نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال ششم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸

صفحات ۱۹۳ – ۱۷۹

پهنه‌بندی خطر سیلاب در محدوده شهر ایلام با استفاده از روش AHP و GIS

نورالدین رستمی[1]. استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

یونس کاظمی. کارشناس ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۲/۲۷ پذیرش نهایی: ۱۳۹۸/۰۱/۱۹

چکیده

گسترش شهرنشینی و تغییر شرایط هیدرولوژیک طبیعی آبراهه‌ها احتمال وقوع سیلاب را افزایش می‌دهد. تحقیق حاضر جهت پهنه‌بندی خطر سیلاب در محدوده شهر ایلام و تعیین محدوده‌های بحرانی بافت شهری در برابر سیلاب با استفاده از روش AHP و GIS صورت گرفته است. برای این منظور پارامترهای شماره منحنی، ارتفاع، فاصله از آبراهه، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، جمعیت، شیب، خاکشناسی، تراکم ساختمان، بافت فرسوده و تجمع جریان به عنوان پارامترهای تأثیرگذار در خطر سیلاب شهر ایلام انتخاب و وزن‌دهی این پارامترها در محیط نرم‌افزار Expert Choice انجام شد. سپس نتایج حاصل از این نرم‌افزار به محیط نرم‌افزار GIS منتقل و نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب در محدوده موردنظر تهیه گردید. نتایج نشان می‌دهد که مناطق با خیلی خطر کم ۰/۸ درصد، مناطق با خطر کم ۸/۵ درصد، مناطق با خطر متوسط ۴۹/۶ درصد، مناطق با خطر زیاد ۳۲/۵۴ درصد و مناطق با خطر خیلی زیاد ۸/۵۶ درصد از مساحت حوزه آبخیز شهر ایلام را تشکیل می‌دهند. همچنین ناحیه مرکزی شهر بیشترین خطر و احتمال وقوع سیلاب را دارد که علت این امر تراکم زیاد جمعیت و مناطق مسکونی در این ناحیه و نزدیکی آن به مسیل و تراکم بافت فرسوده و قدیمی آن می‌باشد. ضمناً مؤثرترین عوامل در بروز خطر سیلاب در منطقه مورد مطالعه به ترتیب شامل فاصله از مسیل، ضریب CN، ارتفاع و کاربری اراضی می‌باشد که راهکارهای مدیریتی را باید با توجه به این عوامل در نظر گرفت.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی خطر سیلاب، AHP، Expert Choice، GIS، ایلام

۱. نویسنده مسئول: Email: n.rostami@ilam.ac.ir

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.1.10]

مقدمه

سیلاب یکی از مخاطراتی است که امروزه بشر با آن مواجه است و هر ساله خسارات مالی و جانی فراوانی را به دنبال دارد و از جمله بلایای طبیعی شناخته شده است که طبق گزارش جهانی برنامه عمران سازمان ملل در مورد خطر بلایای طبیعی، سیلاب همراه با زلزله و خشکسالی بالاترین رتبه را از لحاظ خسارت مالی و جانی به همراه دارد. توسعه شهرنشینی، به‌ویژه در مناطق سیل‌گیر در دهه‌های اخیر بر میزان خسارات سیل افزوده است. ازاین‌رو آگاهی از میزان خسارت مناطق مختلف شهر و توجه به موضوع مدیریت سیلاب‌های شهری به عنوان یکی از محورهای مهم در مسائل شهری حائز اهمیت و توجه است. این امر توجه هرچه بیش‌تر به امر برنامه‌ریزی شهری و مدیریت بحران را در قبل، حین و بعد از وقوع بحران می‌طلبد (فتوحی و کیانی، ۱۳۹۳). لذا آنچه بر اهمیت وقوع رخداد سیل می‌افزاید قرار گرفتن مراکز انسانی و شهری نظیر شهر ایلام در محدوده‌های سیلابی است. وجود چنین مراکزی در محدوده حوضه‌های سیلابی علاوه بر این که موجب افزایش تولید رواناب می‌گردد، افزایش خسارات جانی و مالی را نیز به دلیل تراکم بالای جمعیت و تأسیسات به همراه دارد.

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در دهه ۷۰ میلادی توسط توماس آل ساعتی (Saaty, 1980) ابداع و بعدها به وسیله‌ی سایر محققین در ارزیابی‌ها و برنامه‌ریزی‌ها مورد استفاده قرار گرفت. در دهه‌های اخیر تنوع در استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره افزایش داشته است. کاربرد این روش در منابع آب از فعالیت‌های ماس و همکاران (Maass et al., 1962) آغاز شد که در آن مسائل تصمیم‌گیری به صورت بهینه‌سازی خطی مطرح شدند. سینگ (Singh, 1996) اعلام می‌دارد که عوامل اقلیمی و فیزیوگرافی در بروز سیلاب‌ها تأثیر دارند، اما برای جلوگیری از آثار زیانبار سیل نمی‌توان در عوامل و عناصر جوی تغییری ایجاد نمود؛ بنابراین هرگونه راه‌حل اصولی و چاره‌ساز را باید در روی زمین و اختصاصاً در حوزه‌های آبخیز جستجو کرد. در این ارتباط، اولین اقدامی که برای کاهش خطر سیل مطرح می‌شود، مهار سیل در سرچشمه آن یعنی زیرحوزه‌ها است. چنگ (Cheng, 1997) یک مدل برای سیلاب شهری بر پایهٔ GIS با استفاده از رواناب سطحی تجمعی و رواناب بارندگی ارائه نمود. اسلام و سادو (Islam and Sado, 2000) با استفاده از داده‌های سنجش از دور از سیل تاریخی سال ۱۹۸۸ بنگلادش، یک نقشه خطر سیل را برای این کشور به کمک سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی تهیه کردند. زهرایی و همکاران (Zahraie et al., 2008) این مدل را جهت ارزیابی سیستم‌های منابع آبی در سطح حوزهٔ آبریز بکار بردند. گانگتاو (Guangtao, 2008) از مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی جهت بهره‌برداری از مخازن مهار سیلاب استفاده کردند. طیبی (۱۳۸۴) با استفاده از مدل‌های منطق بولین و فازی در محیط GIS، به مطالعه و پهنه‌بندی توان سیل‌خیزی با توجه به ویژگی‌های ژئومورفیک حوزه آبریز سبزوار پرداخته است. کردوانی و همکاران (۱۳۸۸) در تحلیل منطقه‌ای سیلاب‌های لارستان به این نتیجه رسیدند که مهمترین عوامل وقوع سیلاب‌های لار، شدت و مدت بارش و همچنین توپوگرافی منطقه است و اصلی‌ترین مسیل لار که به بافت قدیم شهر آسیب می‌رساند، مسیل دربند است و مسیل تنگ اسد نیز به بافت جدید شهر آسیب میزند. اوگونتونده و همکاران (Oguntunde et al., 2006) داده‌های تاریخی بلندمدت بارندگی، رواناب و دیگر عوامل اقلیمی را برای تحقیق در تمایلات و تغییرات هیدرولوژیکی در حوزه آبریز رودخانه وُلتا واقع در غرب آفریقا را در دوره زمانی ۱۹۰۱ تا ۲۰۰۲ بررسی کردند. یافته‌های آنها نشان داد که عوامل اقلیمی (شدت بارندگی، نوع بارش و دمای هوا) تأثیر مهمی در چگونگی ایجاد سیلاب در ارتباط با ویژگی‌های هیدرولوژیکی حوضه (شکل حوضه، جنس زمین، شیب و کاربری اراضی) دارد. رستمی و کرد

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.1.10]

