۰	۳۹/۷۹
۱/۶ - ۳۳	۲۰۶/۳۶	۲۰	۵/۳۱	۱/۹ - ۲۹	۲۳۰/۳۴	۲۹	۷/۶۹
مجموع	۴۱۴۴	۳۷۷	۱۰۰	مجموع	۴۱۴۴	۳۷۷	۱۰۰

یافته‌های پژوهش در مورد پهنه‌بندی خطر سیل در منظر فرهنگی جهانی هورامان بر اساس شش عامل زمین‌شناسی، خاک، لند فرم، کاربری اراضی، رواناب و بارش نشان می‌دهد (شکل ۴ و جدول ۳) از نظر زمین‌شناسی طبقه II (غالباً آهک و شیل) بیشترین مساحت (۱۲۷۱/۹۳) کیلومتر مربع) محدوده مورد مطالعه را به خود اختصاص داده است و بیشترین نقاط سیل موجود (۱۱۹ نقطه سیل معادل ۳۱/۵۶ درصد نقاط سیل) در طبقه زمین‌شناسی V (کنگلومرای قرمز و ماسه سنگ + آهک بیستون) مشاهده شده است. در خصوص عامل خاک یافته‌ها نشان می‌دهد طبقه خاک آنتی سولز/ برآمدگی سنگ با مساحت ۳۶۸۷/۷۹ کیلومتر مربع بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده است و اکثر پهنه‌هایی که در آن‌ها سیل رخ داده است (۳۳۷ نقطه سیلابی معادل ۸۹/۳۹ درصد نقاط سیل خیز) مربوط به این طبقه است. بررسی وضعیت عامل لند فرم نشان می‌دهد طبقه با شیب زیاد با مساحت ۱۸۰۴/۰۵ کیلومتر مربع، بیشترین فضای محدوده مورد مطالعه را در بر گرفته است و اکثریت نقاط سیل موجود (۱۳۹) نقطه معادل ۳۶/۸۷ درصد نقاط سیل موجود) در لند فرم طبقه با شیب کم قرار گرفته‌اند. در ارتباط با عامل کاربری اراضی یافته‌های حاصل شده

نشان می‌دهد طبقه علفزار با مساحت ۳۲۵۹/۱۱ کیلومتر مربع، بیشترین مساحت منظر فرهنگی جهانی هورامان را به خود اختصاص داده است و بیشترین تعداد و درصد نقاط سیل موجود (۲۴۵ نقطه سیل موجود معادل ۶۴/۹۹ درصد نقاط سیل موجود) نیز در این طبقه قرار گرفته‌اند. در رابطه با عامل رواناب به عنوان یکی از معیارهای موثر بر وقوع سیل یافته‌ها نشان می‌دهد طبقه ۰ تا ۰/۰۱ با مساحت ۱۴۵۲/۹۶ کیلومتر مربع، بیشترین مساحت منظر فرهنگی جهانی هورامان را دربر گرفته است و بیشترین تعداد و درصد نقاط سیل موجود (۱۱۸ نقطه سیل معادل ۳۱/۳ درصد) در این طبقه رخ داده است. در رابطه با عامل بارش یافته‌ها نشان می‌دهد بیشترین و کمتر بارش در محدوده مورد مطالعه ۴۱۰ میلیمتر و ۱۰۰۰ میلیمتر بوده است و طبقه بارشی ۶۲۰ میلیمتر تا ۷۰۰ میلیمتر، در بیشتر مساحت محدوده مورد مطالعه (۱۰۸۹/۱۴ کیلومتر مربع) اتفاق افتاده است. با این وجود یافته‌ها نشان می‌دهد بیشتر نقاطی که در آن‌ها سیل رخ داده است (۱۵۳ نقطه سیل موجود معادل ۴۰/۵۸ درصد نقاط سیل موجود) مربوط به طبقه بارشی ۵۳۰ میلیمتر تا ۶۱۰ میلیمتر بوده است.



شکل ۴- نقشه‌های زمین‌شناسی، خاک، لند فرم، کاربری اراضی، رواناب و بارش

جدول ۳- طبقات مرتبط با عوامل زمین شناسی، خاک، لند فرم، کاربری اراضی، رواناب و بارش

زمین شناسی ^۱	مساحت (کیلومتر مربع)	نقاط سیل موجود	درصد نقاط سیل	خاک	مساحت (کیلومتر مربع)	نقاط سیل موجود	درصد نقاط سیل
II	۱۲۷۱/۹۳	۱۱۴	۳۰/۲۴	آنتی سولز / برآمدگی سنگ	۳۶۸۷/۷۹	۳۳۷	۸۹/۳۹
IX	۵۵۲/۹۲	۰	۰	انسپتی سولز / برآمدگی سنگ	۲۶۸/۹۵	۳۲	۸/۴۹
V	۳/۲۸	۱۱۹	۳۱/۵۶	انسپتی سولز	۱۲۸/۸۸	۰	۰
VI	۱۱۳۴/۸۵	۱۰۱	۲۶/۷۹	انسپتی سولز / ورتی سولز	۵۸/۸۲	۸	۲/۱۲
VII	۹۰۱/۰۹	۲۰	۵/۳۱	مجموع	۴۱۴۴	۳۷۷	۱۰۰
IV	۲۸۰/۴۵	۲۳	۶/۱				
مجموع	۴۱۴۴	۳۷۷	۱۰۰				

لند فرم	مساحت (کیلومتر مربع)	نقاط سیل موجود	درصد نقاط سیل	کاربری اراضی	مساحت (کیلومتر مربع)	نقاط سیل موجود	درصد نقاط سیل
خط تقسیم کوه / کوهستان	۷۵/۴۵	۵	۱/۳۳	زمین کشاورزی	۱۶۰/۱۹	۲۳	۶/۱
دره	۳۲۲/۵	۹۰	۲۳/۸۷	پوشش درختی	۴۰۷/۱۴	۳۱	۸/۲۲
دره تنگ	۷۶/۳۹	۳۵	۹/۲۸	بوته زار	۶۶/۳۴	۶	۱/۵۹
شیب زیاد	۱۸۰۴/۰۵	۱۰۱	۲۶/۷۹	علفزار	۳۲۵۹/۱۱	۲۴۵	۶۴/۹۹
شیب کم	۱۷۴۷/۴۴	۱۳۹	۳۶/۸۷	مناطق شهری و روستایی	۱۵/۴۸	۱۳	۳/۴۵
صخره	۲۱/۰۲	۳	۰/۸	زمین بایر	۲۳۰/۴۷	۴۹	۱۳
قله / خط الراس	۹۷/۱۷	۴	۱/۰۶	آب دائمی	۵/۷۱	۱۰	۲/۶۵
مجموع	۴۱۴۴	۳۷۷	۱۰۰	مجموع	۴۱۴۴	۳۷۷	۱۰۰

