پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دورهٔ ۵۱، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۸
ص ۵۹۵- ۵۸۱

پهنه‌بندی مناطق مستعد توسعهٔ شهری با تأکید بر محدودیت‌ها و مخاطرات ژئومورفولوژیکی (مطالعهٔ موردی: شهر کرمانشاه)

منصور پروین* – استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۷/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۶/۱۷

چکیده

شهر کرمانشاه، به‌عنوان بزرگ‌ترین شهر غرب کشور، در پهنه‌های دشت پُرمخاطرهٔ کرمانشاه واقع شده و در بازهٔ زمانی ۴۶ساله مساحت آن حدود ۷ برابر شده و حدود ۸۷ کیلومترمربع به تصرف شهر درآمده است. این توسعهٔ فیزیکی بدون اجرای مطالعات ژئومورفولوژیکی و درنظرگرفتن محدودیت‌ها و مخاطرات ناشی از آن بوده است. ازاین‌رو، شناسایی مناطق مستعد توسعهٔ فیزیکی با درنظرگرفتن محدودیت‌ها و مخاطرات ژئومورفولوژیکی امری لازم در توسعهٔ شهری کرمانشاه است. هدف از پژوهش حاضر شناسایی مناطق مناسب برای توسعهٔ فیزیکی شهر کرمانشاه براساس شرایط ژئومورفولوژیکی منطقه است. در این پژوهش با استفاده از مدل فازی نقشهٔ پهنه‌بندی نهایی توسعهٔ شهری براساس نُه پارامتر مؤثر تهیه شد. سپس، این نقشه براساس شرایط ژئومورفولوژیکی و کاربری اراضی دشت کرمانشاه ارزیابی و مناطق مستعد توسعهٔ شهری پیشنهاد شد. نتایج نشان می‌دهد توسعهٔ فیزیکی شهر کرمانشاه در طی چهار دههٔ گذشته تابع شرایط توپوگرافی بوده و مخاطرات و محدودیت‌های ژئومورفولوژیکی بسیار زیادی در محدودهٔ مورد مطالعه وجود دارد؛ به‌طوری‌که ۶۵ درصد مساحت منطقه برای توسعهٔ شهری مناسب نیست. مناطق مساعد با حدود ۵۰ کیلومتر مربع در دشت آبرفتی در غرب و شرق شهر کرمانشاه واقع شده‌اند.

واژگان کلیدی: پهنه‌بندی، توسعهٔ شهری، شهر کرمانشاه، مخاطرات ژئومورفولوژیکی، مدل فازی.

مقدمه

شهرنشینی و توسعهٔ شهری یکی از مهم‌ترین جنبه‌های تمدن بشری است، که به تغییر و تحول محیط منجر می‌شود(رونالد، ۱۹۷۳: ۵). توسعهٔ شهرها به‌عنوان یک تغییر فیزیکی در نتیجهٔ تبدیل سایر چشم‌اندازها به چشم‌اندازهای شهری در اثر تغییرات توزیع جمعیتی از روستا به شهر است. یکی از مشکلات عمده در برنامه‌ریزی شهری تعیین جهت مناسب و نحوهٔ گسترش فیزیکی شهر برای جواب‌گویی به نیازهای فعلی و پیش‌بینی نیازهای آینده است(کلانتری، ۱۳۸۵: ۱۱۶)، زیرا هر اندازه که شهرها توسعه یابند، برخورد آن‌ها با واحدهای زمین‌شناسی- ژئومورفولوژی زیادتر می‌شود و واحدهای ژئومورفولوژی همیشه با پویایی و دینامیسم محیط همراه است و هرگونه اقدام در راستای توسعه و عمران مناطق مسکونی با این واحدهای ژئومورفولوژی تلاقی می‌کند(مقیمی، ۱۳۸۸: ۳۴۲). در صورت عدم برنامه‌ریزی مناسب، تلاقی شهرها با لندفرم‌های مختلف ژئومورفولوژی می‌تواند به ایجاد مخاطرهٔ ژئومورفیک در نواحی شهری منجر شود. مخاطرات ژئومورفولوژیکی عبارت‌اند : از احتمال ناپایداری پدیده‌های خاص ژئومورفولوژیکی در قلمرو معین با بزرگی و دوره‌های زمانی مشخص (پانیزا، ۱۹۹۵: ۳۱۸). در بیشتر مواقع رخداد مخاطرات ژئومورفولوژیکی در شهرها به ایجاد

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۹۱۸۸۳۶۶۷۱۱
Email: mansorparvin@pnu.ac.ir

خسارات جانی و مالی گسترده منجر می‌شود. توسعهٔ شهری در کشورهای در حال توسعه ناشی از افزایش جمعیت در قرن گذشته و مهاجرت از نواحی روستایی به شهرهاست. پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۲۵ میزان جمعیت شهرنشین دنیا به ۷۲٪ بالغ شود(شایان و همکاران، ۱۳۸۸: ۳۲). طبق پیش‌بینی، جمعیت ایران در سال ۱۴۰۰ در حدود ۱۳۰ میلیون نفر برآورد می‌شود(پوراحمد و همکاران، ۱۳۸۲: ۱۶). با محاسبهٔ نرخ رشد شهرنشینی فعلی فضای شهری مورد نیاز برای این میزان جمعیت حداقل دو برابر مساحت کنونی شهرهای زمان حال است. در طی چهار دههٔ گذشته مساحت و جمعیت شهر کرمانشاه به‌ترتیب ۷ و ۳ برابر افزایش یافته و در آینده نیز شهر کرمانشاه نیازمند توسعهٔ فیزیکی است. از نظر ژئومورفولوژی، شهر کرمانشاه در دشت ناودیسی کرمانشاه واقع شده و وجود رشته‌کوه‌های شمالی و جنوبی، قرارگیری بر روی سازندهای سست، وجود گسل‌های فعال، تپه‌ماهور، شبکهٔ زهکشی گسترده، و ناپایداری مسیر آبراهه‌ها و رودخانه‌ها دارای عوامل محدودکنندهٔ توسعهٔ فیزیکی و مخاطرات ژئومورفولوژیکی بسیار زیادی است. بنابراین، پهنه‌بندی و شناخت مناطق مستعد توسعهٔ فیزیکی با رویکرد ژئومورفولوژیکی می‌تواند مبنایی برای تهیهٔ طرح‌های توسعهٔ شهری قرار گیرد و به برنامه‌ریزی صحیح عمرانی و مدیریت علمی شهر منجر شود. هدف از پژوهش حاضر شناخت مناطق مستعد توسعهٔ فیزیکی شهر کرمانشاه در آینده است. با توجه به اهمیت موضوع، تا کنون مطالعات بسیار زیادی در زمینهٔ توسعهٔ شهری و ژئومورفولوژی در سطح جهان و ایران انجام شده که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