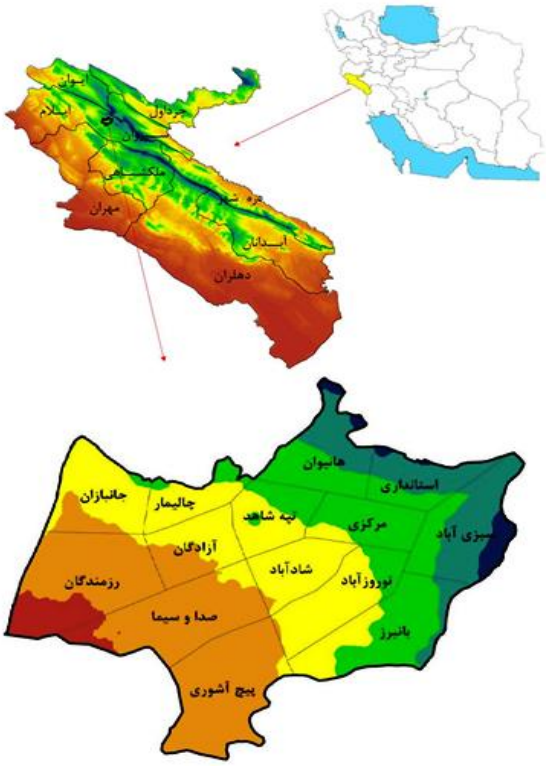
(۱۳۹۵) به اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیر حوزه‌ها در مناطق شهری ایلام پرداختند. در این تحقیق شهر ایلام به پنج زیر حوزه تقسیم گردیده و تأثیر اراضی غیر قابل نفوذ و میزان مساحت بر اندازه رواناب به روش کارتر بررسی گردید. نتایج نشان می‌دهد که زیر حوزه شماره ۲ که در شمال و شمال شرق حوزه واقع شده است دارای بیشترین رواناب می‌باشد که دلیل آن به خاطر بالا بودن درصد اراضی غیر قابل نفوذ و درصد مساحت حوزه (بیش از نیمی از مساحت حوزه را به خود اختصاص داده) می‌باشد. طبق نتایج مطالعات باقلانی و همکاران (۱۳۹۸) نیز زیرحوضه شماره ۲ به‌دلیل تغییرات کاربری اراضی، ساخت و سازهای غیر اصولی و شبکه زهکشی نامناسب که باعث افزایش سطوح نفوذناپذیر می‌شوند، دارای بیشترین خطر سیلاب می‌باشد و در صورت عدم توجه به زیرساخت‌های شبکه زهکشی و عدم رعایت نکات مربوط به گسترش شهرنشینی، شهر ایلام را با خطر جدی سیلاب رو به رو می‌نماید. رستمی و همکاران (۱۳۹۵) نیز در مطالعه دیگر تأثیر شهرسازی بر روی میزان دبی متوسط سالانه شهر ایلام به روش کارتر را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که گسترش ۱۰ درصدی شهرسازی باعث شده که میزان دبی بیش از ۱۵٪ افزایش یابد؛ بنابراین با توجه به وقوع چندین سیلاب در ایلام که در برخی موارد با خسارات جانی و مالی فراوان در سال‌های اخیر همراه بوده، هدف کلی این تحقیق پهنه‌بندی خطر سیلاب در محدوده شهر ایلام و تعیین مناطق بحرانی شهر و معرفی مهمترین عوامل در وقوع سیلاب می‌باشد.

داده‌ها و روش کار

شهر ایلام در منطقه شمال شرق استان در محدوده طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۹ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۴۱ دقیقه شمالی و ارتفاع متوسط ۱۴۰۱ متری از سطح دریا قرار دارد (شکل ۱) که دارای ویژگی‌هایی مانند وجود ارتفاعات در شرق، غرب و شمال، اختلاف درجه حرارت و بارندگی در بخش‌های شمالی، آب و هوای نسبتاً سرد و زمستان طولانی می‌باشد و شرایط آب و هوای معتدل کوهستانی را برای این شهر رقم زده است. بر اساس اطلاعات و آمار ثبت شده در ایستگاه سینوپتیک ایلام، حداکثر و حداقل مطلق درجه حرارت به ترتیب ۴۰/۶ و ۱۲/۶- درجه سانتی‌گراد بوده و متوسط بارندگی سالانه این ایستگاه ۵۷۴ میلی‌متر می‌باشد. از نظر تقسیمات شهری، شهر ایلام دارای ۴ منطقه و ۱۴ ناحیه شهری با ۱۷۵۰۰۰ نفر جمعیت است (جدول ۱).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.1.10]



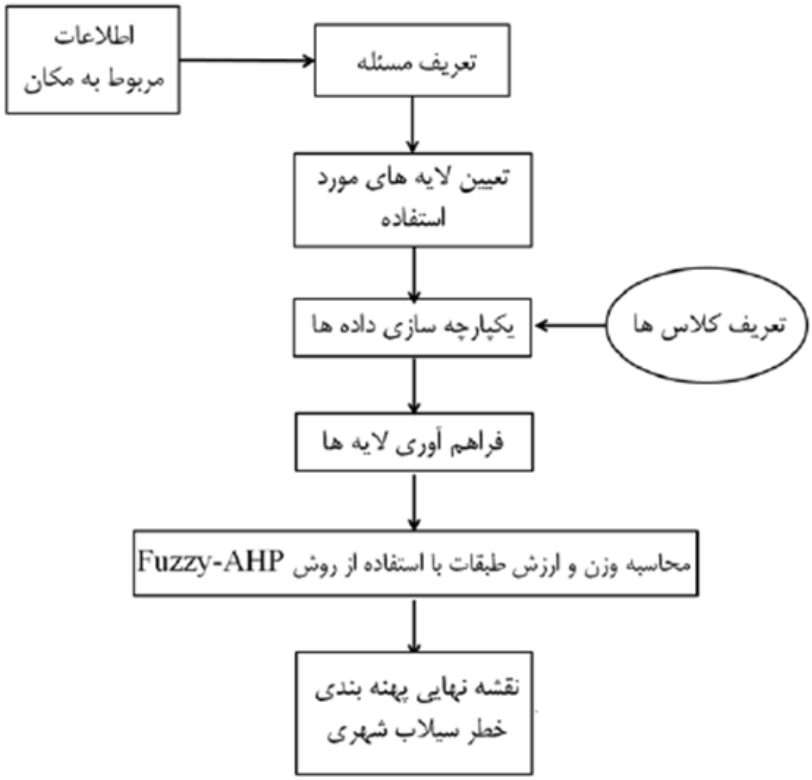
جدول ۱: مساحت و جمعیت مناطق مختلف شهر ایلام

منطقه	ناحیه شهری	اسم ناحیه	مساحت (هکتار)	جمعیت ۱۳۹۱ (نفر)
یک	۱	مرکزی	۹۱/۷	۱۲۶۷۶
	۲	تپه شاهد	۹٤/٤	۱٤۲۰۲
	۳	هانیوان	۱۳۲	۱۸۰۸۲
	٤	استانداری	۹٤/۹	۱۳۸۸۹
جمع منطقه یک			٤۱۳	۵۸۸٤۹
دو	۱	سبزی آباد	۱٤۰/۹	۲۱٤۳٤
	۲	بانیرز	۱۲۰	۱۹۷۷۹
جمع منطقه دو			۲٦۰/۹	٤۱۲۱۳
سه	۱	شادآباد	۸۸/۳	۱۰۳۸٤
	۲	نوروزآباد	۱۳۵/۵	۱٦۹۷۰
	۳	پیچ آشوری	۱۳۹/۹	٤۵۳٤
	٤	صداوسیما	۲۱۷/۹	۳۸۸۵
جمع منطقه سه			۵۸۱/٦	۳۵۷۷۳
چهار	۱	آزادگان	۹٦/٦	۱۲۲۲۷
	۲	رزمندگان	۲۲۲/۲	۱٤۳۸۵
	۳	جانبازان	۱٤۰/۵	۸۱۸۸
	٤	چالیمار	٦۰/٤	٤۳٦۵
جمع منطقه چهار			۵۱۹/۷	۳۹۱٦۵
جمع کل شهر			۱۷۷۵/۲	۱۷۵۰۰۰