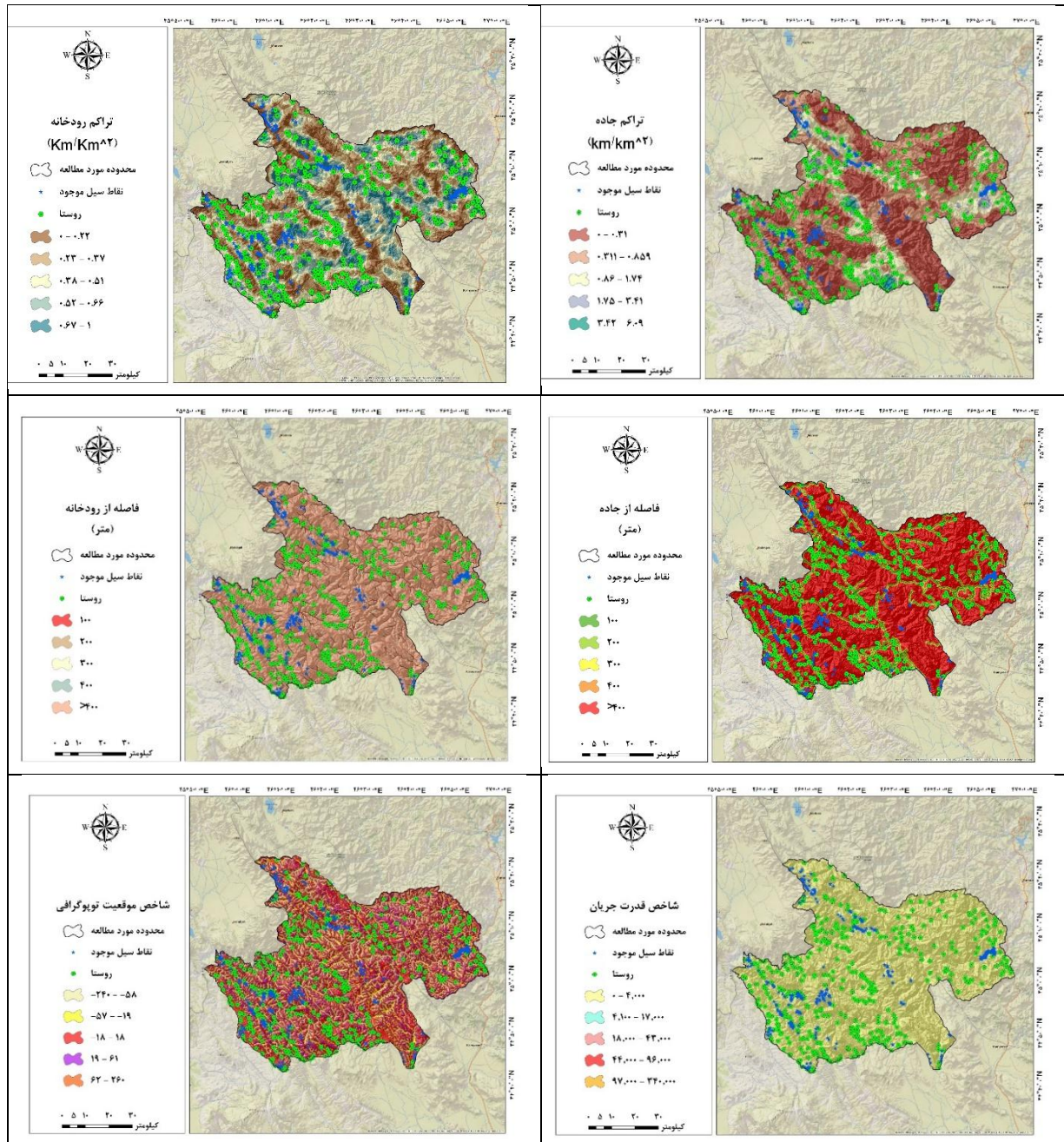
رواناب	مساحت (کیلومتر مربع)	نقاط سیل موجود	درصد نقاط سیل	بارش	مساحت (کیلومتر مربع)	نقاط سیل موجود	درصد نقاط سیل
۰ - ۰/۰۱	۱۴۵۲/۹۶	۱۱۸	۳۱/۳	۴۱۰ - ۵۲۰	۳۴۸/۸۱	۰	۰
۰/۰۱ - ۰/۰۱۷۵	۶۶۵/۶	۳۲	۸/۴۹	۵۲۰ - ۶۱۰	۱۱۷۵	۱۵۳	۴۰/۵۸
۰/۰۱۷۶ - ۰/۰۲۹۳	۶۶۵/۵۸	۵۵	۱۴/۵۹	۶۲۰ - ۷۰۰	۱۰۸۹/۱۴	۹۷	۲۵/۷۳
۰/۰۲۹۴ - ۰/۰۴۱۱	۱۰۴۰/۷۲	۱۰۹	۲۸/۹۱	۷۱۰ - ۸۳۰	۹۶۷/۹۴	۶۱	۱۶/۱۸
۰/۰۴۱۲ - ۰/۰۵۹	۳۱۹/۶۷	۶۳	۱۶/۷۱	۸۴۰ - ۱۰۰۰	۵۶۳/۵۶	۶۶	۱۷/۵۱
مجموع	۴۱۴۴	۳۷۷	۱۰۰	مجموع	۴۱۴۴	۳۷۷	۱۰۰

در ارتباط با پهنه بندی خطر سیل در منظر فرهنگی جهانی هورامان بر اساس شش عامل تراکم جاده، تراکم رودخانه، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه، شاخص قدرت جریان و شاخص موقعیت توپوگرافی یافته های پژوهش نشان می دهد (شکل ۵ و جدول ۴) در عامل تراکم جاده طبقه ۰ تا ۰/۳۱ با مساحت ۱۶۴۳/۳۳، بیشترین مساحت منظر فرهنگی جهانی هورامان را به خود اختصاص داده است و اکثریت نقاط سیل موجود (۱۶۸ مورد معادل ۴۴/۵۶ درصد نقاط سیل موجود)، در طبقه ۰/۳۱۱ تا ۰/۸۵۹ قرار گرفته اند. در ارتباط با عامل تراکم رودخانه یافته ها نشان می دهد طبقه ۰/۰۴۰۹ تا ۰/۲۰۶، بیشترین مساحت (۱۰۵۹/۲۹ کیلومتر مربع) منظر فرهنگی جهانی هورامان را دربر گرفته است و در طبقه ۰/۰۸۱۹ تا ۰/۱۰۲ بیشترین تعداد و درصد نقاط سیل موجود (۱۴۵ نقطه معادل ۳۸/۴۶ درصد نقاط سیل موجود) رخ داده است. در خصوص عامل فاصله از جاده یافته ها نشان می دهد طبقه بیشتر از ۴۰۰

۱. II (غالباً آهک و شیل)، IX (نهشته های سیلابی)، V (کنگومرای قرمز و ماسه سنگ + آهک بیستون)، VI (فیلیش)، VII (ذخایر تراسی و مخروطه افکنه های کوهپایه ای جدید و کم ارتفاع) و IV (دولومیت).



متر دارای بیشترین مساحت در محدوده مورد مطالعه است که ۲۹۶۵/۸۴ درصد از مساحت محدوده مورد مطالعه را به خود اختصاص داده است و بیشترین تعداد و درصد نقاط سیل موجود نیز در این طبقه قرار گرفته است. در ارتباط با عامل فاصله از رودخانه نیز نتایج نشان می‌دهد طبقه بیشتر از ۴۰۰ متر بیشترین مساحت و تعداد و درصد نقاط سیل موجود را پوشش داده است. یافته‌ها در خصوص شاخص قدرت جریان نشان می‌دهد طبقه ۰ تا ۴۰۰۰ بیشترین مساحت و تعداد و درصد نقاط سیل موجود را پوشش داده است و در ارتباط با شاخص موقعیت توپوگرافی یافته‌های حاصل نشانگر این مهم است که طبقه ۱۸- تا ۱۸، بیشترین مساحت و تعداد و درصد نقاط سیل موجود را به خود اختصاص داده است.



شکل ۵- نقشه‌های تراکم (جاده و رودخانه)، فاصله از (جاده و رودخانه) و شاخص قدرت جریان و موقعیت توپوگرافی

