



ارزیابی و پهنه‌بندی خطر رخداد سیلاب در حوضه فرحزاد (تهران) با استفاده از مدل فازی

عزت‌الله قنوازی: دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران *

امیر کرم: استادیار ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

مرضیه آقاعلی‌خانی: کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

وصول: ۱۳۹۰/۵/۱۰ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۱/۲۳، صص ۱۳۸-۱۲۱

چکیده

سیلاب یکی از مخاطراتی است که امروزه بشر با آن مواجه است و هر ساله خسارات مالی و جانی فراوانی را به دنبال دارد. از آنجا که جمع‌آوری و دفع رواناب‌های ناشی از بارندگی در مسیل رودخانه در واقع نوعی اقدامات ایمنی، بهداشتی و رفاهی تلقی می‌شود و نیز رخداد چندین سیلاب در تهران که در برخی موارد با خسارات جانی و مالی همراه بوده است نشان دهنده ضرورت مطالعه جامع در زمینه سیلاب در حوضه‌های بالادست شهر تهران از جمله حوضه فرحزاد است. حوضه فرحزاد یکی از هفت رود دره‌ای است که در بالادست شهر تهران قرار گرفته است و با توجه به شرایط حوضه احتمال رخداد سیلاب در آن وجود دارد. در این پژوهش سعی شده تا نواحی با بیشترین خطر رخداد سیلاب در حوضه فرحزاد با استفاده از مدل فازی تعیین گردد. در این زمینه لایه‌های اطلاعاتی مربوط به شیب، انحنا پروفیل و پلانیمتریک، ارتفاع، تراکم زهکشی، فاصله از آبراهه، لندفرم‌ها و کاربری اراضی مورد استفاده قرار گرفته است. در نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر سیلگیری نواحی با خطر بسیار بالا در پایین دست حوضه و منطبق بر دره اصلی فرحزاد هستند. بیشتر مساحت منطقه مربوط به نواحی با خطر بسیار کم با مساحت ۱۴/۲۹ کیلومتر مربع (۶۴/۱۱ درصد) است و کمترین مساحت نیز مربوط به سطوح با خطر بسیار زیاد (۰/۷۸ کیلومتر مربع) و زیاد (۱/۳۷ کیلومتر مربع) است. اغلب نواحی با خطر سیلگیری بسیار بالا در شیب‌های بین ۰-۲۰ درصد و واحدهای دره‌ای واقع گردیده‌اند. ارتفاع این سطوح اغلب بین ۲۳۰۰-۲۶۵۰ متر است و بیشتر در فاصله ۰-۱۳۰ متری از آبراهه فرحزاد واقع گردیده‌اند. سطح وسیعی از این پهنه‌ها دارای پوشش درختی و درخچه‌ای هستند. پهنه‌های با خطر سیلگیری بالا در اطراف پهنه‌های با خطر سیلگیری بسیار بالا هستند. این نواحی شیب‌های بین ۲۰-۴۰ درصد را شامل می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی، سیلاب، فازی، مخاطرات، فرحزاد

مقدمه

مورد خطر بلایای طبیعی، سیلاب همراه با زلزله و خشکسالی بالاترین رتبه را از لحاظ خسارت مالی و جانی به همراه دارد (بهشتی و دیگران، ۱۳۸۸: ۲۲).

سیلاب از جمله بلایای طبیعی شناخته شده است که طبق گزارش جهانی برنامه عمران سازمان ملل در

سیلاب در حوضه‌های بالادست شهر تهران از جمله حوضه فرحزاد است. در این پژوهش سعی گردیده تا به این سوال پاسخ داده شود که: کدام پهنه‌ها در حوضه فرحزاد دارای بیشترین خطر رخداد سیلاب است؟ در نتیجه هدف از این مطالعه تعیین نواحی با بیشترین قابلیت رخداد سیلاب است. جهت پاسخ به این سوال از روشی به نام مدل فازی استفاده شده است. مدل فازی بوسیله پرفسور لطفی عسگرزاده در سال ۱۹۶۵ عرضه شده است. نظریه فازی نظریه‌ای برای اقدام در شرایط عدم اطمینان است. این نظریه مفاهیم و متغیرهای نادقیق و مبهم را به شکل ریاضی در می‌آورد (مومنی، ۱۳۸۷: ۱۸۷). با توجه به این امر که پدیده‌هایی نظیر سیلاب تحت تاثیر عوامل بسیاری قرار دارند که تاثیر احتمالی و غیر قطعی دارند، بنابراین در مطالعه چنین پدیده‌هایی استفاده از مدل بولین که لازمه آن داده‌های دقیق و کمی است، منطقی به نظر نمی‌رسد. به همین دلیل در این پژوهش از مدل فازی جهت پهنه بندی سیلاب در حوضه فرحزاد استفاده شده است، همچنین رابطه کریگر جهت تعیین دبی روان آب ناشی از بارش با دوره‌های بازگشت مختلف بکار رفته است.

مطالعات داخلی و خارجی بسیاری در ارتباط با سیلاب و زمینه‌های مختلف مرتبط با آن صورت گرفته است از جمله می‌توان به کارهای انجام شده به وسیله وندرسن^۱ و همکاران (۲۰۰۳: ۲۱۹) اشاره کرد که تصویر ماهواره‌ای ایکنوس^۲ را در بخش‌های جنوبی هلند جهت برآورد خطر و خسارات سیلاب با استفاده از مدل LISFLOOD طبقه‌بندی نمودند.

آنچه بر اهمیت وقوع رخداد سیل می‌افزاید قرار گرفتن مراکز انسانی و شهری نظیر شهر تهران در محدوده‌های سیلابی است، وجود چنین مراکزی در محدوده حوضه‌های سیلابی علاوه بر این که موجب افزایش تولید رواناب می‌گردد (طاهری بهبهانی و همکاران، ۱۳۷۵: ۴) افزایش خسارات جانی و مالی را نیز به دلیل تراکم بالای جمعیت و تاسیسات به همراه دارد. از جمله رخدادهای سیلاب در شهر تهران می‌توان به سیلاب ۷ مرداد ۱۳۳۳ معروف به سیل امامزاده داود اشاره کرد که با خسارات جانی فراوان همراه بوده است (روزنامه کیهان، ۱۳۳۳/۵/۹). سیلاب ۴ مرداد ۱۳۶۶ که در مناطق شمیران و مناطق شمالی تهران رخ داد، تعداد زیادی از ساکنین منطقه جان خود را از دست دادند (قربانی و همکاران، ۱۳۸۶: ۲). در ۳ و ۴ اردیبهشت ۱۳۷۴ بارندگی در حوضه رودخانه کن موجب جاری شدن سیلاب در این منطقه گردید (روزنامه ایران، ۱۳۷۴/۲/۵). علاوه بر موارد فوق سیلاب‌های مهم دیگری در سال‌های ۱۳۱۶، ۱۳۴۶ و ۱۳۴۷ در تهران رخ داده است. بر اساس مطالعات انجام شده به وسیله صابری (۱۳۷۵: ۸۷) تعداد حوادث سیل در شهر تهران طی چهار دهه (۱۳۳۱-۱۳۷۰) رو به افزایش بوده، در دهه اول ۱۲ مورد، دهه دوم ۱۵ مورد، دهه سوم ۳۳ مورد و دهه چهارم ۵۴ مورد به وقوع پیوسته است. از آنجا که جمع آوری و دفع رواناب‌های ناشی از بارندگی در مسیل رودخانه در واقع نوعی اقدامات ایمنی، بهداشتی و رفاهی تلقی می‌شود و نیز رخداد چندین سیلاب در تهران که در برخی موارد با خسارات جانی و مالی همراه بوده است، نشان دهنده ضرورت مطالعه جامع در زمینه

1-Vander Sand

2-IKONOS

طبقه‌بندی خطر سیلاب در ۳۰ استان چین بکار برده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که روش تحلیل خوشه‌ای فازی روشی مناسب برای طبقه‌بندی خطر سیلاب است. برای نقشه‌کشی سیلاب مدلی به نام مهندسی معکوس سیلاب طراحی شده و برای نقشه‌کشی سیلاب در کشورهای در حال توسعه که اطلاعات کافی جهت مطالعه سیلاب در دسترس ندارند نظیر حوضه هلمند در افغانستان به کار رفته است (hagen, et al, 2010: 3). علاوه بر موارد فوق مطالعات دیگری در زمینه سیلاب به وسیله سیناکودن^۵ و همکاران (۲۰۰۳: ۱۲۱)، هودسن^۶ و همکاران (۲۰۰۳: ۲۳۴)، والسکی^۷ و همکاران (۲۰۰۶)، مرواید^۸ و همکاران (۲۰۰۸: ۱۳۰۱)، بالدزار^۹ و همکاران (۲۰۰۹: ۲۷۸) انجام گردیده است.