شکل ۱: موقعیت مکانی مناطق مورد مطالعه در کشور و استان

در این تحقیق میزان خطر سیلاب و خسارت وارده به شهر ایلام با استفاده از پارامترهای CN، طبقات ارتفاعی، فاصله از مسیل‌ها، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، تراکم جمعیت، طبقات شیب، خاک، تراکم مسکونی، بافت فرسوده و تجمع جریان ارزیابی گردید. از نقشه شهر ایلام با دقت ۱:۲۰۰۰ برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و مسیل‌های شهر استفاده شد و نقشه CN با استفاده از نقشه کاربری اراضی، خاک و تصویر ماهواره‌ای منطقه تهیه گردید. خطوط توپوگرافی و آبراهه‌ها از نقشه ۱:۲۵۰۰۰ شهر ایلام استخراج و با استفاده از آنها نقشه‌های طبقات ارتفاعی و شیب تهیه گردید. با استفاده از آمار و اطلاعات شهرداری ایلام، تراکم جمعیت، تراکم ساختمان و بافت فرسوده شهر ایلام مشخص و نقشه‌های آنها در نرم‌افزار GIS تهیه شد. همچنین با استفاده از نقشه زمین‌شناسی، سازندهای زمین‌شناسی محدوده شهر ایلام استخراج و با استفاده از نقشه طبقات ارتفاعی، آبراهه‌ها و به‌کارگیری ابزار Arc Hydro، نقشه تجمع جریان برای محدوده مورد مطالعه تهیه شد. سپس در این پژوهش جهت وزن‌دهی پارامترها از مدل تصمیم‌گیری چند معیاره AHP استفاده شد. ترکیب این مدل با نرم‌افزار GIS ابزار قدرتمندی برای پهنه‌بندی خطر سیلاب فراهم می‌کند. مدل AHP برای تعیین وزن پارامترها از ماتریس مقایسه و رابطه دو به دو فاکتورها بهره می‌برد که این عملیات در نرم‌افزار Expert Choice صورت گرفت. مبنای کار این نرم‌افزار تعیین هدف تحقیق، مشخص نمودن پارامترهای دخیل در آن، وزن‌دهی پارامترها و درنهایت رسیدن به نتیجه (تعیین وزن هر یک از پارامترها) می‌باشد. سپس، ماتریس مقایسات زوجی پارامترهای مختلف تهیه و نتایج حاصل از نظرات اساتید و کارشناسان در خصوص عوامل مؤثر در سیل‌خیزی وارد نرم‌افزار Expert Choice گردید. ضمناً با ورود جداگانه نظرات کارشناسان به نرم‌افزار، مقدار نهایی وزن هر کدام از پارامترها از طریق میانگین هندسی نیز محاسبه گردید. شکل ۲ مراحل انجام کار را نشان می‌دهند.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOI: 10.29252/jsaeh.6.1.10]



شکل ۲: مراحل انجام تحقیق

سپس برای هر ماتریس، نرخ ناسازگاری (I.R.)[1] که معیار مناسبی برای قضاوت در مورد آن می‌باشد محاسبه گردید و چنانچه این عدد کوچک‌تر یا مساوی ۰/۱ باشد، سازگاری سیستم قابل‌قبول است وگرنه باید در قضاوت‌ها تجدیدنظر نمود. با توجه به اینکه در این تحقیق هر پارامتر به زیر پارامترهایی طبقه‌بندی‌شده بود، برای رسیدن به نتایج مطلوب‌تر وزن‌دهی زیرپارامترها نیز صورت گرفت و درنهایت وزن نهایی هر یک از طبقات مشخص گردید. در پایان، از ترکیب لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از کلاس‌های طبقه‌بندی، نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب در شهر ایلام تهیه گردید.

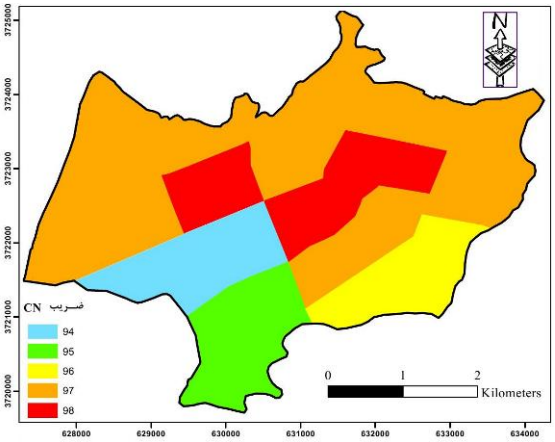
شرح و تفسیر نتایج

نقشه‌های ۱۱ پارامتر ذکر شده که در وقوع سیلاب در شهر ایلام مؤثر شناخته شدند تهیه و بر اساس مدارک و شواهد حاصل از اطلاعات و آمار کسب شده از ادارات مختلف، نظرات کارشناسان و بازدیدهای میدانی از منطقه مورد مطالعه طبقه‌بندی گردیدند. شکل‌های شماره ۳ الی ۱۳ نقشه‌های اولیه مورد استفاده جهت پهنه‌بندی خطر سیلاب در شهر ایلام را نشان می‌دهند. در این نقشه‌ها، پارامتر مورد بررسی بر اساس ماهیت آن به چند طبقه یا کلاس تقسیم شده و لایه رقومی آن استخراج گردیده است.

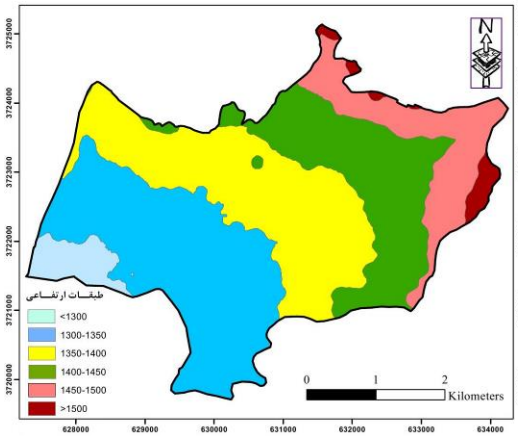
۱ - Inconsistency Ratio

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

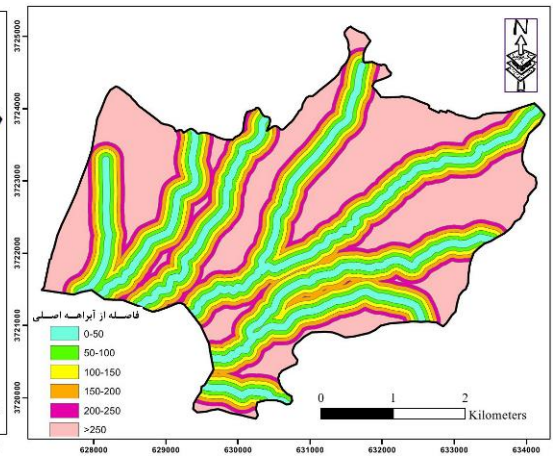
[DOI: 10.29252/jsaeh.6.1.10]



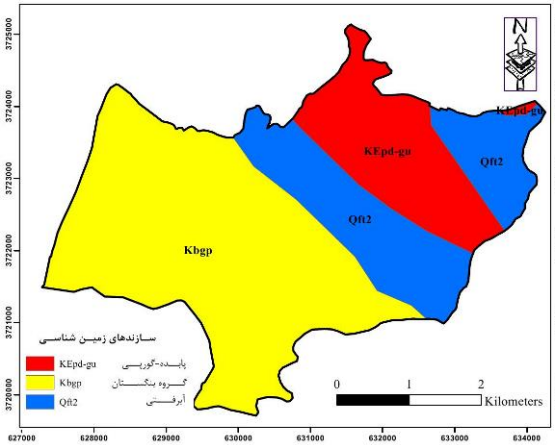
شکل ۳: نقشه طبقه‌بندی‌شده ضریب CN



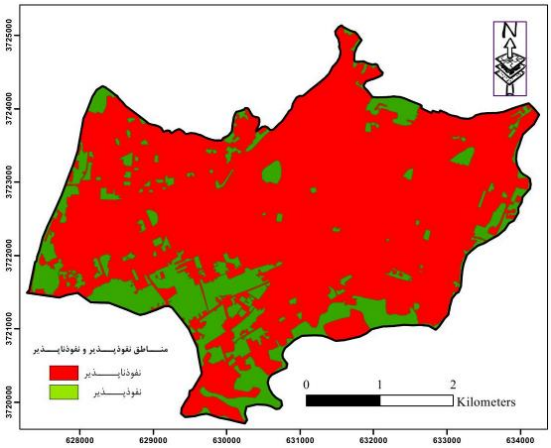
شکل ۴: نقشه طبقه‌بندی‌شده طبقات ارتفاعی



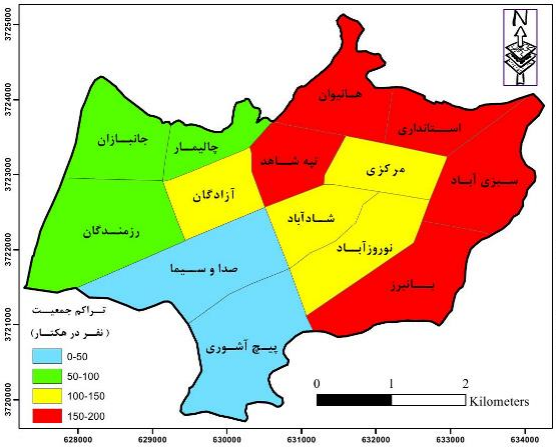
شکل ۵: نقشه طبقه‌بندی‌شده فاصله از مسیل اصلی