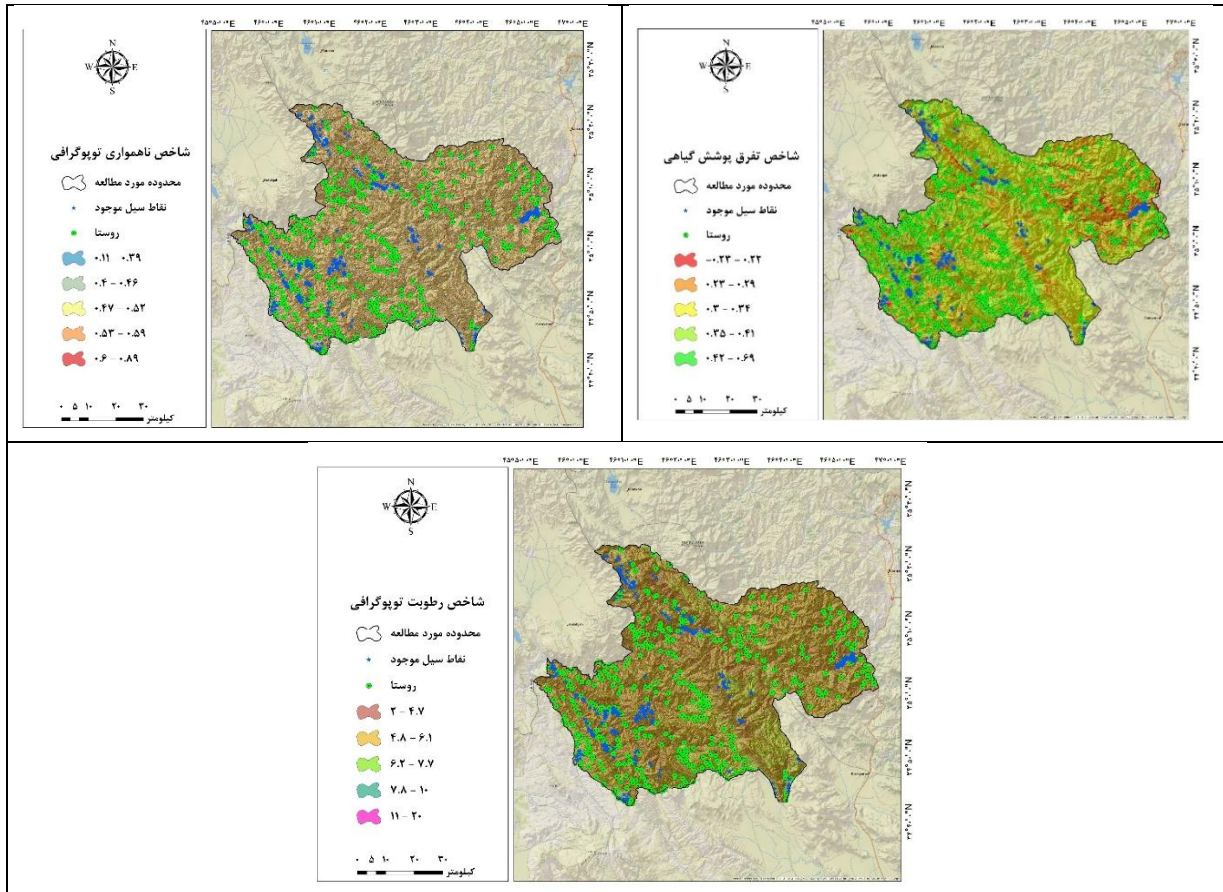
جدول ۴- طبقات عوامل تراکم (جاده و رودخانه)، فاصله از (جاده و رودخانه) و شاخص قدرت جریان و موقعیت توپوگرافی

تراکم جاده	مساحت (کیلومتر مربع)	نقاط سیل موجود	درصد نقاط سیل	تراکم رودخانه	مساحت (کیلومتر مربع)	نقاط سیل موجود	درصد نقاط سیل
۰ - ۰/۳۱	۱۶۴۳/۳۳	۹۷	۲۵/۷۳	۰ - ۰/۲۰۵	۷۲۸/۹۱	۵۷	۱۵/۱۲
۰/۳۱۱ - ۰/۸۵۹	۱۶۷۰/۴۹	۱۶۸	۴۴/۵۶	۰/۲۰۶ - ۰/۴۰۹	۱۰۵۹/۲۹	۵۸	۱۵/۳۸
۰/۸۶ - ۱/۷۴	۷۰۷/۲۵	۸۲	۲۱/۷۵	۰/۴۱ - ۰/۶۱۴	۱۰۰۷/۸۹	۶۶	۱۷/۵۱
۱/۷۵ - ۳/۴۱	۹۳/۷۵	۱۳	۳/۴۵	۰/۶۱۵ - ۰/۸۱۸	۸۶۰/۸۸	۵۱	۱۳/۵۳
۳/۴۲ - ۶/۰۹	۲۹/۶۸	۱۷	۴/۵۱	۰/۸۱۹ - ۰/۱۰۲	۴۸۷/۵۲	۱۴۵	۳۸/۴۶
مجموع	۴۱۴۴	۳۷۷	۱۰۰	مجموع	۴۱۴۴	۳۷۷	۱۰۰

فاصله از جاده	مساحت (کیلومتر مربع)	نقاط سیل موجود	درصد نقاط سیل	فاصله از رودخانه	مساحت (کیلومتر مربع)	نقاط سیل موجود	درصد نقاط سیل
۰ - ۱۰۰	۳۸۲/۰۲	۸۹	۲۳/۶۱	۰ - ۱۰۰	۳۵۱/۶۸	۱۰۵	۲۷/۸۵
۱۰۰ - ۲۰۰	۳۰۱/۶۲	۴۲	۱۱/۱۴	۱۰۰ - ۲۰۰	۳۳۷/۹۴	۵۸	۱۵/۳۸
۲۰۰ - ۳۰۰	۲۶۲/۱۵	۳۷	۹/۸۱	۲۰۰ - ۳۰۰	۳۲۳/۰۲	۴۸	۱۲/۷۳
۳۰۰ - ۴۰۰	۲۳۹/۹۱	۲۹	۷/۶۹	۳۰۰ - ۴۰۰	۳۰۹/۱۶	۲۲	۵/۸۴
> ۴۰۰	۲۹۶۵/۸۴	۱۸۰	۴۷/۷۵	> ۴۰۰	۲۸۲۲/۷۳	۱۴۴	۳۸/۲
مجموع	۴۱۴۴	۳۷۷	۱۰۰	مجموع	۴۱۴۴	۳۷۷	۱۰۰

شاخص قدرت جریان	مساحت (کیلومتر مربع)	نقاط سیل موجود	درصد نقاط سیل	شاخص موقعیت توپوگرافی	مساحت (کیلومتر مربع)	نقاط سیل موجود	درصد نقاط سیل
۰ - ۴۰۰۰	۴۰۷۷/۰۴	۳۷۳	۹۸/۹۴	-۲۴۰ - -۵۸	۴۱۵/۳۷	۷۳	۱۹/۳۶
۴۱۰۰ - ۱۷۰۰۰	۵۱/۱۵	۴	۱/۰۶	-۵۷ - -۱۹	۹۷۱/۳۷	۱۲۵	۳۳/۱۶
۱۸۰۰۰ - ۴۳۰۰۰	۱۲/۳۵	۰	۰	-۱۸ - ۱۸	۱۳۷۶/۷۱	۱۱۵	۳۰/۵
۴۴۰۰۰ - ۹۶۰۰۰	۳/۳	۰	۰	۱۹ - ۶۱	۹۳۷/۷۲	۴۶	۱۲/۲
۹۷۰۰۰ - ۳۴۰۰۰۰	۰/۳	۰	۰	۶۱ - ۲۶۰	۴۴۲/۹۶	۱۸	۴/۷۷
مجموع	۴۱۴۴	۳۷۷	۱۰۰	مجموع	۴۱۴۴	۳۷۷	۱۰۰

یافته‌های پژوهش در مورد پهنه‌بندی خطر سیل در منظر فرهنگی جهانی هورامان بر اساس سه عامل شاخص تفرق پوشش گیاهی، شاخص ناهمواری توپوگرافی و شاخص رطوبت توپوگرافی نشان می‌دهد (شکل ۶ و جدول ۵) در عامل شاخص تفرق پوشش گیاهی طبقه بیشترین مساحت (۱۴۱۸/۸۲ کیلومتر مربع) در طبقه ۰/۳ تا ۰/۳۴ قرار گرفته است و بیشترین تعداد و درصد نقاط سیل موجود (۱۱۳ نقطه و ۲۹/۹۷ درصد نقاط سیل موجود) در این طبقه قرار گرفته است. در ارتباط با شاخص ناهمواری توپوگرافی نتایج نشان می‌دهد طبقه ۰/۴۷ تا ۰/۵۲ بیشترین مساحت (۱۴۴۲/۲ کیلومتر مربع) منظر فرهنگی جهانی هورامان را به خود اختصاص داده و بیشترین تعداد و درصد نقاط سیل موجود (۱۰۷ نقطه معادل ۲۸/۳۸ درصد نقاط سیل موجود) در طبقه ۰/۴ تا ۰/۴۶ قرار گرفته است. یافته‌های حاصل شده در خصوص شاخص رطوبت توپوگرافی نشان می‌دهد طبقه ۴/۸ تا ۶/۱ با مقدار ۱۵۶۲/۵۷ کیلومتر مربع، بیشترین مساحت محدوده مورد مطالعه را پوشش داده و بیشترین تعداد و درصد نقاط سیل موجود (۱۲۶ نقطه و ۳۳/۴۲ درصد نقاط سیل موجود) در این طبقه قرار گرفته است.