از جمله کارهایی که در زمینه سیلاب در داخل کشور انجام شده، می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود. وهابی (۱۳۷۶: ۴۲) از نرم افزار HEC-1 جهت مدل‌سازی و CN برای برآورد سیلاب استفاده کرده است. آل‌شیخ و همکاران (۱۳۸۱: ۲۶) از مدل‌های منطق بولین، شاخص همپوشانی و منطق فازی جهت تعیین مکان مناسب برای پخش سیلاب در حوضه آبخیز سمل استفاده نموده‌اند، نتایج حاصل از مقایسه نقشه‌های نهایی با عرصه‌های کنترلی نشان داده است که عملگرهای گاما ۰/۱، گاما ۰/۲ و ضرب جبری از مدل منطق فازی بهترین مدل‌های تلفیق هستند. قنوتی (۱۳۸۶: ۱۷۸) نیز جهت شناسایی عوامل مختلف

در نهایت، خسارات ناشی از سیلاب را با توجه به عمق و حجم سیلاب در ارتباط با هر طبقه پوشش زمین تعیین نمودند. حرکت سیلابها در مراحل مختلف در حوضه آمازون به وسیله مارتینز^۱ و همکاران (۲۰۰۷: ۲۱۰) مورد بررسی قرار گرفته است. آنها تأثیر حرکت سیلابها بر روی توزیع پوشش گیاهی را بر اساس مدت زمان سیلاب با کمک تصاویر ماهواره‌ای تعیین کرده‌اند. سیرینیوس و همکاران^۲ (۲۰۰۸: ۱۵۱) جهت تحلیل تناوب سیلاب منطقه‌ای روشی مرکب از نقشه عوارض خود سازمان یافته و الگوریتم c-mean خوشه‌بندی فازی را بکار برده و کارایی این روش را در حوضه‌های آبخیز ایالت ایندیانا در آمریکا مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان داده است که روش تحلیل تناوب سیلاب منطقه‌ای با روش‌های مبنی بر تحلیل رگرسیونی و همبستگی چند متغیره قابل مقایسه است.

تأثیر داده‌های توپوگرافیکی، پیکر بندی ژئومتریک و انواع روش‌های مدل‌سازی بر روی نقشه‌کشی طغیان سیلاب به وسیله کوک^۳ و همکاران (۲۰۰۹: ۱۳۳) مورد بررسی قرار گرفته است. این بررسی بر روی نهر Strouds و Brazos که دارای شرایط توپوگرافیک و پیکربندی ژئومتریک متفاوت هستند صورت گرفته و دو مدل HEC-RAS و FESWMS اجرا گردیده است. چن^۴ و همکاران (۲۰۱۱: ۱۹۱۸) روش تحلیل خوشه‌ای فازی و شاخص‌های مساحت تحت تأثیر قرار گرفته، تعداد تلفات جانی، تعداد خانه‌های ویران شده و میزان خسارات اقتصادی مستقیم را در

5- Sinnakaudan
6-Hudson
7-Wolski
8-Merwade
9-Baldassarre

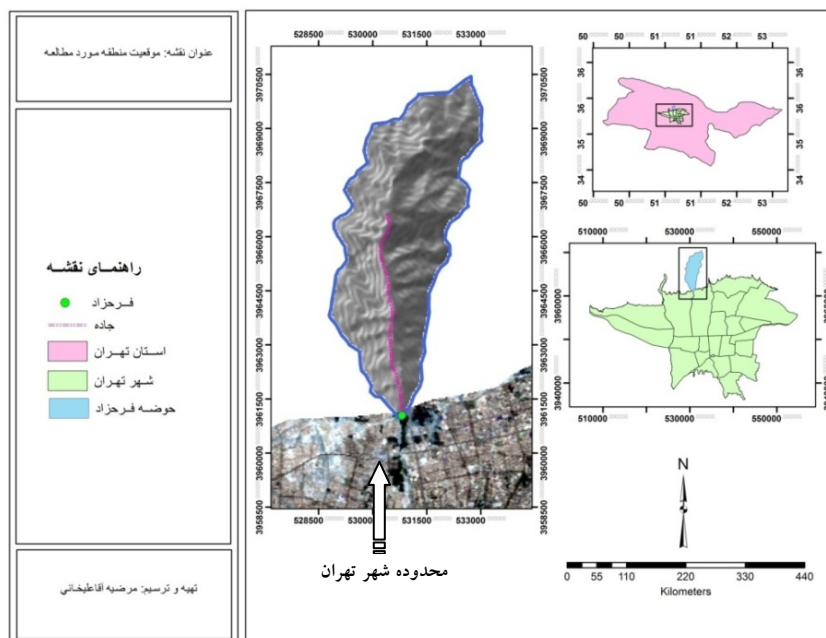
1-Martinez
2- Srinivas
3-Cook
4-Chen

نتایج نشان می‌دهد که نحوه مشارکت زیر حوضه‌ها در سیل خروجی لزوماً متناسب با دبی اوج زیر حوضه‌ها ناست. علاوه بر موارد فوق صادقی و همکاران (۱۳۸۶: ۶۴)، فرحزاده و همکاران (۱۳۸۷: ۹۲) و ساعد (۱۳۸۷: ۳۲) مطالعاتی را بر روی پهنه‌بندی و برآورد سیلاب انجام دادند. بنابر مطالعات انجام شده و قرار گرفتن تهران در پایین دست این حوضه‌ها و همچنین عدم پژوهشی جامع در این زمینه خطر سیلاب در حوضه فرحزاد ضروری می‌نماید.

منطقه مورد مطالعه

فرحزاد یکی از هفت رود دره‌ای است که تهران خود را از سمت شمال به آن رسانده است. حوضه فرحزاد در بالادست شهر تهران قرار گرفته و دارای مساحت تقریبی ۲۲/۲۹ کیلومتر مربع است.

هیدروژئومورفولوژیکی موثر بر سیلاب در حوضه گاماسیاب از پارامترهای مورفومتریک حوضه همچون ضریب جریان، ارتفاع متوسط، شیب حوضه، طول حوضه، مساحت حوضه و ... بهره برده است. همچنین حسین زاده و همکاران (۱۳۸۶: ۱۴۶) تاثیر گسترش شهر مشهد بر الگوی زهکشی طبیعی و تشدید سیلاب‌های شهری را مطالعه کرده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که اثرات مستقیم و غیر مستقیم شهر بر الگوی زهکشی طبیعی در محدوده گسترش شهر موجب تشدید سیلخیزی در این شهر گردیده است. امیراحمدی و همکاران (۱۳۸۸: ۱۵۷) با استفاده از روش شبیه سازی هیدرولوژیکی HEC-HMS سیلاب را در دشت کرون مورد بررسی قرار داده‌اند. جهت برآورد رواناب از روش حفاظت خاک آمریکا (SCS) و مدل HEC-HMS استفاده نموده‌اند.



شکل ۱- نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

پارامترهای موثر بر سیلخیزی تعیین گردیدند. برای تهیه داده‌ها و لایه‌های مذکور از اطلاعات نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰۰ تجریش شماره NI 39-3 سری K551 برگه 2661 I، نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰۰ برگه تهران، نقشه ارزیابی منابع و قابلیت اراضی ۱:۲۵۰۰۰۰ تهران، تصویر ماهواره‌ای ETM+ لندست و تصویر ماهواره‌ای IRS-LISS III استفاده شده است. جهت آنالیز تصاویر ماهواره‌ای از نرم افزار Erdas با توجه به قابلیت‌های این نرم افزار در پردازش تصویر و مدلسازی و همچنین همخوانی کامل آن با نرم افزار ArcGIS استفاده شده است. جهت تهیه لایه‌های اطلاعاتی و اجرای مدل نرم افزار ArcGIS با توجه به قابلیت آن در تحلیل داده‌های مکانی بکار رفته است.