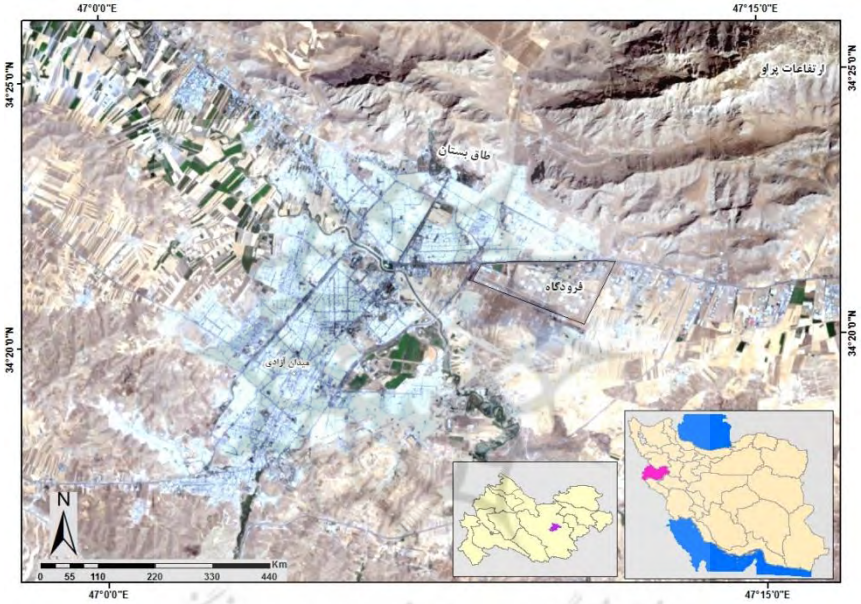
ستایشی نساز و همکاران(۱۳۹۳) تنگناهای ژئومورفولوژیکی شهر گیوی را بررسی کردند؛ نتایج نشان داد که شیبْ مؤثرترین عامل در توسعهٔ شهر است و مناطق شرق شهر مناسب توسعهٔ فیزیکی شهر گیوی است. امامی‌کیا (۱۳۹۲) با استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژیک به پهنه‌بندی خطر آسیب‌پذیری شهرک باغمیشه از فعالیت گسل شمال تبریز پرداخت؛ نتایج نشان داد بیش از نیمی از مساحت شهرک در محدودهٔ خطر زیاد قرار دارد. صابری‌فر (۱۳۹۱) به مطالعهٔ توسعهٔ فیزیکی شهر بیرجند براساس مخاطرات پرداخت؛ نتایج نشان داد که تراکم ساخت‌وسازهای شهری افزایش یافته و این تراکم بدون توجه به عوامل پهنه‌های خطرناک بوده است. مقیمی و صفاری (۱۳۸۸) به ارزیابی ژئومورفولوژیکی توسعهٔ شهری در قلمروی حوضه‌های زهکشی سطحی کلان‌شهر تهران پرداختند؛ نتایج نشان داد میزان مخاطرهٔ سیلاب‌های شهری افزایش یافته است. رضایی مقدم و همکاران(۱۳۸۹) به طبقه‌بندی محدودیت‌های مورفولوژیکی توسعهٔ شهری شهر اهر پرداختند و دریافتند که بیشتر مساحت شهر در مناطقی با محدودیت‌های مورفولوژیک قرار دارند. رضایی و استاد ملکرودی (۱۳۸۹) محدودیت‌های ژئومورفولوژیکی توسعهٔ فیزیکی شهر رودبار را مطالعه کردند؛ نتایج نشان داد که شیب، حرکات دامنه‌ای و زلزله به‌ترتیب مهم‌ترین تأثیر را در توسعهٔ فیزیکی شهر دارند. مهپاترا و همکاران (۲۰۱۴) به مطالعهٔ تأثیرات شهرنشینی بر ژئومورفولوژی در شهر گویلیو[1] هند پرداختند؛ نتایج نشان داد رشد شهری در طی چهل سال سه برابر بوده و توسعه بیشتر در مناطق دشتی و تپه‌ماهوری انجام گرفته است. باتلویس و همکاران(۲۰۱۲) پتانسیل منطقه‌ای تریلاکا[2] در مرکز یونان را برای توسعهٔ شهر و صنعت براساس مخاطرات ژئومورفولوژیکی–زمین‌شناسی مطالعه کردند؛ نتایج نشان داد که رشد شهرها و توسعهٔ صنعت متناسب با توان محیطی نیست و شرایط ژئومورفولوژیک و زمین‌شناسی مورد توجه قرار نگرفته‌اند. یوسف و همکاران(۲۰۱۰) به ارزیابی برنامهٔ توسعه‌ای شهری با دخیل‌شمردن داده‌های ژئومورفولوژی در ساحل خلیج سوئز مصر پرداختند و منطقه‌ای مناسب برای ایجاد مرکز

1. Gwalior
2. Trikala

گردشگری را مشخص کردند. آلبریکو و همکاران (۲۰۰۵) به ارزیابی خطرهای ژئومورفیک در شهر ناپولی ایتالیا پرداختند و نتایج نشان داد که خطرهای آتشفشان و مخاطرات ناشی از فرایندهای آبرفتی شهر را تهدید می‌کنند.

موقعیت منطقه‌ای مورد مطالعه

شهر کرمانشاه به‌عنوان مرکز استان در ´۱۷ °۳۴ تا ´۲۶ °۳۴ عرض شمالی و ´۵۹ °۴۶ تا ´۱۴ °۴۷ طول شرقی در مناطق مرکزی استان کرمانشاه واقع شده است. این شهر با مساحت ۱۰۲ کیلومتر مربع در دشت ناودیسی کرمانشاه قرار گرفته و حداقل و حداکثر ارتفاع آن ۱۳۰۰ تا ۱۶۰۴ متر است. جمعیت شهر کرمانشاه در طی سرشماری‌های نفوس و مسکن سال‌های ۱۳۵۵ و ۱۳۹۵به‌ترتیب ۲۹۰۶۰۰ و ۹۸۰۷۱۱ نفر بوده و این امر نشان‌دهندهٔ افزایش چندبرابری جمعیت این شهر در طی بازهٔ زمانی چهل‌ساله است.



شکل ۱. نقشهٔ موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر مبتنی بر روش‌های کتابخانه‌ای، تحلیل تاریخی، و مدل‌سازی است. نخست میزان و جهات توسعهٔ فیزیکی شهر کرمانشاه در طی چهار دهه با استفاده از تصاویر سنجنده‌های MSS و OLI ماهواره‌ای لندست با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده حداکثر احتمال و انتخاب نمونه‌های تعلیمی براساس تفسیر بصری، ترکیب رنگی کاذب، و بازدید زمینی مشخص شد. جزئیات داده‌های ماهواره‌ای در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. اندکس زمانی تصاویر مورد استفاده برای تهیهٔ محدودهٔ شهر کرمانشاه

ماهواره	سنجنده	تاریخ برداشت	Path	Row
لندست ۱	MSS	28-6-1977	179	36
لندست ۸	OLI	31-8-2017	167	36