شکل ۶- نقشه‌های شاخص تفرق پوشش گیاهی، شاخص ناهمواری توپوگرافی و شاخص رطوبت توپوگرافی

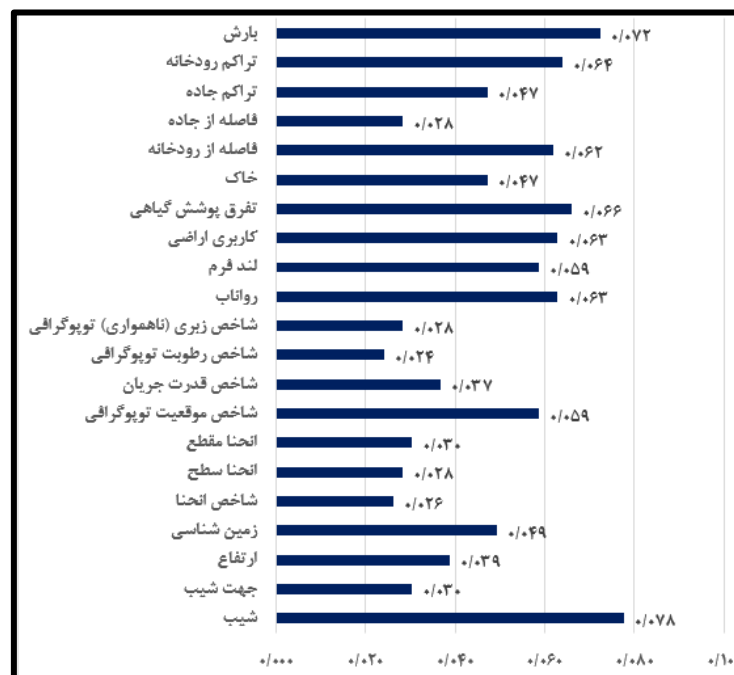
جدول ۵- طبقات مرتبط با عوامل شاخص تفرق پوشش گیاهی، شاخص ناهمواری توپوگرافی و شاخص رطوبت توپوگرافی

شاخص تفرق پوشش گیاهی	مساحت (کیلومتر مربع)	نقاط سیل موجود	درصد نقاط سیل	شاخص ناهمواری توپوگرافی	مساحت (کیلومتر مربع)	نقاط سیل موجود	درصد نقاط سیل
۰/۲۳ - ۰/۲۲	۱۳۹/۵۵	۵۳	۱۴/۰۶	۰/۱۱ - ۰/۳۹	۳۴۲/۲۱	۵۶	۱۴/۸۵
۰/۲۳ - ۰/۲۹	۷۷۶/۹۱	۷۹	۲۰/۹۵	۰/۴ - ۰/۴۶	۹۷۸/۸۵	۱۰۷	۲۸/۳۸
۰/۳ - ۰/۳۴	۱۴۱۸/۸۲	۱۱۳	۲۹/۹۷	۰/۴۷ - ۰/۵۲	۱۴۶۲/۲	۱۰۳	۲۷/۳۲
۰/۳۵ - ۰/۴۱	۱۳۷۳/۷۶	۹۸	۲۵/۹۹	۰/۵۳ - ۰/۵۹	۱۰۰۶/۷۶	۷۷	۲۰/۴۲
۰/۴۲ - ۰/۶۹	۴۳۵/۶۲	۳۴	۹/۰۲	۰/۶ - ۰/۸۹	۳۵۴/۱۲	۳۴	۹/۰۲
مجموع	۴۱۴۴	۳۷۷	۱۰۰	مجموع	۴۱۴۴	۳۷۷	۱۰۰

شاخص رطوبت توپوگرافی	مساحت (کیلومتر مربع)	نقاط سیل موجود	درصد نقاط سیل
۲ - ۴/۷	۱۲۳۸/۸	۱۰۹	۲۸/۹۱
۴/۸ - ۶/۱	۱۵۶۲/۵۷	۱۲۶	۳۳/۴۲
۶/۲ - ۷/۷	۸۳۸/۸۱	۸۶	۲۲/۸۱
۷/۸ - ۱۰	۳۶۵/۹	۳۴	۹/۰۲
۱۱ - ۲۰	۱۳۷/۹۳	۲۲	۵/۸۴
مجموع	۴۱۴۴	۳۷۷	۱۰۰

وزن دهی به عوامل ۲۱ گانه مورد استفاده در راستای پهنه‌بندی منظر فرهنگی هورامان

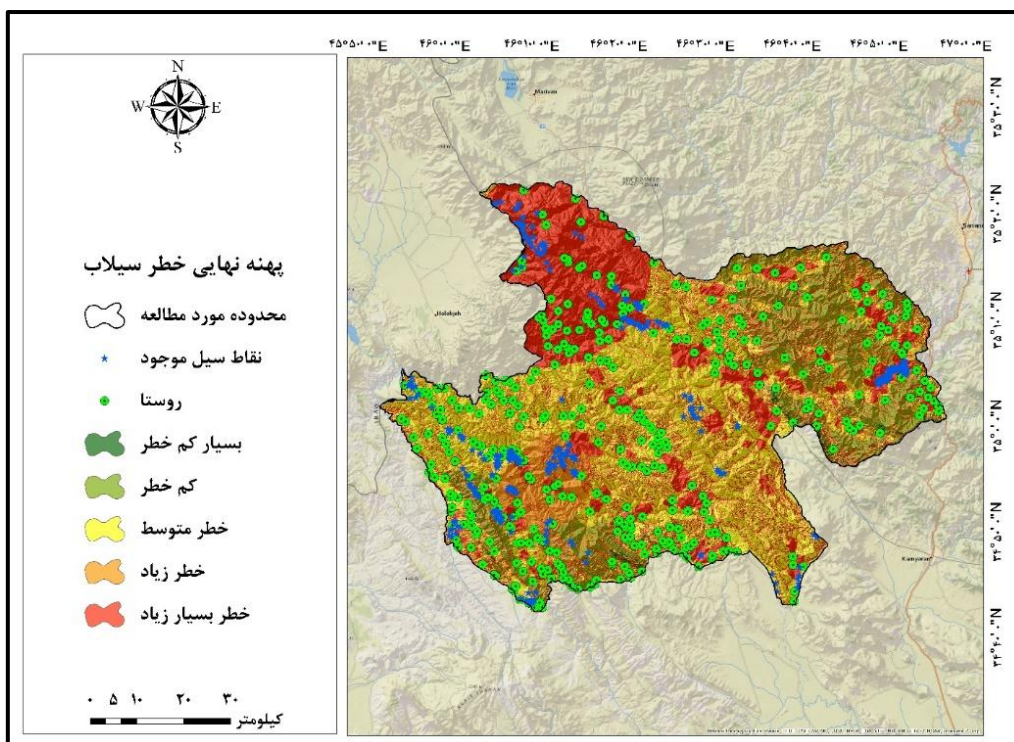
در این مرحله وزن لایه‌های ۲۱ گانه مورد استفاده با استفاده از نظرات محققان و کارشناسان محاسبه شده است (شکل ۷). طی این فرایند لایه‌های شیب، بارش و تفرق پوشش گیاهی به ترتیب با مقادیر ۰/۰۷۲، ۰/۰۷۲ و ۰/۰۶۶، بیشترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند و برعکس، لایه‌های شاخص رطوبت توپوگرافی با مقدار ۰/۰۲۴، شاخص انحنا با مقدار ۰/۰۲۶ و لایه‌های شاخص انحنا سطح، تراکم جاده و شاخص زبری (ناهمواری) توپوگرافی با مقدار مشابه ۰/۰۲۸، کمترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند.