ابتدا لایه DEM حوضه بر اساس نقشه توپوگرافی حوضه تهیه گردید سپس با کمک این لایه، لایه‌های شیب، انحنا پروفیل، انحنا پلانیمتری و ارتفاع با استفاده از نرم افزار ArcGIS آماده گردید. لایه تراکم زهکشی و فاصله از آبراهه نیز بر مبنای لایه آبراهه‌ها استخراج شده از نقشه توپوگرافی تهیه گردیده است. نقشه توپوگرافی، نقشه زمین شناسی، نقشه ارزیابی منابع و قابلیت اراضی و تصاویر ماهواره‌ای در تهیه لایه لند فرم‌های حوضه بکار رفتند و لایه کاربری اراضی در حوضه با کمک تصاویر ماهواره‌ای تهیه گردید.

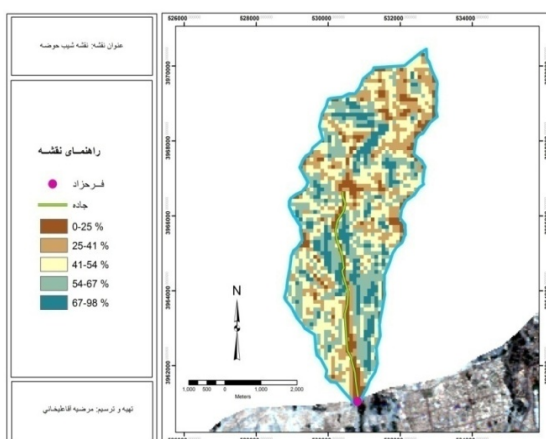
از نظر موقعیت جغرافیایی در عرض جغرافیایی ۴۷' تا ۳۵° ۵' شمالی و طول جغرافیایی ۱۹° ۵۱' تا ۲۱° ۵۱' شرقی واقع گردیده است (شکل ۱). این رودخانه از ارتفاعات امامزاده داوود سر چشمه می‌گیرد.

اقلیم این حوضه از نوع نیمه خشک کوهستانی و سرد است و از نظر توپوگرافی جهت کلی دامنه‌ها رو به جنوب و با شیب زیاد است. حداقل ارتفاع این حوضه ۱۶۰۰ متر و حداکثر آن ۳۴۰۷ متر است. برطبق نقشه ارزیابی منابع و قابلیت اراضی استان تهران دارای تیپ کوهستانی بوده و واحدهایی با کوههای بسیار مرتفع و عموماً با قله مضرس را شامل می‌شود که متشکل از سنگ‌هایی نظیر سنگ‌های سخت آهکی-شیل، کنگلومرا، آذرآواری و بعضاً آذرین است (موسسه تحقیقات آب و خاک، ۱۳۷۰).

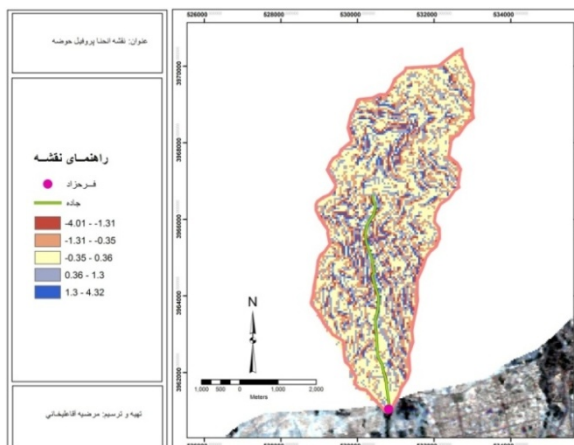
داده‌ها و روش شناسی

- داده‌ها و لایه‌های مورد استفاده

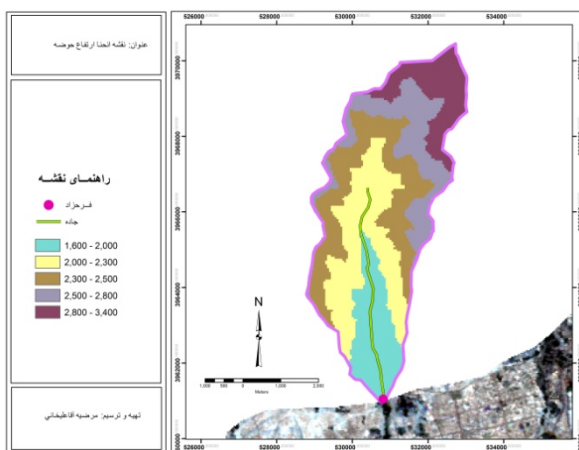
با توجه به موضوع و هدف تحقیق که تعیین مناطق با خطر زیاد سیلاب در حوضه فرحزاد است و همچنین بر اساس تجارب و مطالعات قبلی (صراطی، ۱۳۸۵: ۴۷ و ساعد، ۱۳۸۷: ۳۲) داده‌ها و لایه‌های اطلاعاتی شیب (شکل ۲)، انحنا پروفیل (شکل ۳) و پلانیمتری (شکل ۴)، ارتفاع (شکل ۵)، تراکم زهکشی (شکل ۶)، فاصله از آبراهه (شکل ۷)، لند فرم‌ها (شکل ۸) و کاربری اراضی (شکل ۹) بعنوان