در ادامه نقشهٔ پهنه‌بندی مناطق مستعد توسعهٔ فیزیکی شهر کرمانشاه با استفاده از مدل فازی بر اساس پارامترهای شیب توپوگرافی، ارتفاع از سطح دریا، فاصله از گسل‌های اصلی، فاصله از گسل‌های فرعی، فاصله از آبراههٔ اصلی، فاصله از آبراههٔ فرعی، لیتولوژی، لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی، و فاصله از مرکز شهر تهیه شد. توسعهٔ فیزیکی شهرها فرایندی پیچیده و تحت تأثیر عوامل مختلف بوده و برای مطالعهٔ چنین شرایط پیچیدهٔ مدل فازی مناسب است، زیرا با استفاده از نظریهٔ فازی می‌توان متغیرهای نادقیق و مبهم را به شکل ریاضی درآورد(مؤمنی، ۱۳۸۷: ۱۸۷). در مدل فازی هر فرد هم‌زمان در مجموعه‌های مختلف اما به درجات متفاوت عضویت دارد. درجات عضویت مقادیر بین صفر و یک یا خود این دو حد را می‌پذیرد(ون‌آلفن و استوروگل، ۲۰۰۰: ۱۷۱۰). در تئوری مجموعه‌های دقیق اگر یک مجموعه را درنظر بگیریم، هر عضو مجموعه مرجع یا در مجموعه هست و یا نیست و می‌توان برای هر مجموعه A تابع زیر را تعریف کرد (مؤمنی، ۱۳۸۷: ۱۹۷).

$$\mu_A(x)=\begin{cases}1 & ,If \quad x\in A\\ 0 & ,If \quad x\notin A\end{cases} \qquad (۱)$$

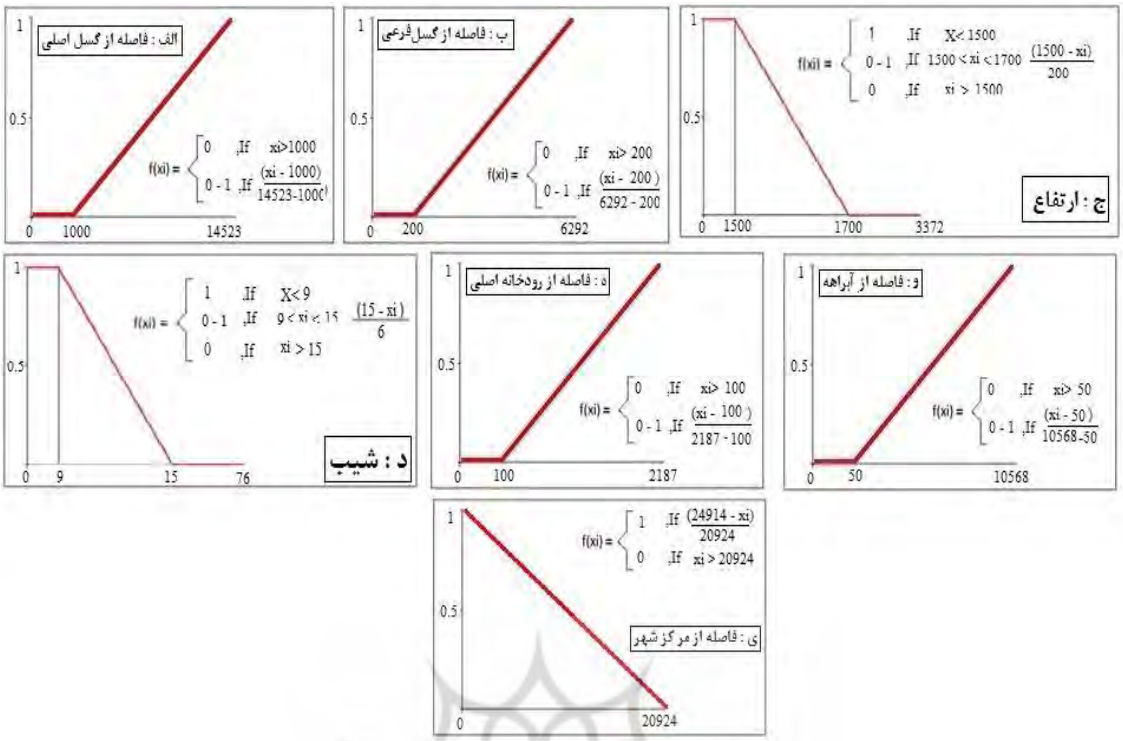
این تابع به هر عضو مجموعهٔ A عدد ۱ و به هر عضو خارج از مجموعهٔ A عدد ۰ را نسبت می‌دهد. اگر عضویت عنصری در مجموعهٔ A در بازه‌ای از ۰ و ۱ قرار گیرد، به هر x از X عددی در بازهٔ ۰ و ۱ نسبت داده می‌شود، که تابع عضویت نامیده می‌شود. تابع عضویت به‌صورت $\mu_{A(x)}$ نشان داده می‌شود که درجهٔ عضویت بین ۰ و ۱ خواهد داشت. تابع عضویت برابر ۱ نشان‌دهندهٔ عضویت کامل در مجموعه و مقدار ۰ نشان‌دهندهٔ عدم عضویت کامل عنصر در مجموعه است. برای پهنه‌بندی مناطق مستعد توسعهٔ فیزیکی شهر، لایه‌های رستری براساس توابع عضویت فازی‌سازی می‌شوند (شکل ۲). روش فازی دارای پنج عملگر در محیط نرم‌افزار GIS است که در این پژوهش از عملگر گاما با ضرایب مختلف استفاده شده است. این عملگر بر حسب حاصل ضرب جبری فازی و حاصل جمع جبری فازی براساس رابطهٔ ۲ تعریف می‌شود.

$$\mu_{combination}=((\text{Fuzzy Algebraic Sum})(\text{Fuzzy Algebraic Product}))^{1-\gamma} \qquad (۲)$$

در این رابطه $\mu_{combination}$ لایهٔ حاصل از گامای فازی و γ پارامتر تعیین‌شده در محدودهٔ صفر و یک است. زمانی که γ را برابر ۱ قرار دهیم، ترکیبی که اعمال می‌شود همان جمع جبری فازی و زمانی که γ برابر صفر باشد، ترکیبْ برابر با ضرب جبری فازی است. مقدار درنظرگرفته‌شده برای γ مقادیری در خروجی ایجاد می‌کند که با اثر افزایشی جمع جبری و اثر کاهشی ضرب جبری فازی سازگاری دارد. لایه‌های رستری براساس توابع فازی تعریف‌شده برای هریک از آنها فازی‌سازی می‌شود (شکل ۲). طبقات مختلف لایه‌های کیفی براساس میزان تأثیر در توسعهٔ فیزیکی شهر امتیاز بین ۰ تا ۲۵۵ را به خود اختصاص می‌دهند و سپس با استفاده از رابطهٔ ۳ مقادیر اختصاص‌داده‌شده نرمال‌سازی فازی می‌شوند.

$$\left\{\left(\frac{xi-x\min}{xmox-x\min}\right)\right. \qquad (۳)$$

نقشهٔ نهایی پهنه‌بندی مناطق مستعد توسعهٔ فیزیکی شهر کرمانشاه براساس محدودیت‌های کاربری اراضی بررسی می‌شود و در نهایت مناطق مستعد توسعهٔ فیزیکی شهر در آینده مشخص می‌گردد.