شکل ۶: نقشه طبقه‌بندی‌شده زمین‌شناسی



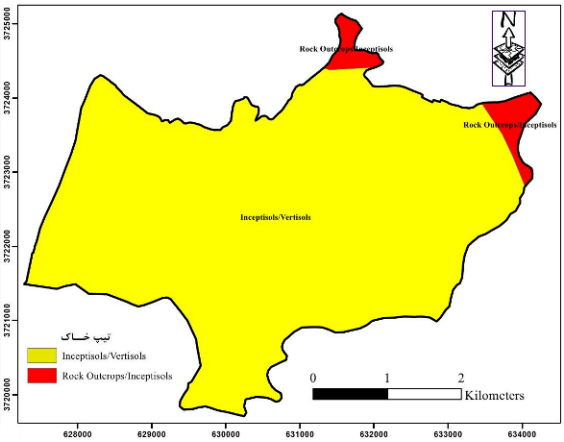
شکل ۷: نقشه طبقه‌بندی‌شده مناطق نفوذپذیر و نفوذناپذیر



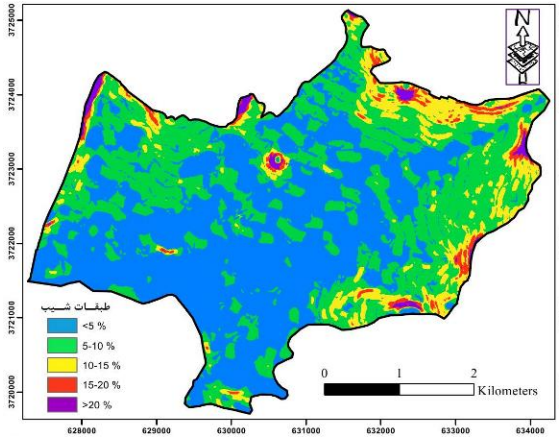
شکل ۸: نقشه طبقه‌بندی تراکم جمعیت

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

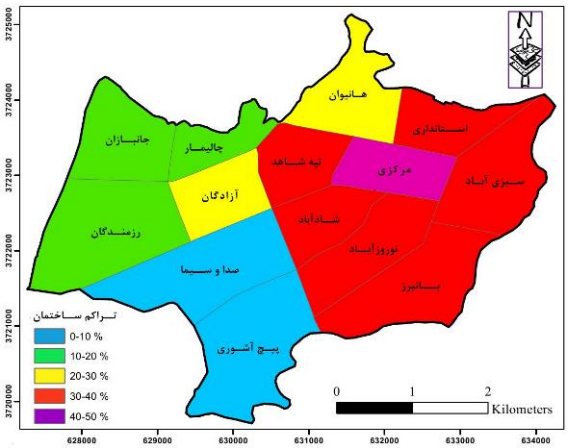
[DOI: 10.29252/jsaeh.6.1.10]



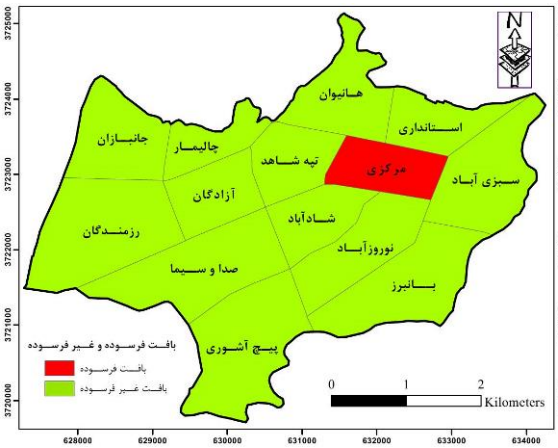
شکل ۹: نقشه طبقه‌بندی‌شده خاک



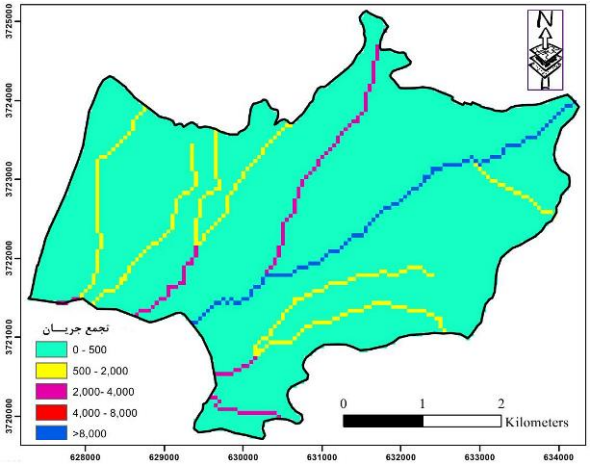
شکل ۱۰: نقشه طبقه‌بندی‌شده طبقات شیب



شکل ۱۱: نقشه طبقه‌بندی‌شده تراکم ساختمان



شکل ۱۲: نقشه طبقه‌بندی‌شده بافت فرسوده



شکل ۱۳: نقشه طبقه‌بندی‌شده تجمع جریان

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.1.10]

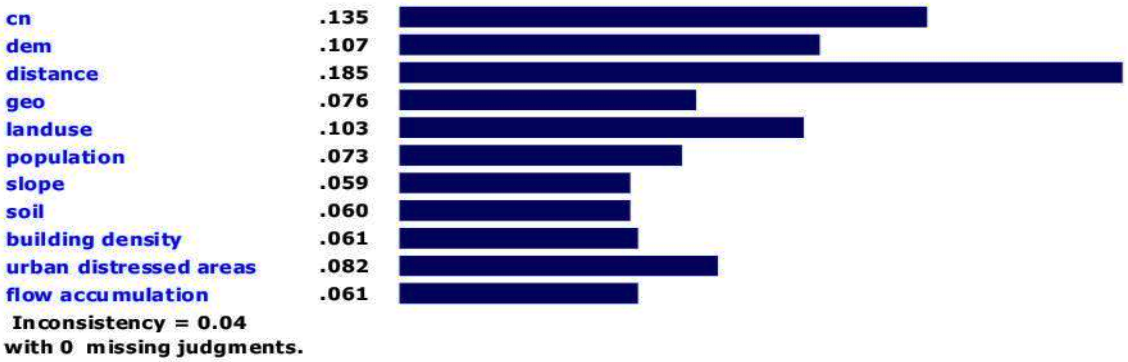
ماتریس مقایسات زوجی پارامترهای مختلف در نرم‌افزار Expert Choice بر اساس نظرات اساتید و کارشناسان مرتبط و نتایج حاصل از آن در شکل ۱۴ نشان داده شده است.

	cn	dem	distance	geo	landuse	population	slope	soil	building de	urban distr	flow accum
cn		1.456	1.257	1.934	1.732	1.655	1.934	1.968	1.968	1.456	2.115
dem			1.075	1.107	1.635	2.711	2.115	1.456	1.732	1.778	1.0
distance				4.213	3.984	3.08	3.409	2.711	2.913	1.316	2.28
geo					1.294	1.316	1.351	1.778	1.0	1.03	1.236
landuse						2.236	3.0	2.3	1.968	1.612	1.934
population							1.392	1.107	1.627	1.392	1.351
slope								1.581	1.189	1.245	1.627
soil									1.456	1.278	1.316
building density										1.15	1.156
urban distressed areas											1.075
flow accumulation	Incon: 0.04										

شکل ۱۴: نتایج حاصل از مقایسه زوجی پارامترهای مؤثر در خطر سیلاب توسط کارشناسان

نکته: مقادیر قرمز رنگ در جدول نشانه ترجیحات معکوس می‌باشد.