شکل ۷- وزن اختصاص یافته به لایه‌های ۲۱ گانه مورد بررسی

پهنه‌بندی نهایی منظر فرهنگی جهانی هورامان به لحاظ خطر سیل و شناسایی روستاهای در معرض خطر سیل یافته‌های حاصل شده در خصوص پهنه‌بندی نهایی منظر فرهنگی جهانی هورامان به لحاظ خطر سیل با استفاده از روش OI نشان می‌دهد (شکل ۸ و جدول ۶) از کل مساحت محدوده مورد مطالعه (۴۱۴۴ کیلومتر مربع)، ۰/۴۸ درصد در پهنه خطر بسیار کم، ۱۰/۹۲ درصد در پهنه کم خطر، ۳۲/۷۷ درصد در پهنه خطر متوسط، ۱۴/۳۱ درصد در پهنه خطر زیاد و ۴۱/۵۳ درصد در پهنه خطر بسیار زیاد قرار گرفته است. در واقع بر اساس طبقه‌بندی صورت گرفته در ۵ کلاس خطر با استفاده از روش OI، فضای غالب بر منظر فرهنگی جهانی هورامان به لحاظ مخاطره سیل، پهنه‌های خطر بسیار زیاد است و پهنه مذکور به لحاظ موقعیت جغرافیایی، اکثراً در شمال غربی منطقه مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج حاصل از بررسی وضعیت استقرار ۳۱۹ سکونتگاه روستایی واقع در منظر فرهنگی جهانی هورامان به لحاظ مخاطره سیل با استفاده از روش OI نشان می‌دهد هیچ یک از روستاهای محدوده مورد مطالعه در پهنه خطر بسیار کم خطر قرار نگرفته‌اند و ۰/۹۴ درصد روستا (معادل ۳ روستا) در پهنه کم خطر، ۲۱/۶۳ درصد (معادل ۶۹ روستا) در پهنه خطر متوسط،

۴۳/۵۷ درصد (معادل ۱۳۹ روستا) در پهنه خطر زیاد و ۲۲/۵۵ درصد (معادل ۱۰۸ روستا) در پهنه خطر بسیار زیاد قرار گرفته‌اند. همچنین نتایج نشان می‌دهد از ۳۱۴۸۵ خانوار ساکن در سکونتگاه روستایی واقع در منظر فرهنگی جهانی هورامان، ۰/۷ درصد خانوارها (معادل ۲۱۹ خانوار) در پهنه کم خطر، ۱۸/۲۲ درصد (معادل ۵۷۳۸ خانوار) در پهنه خطر متوسط، ۴۸/۹۳ درصد (معادل ۱۵۴۰۷ خانوار) در پهنه خطر زیاد و ۳۲/۱۵ درصد (معادل ۱۰۱۲۱ خانوار) در پهنه خطر بسیار زیاد قرار گرفته‌اند. یافته‌ها در خصوص جمعیت مستقر در پهنه‌های مختلف خطر در منظر فرهنگی جهانی هورامان به لحاظ مخاطره سیل نشان می‌دهد از ۱۱۱۴۸۳ نفر ساکن در این منطقه، ۰/۷ درصد (معادل ۷۷۶ نفر) در پهنه کم خطر، ۱۷/۹۳ درصد (معادل ۱۹۹۹۰ نفر) در پهنه خطر متوسط، ۴۸/۷۶ درصد (معادل ۵۴۳۵۶ نفر) در پهنه خطر زیاد و ۳۲/۶۲ درصد (معادل ۳۶۳۶۱ نفر) در پهنه خطر بسیار زیاد قرار گرفته‌اند.

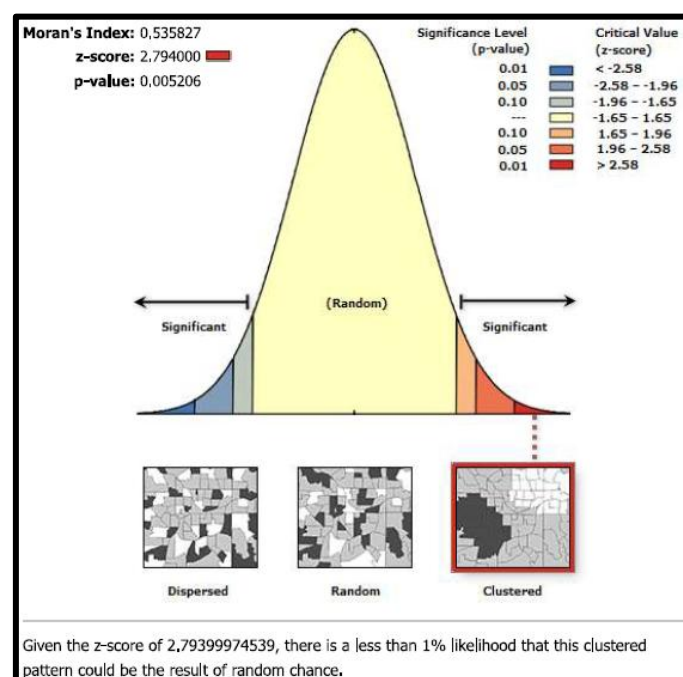


شکل ۸- پهنه‌بندی خطر سیلاب در منظر فرهنگی جهانی هورامان به لحاظ مخاطره سیل با استفاده از روش OR

جدول ۶- جزئیات پهنه‌بندی خطر سیلاب در منظر فرهنگی جهانی هورامان به لحاظ مخاطره سیل

پهنه	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد	نقاط سیل موجود	درصد نقاط سیل	تعداد روستا	درصد	تعداد خانوار	درصد خانوار	جمعیت	درصد جمعیت
بسیار کم خطر	۱۹/۹۸	۰/۴۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
کم خطر	۴۵۲/۵۸	۱۰/۹۲	۲۷	۷/۱۶	۳	۰/۹۴	۲۱۹	۰/۷	۷۷۶	۰/۷
خطر متوسط	۱۳۵۷/۷۹	۳۲/۷۷	۷۷	۲۰/۴۲	۶۹	۲۱/۶۳	۵۷۳۸	۱۸/۲۲	۱۹۹۹۰	۱۷/۹۳
خطر زیاد	۵۹۲/۸۲	۱۴/۳۱	۱۸۸	۴۹/۸۷	۱۳۹	۴۳/۵۷	۱۵۴۰۷	۴۸/۹۳	۵۴۳۵۶	۴۸/۷۶
خطر بسیار زیاد	۱۷۲۰/۸۵	۴۱/۵۳	۸۵	۲۲/۵۵	۱۰۸	۳۳/۸۶	۱۰۱۲۱	۳۲/۱۵	۳۶۳۶۱	۳۲/۶۲
مجموع	۴۱۴۴	۱۰۰	۳۷۷	۱۰۰	۳۱۹	۱۰۰	۳۱۴۸۵	۱۰۰	۱۱۱۴۸۳	۱۰۰

بررسی الگوی فضایی پهنه‌بندی خطر سیل در منظر فرهنگی جهانی هورامان با استفاده از شاخص موران در این بخش از پژوهش در راستای شناسایی الگوی فضایی خطر سیل در منظر فرهنگی جهانی هورامان از شاخص موران استفاده شده است (شکل ۹). بر اساس نتایج حاصل شده می‌توان چنین عنوان کرد که پهنه‌های سیل‌خیز در محدوده مورد مطالعه از الگوی خوشه‌ای تبعیت می‌نمایند. با توجه به اینکه مقادیر شاخص موران و استاندارد Z به ترتیب ۰/۵۳۵ و ۲/۷۹۴ هستند و همچنین مقدار p-value کمتر از ۰/۰۵ بوده است، می‌توان عنوان نمود که داده‌ها دارای خودهمبستگی فضایی هستند و نشانگر حاکمیت الگوی خوشه‌ای بر پهنه‌بندی انجام گرفته با استفاده از روش OI در منظر فرهنگی هورامان است. الگوی مذکور نشان‌گر ارتباط خوشه‌ای و سلسله‌مراتبی پهنه‌های خطر شناسایی شده است و در مجموع نشان‌گر تمرکز پهنه‌های با خطر زیاد و بسیار زیاد در بخش غربی محدوده مطالعاتی نسبت به بخش شرقی آن است.