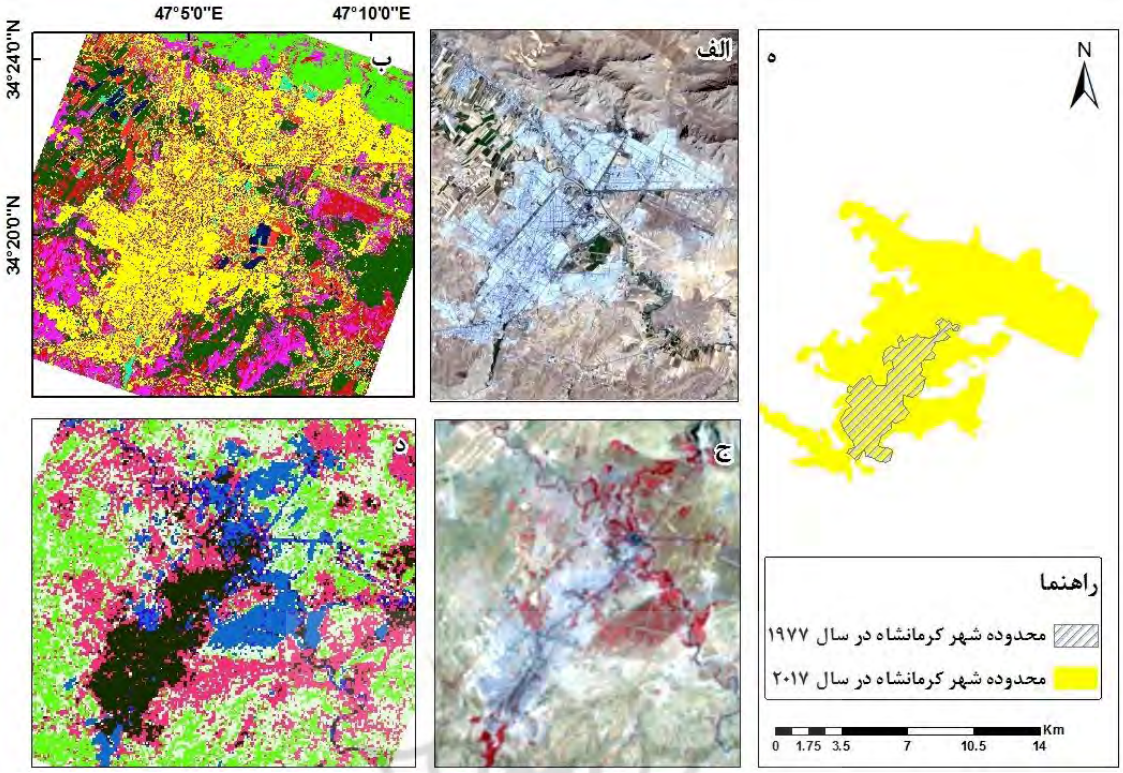


شکل ۲. توابع فازی‌سازی پارامترهای مورد استفاده؛ الف) فاصله از گسل اصلی؛ ب) فاصله از گسل فرعی؛ ج) ارتفاع؛ د) شیب؛ ه) فاصله از رودخانهٔ اصلی؛ و) فاصله از آبراهه؛ ی) فاصله از مرکز شهر

یافته‌های تحقیق

بررسی توسعهٔ فیزیکی شهر کرمانشاه

برای شناخت میزان و چگونگی توسعهٔ فیزیکی شهر کرمانشاه در دورهٔ چهل‌ساله، نخست، با انتخاب نمونه‌های تعلیمی در کلاس‌های مختلف، محدودهٔ شهر کرمانشاه در سال‌های ۱۹۷۷ و ۲۰۱۷ مشخص شد (شکل ۳- ب و د). مقایسهٔ محدوده‌های شهر کرمانشاه (شکل ۳- ه) در دو سال مورد نظر نشان می‌دهد که توسعهٔ فیزیکی در همهٔ جهات رخ داده و بیشترین توسعهٔ فیزیکی در نواحی شمالی شهر حد فاصل رودخانهٔ قره‌سو و ارتفاعات تاق‌بستان در امتداد جادهٔ کرمانشاه- همدان و کرمانشاه- سنندج بوده است. دشت آبرفتی و توپوگرافی هموار در نواحی شرقی و غربی شهر کرمانشاه سبب توسعهٔ فیزیکی زیاد شهر در این مناطق شده است. در جهت جنوبی در امتداد کوهپایه چندین شهرک ایجاد شده و در جهت جنوب غربی بر روی دشت میان کوهی شهرک پردیس ایجاد شده است. به‌طورکلی، می‌توان گفت توسعهٔ فیزیکی شهر کرمانشاه در چهار دههٔ گذشته تابع شرایط توپوگرافی بوده و فقط نواحی ناهموار در جهات جنوبی، جنوب غربی، و جنوب شرقی توسعهٔ فیزیکی شهر کرمانشاه را نسبت به سایر مناطق محدود کرده و توسعهٔ فیزیکی شهر در چهل سال گذشته از نظم خاصی پیروی نکرده است.

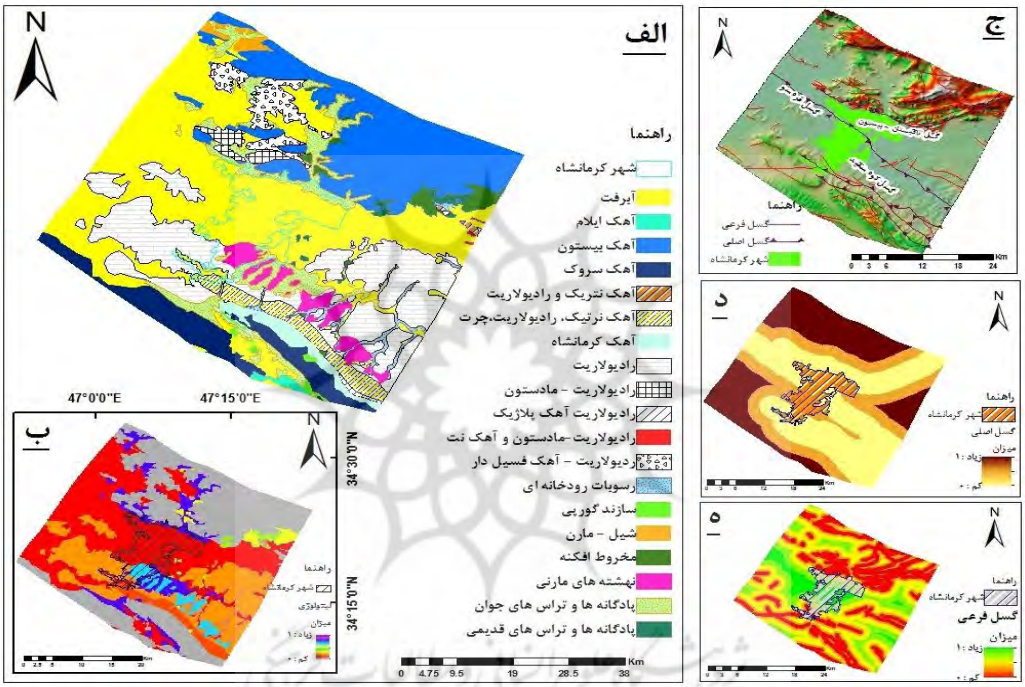


شکل ۳. تصاویر ماهواره‌ای و طبقه‌بندی‌شدهٔ محدودهٔ شهر کرمانشاه در سال‌های ۱۹۷۷ و ۲۰۱۷