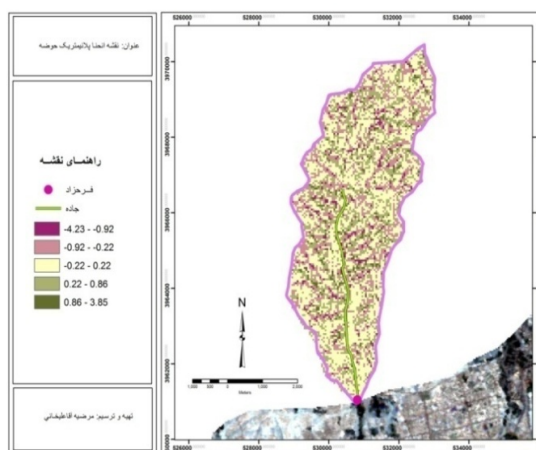
شکل ۳- نقشه انحنای پروفیل



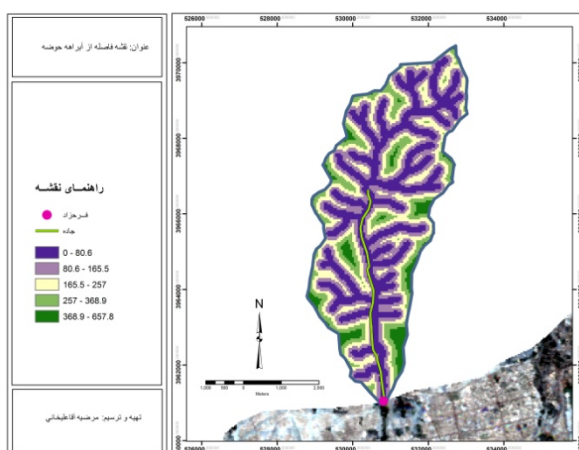
شکل ۲- نقشه شیب



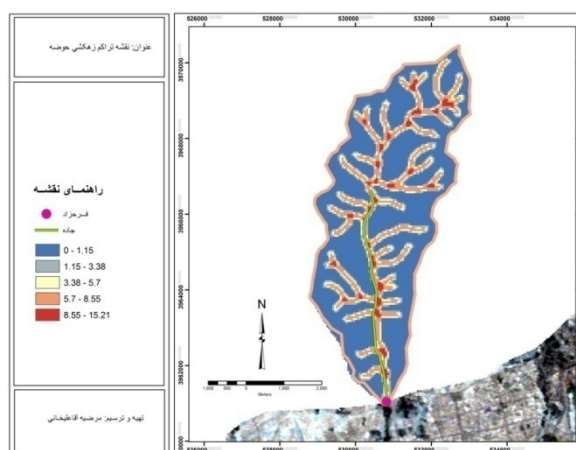
شکل ۵- نقشه ارتفاع



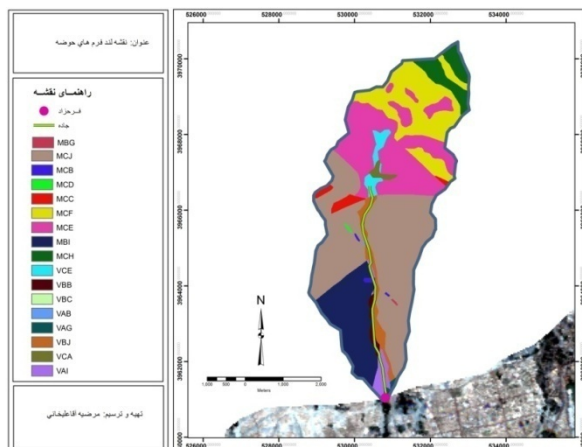
شکل ۴- نقشه انحنای پلانیمتری



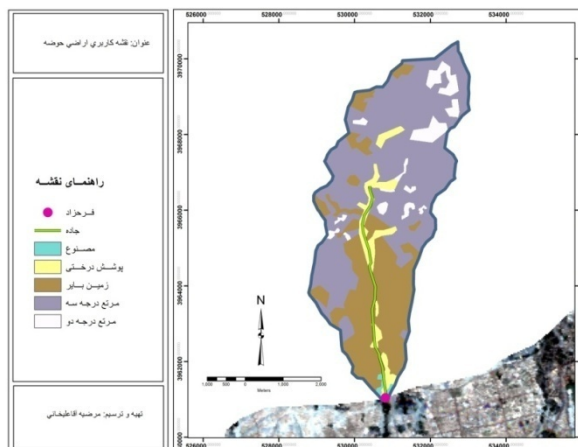
شکل ۷- نقشه فاصله از آبراهه



شکل ۶- نقشه تراکم زهکشی



شکل ۹- نقشه کاربری اراضی



شکل ۸- نقشه لند فرمها

در تئوری مجموعه‌های دقیق اگر یک مجموعه را در نظر بگیریم، هر عضو مجموعه مرجع یا در مجموعه هست و یا نیست و می‌توان برای هر مجموعه A تابع زیر را تعریف کرد (مومنی، ۱۳۸۷: ۱۹۷).

رابطه (۱)

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & , \text{If } x \in A \\ 0 & , \text{If } x \notin A \end{cases}$$

این تابع به هر عضو مجموعه A عدد (۱) و به هر عضو خارج از مجموعه A عدد (۰) نسبت می‌دهد.

یک مجموعه فازی توسط تابع عضویتی بیان می‌شود که این تابع عضویت درجه تعلق اعضای مجموعه را با یک عدد حقیقی بین [۰، ۱] نشان می‌دهد. به عبارت دیگر اگر عضویت عنصری در مجموعه A را در بازه‌ای از [۰، ۱] قرار دهیم، به هر X از عددی در بازه [۰، ۱] نسبت داده می‌شود و به این تابع، تابع عضویت گفته می‌شود و آن را بصورت $\mu_A(x)$ نشان می‌دهند که درجه عضویت بین (۰) و (۱) خواهد داشت. تابع عضویت برابر (۱) نشان دهنده عضویت کامل در مجموعه و مقدار (۰) نشان دهنده عدم عضویت کامل عنصر در مجموعه است. بنابراین،

- روش شناسی

منطق فازی تکنولوژی جدیدی است که شیوه‌های مرسوم برای طراحی و مدلسازی یک سیستم را که نیازمند ریاضیات پیشرفته و نسبتاً پیچیده است را با استفاده از مقادیر و شرایط زبانی و یا به عبارتی دانش فرد خبره، و با هدف ساده سازی و کارآمدتر شدن طراحی سیستم، جایگزین و یا تا حد زیادی تکمیل می‌نماید (سلامی، ۱۳۸۹: ۳۲). مدل فازی بر منطق فازی استوار بوده که اساساً به منظور اقدام در شرایط ابهام ارائه گردیده است. هر فرد همزمان در مجموعه‌های مختلف ولی به درجات متفاوت عضویت دارد. درجات عضویت مقادیر بین صفر و یک و نیز خود این دو حد را می‌پذیرد (Van Alphen, 2000: 1710). نظریه فازی از زمان ابداع تا به امروز به طور روز افزونی در حال گسترش بوده و کاربردهای گوناگونی پیدا کرده است. این تئوری در الگو کردن پدیده‌های فیزیکی، نقشه برداری و طبقه بندی بطور گسترده استفاده شده است (رستمی، ۱۳۸۷: ۲۲، خسروی، ۱۳۸۲: ۴۳ و اشغلی فرهانی، ۱۳۸۰: ۶۷).

قبل از اجرای مدل فازی نیاز است که برای هریک از لایه‌های اشاره شده در فوق توابع عضویت تعیین گردد و ارزش لایه‌ها در بازه‌ای بین [۰،۱] قرار گیرد، بدین منظور ابتدا رابطه هر یک از پارامترها با سیلاب مورد بررسی قرار گرفته و سپس توابع مربوطه در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱- توابع عضویت لایه‌ها

ردیف	پارامتر	تابع عضویت	نمودار وابسته به تابع
۱	شیب	$f(x) = \begin{cases} 1 & .If \quad x \leq 10 \\ \frac{98.5 - x}{98.5 - 10} & .If \quad 10 < x \leq 98.5 \end{cases}$	
۲	انحنا پروفیل	$f(x) = \frac{x - 0}{8.3} \quad .If \quad x \leq 8.3$	
۳	انحنا پلانیمتریک	$f(x) = \frac{8.1 - x}{8.1} \quad .If \quad x \leq 8.1$	
۴	ارتفاع	$f(x) = \begin{cases} 1 & .If \quad x \leq 2100 \\ \frac{3407 - x}{3407 - 2100} & .If \quad 2100 < x \leq 3407 \end{cases}$	
۵	تراکم زهکشی	$f(x) = \frac{x - 0}{15.5} \quad .If \quad x \leq 15.5$	
۶	فاصله از آبراهه	$f(x) = \frac{696 - x}{696} \quad .If \quad x \leq 696$	
۷	لند فرم‌ها	$f(x) = \frac{17 - x}{17} \quad .If \quad x \leq 17$	
۸	کاربری اراضی	$f(x) = \frac{x - 0}{3} \quad .If \quad x \leq 3$	

خطر سیلاب افزایش می‌یابد. انحنا پروفیل (شکل ۳) نشان دهنده دامنه‌های کاو و کوژ است و انحنا

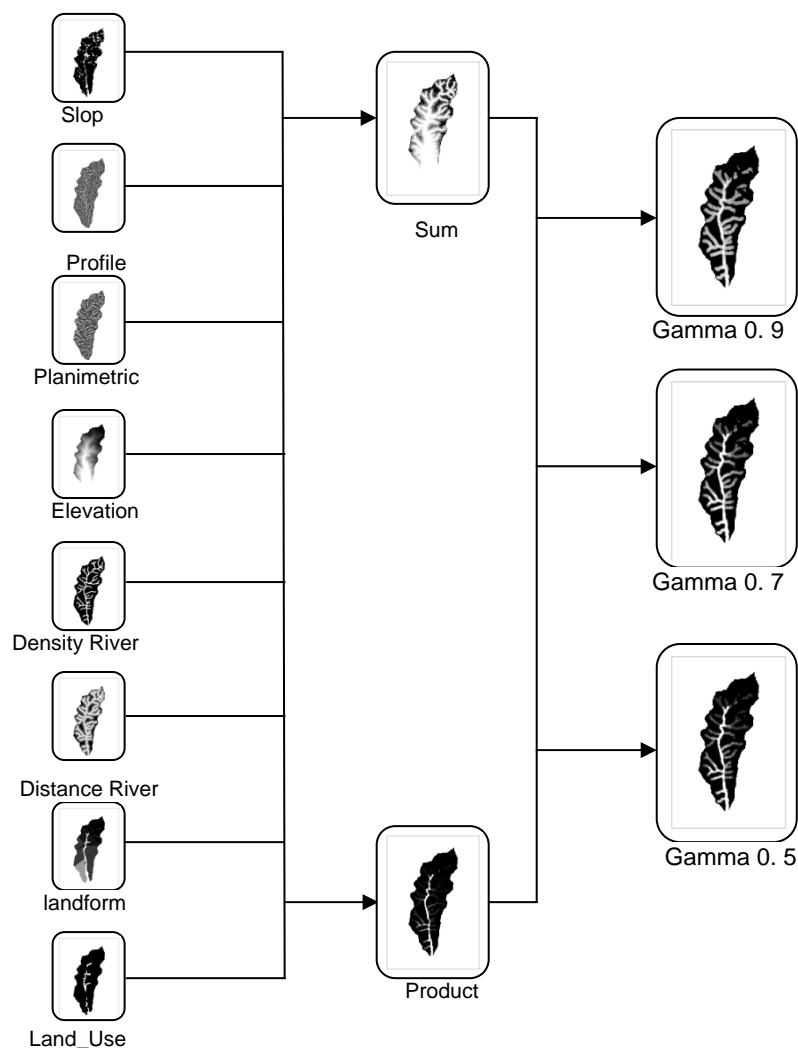
عامل شیب (شکل ۲) با پدیده سیلاب رابطه معکوس دارد یعنی با کاهش مقدار شیب در حوضه

فازی نیاز به عملگرهایی نظیر اجتماع^۱، اشتراک^۲، ضرب جبری^۳، جمع جبری^۴ و گاما^۵ نیاز است. در این این مطالعه از عملگرهای جمع جبری، ضرب جبری و گاما استفاده گردیده است (شکل ۱۰). عملگر ضرب جبری موجب می‌شود تا اعداد مجموعه‌ها کوچکتر شده و به سمت صفر میل کنند. اما عملگر جمع جبری موجب می‌گردد تا اعداد به سمت یک میل نمایند. جهت تعدیل حساسیت خیلی بالای عملگر ضرب جبری و دقت خیلی کم عملگر جمع جبری عملگر دیگری به نام گاما شکل گرفته است. مقدار گامای تعدیل کننده بین صفر و یک است که مقدار آن از طریق قضاوت کارشناسانه تعیین می‌شود. گامای صفر معادل ضرب فازی و گامای یک معادل جمع فازی است (دادرسی سبزواری، ۱۳۸۷: ۲۳۳).