شکل ۹- شاخص موران در خصوص تحلیل همبستگی و الگوی توزیع فضایی پهنه‌های خطر سیل

۵- بحث و فرجام

پیوند ناگسستنی میان معیشت جامعه روستایی و محیط پیرامون آن و همچنین خسارات چندبعدی و مخرب وقوع مخاطرات محیطی از جمله سیل برای جوامع روستایی، اهمیت برنامه‌ریزی مدیریت بحران در مناطق روستایی را دوچندان نموده است. با توجه به هزینه‌بر بودن اقدامات پیشگیرانه مدیریت مخاطره سیل و ضعف بنیان اقتصادی اغلب جوامع روستایی، یکی از کم‌هزینه‌ترین اقدامات در راستای مدیریت مخاطره سیل، تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر سیل با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی است. همان‌طور که پیشتر عنوان شد در سال ۲۰۲۱ منظر فرهنگی هورامان به واسطه برخورداری از ظرفیت‌های متعدد، توسط یونسکو به ثبت جهانی رسیده است و این منطقه در حال حاضر دارای اهمیت و جایگاه بین‌المللی است. از آنجایی بافت کلبدی و فیزیکی سکونتگاه‌های روستایی، شیوه معیشت جامعه روستایی و ارتباط آن‌ها با محیط پیرامون از دلایل اصلی ثبت جهانی این منطقه بوده است، لذا مدیریت بحران در این منطقه کوهستانی در مواجهه با مخاطرات مختلف

از جمله سیل، امری ضروری است. در راستای پهنه‌بندی خطر وقوع سیل در منظر فرهنگی هورامان از ۲۱ معیار (زمین‌شناسی، خاک، لندفرم، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه، کاربری اراضی، انحنای مقطع، انحنای سطح، تراکم جاده، رواناب، تراکم رودخانه، شیب، ارتفاع، شاخص قدرت جریان، شاخص موقعیت توپوگرافی، شاخص تفرق پوشش گیاهی، شاخص زبری (ناهمواری) توپوگرافی، شاخص رطوبت توپوگرافی، جهت شیب، بارش و شاخص انحنای استفاده شده است. از آنجایی که رکن‌الدین افتخاری و همکاران (۱۳۸۸)، رجبی و همکاران (۱۳۹۷)، نصیری زارع (۱۴۰۰)، مودودی ارخودی و همکاران (۱۴۰۰)، سعیدی مفرد و آسیایی (۱۴۰۲)، صادقی و حاصلی (۱۴۰۴)، گونزالز-آرکوروس و همکاران (۲۰۱۸)، غفرانی و همکاران (۲۰۱۹)، قانساه و همکاران (۲۰۲۱)، وانگ و همکاران (۲۰۲۳) و استعلاجی و همکاران (۲۰۲۴) در مطالعات خود هر یک به نوعی از معیارهای استفاده شده در پژوهش حاضر به عنوان عوامل موثر بر وقوع سیل استفاده کرده‌اند، لذا نتایج پژوهش حاضر با مطالعات مذکور همسو است و این مهم در افزایش اعتبار معیارهای مورد استفاده در پهنه‌بندی محدوده مورد مطالعه به لحاظ خطر سیل موثر است. نتایج پژوهش در خصوص پهنه‌بندی محدوده مورد مطالعه به لحاظ مخاطره سیل نشان داد ۵۵/۸۴ درصد از مساحت آن، ۶۶/۱۲ درصد از نقاط روستایی (معادل ۲۴۷ روستا)، ۸۱/۰۸ درصد از خانوارهای ساکن (معادل ۲۵۵۲۸ روستا) و ۸۱/۳۸ درصد (معادل ۹۰۷۱۷ نفر) از جمعیت منظر فرهنگی هورامان در پهنه‌های خطر زیاد و بسیار زیاد قرار گرفته است. با توجه به اینکه هر فضای جغرافیایی دارای شرایط طبیعی و انسانی خاص حاکم بر آن است و مقایسه نتایج بررسی پهنه‌بندی خطر سیل در یک منطقه با دیگر فضاهای جغرافیایی، مبحثی چالش‌برانگیز است. با این وجود مقایسه نتایج حاصل شده با پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد به لحاظ مساحت، تعداد و درصد جمعیت، خانوار و نقاط روستایی واقع در پهنه‌های خطر زیاد و بسیار زیاد، منظر فرهنگی هورامان در شرایط بحرانی قرار دارد و به لحاظ تمامی متغیرهای مورد بررسی (مساحت، تعداد و درصد جمعیت، خانوار و نقاط روستایی واقع در پهنه‌های خطر زیاد و بسیار زیاد) منظر فرهنگی هورامان در شرایط نامساعدی قرار دارد. کوهستانی بودن منطقه، بارش زیاد، شیب زیاد، کم توجهی به موقعیت استقرارگاه اولیه روستاها، توسعه فیزیکی و کالبدی تدریجی روستاها به سمت نقاط سیل‌خیز، ساخت و سازهای غیرمجاز، کاهش تدریجی پوشش جنگلی و مرتعی، از دلایل اصلی وضعیت نامناسب منطقه مورد مطالعه در مقایسه با سایر نواحی هستند.

نتایج در خصوص نحوه توزیع فضایی منظر فرهنگی جهانی هورامان به لحاظ مخاطره سیل با استفاده از شاخص موران نشان داد الگوی خوشه‌ای بر محدوده مورد مطالعه حاکم است. به این مفهوم که پهنه‌های واقع در کلاس‌های مختلف خطر، با یکدیگر در ارتباط بوده و تمرکز آن‌ها در کل محدوده مورد مطالعه به استثنای بخش شرقی منطقه می‌باشد. با این وجود نتایج نشان داد تمرکز پهنه‌های خطر بسیار زیاد در بخش شمال غربی منظر فرهنگی هورامان است. در این بخش از منطقه که در دو شهرستان مریوان و پاوه واقع شده است، عوامل و یا معیارهای موثر بر وقوع سیل به‌ویژه شیب و بارش، دارای اثرگذار قابل توجهی بر وقوع سیل هستند.

با توجه به خسارات مختلف ناشی از وقوع سیل که می‌توان آن‌ها را در ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی خلاصه کرد، کاهش آسیب‌های ناشی از آن به ویژه در سکونتگاه‌های روستایی که دارای پیوند دیرینه‌ای با محیط اطراف خود

هستند، از الزامات ضروری است. کاهش آسیب‌های ناشی از وقوع سیل را می‌توان با اتکا به راهکارهای مدیریتی - اجرایی و مطالعاتی عملیاتی نمود که در ادامه به آن‌ها پرداخته شده است:

الف) راهکارهای مدیریتی - اجرایی کاهش مخاطرات ناشی از سیل

ارائه نقشه پهنه‌بندی نهایی خطر وقوع سیل به سازمان‌ها و ادارات بخش دولتی و خصوصی و همچنین جامعه محلی به صورت فایل و پوستر

تشکیل کانال‌های مجازی در خصوص اطلاع‌رسانی از وقوع مخاطرات و ...

برگزاری دوره‌های آموزشی پیشگیری و مقابله با خطر سیل و سایر مخاطرات در میان جامعه محلی ساکن

پایدارسازی مصالح مورد استفاده در ساخت و سازهای مختلف در محیط روستایی (مسکن، جاده، تأسیسات عمومی و ...)