تهیهٔ نقشهٔ پهنه‌بندی مناطق مستعد توسعهٔ فیزیکی شهر کرمانشاه

در این بخش از پژوهش با مد نظر قراردادن مبانی نظری و با توجه به استانداردهای ذکرشده در مطالعات مختلف، پارامترهای نُه‌گانه برای مدل‌سازی فازی مناطق مستعد توسعهٔ فیزیکی آماده‌سازی می‌شود. از نظر زمین‌شناسی، دشت کرمانشاه یک دشت ناودیسی است که ارتفاعات شمالی آن در زون زاگرس مرتفع، محدودهٔ مرکزی دشت و ارتفاعات واقع در آن در زون بینابینی و ارتفاعات حاشیه‌ای جنوبی دشت کرمانشاه در زون زاگرس چین‌خورده قرار گرفته است. ازاین‌رو، این منطقه دارای تنوع لیتولوژیکی زیادی است و ارتفاعات پراو- بیستون در شمال از آهک بیستون، کوهپایه‌ها و نواحی دشتی از نهشته‌های کواترنری، تپه‌ماهورها از رادیولاریت‌ها و نهشته‌های مارنی و ارتفاعات جنوبی از سازندهای کربناته کرمانشاه، ایلام، سروک و سازند گورپی و رادیولاریت‌ها تشکیل شده است (شکل ۴- الف). سازندهای سخت آهکی، سازند گورپی و سنگ‌های شیلی- مارنی و رادیولاریتی به‌علت سختی و ایجاد توپوگرافی ناهموار، برای ساخت‌وساز و توسعهٔ شهری مناسب نیستند. جدای از توپوگرافی ناهموار، امکان حفاری عمده و ایجاد زیرساخت‌های شهری در سازندها و سنگ‌های سخت وجود ندارد. نهشته‌های کواترنری به‌علت توپوگرافی هموار و امکان اجرای عملیات ساخت‌وساز برای توسعهٔ شهری مناسب‌اند، اما نهشته‌های رودخانه‌ای عهد حاضر به‌علت سستی برای ایجاد ساخت‌وساز مناسب نیست. بر این اساس، نهشته‌های کواترنری بیشترین امتیاز و سازندهای سخت کمترین امتیاز را برای توسعهٔ شهری به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۴- ب). از نظر زمین‌ساختی، محدودهٔ مورد مطالعه تکتونیزه است و گسل‌های قره‌سو (مرکز شهر)، گسل تاق‌بستان- بیستون (در شمال شهر)، گسل سفیدکوه (جنوب شهر) گسل‌های اصلی منطقه‌اند. گسل‌های فرعی منطقه بیشتر در محدودهٔ ارتفاعات شمالی و جنوبی شهر کرمانشاه قرار دارند. محدودهٔ شهر کرمانشاه در ایالت لرزه

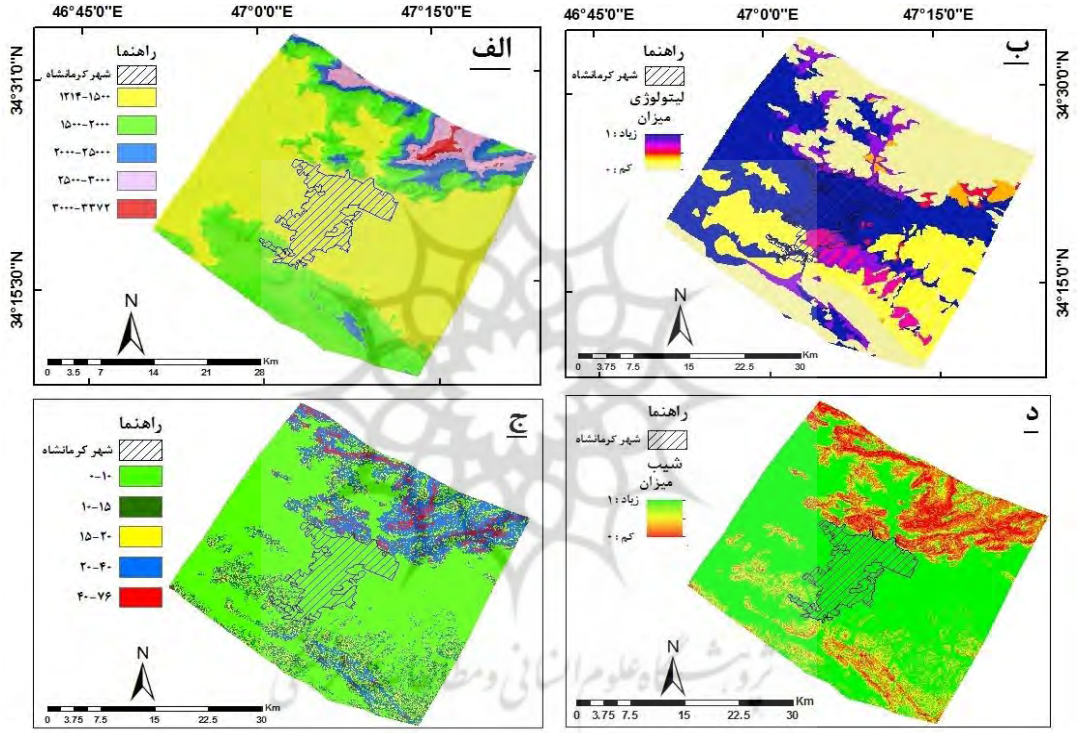
زمین‌ساخت زاگرس قرار گرفته و با توجه به ادامهٔ فعالیت‌های تکتونیکی و وجود گسل‌های فعال و رخداد زلزله‌های مخرب تاریخی و دستگاهی محدودهٔ شهر کرمانشاه دارای درجهٔ خطرپذیری بالا از نظر رخداد زلزله است. در امتداد گسل‌های فعال و عمده شدت زلزله بیشتر است و به‌علت گسیختگی و جابه‌جایی قطعات آن تخریب ناشی از زلزله بیشتر می‌شود. استانداردهای مختلف برای فاصله از گسل جهت ساخت‌وساز ارائه شده که در این پژوهش از استاندارد ذکرشده توسط فرجزاده (۱۳۸۵) برای گسل‌های اصلی منطقه استفاده شده است؛ شکل ۲- الف تابع فازی‌سازی این پارامتر را نشان می‌دهد. بر این اساس، مناطق با فاصلهٔ کمتر از یک کیلومتر از گسل‌های اصلی (شکل ۴- د) و مناطق با فاصلهٔ کمتر از ۲۰۰ متر از گسل‌های فرعی (شکل ۴- ه) دارای کمترین امتیاز و مناطق با دورترین فاصله از گسل‌ها بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داده‌اند.