به طور کلی، اجرای مدل فازی شامل سه مرحله است: مرحله اول، فازی سازی لایه‌ها یا تعیین و اعمال توابع عضویت بر لایه‌ها، مرحله دوم، اعمال عملگرهای جمع جبری و ضرب جبری بر لایه‌ها، مرحله سوم، اعمال عملگر گامای فازی جهت تعدیل حساسیت بالای عملگر ضرب جبری و دقت کم عملگر جمع جبری.

پلانیمتریک (شکل ۴) تعیین کننده دره‌ها و ستیخ‌هاست. دامنه‌های کاو و دره‌ها سطوح مستعد برای رخداد سیلاب هستند. ارتفاع (شکل ۵) از عوامل بسیار مهم در پدیده‌های هیدرولوژیکی است، اهمیت این عامل بدلیل تأثیری است که بر روی تغییرات دما و بارش دارد. بنابراین این عامل با سیلاب رابطه معکوس دارد. تراکم زهکشی از تقسیم طول ابراهه‌ها بر مساحت به دست می‌آید این پارامتر با پدیده سیلاب دارای رابطه مستقیم است (شکل ۶). فاصله از آبراهه از دیگر پارامترهای موثر بر سیلگیری است، هر چه فاصله از آبراهه در حوضه کاهش یابد خطر سیلاب نیز افزایش می‌یابد (شکل ۷). در منطقه ۱۷ لندفرم بر اساس واحد کلان ارضی، شیب و لیتولوژی منطقه تعیین گردیده است (شکل ۸)، که بر اساس تأثیر هر لندفرم بر سیلاب در حوضه امتیازی تعلق گرفته است. بر اساس نظر کارشناسی امتیازی تعلق گرفته است. به لندفرم‌ها به گونه‌ای امتیاز داده شده که با سیلاب رابطه معکوس دارند. در لایه کاربری حوضه (شکل ۹) نیز به هر یک از کاربری‌ها با توجه به تأثیر موقعیت و شرایطشان بر سیلاب امتیاز دهی شده است. این امتیاز دهی بگونه است که با سیلاب رابطه مستقیم دارد. پس از تعیین نوع رابطه هر یک از پارامترها با پدیده سیلاب، برای هر یک لایه‌های وابسته به این پارامترها، توابع عضویت تعیین و به لایه‌ها اعمال می‌گردد. پس از اعمال توابع ارائه شده در جدول (۱) به لایه‌ها، این لایه‌ها وارد مدل فازی می‌گردند. برای اجرای تکنیک

1-OR
2- And
3-Product
4- Sum
5- Gamma

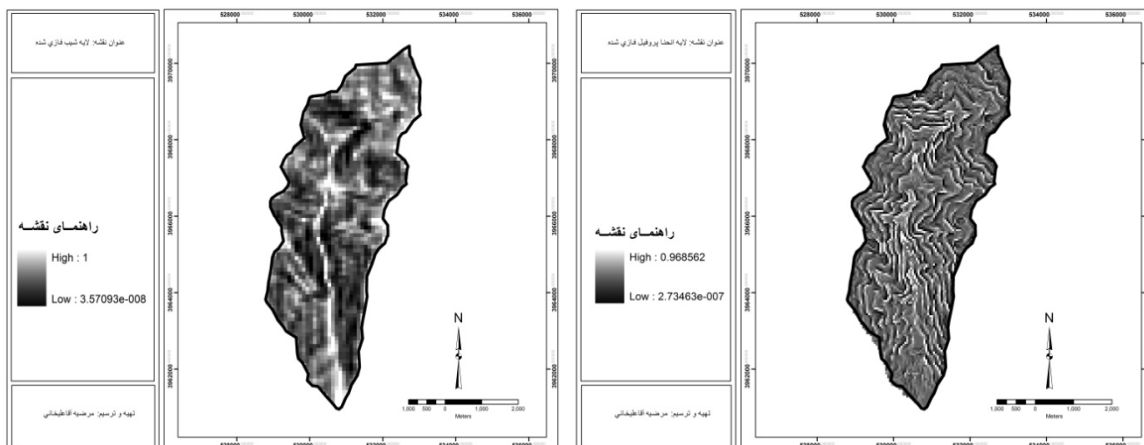


شکل ۱۰- مراحل شکل‌گیری مدل فازی در مطالعه سیلاب

با بیشترین تأثیر در رخداد سیلاب بالاترین مقدار عددی یعنی یک و سطوح با کمترین تأثیر در رخداد سیلاب پایین‌ترین مقدار عددی یا صفر را پذیرفته است.

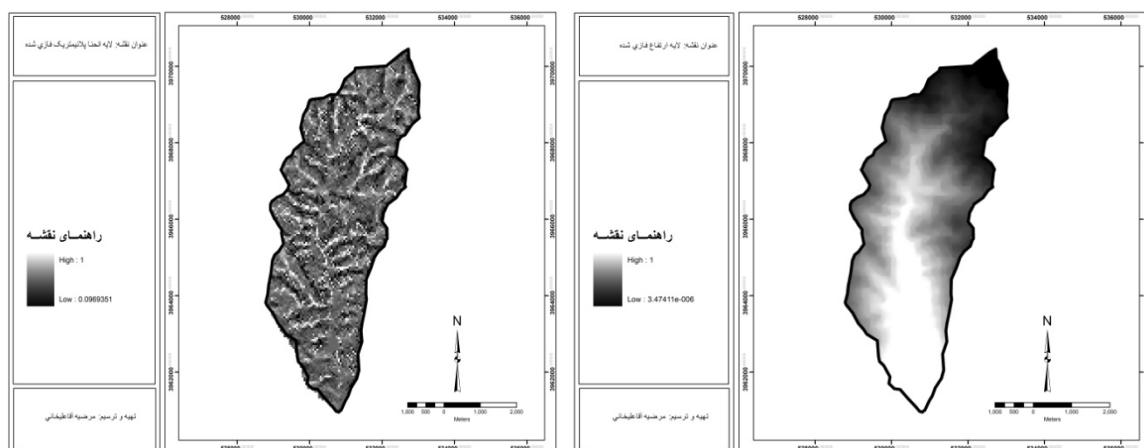
یافته‌ها

پس از اعمال توابع ارائه شده در جدول (۱) به هر یک از لایه‌ها، مقدار ارزش هر یک از لایه‌ها در بازه‌ای بین صفر و یک قرار گرفته است. به طوری که سطوح