نتایج حاصل از ورود نظرات کارشناسان به نرم‌افزار Expert Choice و مقدار نهایی وزن هر کدام از پارامترها در شکل ۱۵ ارائه شده است.



شکل ۱۵: مقدار نهایی وزن هر کدام از پارامترها از طریق میانگین هندسی

همان طور که از شکل (۱۵) مشخص است میزان ناسازگاری برابر با ۰/۰۴ و کمتر از ۰/۱ می‌باشد که مقدار قابل قبولی می‌باشد که نشان از سازگار بودن داده‌ها می‌باشد. وزن نهایی پارامترها و طبقات مؤثر در سیلاب شهر ایلام در جدول شماره ۲ ارائه شده است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.1.10]

جدول ۲: وزن نهایی پارامترها و طبقات مؤثر در سیلاب شهر ایلام

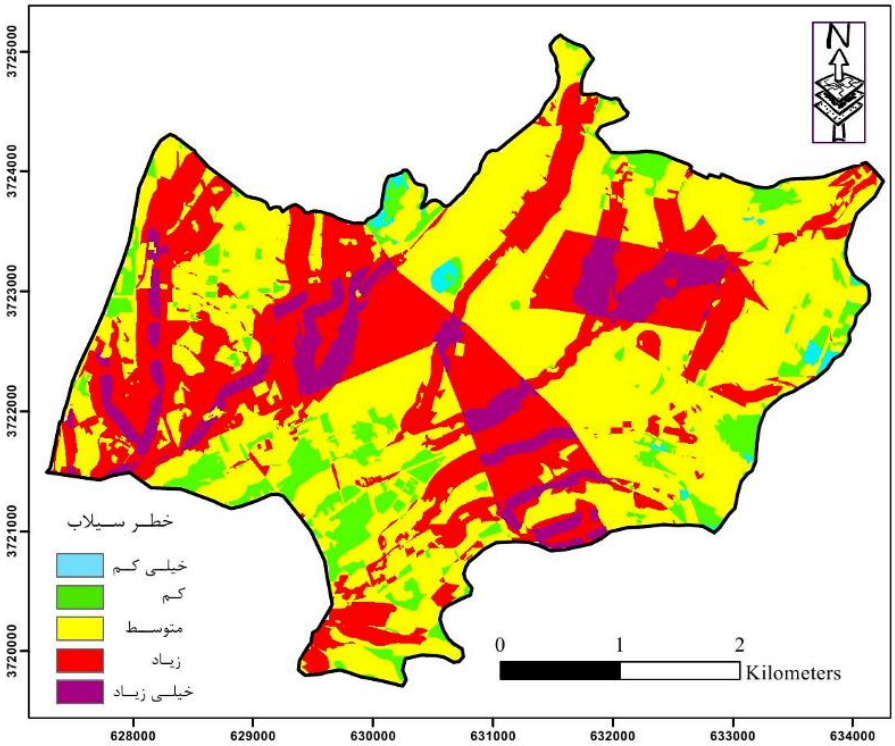
پارامتر	وزن پارامتر	طبقات	وزن طبقات	وزن طبقات
ضریبCN	۰/۱۳۵	۹۴	۰/۰۰۸	
		۹۵	۰/۰۱۳	
		۹۶	۰/۰۲۲	
		۹۷	۰/۰۳۵	
		۹۸	۰/۰۵۶	
طبقات ارتفاعی	۰/۱۰۷	<۱۳۰۰	۰/۰۴۱	
		۱۳۰۰-۱۳۵۰	۰/۰۲۷	
		۱۳۵۰-۱۴۰۰	۰/۰۱۷	
		۱۴۰۰-۱۴۵۰	۰/۰۱۱	
		۱۴۵۰-۱۵۰۰	۰/۰۰۷	
		>۱۵۰۰	۰/۰۰۵	
فاصله از مسیل	۰/۱۸۵	<۵۰	۰/۰۷۸	
		۵۰-۱۰۰	۰/۰۴۷	
		۱۰۰-۱۵۰	۰/۰۲۸	
		۱۵۰-۲۰۰	۰/۰۱۶	
		۲۰۰-۲۵۰	۰/۰۱۰	
		>۲۵۰	۰/۰۰۶	
سازند زمین شناسی	۰/۰۷۶	EK gb	۰/۰۹۷	
		Qt2	۰/۰۱۰۱	
		KB pd gu	۰/۰۵۶	
کاربری	۰/۱۰۳	تفوذ پذیر	۰/۰۱۳	
		تفوذناپذیر	۰/۰۹	
تراکم جمعیت	۰/۰۷۳	۰-۵۰	۰/۰۰۴	
		۵۰-۱۰۰	۰/۰۰۹	
		۱۰۰-۱۵۰	۰/۰۱۹	
		۱۵۰-۲۰۰	۰/۰۴۱	
طبقات شیب	۰/۰۵۹	۰-۵	۰/۰۳	
		۵-۱۰	۰/۰۱۵	
		۱۰-۱۵	۰/۰۰۸	
		۱۵-۲۰	۰/۰۰۴	
		>۲۰	۰/۰۰۲	
خاک	۰/۰۶	Inceptisols/Vertisols	۰/۰۱۷	
		Rock Outcrops/Entisols	۰/۰۴۲	
تراکم ساختمان	۰/۰۶۱	۰-۱۰٪	۰/۰۰۲	
		۱۰-۲۰٪	۰/۰۰۴	
		۲۰-۳۰٪	۰/۰۰۸	
		۳۰-۴۰٪	۰/۰۱۶	
		۴۰-۵۰٪	۰/۰۳۱	
بافت فرسوده	۰/۰۸۲	فرسوده	۰/۰۶۹	
		غیر فرسوده	۰/۰۱۳	
تجمع جریان	۰/۰۶۱	۰-۵۰۰	۰/۰۰۳	
		۵۰۰-۲۰۰۰	۰/۰۰۵	
		۲۰۰۰-۴۰۰۰	۰/۰۰۹	
		۴۰۰۰-۸۰۰۰	۰/۰۱۶	
		>۸۰۰۰	۰/۰۲۹	

بررسی نتایج حاصل از نرم‌افزار Expert Choice در جدول ۲ بیانگر این است که از بین عوامل مؤثر در خطر سیلاب شهر ایلام، فاصله از مسیل با وزن ۰/۱۸۵، ضریب CN با وزن ۰/۱۳۵، ارتفاع با وزن ۰/۱۰۷ و کاربری اراضی با وزن ۰/۱۰۳ به ترتیب دارای بالاترین وزن و تأثیر در بروز خطر سیلاب شهر ایلام می‌باشند. همچنین شیب زمین با وزن ۰/۰۵۹ و تیپ خاک با وزن ۰/۰۶ دارای کمترین تأثیر در بروز خسارت سیلاب در شهر ایلام می‌باشند. نتیجه این تحقیق با نتایج امیراحمدی و همکاران (۱۳۹۰) در محدوده شهر نیشابور و امیراحمدی و همکاران (۱۳۹۰) در شهر سبزوار که به این نتیجه رسیدند که از بین فاکتورهای مؤثر در سیلاب، فاصله از رودخانه بالاترین وزن و تأثیر را دارد و همچنین مطالعه الشیخ و همکاران (Elsheikh et al., ۲۰۱۵) در مالزی در خصوص اینکه نوع خاک کمترین تأثیر را در وقوع سیلاب دارند، مطابقت دارد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.1.10]

سپس نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر سیل در شهر ایلام با تلفیق لایه‌های مختلف و اعمال وزن هر کدام تهیه گردید که در شکل شماره ۱۶ ارائه شده است.