شکل ۴. الف) نقشهٔ لیتولوژی؛ ب) نقشهٔ فازی‌سازی پارامتر لیتولوژی؛ ج) نقشهٔ گسل‌های منطقه؛ د) نقشهٔ فازی‌سازی فاصله از گسل اصلی؛ ه) نقشهٔ فازی‌سازی فاصله از گسل فرعی

پستی و بلندی زمین، جهت و میزان شیب از عوامل مهم و مؤثر در استقرار و مکان‌یابی شهرها، سامانهٔ حرکت آب‌های سطحی، چگونگی دفع فاضلاب‌های شهری و وضعیت شبکه‌بندی گذرگاه‌ها محسوب می‌شوند (حبیبی و کوهساری۱۳۸۶: ۱۸۸). ارتفاع یا توپوگرافی در بسیاری از مسائل شهری همچون تعیین مسیر لوله‌های آب، گاز، تخلیهٔ آب‌های سطحی و فاضلاب شهری دخیل است (رهنمایی، ۱۳۸۲: ۱۱۴). همچنین، ارتفاع در ساخت‌وساز و تعیین مسیر خیابان‌ها و حتی میکرو اقلیم مؤثر است. مقدار بهینهٔ این پارامتر در عرض جغرافیاهای مختلف یکسان نیست. محدودهٔ فعلی شهر کرمانشاه در ارتفاع ۱۳۰۰ تا ۱۶۰۴ متری قرار گرفته و محدودهٔ مورد مطالعه دارای حداقل ارتفاع ۱۲۱۴ متر و حداکثر ارتفاع ۳۳۷۲ متر است (شکل ۵ الف). بر اساس استاندارد مخدوم و همکاران (۱۳۸۳)، محدودهٔ ارتفاعی ۱۳۰۰ تا ۱۸۰۰ برای توسعهٔ شهری مناسب است. با توجه به شرایط توپوگرافی اطراف شهر کرمانشاه، محدودهٔ ارتفاعی مناسب تا ۱۵۰۰متری است، اما تا ۱۷۰۰متری نیز به‌صورت محدود قابلیت توسعهٔ شهری را داراست (شکل ۲- ج). بنابراین، مناطق دشتی و کم‌ارتفاع

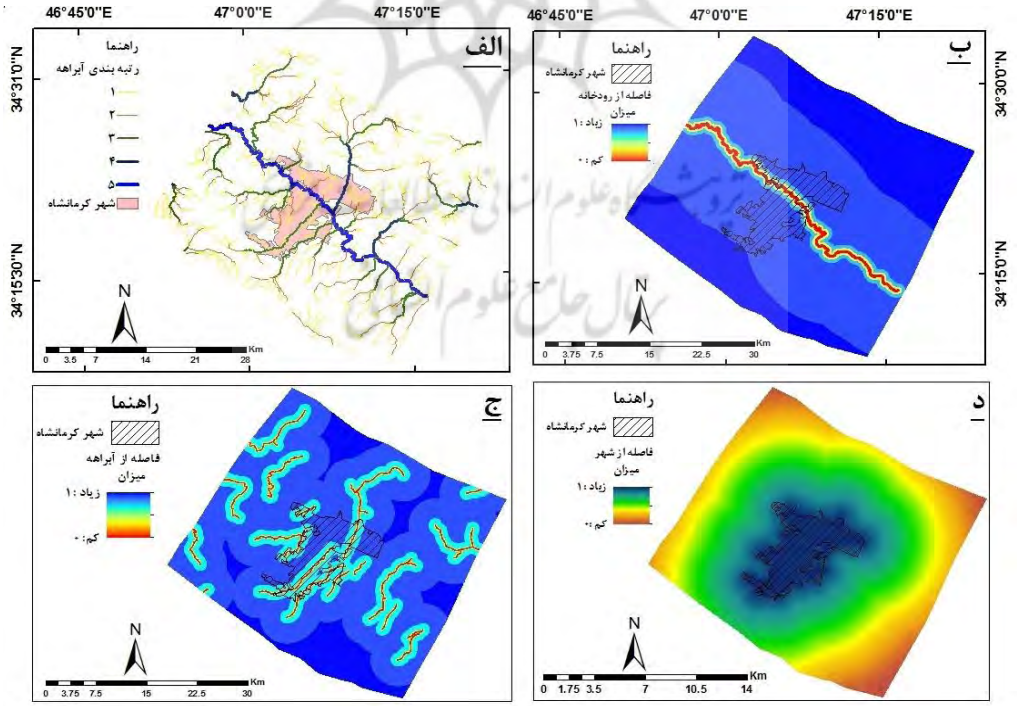
بیشترین امتیاز و نقاط کوهستانی و مرتفع کمترین امتیاز را دارند (شکل ۵- ب). شیب توپوگرافی محدودهٔ مورد مطالعه تابع ناهمواری سطح زمین است و بین ۰ تا ۷۶ درجه است (شکل ۵- ج). این پارامتر در مباحث توسعهٔ شهری نقش اساسی دارد و مناسب‌ترین شیب برای توسعه و گسترش فیزیکی شهر شیب صفر تا ۶ درجه است که میزان تخریب آن کم و هزینهٔ سرمایه برای آن ناچیز است. شیب تا ۹ درجه نیز تا حدودی مساعد است، ولی شیب از ۹ درجه به بالا مستلزم تأمین هزینه‌های سرمایه‌ای و نگه‌داری زیاد و تخریب پیوسته در محیط زیست است (مخدوم، ۱۳۸۳: ۶۵). ثروتی و همکاران (۱۳۸۸) شیب ۹ تا ۱۵ درجه را حد نهایی ساخت‌وساز درنظر گرفته‌اند. شکل ۲- د تابع فازی‌سازی پارامتر ارتفاع را نشان می‌دهد. نواحی کم‌شیب و هموار دشتی در محدودهٔ دشت کرمانشاه بیشترین امتیاز و نواحی کوهستانی و پُرشیب در شمال و جنوب شهر کرمانشاه کمترین امتیاز را دارا هستند (شکل ۵- د).