شکل ۱۲- لایه انحنا پروفیل فازی شده

شکل ۱۱- لایه شیب فازی شده



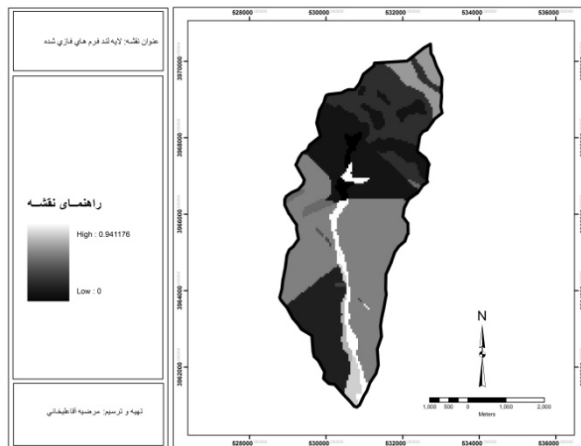
شکل ۱۳- لایه انحنا پلانیمتریک فازی شده

شکل ۱۴- لایه ارتفاع فازی شده

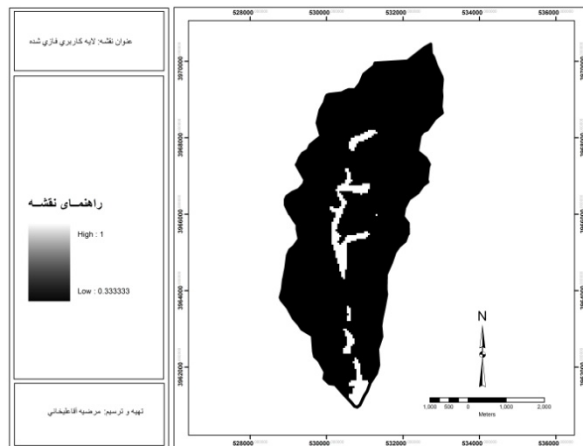


شکل ۱۶- لایه فاصله از آبراهه‌های فازی شده

شکل ۱۵- لایه تراکم زهکشی فازی شده



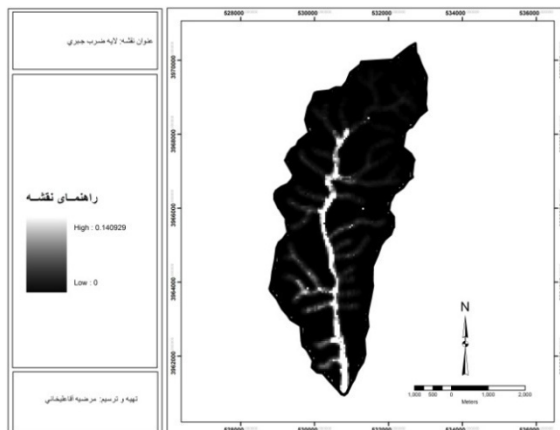
شکل ۱۸- لایه کاربری فازی شده



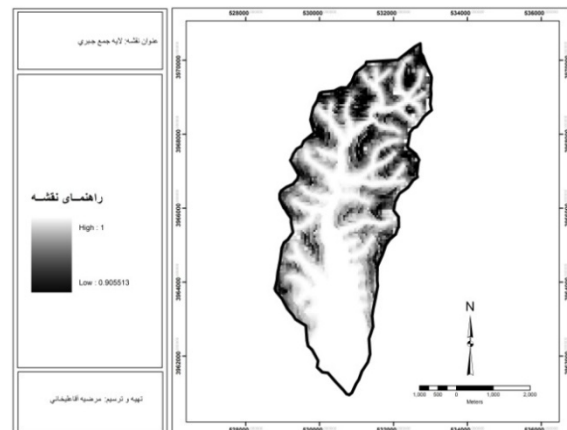
شکل ۱۷- لایه لندفرم‌های فازی شده

نشان می‌دهد، مقایسه این دو نقشه با هم نشان می‌دهد که در نقشه به دست آمده به وسیله عملگر جمع جبری در مقایسه با نقشه به دست آمده به وسیله عملگر ضرب جبری سطوح با خطر زیاد وسعت بیشتری دارند در حالیکه سطوح با خطر کم وسعت کمتری دارند.

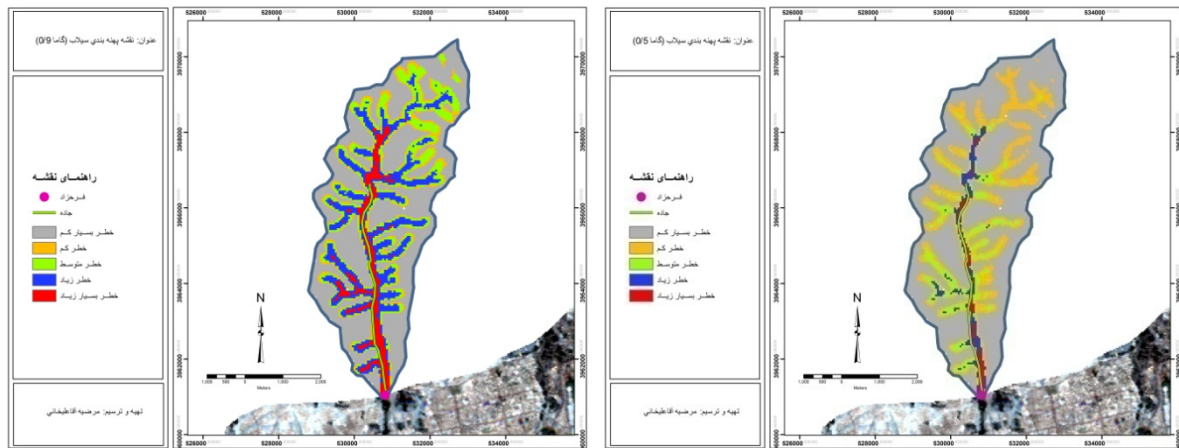
پس از اعمال توابع ارائه شده در جدول (۱) به لایه‌ها مطابق با شکل (۱۰) در نرم افزار ArcGIS عملگرهای جمع جبری و ضرب جبری بر لایه‌ها اعمال گردیدند. شکل (۱۹) نقشه به دست آمده به وسیله عملگر جمع جبری فازی و شکل (۲۰) نقشه به دست آمده به وسیله عملگر ضرب جبری فازی را



شکل ۲۰ لایه ضرب جبری



شکل ۱۹- لایه جمع جبری

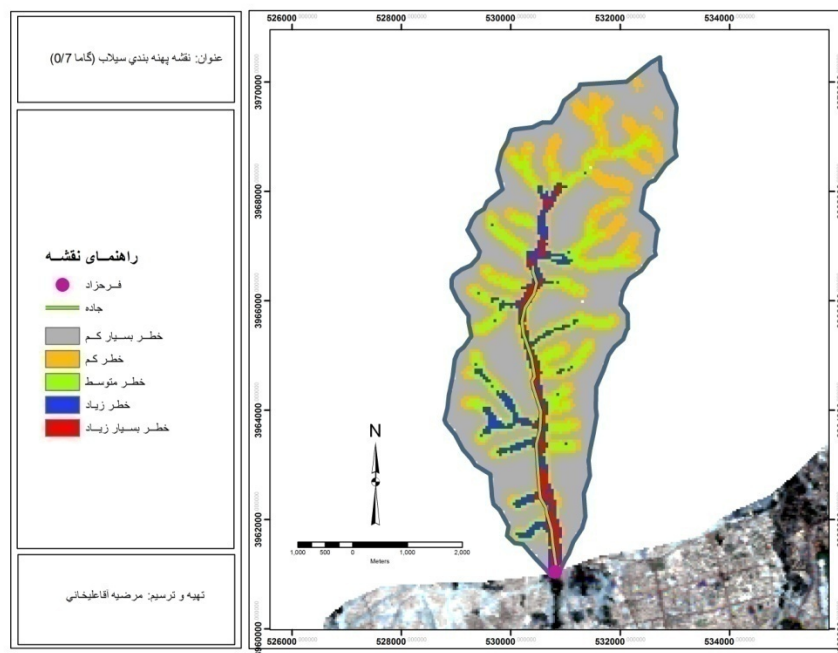


شکل ۲۲- نقشه گاما ۰/۵

شکل ۲۱- نقشه گاما ۰/۹

اطلاعاتی اولیه و نقشه‌های نهایی گامادر نرم افزار SPSS به دست آمد. نقشه گاما ۰/۷ بالاترین مقدار همبستگی را با لایه‌های اطلاعاتی اولیه داشته، بنابراین، گاما ۰/۷ به عنوان نقشه نهایی در پهنه بندی خطر سیلگیری انتخاب گردید (شکل ۲۳) که بر اساس متد شکستگی‌های طبیعی در پنج سطح طبقه بندی شده است.