انتقال تدریجی مسکن و تأسیسات واقع در پهنه‌های با خطر زیاد و بسیار زیاد به لحاظ وقوع سیل به مناطق کم خطر

جلوگیری از انواع ساخت و ساز در فضاهای در معرض خطر زیاد و بسیار زیاد

اعمال سخت‌گیرانه‌تر قوانین و مقررات ساخت و ساز روستایی توسط ادارات و سازمان‌های دولتی به ویژه بنیاد مسکن انقلاب اسلامی

ب) راهکارهای مطالعاتی کاهش مخاطرات ناشی از سیل

استفاده از روش‌ها و ابزارهای جدید برای پهنه‌بندی منظر فرهنگی هورامان به لحاظ خطر سیل

مکانیابی مکان‌های اضطراری جهت خدمات‌رسانی (امداد و نجات، فوریت‌های پزشکی و ...) در محدوده مورد مطالعه

بررسی تاب‌آوری جامعه محلی در معرض خطر سیل و شناسایی عوامل موثر بر آن

مکان‌یابی فضای بهینه جهت جابجایی روستاهای واقع در معرض خطر سیل

بررسی تأثیرات اجتماعی و اقتصادی وقوع سیل بر جامعه محلی

۶- منابع

بیرقی، سیده سعیده، ریاحی، وحید، و مصطفوی صاحب، سوران. (۱۴۰۱). تحلیل وضعیت تاب‌آوری کالبدی سکونتگاه‌های روستایی در برابر سیلاب (مورد مطالعه: دهستان باقران شهرستان بیرجند). روستا و توسعه پایدار فضا، ۳(۳)، ۳۵-۵۷.

<https://doi.org/10.22077/vssd.2022.5095.1078>

حجی‌پور، محمد، و سالاری طیس، معصومه. (۱۴۰۳). تاب‌آوری معیشت کشاورزی در برابر خشکسالی‌های مکرر؛ تحلیلی از روستاهای شهرستان درمیان. روستا و توسعه پایدار فضا، ۵(۲)، ۱۲۱-۱۴۱.

<https://doi.org/10.22077/vssd.2024.7696.1254>

رجبی، معصومه، حجازی، میر اسدالله، روستایی، شهرام، و عالی، نگین. (۱۳۹۷). پهنه‌بندی آسیب‌پذیری مخاطرات طبیعی و ژئومورفولوژیکی سکونتگاه‌های روستایی شهرستان سقز (مطالعه موردی سیل و زلزله). پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۷(۲)، ۱۸۳-۱۹۵.

<https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.22519424.1397.7.2.10.6>

رکن‌الدین افتخاری، عبدالرضا، صادقلو، طاهره، احمدآبادی، علی، و سجاسی قیداری، حمدالله. (۱۳۸۸). ارزیابی پهنه‌بندی روستاهای در معرض خطر سیلاب با استفاده از مدل HEC-GeoRAS در محیط GIS (مطالعه موردی: روستاهای حوزه گرگانرود). توسعه محلی

https://jrd.ut.ac.ir/article_20819.html، ۱۵۷-۱۸۲، (۱)، (روستایی-شهری).

سعیدی مفرد، ساناز، و آسیایی، مهدی. (۱۴۰۲). پهنه‌بندی خطر وقوع سیل در شهرستان فریمان با استفاده از منطق فازی. *مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی*، ۱۸(۱)، ۲۸۳-۲۹۴. <https://doi.org/10.25385968.1402.18.1.11.8>

صادقی، حجت‌الله، و حاصلی، محمد. (۱۴۰۴). ارزیابی آسیب‌پذیری مقاصد گردشگری روستایی در برابر مخاطره سیل در قلمروهای کوهستانی (مطالعه موردی: استان چهارمحال و بختیاری). *پژوهش‌های محیطی در قلمروهای کوهستانی*، ۱(۱)، ۱-۱۴. https://ermr.uok.ac.ir/article_63294.html

صفایی، امیر، شریعت پناهی، مجید، باهک، بتول، رنجبر، محسن، و آزاد بخت، بهرام. (۱۴۰۱). تحلیل تاب‌آوری مناطق روستایی در برابر مخاطرات طبیعی (مطالعه موردی: شهرستان گلپایگان). *روستا و توسعه پایدار فضا*، ۳(۴)، ۹۹-۱۱۵. <https://doi.org/10.22077/vssd.2022.5200.1097>

فلاحتی، فاطمه، و قلمبردزفولی، رامنا. (۱۴۰۲). سامانه پشتیبان تصمیم فضایی تحت‌توب؛ رهیافت پایش و ارزیابی سوانح طبیعی در سکونتگاه‌های روستایی ایران. *روستا و توسعه پایدار فضا*، ۴(۳)، ۱۵۸-۱۷۸. <https://doi.org/10.22077/vssd.2023.6582.1200>

کمالی، زهرا، و قاسمی، مریم. (۱۴۰۲). بررسی تاب‌آوری کالبدی مسکن خانوارهای روستایی در برابر سیل (مطالعه موردی: شهرستان درگز). *روستا و توسعه پایدار فضا*، ۴(۳)، ۱۱۱-۱۳۵. <https://doi.org/10.22077/vssd.2023.5126.1086>

مرکز آمار ایران. (۱۳۹۵). نتایج سرشماری نفوس و مسکن. تهران: مرکز آمار ایران. <https://amar.org.ir>

مودودی ارخودی، مهدی، برومند، ریحانه، و اکبری، ابراهیم. (۱۴۰۰). پهنه‌بندی و تحلیل فضایی خطر وقوع سیلاب (مطالعه موردی: روستاهای نمونه شهرستان قائن). *مخاطرات محیط طبیعی*، ۱۰(۲۹)، ۵۳-۶۸. <https://doi.org/10.22111/jneh.2020.32990.1614>

نصیری زارع، سعید. (۱۴۰۰). پهنه‌بندی نواحی روستایی آسیب‌دیده از سیلاب (فروردین ۱۳۹۸) در شهرستان هویزه، استان خوزستان. *پژوهش‌های فضا و مکان در شهر*، ۳(۱۸)، ۴۱-۴۹. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.25386050.1400.1400.18.3.2>

References

- Anusha, N., & Bharathi, B. (2020). Flood detection and flood mapping using multi-temporal synthetic aperture radar and optical data. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 23(2), 207-219. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2019.01.001>
- Askar, S., Zeraat Peyma, S., Yousef, M. M., Prodanova, N. A., Muda, I., Elshahabi, M., & Hatamiafkoueih, J. (2022). Flood susceptibility mapping using remote sensing and integration of decision table classifier and metaheuristic algorithms. *Water*, 14(19), 3062. <https://doi.org/10.3390/w14193062>
- Beyraghi, S. S., Riahi, V., & Mostafavi Saheb, S. (2022). Analysis of physical resilience of rural settlements against floods (Case study: Bagheran Dehestan in Birjand County). *Village and Space Sustainable Development*, 3(3), 35-57. <https://doi.org/10.22077/vssd.2022.5095.1078> [In Persian]
- Bullen, J., & Miles, A. (2024). Exploring local perspectives on flood risk: A participatory GIS approach for bridging the gap between modelled and perceived flood risk zones. *Applied Geography*, 163, 103176. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2023.103176>
- Estelaji, F., Moniri, N., Yari, M. H., Omidifar, R., Zahedi, R., Yousefi, H., & Keshavarzadeh, M. (2024). Earthquake, flood and resilience management through spatial planning, decision and information system. *Future Technology*, 3(2), 11-21. <https://fupubco.com/futech/article/view/124>
- Falahati, F., & GhalamborDezfooli, R. (2023). Web-based spatial decision support system: An approach to monitoring and evaluating natural disasters in rural settlements of Iran. *Village and Space Sustainable Development*, 4(3), 158-178. <https://doi.org/10.22077/vssd.2023.6582.1200> [In Persian]
- Ghansah, B., Nyamekye, C., Owusu, S., & Agyapong, E. (2021). Mapping flood prone and hazards areas in rural landscape using Landsat images and random forest classification: Case study of Nasia