شکل ۵. الف) نقشهٔ طبقات ارتفاعی؛ ب) نقشهٔ فازی‌سازی پارامتر ارتفاع؛ ج) نقشهٔ طبقات شیب؛ د) نقشهٔ فازی‌سازی شیب محدودهٔ مورد مطالعه

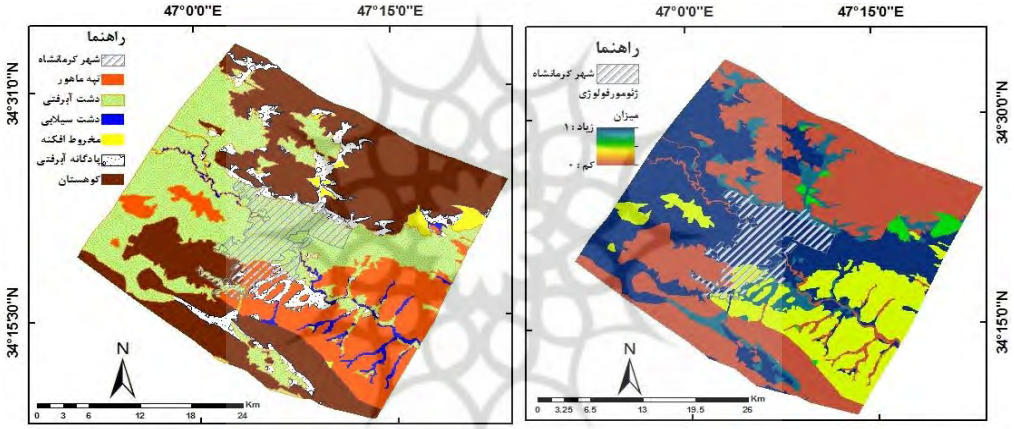
شبکهٔ زهکشی اعم از رودخانه‌ها و آبراهه‌ها در توسعهٔ فیزیکی شهرها نقش زیادی دارند. در این پژوهش شبکهٔ زهکشی محدودهٔ مورد مطالعه از DEM ده متر منطقه استخراج شده است (شکل ۶- الف). رودخانهٔ قره‌سو زهکش اصلی منطقه است و رودخانه‌های فرعی چم بشیر، آبشوران، و ... نیز آبراهه‌های فرعی‌اند. رودخانهٔ قره‌سو از سرشاخه‌های مهم رودخانهٔ کرخه است و از داخل شهر کرمانشاه عبور می‌کند. میانگین دبی سالانه و حداکثر دبی پیک سیلاب مشاهداتی رودخانهٔ قره‌سو در ایستگاه پل‌کهنه در شرق شهر کرمانشاه در بازهٔ زمانی ۱۳۴۵-۱۳۸۵ به‌ترتیب ۲۲/۹ و ۱۲۵۵متر مکعب بر ثانیه بوده است. رودخانهٔ قره‌سو در بیشتر مسیر خود در بستر آبرفتی و کم‌شیب جریان دارد و با توجه به تبدیل کاربری‌های زمین از مرتع به کشاورزی و از بین رفتن پوشش گیاهی و از همه مهم‌تر عبور بخش بالادست رودخانه و میانی آن از شهر، که تحت تأثیر تأسیسات و ساخت‌وسازهای شهری قرار می‌گیرد، زمینهٔ مناسبی برای تشدید سیلاب‌ها فراهم کرده است (شریفی

پیچون و پرنون، ۱۳۹۷: ۱۹). بنابراین خطر رخداد سیل در شهر کرمانشاه در محدودهٔ اطراف رودخانهٔ قره‌سو زیاد است. معیارهای بسیار زیادی براساس شرایط هیدروژئومورلوژیکی رودخانه‌ها برای فاصله از رودخانه ذکر شده که در این میان مختاری و همکاران (۱۳۸۵) فاصلهٔ ۳۰۰متری، تقیان و حیدری (۱۳۹۲) فاصلهٔ ۵۰متری، و باتلویس و همکاران (۲۰۱۲) و عابدینی و همکاران (۱۳۹۴) فاصلهٔ ۱۰۰متری را ذکر کرده‌اند. با توجه به شرایط هیدرولوژیکی و ژئومورفولوژیکی رودخانهٔ قره‌سو و بستر آن، محدودهٔ خطر ۱۰۰ متر درنظر گرفته شده و محدوده‌ای با فاصلهٔ بالای ۱۰۰۰ متر از رودخانهٔ قره‌سو کمترین خطر سیل‌گیری را دارد (شکل ۲- ه). محدودهٔ فاصلهٔ خطر سیل‌گیری برای رودخانه‌های فرعی ۵۰ متر است. محدودهٔ فاصلهٔ بیش از ۲۰۰ متر نیز دارای کمترین میزان خطر سیل‌گیری است (شکل ۲- و). شکل‌های ۶- الف و ب نشان می‌دهد که محدوده‌های نزدیک به رودخانهٔ قره‌سو در دشت آبرفتی این رودخانه و همچنین محدوده‌های اطراف آبراهه‌های فرعی کمترین امتیاز و مناطق دورتر به‌خصوص ارتفاعات شمالی و جنوبی نیز بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داده‌اند. یکی دیگر از پارامترهای مهم در زمینهٔ مکان‌یابی مناطق مستعد توسعهٔ فیزیکی شهرها پارامتر فاصله از شهر است. زیرا این پارامتر تعیین‌کنندهٔ دسترسی به امکانات شهری مانند مراکز درمانی، آموزشی، اداری و تجاری، و ... است. بنابراین، این پارامتر از یک تابع مستقیم- معکوس پیروی کرده و مناطق نزدیک به شهر بیشترین امتیاز و مناطق دورتر کمترین امتیاز را به خود اختصاص داده‌اند. شهر کرمانشاه از نظر هندسی دارای شکل نامنظم است و عمدتاً در راستای شمالی- جنوبی گسترش یافته است. البته، در طی چند دههٔ گذشته نواحی شمالی شهر به موازات ارتفاعات تاق‌بستان گسترش غربی- شرقی داشته‌اند. با توجه به احداث شهرک‌های متعدد و شکل نامنظم شهر کرمانشاه، برای محاسبهٔ پارامتر فاصله از مراکز شهر، خیابان‌های اصلی شهر مد نظر قرار گرفته است. بنابراین، مناطق حومه‌ای شهر کرمانشاه با فاصلهٔ کمتر بیشترین امتیاز و مناطق دورتر از شهر کمترین امتیاز را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۶- د).



شکل ۶ : الف) نقشهٔ شبکهٔ زهکشی؛ ب) نقشهٔ فازی‌سازی پارامتر فاصله از ارتفاع؛ ج) نقشهٔ فازی‌سازی فاصله از آبراههٔ فرعی؛ د) نقشهٔ فازی‌سازی فاصله از مرکز شهر

عمده فعالیت‌های انسانی از جمله ایجاد و توسعهٔ سکونتگاه‌های انسانی اعم از شهری، روستایی، صنعتی، و ... در بستر سطح زمین و در قلمرو علم ژئومورفولوژی انجام می‌گیرد. از آنجا که ژئومورفولوژی علمی است که دربارهٔ تغییر اشکال زمین و برنامه‌ریزی ژئومورفولوژیک بحث می‌کند، به ما کمک می‌کند تا بهترین راه‌حل را برای استفاده از زمین پیدا کنیم و نقش قابل توجهی در مسائلی نظیر انتخاب محلّ بسیاری از کاربری‌های زمین، انتخاب محلّ شهر، و مورفولوژی شهری دارد (عادلی و خورشیددوست، ۲۰۱۱: ۶۶۲). دشت کرمانشاه و نواحی اطراف آن به‌علت تنوع لیتولوژیکی، شرایط زمین‌ساختی، و فعال‌بودن فرایندهای شکل‌زایی مختلف دارای تنوع قابل توجه عوارض ژئومورفولوژیکی است (شکل ۷– الف). بخش‌های شمالی و جنوبی منطقه جزو واحد کوهستانی است که برای فعالیت توسعه‌ای شهری مساعد نیست و واحد تپه‌ماهور نیز به‌علت شرایط توپوگرافی و لیتولوژیکی شرایط چندان مساعدی برای این نوع فعالیت‌ها ندارد. دشت سیلابی حاشیه‌ای رودخانهٔ قره‌سو و دیگر آبراهه‌های اصلی به‌علت سستی رسوبات و قرارگرفتن در معرض سیل‌گیری مساعد ساخت‌وساز نیستند. واحدهای دشت آبرفتی، پادگانه‌ها، و مخروط‌افکنه‌ها به‌علت شرایط توپوگرافی مناسب و امکان حفاری و همچنین مقاومت نسبی رسوبات برای توسعهٔ فعالیت شهری مساعدند و بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۷– ب).