بنابراین، جهت به دست آوردن نقشه نهایی پهنه‌بندی سیلاب و تعدیل نقشه‌های به دست آمده بر اساس عملگرهای جمع جبری و ضرب جبری، از عملگرهای گاما ۰/۹ (شکل ۲۱)، گاما ۰/۷ (شکل ۲۳) و گاما ۰/۵ (شکل ۲۲) استفاده شده است. بدلیل عدم وجود داده‌های میدانی جهت تعیین مناسب ترین گاما در پهنه بندی سیلاب، مقدار همبستگی بین لایه‌های



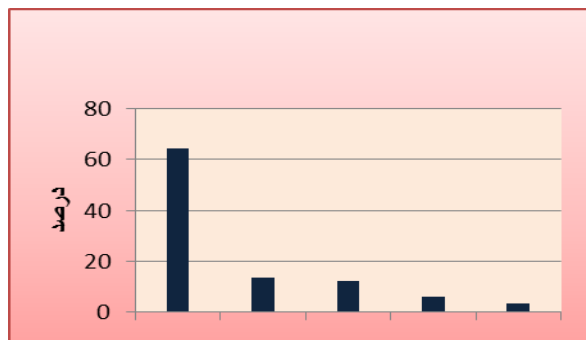
شکل ۲۳- نقشه پهنه بندی خطر سیلاب در حوضه فرحزاد (گاما ۰/۷)

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به شکل (۲۴) پهنه‌های با خطر سیل‌گیری بسیار زیاد در پایین دست حوضه واقع گردیده‌اند، این پهنه‌ها منطبق بر دره اصلی فرحزاد هستند. بخش‌های بالادست حوضه و خط الراس‌ها نیز نواحی با خطر بسیار کم را به وجود می‌آورند.

جدول ۲- مساحت طبقات خطر سیلاب در حوضه فرحزاد

ردیف	سطوح	مساحت - Km ²	مساحت - درصد
۱	بسیار کم	۱۴/۲۹	۶۴/۱۱
۲	کم	۳/۱	۱۳/۹۱
۳	متوسط	۲/۷۵	۱۲/۳۴
۴	زیاد	۱/۳۷	۶/۱۵
۵	بسیار زیاد	۰/۷۸	۳/۵
	مجموع	۲۲/۲۹	۱۰۰



شکل ۲۴- مساحت سطوح خطر در حوضه فرحزاد (بر حسب درصد)

در شکل (۲۴) مساحت مربوط به هر یک از این سطوح بر حسب درصد نشان داده شده است. بر اساس نتایج حاصل از تحلیل ناحیه‌ای و همپوشانی هر یک از لایه‌ها با لایه نهایی پهنه بندی خطر سیلاب جدول (۳) موثرترین و کم تأثیرترین سطوح در ایجاد پهنه‌های سیل‌گیر و مساحت این سطوح در حوضه را به کیلومتر مربع و درصد نشان می‌دهد.

بطور کلی، هر چه از بالادست و شمال حوضه به سمت پایین دست و جنوب حوضه حرکت کنیم به میزان خطر سیلاب در حوضه افزوده می‌گردد. مشخصات مربوط به هر یک از طبقات خطر در نقشه پهنه بندی خطر سیلاب در جدول (۲) ارائه شده است. بر اساس جدول فوق بیشتر مساحت منطقه مربوط به نواحی با خطر بسیار کم با مساحت ۱۴/۲۹ کیلومتر

جدول ۳- جمع‌بندی نتایج همپوشانی هر یک از لایه‌ها با نقشه پهنه بندی سیل‌گیری

ردیف	معیار	موثرترین سطوح	مساحت		کم تأثیرترین سطوح	مساحت	
			درصد	Km ²		درصد	Km ²
۱	شیب	۰ تا ۲۰ درصد	۲۴/۲۶	۵/۴۹	۴۰ تا ۶۰ درصد	۱۰/۱۴	۴۵/۴۹
۲	انحنای پروفیل	دامنه‌های مقعر	۴۳/۰۶	۵/۲	دامنه‌های محدب	۴/۹۲	۴۲/۱۷
۳	انحنای پلانیمتریکی	دره‌ها	۳۶/۲۳	۸/۰۸	ستیغ‌ها و خط الراس‌ها	۸/۵۶	۳۸/۳۷
۴	ارتفاع	۱۶۰۰ تا ۱۹۵۰ متر	۱۱/۱۲	۲/۴۸	۲۳۰۰ تا ۲۶۵۰ متر	۷/۹۹	۳۵/۸۲
۵	تراکم زهکشی	تراکم ۶ تا ۹	۱۱/۸۹	۲/۶۵	تراکم ۰ تا ۳	۱۶/۴	۷۳/۵۳
۶	فاصله از رود	۰ تا ۱۳۰ متر	۴۷/۶۸	۱۰/۶۳	۱۳۰ تا ۲۶۰ متر	۷/۵	۳۳/۶۱
۷	واحدهای ارضی	VBJ	۳/۰۹	۰/۶۹	M CJ	۸/۱۹	۳۶/۷۳
۸	کاربری اراضی	پوشش درختی و درخچه‌ای	۵/۸۳	۱/۵	مراعات و زمین‌های بایر	۲۰/۸۸	۹۳/۰۳

۱۷۰۰ متر که از همپوشانی نقشه نهایی با نقشه توپوگرافی حوضه به دست آمده انتقال پیدا کنند. در نهایت نتایج حاصل نشان می‌دهد که مدل فازی با وجود پیچیدگی‌هایی که دارد دارای مزایای بسیاری در مطالعه پدیده‌های مختلف مرتبط با سطح زمین است. از جمله می‌توان به صحت و دقت بالای نتایج حاصل از استفاده از این مدل اشاره کرد (اشقلی، فرهانی، ۱۳۸۰: ۹۷، سمعی، ۱۳۸۵: ۹۷ و رستمی، ۱۳۸۷: ۱۰۸). تاکنون از روش‌های بسیاری برای پهنه‌بندی سیلاب استفاده شده است، اما نتایج حاصل نشان دهنده قابلیت و کارایی این مدل در پهنه‌بندی سیلاب است و خطاهای احتمالی و تفاوت‌هایی هم که در نقشه‌های مختلف تهیه شده با استفاده از این مدل مشاهده می‌گردد مربوط به روش‌های مختلف فازی سازی لایه‌ها و نوع عملگر گامای بکار رفته است. از دیگر ویژگی‌های این مدل قابلیت اجرای آن در محیط ArcGIS است.

منابع

اشقلی فرهانی، عقیل، (۱۳۸۰)، ارزیابی خطر ناپایداری دامنه‌های طبیعی در منطقه رودبار با استفاده از تئوری فازی، پایان نامه کارشناسی ارشد: دانشگاه تربیت معلم تهران.

آل شیخ علی اصغر، سلطانی محمدجعفر، هلالی حسین، (۱۳۸۱)، "کاربرد GIS در مکان‌یابی عرصه‌های پخش سیلاب" تحقیقات جغرافیایی ۱۷(۴) (پیاپی ۶۷): ۲۲-۳۸.

امیراحمدی، ابوالقاسم و شیران، مهناز، (۱۳۸۸)، "کاربرد مدل HEC-HMS در تحلیل حساسیت

بر اساس این جدول دره‌های با دامنه‌های مقعر موثرترین سطوح در ایجاد پهنه‌های سیلابی در حوضه هستند. این سطوح اغلب شیبی بین ۰ تا ۲۰ درصد و ارتفاعی بین ۱۶۰۰ تا ۱۹۵۰ متر دارند و در فاصله ۰ تا ۱۳۰ متری از آبراهه‌ها قرار گرفته‌اند تراکم زهکشی این محدوده در بیشتر موارد بین ۶ تا ۹ است. این سطوح اغلب در واحدهای دره‌ای با شیب متوسط واقع گردیده‌اند و دارای پوشش درختی و درخچه‌ای هستند. ستیغ‌ها و خط‌الراس‌ها با دامنه‌های محدب کم‌تأثیرترین سطوح در ایجاد خطر سیلگیری در حوضه هستند این سطوح اغلب شیبی بین ۴۰ تا ۶۰ درصد و ارتفاعی بین ۲۳۰۰ تا ۲۶۵۰ متر دارند و در فاصله ۱۳۰ تا ۲۶۰ متری از آبراهه‌ها قرار گرفته‌اند. تراکم زهکشی این پهنه‌ها بیشتر بین ۰ تا ۳ است. این سطوح اغلب در واحدهای کوهستانی با شیب زیاد واقع گردیده‌اند و دارای پوشش مرتعی و یا زمین‌بایر هستند.

با توجه به نقشه نهایی به دست آمده از پهنه‌بندی سیلاب و در راستای توسعه پایدار باید از ساخت و ساز در محدوده با خطر بسیار زیاد و زیاد ممانعت به عمل آید. همچنین دره فرحزاد یکی از دره‌های زیبای البرز است که به عنوان یکی از تفرجگاه‌های سنتی عامه مردم تهران شناخته شده است و افراد بسیاری در ایام تعطیل آن را به عنوان محلی برای گذراندن اوقات فراغت خود انتخاب می‌کنند. در چنین شرایطی رخداد سیلاب با خسارات بسیاری همراه خواهد بود. بنابراین، توصیه می‌شود که سفره خانه‌های سنتی که در این حوضه دایر شده‌اند و اغلب حریم رودخانه را رعایت نکرده‌اند از حریم رودخانه به تراز ارتفاعی

حوضه سد زاگرس، پایان نامه کارشناسی ارشد: دانشگاه تربیت معلم.