شکل ۱۶: نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر سیل در شهر ایلام

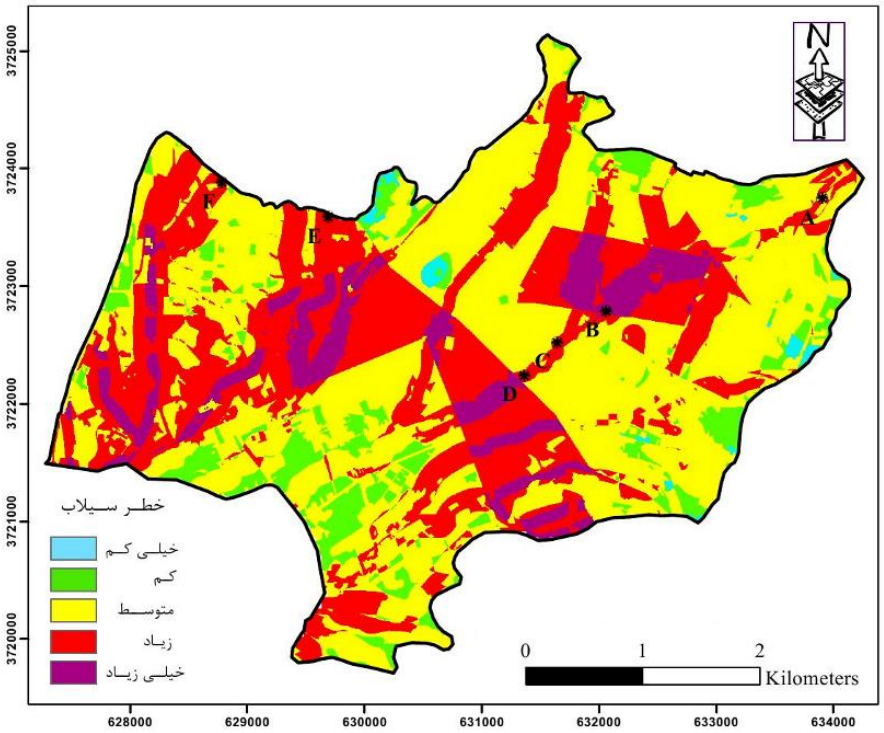
این نقشه نشان می‌دهد که مسیر تمام مسیل‌ها و کانال‌های سطح شهر در محدود خطر سیلاب با شدت زیاد و خیلی قرار گرفته‌اند که با نتایج زارع (۱۳۷۱) و بهنیافر و همکاران (۱۳۹۵) در شهر شاندیز مشهد که از بین رفتن مسیل‌های طبیعی با توسعه شهری و همچنین گسترش شهر در بستر رودخانه و عدم رعایت اصول مهندسی و طراحی نامناسب سازه‌هایی مانند پل باعث تشدید سیل در منطقه می‌باشند مطابقت دارد. نتایج تحقیقات صالحی و همکاران (Salehi et al., 2013) در شهر تهران نیز نشان‌دهنده این است که مسیرهای عبور آب به سمت جنوب شهر دارای بیشترین پتانسیل وقوع سیلاب هستند. از طرفی ملکیان و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی و پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوزه آبریز اخترآباد به این نتیجه رسیدند که هیدرو اقلیم بالاترین تأثیر را در بروز سیل دارد. جنرینو و همکاران (Generino et al., 2015) نیز در شمال فیلیپین فاکتور ارتفاع را دارای بیشترین تأثیر و تراکم جمعیت را دارای کمترین تأثیر در خطر سیلاب می‌دانند.

علیرغم اینکه شیب یکی از عوامل مهم در وقوع سیلاب است در این تحقیق کمترین وزن را دارد؛ که دلیل آن این است که این تحقیق بر روی خسارت ناشی از سیلاب تأکید دارد نه عوامل مؤثر در وقوع خود سیلاب. به عبارتی دیگر، با وجودی که شیب نقش اساسی در ایجاد سیلاب دارد اما بیشترین خسارت در مناطق کم شیب (شکل ۱۰) رخ داده است، زیرا در این مناطق سرعت آب کاهش یافته و تجمع سیلاب صورت می‌گیرد و این موضوع با محل‌هایی که بیشترین خسارت ناشی از سیلاب در آنها مشاهده گردیده (شکل ۱۶) هماهنگی دارد. همچنین فرناندز و لوتز (Fernández and Lutz, 2010) نیز با تهیه نقشه خطر سیل در دو شهر آرژانتین، شیب کم و تعمیر و نگهداری ضعیف

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOI: 10.29252/jsaeh.6.1.10]

کانال‌های زهکشی را مهمترین عامل سیل می‌دانند. محققین دیگر نیز پارامترهای دیگری را در وقوع سیلاب مهم دانسته‌اند از جمله سانی (Sani, 2008) با بررسی عوامل مؤثر بر سیلاب در رودخانه‌ای در نیجریه به این نتیجه رسید که بارندگی سالیانه دارای بالاترین وزن و پوشش زمین دارای کمترین وزن و تأثیر در بروز سیلاب می‌باشند. مورلی و همکاران (Morelli et al., 2012) با بررسی پتانسیل سیل‌خیزی رودخانهٔ آرنو در کشور ایتالیا به این نتیجه رسیدند که مناطق با توسعهٔ شهری، بیشتر در معرض خطر سیلاب قرار دارند. مایاجا و سرینیواسا (Mayaja and Srinivasa. 2016) با پهنه‌بندی خطر سیلاب در رودخانه پامپا در هندوستان به این نتیجه رسیدند که تراکم جمعیت دارای بیشترین وزن و کمیت جاده دارای کمترین وزن می‌باشد.

جهت بررسی اعتبارسنجی نقشه تلفیق تهیه شده، مختصات نقاطی که هنگام بروز سیلاب در روزهای ۶ و ۷ آبان ماه ۱۳۹۴ با برداشت میدانی و به کمک GPS برداشت شده بود وارد محیط نرم‌افزار GIS گردید. سپس مختصات نقاط برداشت شده بر روی نقشه نهایی سیلاب شهر ایلام انتقال یافت (نقاط A تا D در شکل ۱۷). بررسی نقشه نهایی نشان‌دهنده این است که کلیه نقاط برداشت شده در طبقه با خطر زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته‌اند که این امر نشان‌دهنده صحت نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب در شهر ایلام می‌باشد.



شکل ۱۷: نقاط کنترلی در نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر سیل در شهر ایلام

ازآنجاکه شکل حوزه آبخیز شهر ایلام تقریباً گرد می‌باشد، در صورت رخداد رگبار و بارش‌های شدید، این عامل منجر به کوتاهی زمان تمرکز و به همراه سطوح نفوذناپذیر شهری موجب شکل‌گیری سیلاب و آب‌گرفتگی معابر و مسیل‌های شهری می‌گردد. همچنین با تصرف و تجاوز به حریم مسیل‌ها در مناطق مختلف شهر ازجمله هانیوان، فاطمیه، چالسرا و بانقلان به آب‌گرفتگی کانال‌ها و مسیل‌ها کمک کرده‌اند. از طرفی توسعه‌ی شهر به سمت ارتفاعات در شمال، شمال‌شرقی و جنوب‌شرقی شهر (شکل ۸)، بر خطرات ناشی از فرآیندهای جریانی و سیلابی می‌افزاید که با نتایج

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOI: 10.29252/jsaeh.6.1.10]

رستمی و کرد (۱۳۹۵) که با مطالعه حوزه آبخیز شهر ایلام به این نتیجه رسیدند که شمال و شمال‌شرق حوزه به دلیل بالا بودن درصد اراضی غیرقابل نفوذ و مساحت آن، دارای بیشترین رواناب می‌باشد، تطابق دارد. صداقت و همکاران (۱۳۹۵) نیز با ارزیابی حساسیت ناشی از سیلاب در شهر آمل به این نتیجه رسیدند که در نقاط پرتراکم شهر به دلیل کاهش نفوذپذیری و افزایش سطوح نفوذناپذیر حساسیت به سیلاب بالاست.