- watershed in Ghana. *Cogent Engineering*, 8(1), 1923384. <https://doi.org/10.1080/23311916.2021.1923384>
- Ghofrani, Z., Sposito, V., & Faggian, R. (2019). Improving flood monitoring in rural areas using remote sensing. *Water Practice & Technology*, 14(1), 160–171. <https://doi.org/10.2166/wpt.2018.118>
- González-Arqueros, M. L., Mendoza, M. E., Bocco, G., & Castillo, B. S. (2018). Flood susceptibility in rural settlements in remote zones: The case of a mountainous basin in the Sierra-Costa region of Michoacán, Mexico. *Journal of Environmental Management*, 223, 685–693. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.06.075>
- Hajipour, M., & Salari Tabas, M. (2024). Resilience of agricultural livelihoods against frequent droughts: Study of villages in Darmian County. *Village and Space Sustainable Development*, 5(2), 121–141. <https://doi.org/10.22077/vssd.2024.7696.1254> [In Persian]
- Haque, S., Ikeuchi, K., Shrestha, B. B., Kawasaki, A., & Minamide, M. (2023). Establishment of flood damage function model for rural roads: A case study in the Teesta River basin, Bangladesh. *Progress in Disaster Science*, 17, 100269. <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2022.100269>
- Kamali, Z., & Ghasemi, M. (2023). Investigating the physical resilience of rural households against floods: A case study of Dargaz County. *Village and Space Sustainable Development*, 4(3), 111–135. <https://doi.org/10.22077/vssd.2023.5126.1086> [In Persian]
- Komasi, H., Jamini, D., Hashemkhani Zolfani, S., et al. (2025). Evaluating the impacts of humanitarian crises on sustainable tourism with a futures studies approach. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-025-06109-3>
- Kyaw, K. K., Bonaiuti, F., Wang, H., Bagli, S., Mazzoli, P., Alberoni, P. P., et al. (2024). Fast-processing DEM-based urban and rural inundation scenarios from point-source flood volumes. *Sustainability*, 16(2), 875. <https://doi.org/10.3390/su16020875>
- Li, Y., Martinis, S., Wieland, M., Schläffer, S., & Natsuaki, R. (2019). Urban flood mapping using SAR intensity and interferometric coherence via Bayesian network fusion. *Remote Sensing*, 11(19), 2231. <https://doi.org/10.3390/rs11192231>
- Li, Z., Wang, C., Emrich, C. T., & Guo, D. (2018). A novel approach to leveraging social media for rapid flood mapping: A case study of the 2015 South Carolina floods. *Cartography and Geographic Information Science*, 45(2), 97–110. <https://doi.org/10.1080/15230406.2016.1271356>
- Mododi Arkhodi, M., Boroumand, R., & Akbari, E. (2021). Spatial zoning and analysis of flood risk (Sample villages of Qaen city). *Journal of Natural Environmental Hazards*, 10(29), 53–68. <https://doi.org/10.22111/jneh.2020.32990.1614> [In Persian]
- Mohammadi, A., Kamran, K. V., Karimzadeh, S., Shahabi, H., & Al-Ansari, N. (2020). Flood detection and susceptibility mapping using Sentinel-1 time series, alternating decision trees, and bag-ADTree models. *Complexity*, 2020, 1–21. <https://doi.org/10.1155/2020/4271376>
- Nasire Zare, S. (2021). Zoning of rural areas affected by floods (April 2017) in Hoveyzeh city, Khuzestan province. *Journal of Urban Studies on Space and Place*, 3(18), 41–49. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.25386050.1400.1400.18.3.2> [In Persian]
- Notti, D., Giordan, D., Caló, F., Pepe, A., Zucca, F., & Galve, J. P. (2018). Potential and limitations of open satellite data for flood mapping. *Remote Sensing*, 10(11), 1673. <https://doi.org/10.3390/rs10111673>
- Popa, M. C., Peptenatu, D., Drăghici, C. C., & Diaconu, D. C. (2019). Flood hazard mapping using the flood and flash-flood potential index in the Buzău River catchment, Romania. *Water*, 11, 2116. <https://doi.org/10.3390/w11102116>
- Prasad, P., Loveson, V. J., Das, B., & Kotha, M. (2021). Novel ensemble machine learning models in flood susceptibility mapping. *Geocarto International*, 37(16), 4571–4593. <https://doi.org/10.1080/10106049.2021.1892209>



- Rajabi, M., Hejazi, M., Roostaei, S., & Aali, N. (2018). The role of geomorphology factors in the occurrence of natural hazards in rural settlements: Case study of Saqez city. *Quantitative Geomorphological Research*, 7(2), 183–195. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.22519424.1397.7.2.10.6> [In Persian]
- Roknoddin Eftekhari, A., Sadeghloo, T., Ahmadabadi, A., & Sojasi Qidari, 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). *The Journal of Community Development (Rural-Urban)*, 1(1), 157–182. https://jrd.ut.ac.ir/article_20819.html [In Persian]
- Sadeghi, H., & Haseli, M. (2025). Assessment of the vulnerability of rural tourism destinations against flood risk in mountainous regions (Case study: Chaharmahal and Bakhtiari Province). *Journal of Environmental Research in Mountainous Regions*, 1(1), 1–14. https://ermr.uok.ac.ir/article_63294.html [In Persian]
- Saeedi Mofrad, S., & Asiaei, M. (2023). Flood risk zoning in Fariman city using fuzzy logic. *Journal of Studies of Human Settlements Planning*, 18(62), 283–294. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.25385968.1402.18.1.11.8> [In Persian]
- Safaei, A., Shareatpanahi, M., Bahak, B., Ranjbar, M., & Azadbakht, B. (2022). Analysis of resilience of rural areas against natural hazards (Case study: Golpayegan County). *Village and Space Sustainable Development*, 3(4), 99–115. <https://doi.org/10.22077/vssd.2022.5200.1097> [In Persian]
- Sanders, B. F., Schubert, J. E., Goodrich, K. A., Houston, D., Feldman, D. L., Basolo, V., et al. (2020). Collaborative modeling with fine-resolution data enhances flood awareness, minimizes differences in flood perception, and produces actionable flood maps. *Earth's Future*, 8, e2019EF001391. <https://doi.org/10.1029/2019EF001391>
- Shahabi, H., Shirzadi, A., Ghaderi, K., Omidvar, E., Al-Ansari, N., Clague, J. J., et al. (2020). Flood detection and susceptibility mapping using Sentinel-1 remote sensing data and a machine learning approach: Hybrid intelligence of bagging ensemble based on k-nearest neighbor classifier. *Remote Sensing*, 12(2), 266. <https://doi.org/10.3390/rs12020266>
- Shahabi, H., Shirzadi, A., Ronoud, S., Asadi, S., Pham, B. T., Mansouripour, F., et al. (2021). Flash flood susceptibility mapping using a novel deep learning model based on deep belief network, back propagation and genetic algorithm. *Geoscience Frontiers*, 12(3), 101100. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2020.10.007>
- Statistical Center of Iran. (2016). *Results of the population and housing census*. Tehran: Statistical Center of Iran. <https://old.sci.org.ir/english> [In Persian]
- Swain, K. C., Singha, C., & Nayak, L. (2020). Flood susceptibility mapping through the GIS-AHP technique using the cloud. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(12), 720. <https://doi.org/10.3390/ijgi9120720>
- Tan, W., Qin, N., Zhang, Y., McGrath, H., Fortin, M., & Li, J. (2024). A rapid high-resolution multi-sensory urban flood mapping framework via DEM upscaling. *Remote Sensing of Environment*, 301, 113956. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2023.113956>
- Tehrany, M. S., Jones, S., & Shabani, F. (2019). Identifying the essential flood conditioning factors for flood prone area mapping using machine learning techniques. *Catena*, 175, 174–192. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.12.011>
- Thalakkottukara, N. T., Thomas, J., Watkins, M. K., Holland, B. C., Oommen, T., & Grover, H. (2024). Suitability of the height above nearest drainage (HAND) model for flood inundation mapping in data-scarce regions: A comparative analysis with hydrodynamic models. *Earth Science Informatics*, 1–15. <https://doi.org/10.1007/s12145-023-01218-x>
- Udin, W. S., Binti Ismail, N. A., Bahar, A. M. A., & Khan, M. M. A. (2018). GIS-based river flood hazard mapping in rural area: A case study in Dabong, Kelantan, Peninsular Malaysia. *Asian*

Journal of Water, Environment and Pollution, 15(1), 47–55. <https://doi.org/10.3233/AJW-180005>

UNESCO. (2021). *Cultural landscape of Hawraman/Uramanat*. <https://whc.unesco.org/en/list/1647/>

Wang, M., Fu, X., Zhang, D., Chen, F., Su, J., Zhou, S., et al. (2023). Urban flooding risk assessment in the rural-urban fringe based on a Bayesian classifier. *Sustainability*, 15(7), 5740. <https://doi.org/10.3390/su15075740>