روزنامه ایران، پنجم اردیبهشت ۱۳۷۴.

روزنامه کیهان، روز شنبه نهم مرداد ۱۳۳۳.

ساعد، عذرا، (۱۳۸۷)، پهنه بندی خطر سیلخیزی در شهر سنندج، پایان نامه کارشناسی ارشد: دانشگاه تربیت معلم.

سلامی، میثم، (۱۳۸۹)، تحلیل پارامترهای کیفی آب تالار انزلی با استفاده از روش ریاضی فازی، پایان نامه کارشناسی ارشد: دانشگاه تربیت معلم.

سمعی، جلال، (۱۳۸۵)، پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: زیر حوضه لاجیم از حوضه آبخیز تجن ساری)، پایان نامه کارشناسی ارشد: دانشگاه شهید بهشتی.

صابری، امیر، (۱۳۷۵)، بررسی اثرات تغییرات ناشی از شهرسازی در مسیل‌های شمال تهران به منظور ارئه روش‌های کنترل و مدیریت سیلاب، پایان نامه کارشناسی ارشد: دانشگاه تربیت مدرس.

صادقی، سید حمید رضا، حاجی قلیزاده، محمد، وفاه خواه، مهدیو مطیعی، همایون، (۱۳۸۶)، "نقش شیب شکن‌ها بر تغییر عمق و سطح سیلاب در بخشی از رودخانه کن" تحقیقات منابع آب ایران، سال سوم، شماره ۲۴: ۱-۲۷.

صراطی، نرجس، (۱۳۸۵)، مدل‌سازی پهنه‌بندی سیلخیزی مناطق شهری در وب، منطقه مورد مطالعه شمال تهران (در بند)، پایان نامه کارشناسی ارشد: دانشگاه تربیت معلم.

متغیرهای ژئومورفولوژی مؤثر بر سیلاب دشت کرون" جغرافیا و توسعه، شماره ۱۶: ۱۵۳-۱۷۳.

بهشتی، مسعود، فیض‌نیا، سادات، سلاجقه، علی و احمدی، حسن، (۱۳۸۸). "بررسی کارایی پهنه بندی زمین لغزش فاکتور اطمینان: مطالعه موردی حوزه آبخیز معلم کلایه" فصلنامه جغرافیایی طبیعی، شماره ۵: ۲۰-۳۲.

تصویر ماهواره‌ای ETM+، تهیه شده از سازمان فضایی کشور.

تصویر ماهواره‌ای IRS، تهیه شده از سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.

حسین زاده، سید رضا و جهادی طرقي، مهناز، (۱۳۸۶)، "بررسی موضوع سیلاب و آب گرفتگی شهر مشهد از دیدگاه ژئومورفولوژی تاریخی و تلفیق آن با روش‌های تجربی" پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۱: ۱۴۵-۱۵۹.

خسروی، شاهرخ، (۱۳۸۲). آشکارسازی تغییرات ژئومورفولوژیکی محیط‌های ساحلی شمال غرب خلیج فارس (هندیجان) با استفاده از روش منطق فازی و تکنیک‌های RS و GIS، پایان نامه کارشناسی ارشد: دانشگاه تربیت معلم تهران.

دادرسی سبزواری، ابوالقاسم، (۱۳۸۷)، "مقایسه مدل منطق فازی با سایر مدل‌های مفهومی سازگار با GIS در مکان‌یابی مناطق مستعد سیلاب با کاربرد اطلاعات ماهواره‌ای سنجنده ETM+"، همایش ژئوماتیک تهران.

رستمی، فرض‌الله، (۱۳۸۷)، اصلاح مدل برآورد رسوب ام‌پسیاک با بکارگیری تکنیک فازی در

- Baldassarre G. Di., Guy Schumann, Paul D. Bates, (2009) "A technique for the calibration of hydrologic models using uncertain satellite observation of flood extent" *Journal of Hydrology*, Volume 367: 276-282.
- Chen J., Shufang Zhao, Huimin Wang, (2011), "Risk Analysis of Flood Disaster Based on Fuzzy Clustering Method" *Energy Procedia*, Volume 5: 1915-1919.
- Cook A., Venkatesh Merwade, (2009), "Effect of topographic data, Geometric Configuration and modeling approach on flood inundation mapping" *Journal of Hydrology*, Volume 337: 131-142.
- Hagen E., J. F. Shrodr Jr., X. X. Lu, John F. Teufert, (2010), "Reverse engineered flood hazard mapping in Afghanistan: A parsimonious flood map model for developing Countries" *Quaternary International XXX*: 1-10.
- Hudson P. F., Rene R. Colditz, (2003), "Flood delineation in a large and complex alluvial valley, lower Panuco basin, Mexico" *Journal of Hydrology*, Volume 280: 222-245.
- Martinez J. M., Thuy Le Toan, (2007), "Mapping of flood dynamics and spatial distribution of vegetation in the Amazon floatplain using multitemporal SAR data" *Remote Sensing of Environment*, Volume 108: 209-223.
- Merwade V. Aaron Cook, Julie Coonrod, (2008), "GIS techniques for creating river terrain models for hydrodynamic modeling and flood inundation mapping" *Environment Modelling & Software*, Volume 23: 1300-1311.
- Sinnakaudan F. K., Aminuddin AbGhani, Mohd. Sanusi. Ahmad, Nor Azizi Zakaria, (2003), "Flood risk mapping for Pari River incorporating sediment transport" *Environment Modelling & Software*. Volume 18: 119-130.
- Srinivas, V. V., Shivam Tripathia, A. Ramachandra Rao, Rao S. Govindaraju, (2008), "Regional flood frequency analysis by combining self-organizing feature map and fuzzy clustering" *Journal of Hydrology*, Volume 348: 148-166.
- طاهری بهبهانی، محمد طاهر و بزرگ زاده، مصطفی، سیلاب‌های شهری، تهران، مرکز مطالعات و تحقیقات شهر سازی و معماری ایران.
- فرج زاده، منوچهر، فلاح، مهنام، (۱۳۸۷)، "ارزیابی تأثیر تغییرات کاربری و پوشش ارضی بر رژیم سیلابی رودخانه تجن با استفاده از تکنیک سنجش از دور" پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۴: ۸۹-۱۰۴.
- قربانی، اردوان، ستاریان، علی و الیاسی بروجنی، حمید، (۱۳۸۶). "بحران سیل در شمال تهران، مرور فعالیت‌های انجام گرفته در جهت مقابله با آن و وضعیت فعلی"، سومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت جامع بحران در حوادث غیر مترقبه.
- قنواتی، عزت‌الله، (۱۳۸۲)، "مدل ژئومورفولوژیکی سیلاب در حوضه گاماسیاب" فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۱: ۱۷۴-۱۸۲.
- مومنی، منصور، (۱۳۷۸)، مباحث نوین تحقیق در عملیات، چاپ دوم، تهران: دانشکده مدیریت دانشگاه تهران.
- وهابی، جلیل، (۱۳۷۶)، پهنه بندی خطر سیل با بکارگیری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در حوضه آبخیز طالقان، پایان نامه کارشناسی ارشد: دانشگاه تربیت مدرس.
- نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰۰ تجریش، تهیه شده از سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.
- نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰۰ تهران، تهیه شده از سازمان زمین شناسی.
- نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰۰ ارزیابی منابع و قابلیت اراضی استان تهران، تهیه شده از موسسه تحقیقات خاک و آب.

- International journal of applied Earth observation and Geolandformation, Volume 4: 217-229.
- Wolski P. , H. H. G. Savenije , M. Murray-Hudson, T. Gumbrich, (2006), "Modelling of the flooding in the DkavangoDelta,Botswana,using a hybrid reservoir GIS model" Journal of Hydrology,Volume 331, Issues 1-2: 58-72.
- Van Alphen B. J. , J. J. Stoorvogel ,(2000), "A functional approach to soil characterization in support of precision agriculture" Soil Sci. Soc. Amer. J. 64:1706-1713.
- Vander Sande C. J. ,S. M. De Jong, A. P. J. De-Roo, (2003), "A segmentation and classification approach of IKONOS-2 imagery for landcover mapping to assist flood risk and flood damages assessment"