از دیگر عوامل مؤثر بر وقوع سیلاب در شهر ایلام می‌توان به استقرار شهر در بین ارتفاعات و شیب نسبتاً زیاد (شکل ۱۰)، وجود رسوبات نفوذناپذیر و سازندهای نرم و فرسایش‌پذیر شیل و مارن سازندهای گورپی و پابده (شکل ۶)، ساخت‌وساز و غیرقابل نفوذ کردن زمین از طریق گسترش سطوح آسفالته (شکل‌های ۷ و ۱۱)، از بین بردن پوشش گیاهی و بهره‌برداری از اراضی، ریختن زباله در آبراهه‌ها و مسیل‌ها و همچنین اقلیم مدیترانه‌ای منطقه، اشاره کرد که منجر به افزایش احتمال سیل‌خیزی و بروز خطرات در شهر ایلام می‌شود (شکل ۱۶). نتایج حاصل از این تحقیق از نظر اینکه، بیشترین خسارات مربوط به مناطقی از شهر ایلام است که از بافت فرسوده، مصالح غیراستاندارد و نامقاوم برخوردارند (شکل ۱۲) با نتایج حاصل از مطالعه محمودزاده و همکاران (۱۳۹۴) در محدوده شهر تبریز مطابقت دارد.

مناطق شهری، عموماً شامل محل‌های غیرقابل نفوذی مثل پشت‌بام، جاده و پارکینگ می‌باشند که دارای توانایی نگهداری و نفوذ آب کمی هستند. به همین دلیل سیلاب در حوضه‌های شهری در سطوح صاف و غیرقابل نفوذ که با سیستم زهکشی مصنوعی به‌وسیله بشر ساخته شده است با سرعت بالا اتفاق می‌افتد. با توجه به این عوامل حالت شهری یافتن عرصه‌های طبیعی، باعث شدت رواناب و وقوع سیل در مناطق پایین‌دست می‌شود.

هنگام بروز سیل در روزهای ۶ و ۷ آبان‌ماه ۱۳۹۴ در شهر ایلام، میزان بارش در این حوزه آبخیز بر اساس آمار سازمان هواشناسی کشور بیش از ۳۲۰ میلی‌متر بوده است. هرچند این پدیده از شدت بالایی برخوردار بوده و شاید کنترل و هدایت آن خارج از اراده و توان مسئولین استان بوده و به گفته مدیران هواشناسی استان وقوع این پدیده در ۱۰۰ سال اخیر بی‌سابقه بود، اما میزان خرابی‌های به بار آمده بیش‌ازحد انتظار بود. عمده‌ترین خسارات وارده در مناطق مرکزی شهر ایلام به‌ویژه بافت فرسوده شهر (شکل ۱۲) بوده است. با توجه به اینکه شهر ایلام از غرب به واحدهای تپه‌ماهوری، از شمال و شرق به واحد کوهستان و از جنوب و جنوب غرب به مناطق نسبتاً هموار و شبه‌دشت (شکل‌های ۴ و ۱۰) محدود می‌گردد، در این حوزه آبخیز چندین شبکه آبراهه وجود دارند که مشرف به شهر ایلام هستند و کلیه آبهای سطحی وارد شبکه معابر شهر ایلام می‌گردد (شکل ۱۳)؛ بنابراین آنچه در تشدید سیلاب شهر ایلام مؤثر بوده و حجم خسارات را بالا برده است، از بین بردن مسیل‌های فصلی درجه دو و سه در داخل شهر ایلام می‌باشد. منطقه بالادست شهر ایلام و ارتفاعات آنها چیزی جدا از شهر ایلام نیست و به لحاظ سیستم‌های دینامیک بیرونی و فرایندهای پویای ریخت‌شناسی خارج و داخل شهر به هم وابسته‌اند. بخشی از مسیل‌های فصلی در سطح شهر که از ارتفاعات سرچشمه می‌گیرند و قبل از ایجاد و توسعه شهر فعال بوده‌اند، توسط مسئولین شهری محدود و سربسته شده و بالای آن تبدیل به خیابان گردیده است. این مسیل‌ها در واقع میراث‌های گران‌بهایی به لحاظ فرایندهای پویای ژئومورفولوژی هستند و مطالعه آنها رفتارهای تحولات اقلیمی گذشته را تا حدودی به ما نشان می‌دهند و به‌مثابه سوپاپ‌های اطمینان مخاطرات طبیعی (سیلاب‌ها و...) می‌باشند که از بین بردن این مسیل‌ها از دیدگاه مخاطرات شهری در وهله اول امری غیرمسئولانه و در وهله دوم امری غیرعلمی است و در واقع مجاری مورد اطمینان جهت هدایت آبهای سطحی از بالادست به پایین‌دست شهر از بین رفته و یا دچار نقص شده‌اند و نتوانسته است حجمی از سیلاب را به خارج از شهر هدایت کنند،

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.1.10]

در نتیجه در چندین مقطع حجم بالای سیلاب و نیروی دینامیک آب سبب شکسته شدن سقف این کانال‌ها شده و سیلاب وارد شهر گردیده است که موقعیت کانال‌های تخریب شده در نقاط A تا D در شکل شماره ۱۷ مؤید این مطلب است. عدم مطالعات دقیق حوزه آبخیز بالادست شهر و عدم تعیین حریم سیلابی مسیل‌ها با دوره‌های بازگشت زمانی طولانی (شکل ۵) و عدم حفظ مسیل‌ها (تجاوز به حریم رودخانه و تصرف آن) در زمان گسترش و توسعه شهر از مهمترین نقاط ضعف در این محدوده شهری می‌باشد و مقایسه شکل‌های ۵ و ۱۱ نشان می‌دهد که بیشترین تراکم مناطق مسکونی در محدوده مسیل‌های درون شهر صورت گرفته که در سال‌های اخیر این کانال‌ها سرپوشیده شده‌اند.

از موارد مدیریتی مؤثر در تشدید سیل در شهر ایلام، ورودی پل‌ها و مسیل‌های فصلی داخل شهر می‌باشد. با توجه به اینکه در زمان سیلابی شدن حجم عظیمی از گل‌ولای و خاشاک همراه آب است، بار رسوبی سیلاب بیش‌ازحد شده و در این مواقع حجم سیلاب چند برابر می‌گردد و به‌محض ورود به محل پل و یا دهانه مسیل (مسیل‌های مسقف شهر) سبب گرفتگی و ورود رواناب به سطح شهر شده و سبب تشدید خسارات گردیده است.

با توجه به اینکه بخش‌های وسیعی از شهر ایلام در سال‌های اخیر بر روی واحدهای تپه‌ماهور دارای آبراهه و مسیل‌های فصلی مشرف به شهر گسترش پیدا کرده است، می‌بایست در طرح توسعه شهر ویژگی‌های فیزیکی و توپوگرافی آن و همچنین مقادیر دبی و رواناب‌ها با دوره‌های بازگشت مختلف دیده شود و بر اساس آن، میزان عرض و ارتفاع جداول شبکه معابر طراحی و احداث گردد تا کلیه آبهای سطحی به‌طور اصولی به خارج از شهر هدایت گردند.

نتیجه‌گیری

وقوع سیلاب آذرماه سال ۱۳۹۴ سبب گردید تا در این تحقیق جهت شناسایی مناطق سیل‌گیر و مستعد خطر سیلاب در شهر ایلام و مدیریت بهتر و کارآمدتر آنها در هنگام بروز سیل، پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از مدل AHP و GIS مورد بررسی قرار گیرد. با بررسی نتایج حاصل از نرم‌افزار Expert Choice می‌توان مؤثرترین عوامل در بروز خطر سیلاب را شناسایی و با اولویت‌بندی آنها، راهکارهای مدیریتی را معطوف به برطرف کردن یا کاهش تأثیر این عوامل کرد.

نتایج حاصل از نقشه نهایی خطر سیلاب در شهر ایلام نشان‌دهنده این است که مناطق با خطر خیلی کم ۰/۸ درصد، مناطق با خطر کم ۸/۵ درصد، مناطق با خطر متوسط ۴۹/۶ درصد، مناطق با خطر زیاد ۳۲/۵۴ درصد و مناطق با خطر خیلی زیاد ۸/۵۶ درصد از مساحت حوزه آبخیز شهر ایلام را تشکیل می‌دهند که این امر نشان‌دهنده مستعد بودن شهر ایلام در خصوص بروز سیلاب و تکرار فاجعه سیلاب آذر ۹۴ می‌باشد. نتایج حاصل از این نقشه نشان می‌دهد که از بین نواحی ۱۴ گانه ایلام با توجه به مساحت، ناحیه مرکزی با ۴۷/۸۶ درصد خطر خیلی زیاد و ۵۱/۸۶ درصد خطر زیاد و ناحیه آزادگان با ۳۸/۳۵ درصد خطر خیلی زیاد و ۵۹/۱۷ درصد خطر زیاد پرخطرترین ناحیه‌های ایلام به شمار می‌روند که این امر به علت تراکم بالای جمعیت و ساختمان در هر دو ناحیه، نزدیکی هر دو ناحیه به‌خصوص ناحیه مرکزی به مسیل و همچنین بافت فرسوده و قدیمی ناحیه مرکزی می‌باشد. همچنین نتایج بیانگر این است که از بین عوامل مؤثر در خطر سیلاب شهر ایلام، فاصله از مسیل، ضریب CN، ارتفاع و کاربری اراضی به ترتیب دارای بالاترین تأثیر در بروز خطر سیلاب و شیب زمین و تیپ خاک دارای کمترین تأثیر می‌باشند.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.1.10]

منابع

امیراحمدی، ابوالقاسم؛ ابوالفضل بهنیافر و مجید ابراهیمی. ۱۳۹۰. ریز پهنه‌بندی خطر سیلاب در محدوده شهر سبزوار در راستای توسعه‌ی پایدار شهری. *فصل‌نامه آمایش محیط*. **۱۶**: ۳۲-۱۷.

امیراحمدی، ابوالقاسم؛ صغری کرامتی و طیبه احمدی. ۱۳۹۰. ریز پهنه‌بندی خطر سیلاب در محدوده شهر نیشابور در راستای توسعه شهری. *مجله پژوهش و برنامه‌ریزی شهری*، **۷**: ۱۱۰-۹۱.

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

بهنیافر، ابوالفضل؛ هادی قنبرزاده، سکینه پاد و مجتبی اسدی. ۱۳۹۵. پهنه‌بندی مناطق حساس ریسک سیل‌گیری با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی AHP با تأکید بر ژئومورفولوژی شهری مطالعه موردی آبخیز شهر شاندیز. *چهارمین کنفرانس ملی توسعه پایدار در علوم جغرافیا و برنامه‌ریزی، معماری و شهرسازی.*

رستمی، نورالدین و لیلا کرد. ۱۳۹۵. اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیر حوزه‌ها در مناطق شهری (مطالعه موردی: حوزه آبخیز شهر ایلام). *همایش ملی پژوهش‌های کاربردی در کشاورزی*، کرج. تیرماه ۱۳۹۵.

رستمی، نورالدین؛ لیلا کرد و فاطمه رمضانی. ۱۳۹۵. تأثیر شهرسازی بر میزان دبی در مناطق شهری (مطالعه موردی: حوزه آبخیز شهر ایلام). *همایش ملی پژوهش‌های کاربردی در کشاورزی*، کرج. تیرماه ۱۳۹۵.

زارع، جمال. ۱۳۷۱. علل و عوامل سیلاب و آب‌گرفتگی در مناطق شهری ایران و راه‌های پیشگیری از آن. *اولین کنفرانس بین‌المللی بلایای طبیعی در مناطق شهری*، تهران. ۲۳-۱۶ تیرماه.

صداقت، محسن؛ کریم سلیمانی و مصطفی رشیدپور. ۱۳۹۵. ارزیابی حساسیت ناشی از سیلاب در شهر آمل با استفاده از تکنیک GIS. *سومین کنفرانس علمی و پژوهشی افق‌های نوین در علوم جغرافیا و برنامه‌ریزی معماری و شهرهای ایران*، تهران. ۲۷ خردادماه.

طیبی، فریال. ۱۳۸۴. *تحلیل توان سیل‌خیزی با تأکید بر ویژگی‌های ژئومورفولوژیک با استفاده از GIS و مدل‌های مفهومی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز ششتمد)*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت‌معلم سبزوار.

فتوحی، صمد و سجاد کیانی. ۱۳۹۳. ریز پهنه‌بندی ریسک سیلاب شهری با استفاده از مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی مطالعه موردی شهر نهاوند. *فصل‌نامه آمایش محیط*، **۲۹**: ۱۵۲-۱۳۳.

کردوانی، پرویز؛ حیدر قادری و آرزو قادری. ۱۳۸۸. تحلیل منطقه‌ای سیلاب‌های لارستان. *فصلنامه جغرافیای طبیعی*، **۵**: ۱۸-۱.

محمودزاده، حسن؛ وحید امامی کیا و علی‌اکبر رسولی. ۱۳۹۴. ریز پهنه‌بندی خطر سیلاب در محدوده شهر تبریز با استفاده از روش AHP. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، **۱**: ۱۸۰-۱۶۷.

ملکیان، آرش؛ اصغر افتادگان خوزانی و غدیر عشورنژاد. ۱۳۹۱. پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوزه آبخیز اخترآباد با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتب فازی. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، **۸۲**: ۱۵۲-۱۳۱.

Cheng, C.H. 1997. Evaluating naval tactical systems by fuzzy AHP based on the grade value of membership function. *European Journal of Operational Research*, **96**: 343–350.

Elsheikh, R.; S. Ouerghi, and A. Elhag. 2015. Flood Risk Map Based on GIS, and Multi Criteria Techniques (Case Study Terengganu Malaysia). *Journal of Geographic Information System*, **7**: 348-357. Doi: 10.4236/jgis.2015.74027.

Fernández, D.S.; and M.A. Lutz. 2010. Urban flood hazard zoning in Tucumán Province Argentina, using GIS and multicriteria decision analysis. *Engineering Geology*, **111**: 90–98.

Generino, P.S.; E.V. Sony, and F. Proceso. 2015. Modeling Flood Risk for an Urban CBD Using AHP and GIS. *International Journal of Information and Education Technology*, **5**: 748-753.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.1.10]

Guangtao, F. 2008. A fuzzy optimization method for multi criteria decision making: An application to reservoir flood control operation. *Expert System with Application*, **34**:145–149.

Islam, M.; and K. Sado. 2000. Development of Flood Hazard Maps of Bangladesh Using NoAA-AvHRR Images with GIS. *Hydrological Sciences Journal*, **45**: 42-48.

Maass, A.; M.M. Hufschmidt, R. Dorfman Jr., H.A. Thomas, S.A. Marglin, and G.M. Fair. 1962. Design of Water Resources Systems. *Harvard University Press*, Cambridge.

Mayaja, N.A.; and C.V. Srinivasa. 2016. Flood hazard zoning using analytic hierarchy process: A case study for Pampa river basin, Kerala, India. *Journal of Geomatics*, **10**: 1-6.

Morelli, S.; S. Segoni, G. Manzo, L. Ermini, and F. Catani. 2012. Urban planning, flood risk and public policy: The case of the Arno River, Firenze, Italy. *Applied Geography*, **34**: 205-218.

Oguntunde, P.G.; J. Friesen, N. van de Giesen, and H.H.G. Savenije. 2006. Hydroclimatology of the Volta River Basin in West Africa: Trends and variability from 1901 to 2002, *Journal physics and chemistry of the Earth*, **31**: 1180-1188.

Saaty, T. L. 1980. The Analytic Hierarchy Process. New York, NY: *McGraw - Hill*.

Salehi, E.; Y. Rafii, M.R. Farzad Behtash, and M.T. Aghababai. 2013. Urban Flood Hazard Zonation Using GIS and Fuzzy-AHP Analysis (Case study: Tehran city). *Journal of Environmental Studies*, **39**: 179-188.

Sani, Y. 2008. Multicriteria Analysis for Flood Vulnerable Areas in Hadejia-Jama'are River Basin, Nigeria. *ASPRS 2008 Annual Conference*. Portland, Oregon. April 28 - May 2.

Singh, V.P. 1996. Hydrology of disasters, Water science and Technology library Vol. 24, *Kluwer Academic Publishers*.

Zahraie, B.; M. Fooladgar, A. Shanehsaz, and A. Roozbahani. 2008. Framework of a Decision Support System for Basin-Scale Sustainable Water Resources Supply and Demand Management. *Proceedings of Congress*, 12-16.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOI: 10.29252/jsaeh.6.1.10]