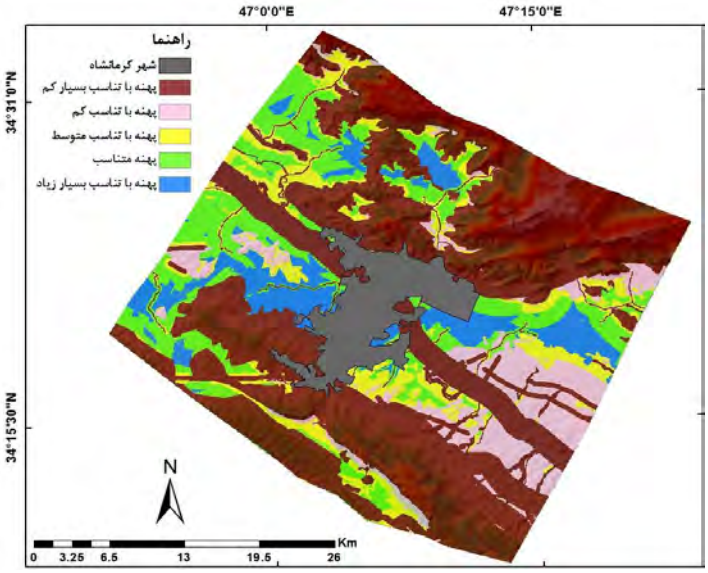


شکل ۷. الف) نقشهٔ واحدهای ژئومورفولوژیکی؛ ب) نقشهٔ فازی‌سازی پارامتر ژئومورفولوژیکی

پس از تهیهٔ لایهٔ فازی‌سازی‌شدهٔ پارامترهای نُه‌گانه با استفاده از عملگر گاما ۰٫۸ به‌عنوان بهترین ضریب تلفیق روی‌هم‌گذاری‌شده و نقشهٔ پهنه‌بندی توسعهٔ فیزیکی شهر کرمانشاه تهیه شد (شکل ۸). این نقشه با استفاده از روش شکستگی‌های طبیعی به پنج کلاس تقسیم شد (جدول ۲). طبقه با تناسب بسیار کم، بیش از نیمی از مساحت محدودهٔ مورد مطالعه را دربر گرفته و طبقات مناسب نیز حدود ۲۶درصد مساحت منطقه را شامل می‌شود.

جدول ۲. مساحت کلاس‌های نقشه‌های پهنه‌بندی نهایی و درصد آنها

کلاس	دامنه	مساحت Km^2	درصد
بسیار متناسب	۰٫۱۶۶–۰	۱۳۲٫۸۷	۱۰٫۰۸
متناسب	۰٫۴۱۳–۰٫۱۶۶	۲۰۰٫۶۴	۱۵٫۲۲
تناسب متوسط	۰٫۵۵۳–۰٫۴۱۳	۱۱۷٫۴۹	۸٫۹۲
تناسب کم	۰٫۶۶۴–۰٫۵۵۳	۱۱۹٫۲۷	۹٫۰۳
تناسب بسیار کم	۰٫۸۳۰–۰٫۶۶۴	۷۴۷٫۶۳	۵۶٫۷۳

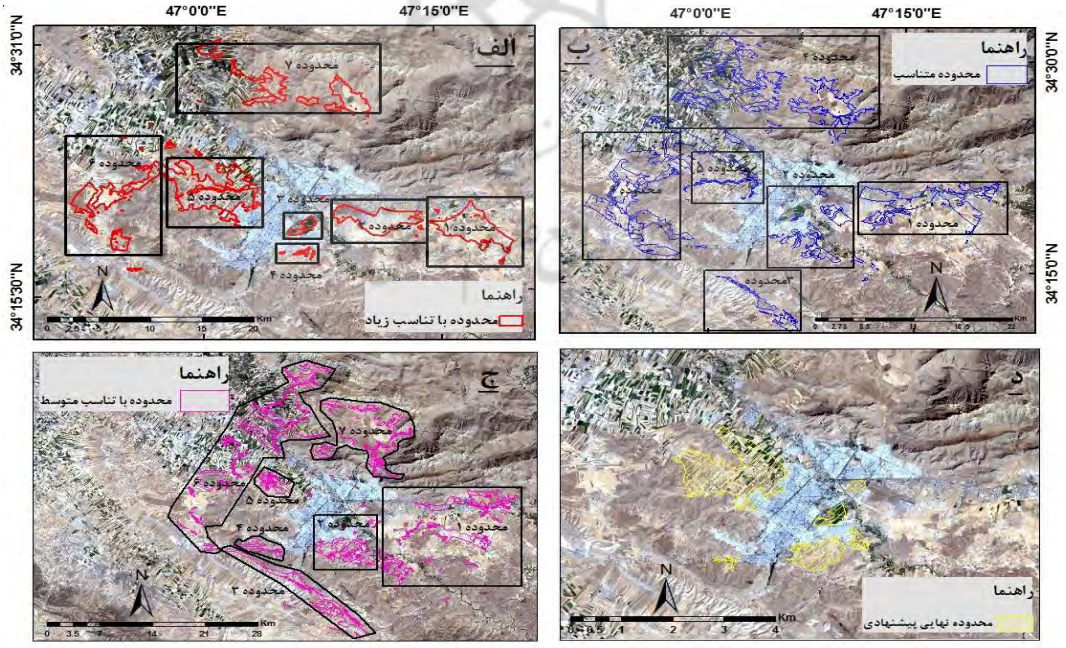


شکل ۸. نقشهٔ نهایی پهنه‌بندی مناطق مستعد توسعهٔ فیزیکی شهر کرمانشاه

بحث و نتیجه‌گیری

توسعهٔ فیزیکی شهرها یکی از مسائل مهم جوامع انسانی عهد حاضر است که نیازمند برنامه‌ریزی دقیق و مطالعات گستردهٔ عوامل انسانی و طبیعی است. عوامل طبیعی، که عمدتاً در حیطهٔ عوامل ژئومورفولوژی قرار گرفته‌اند، نقش مهمی در مکان‌یابی مناطق مستعد توسعه دارند و درنظرنگرفتن این پارامترها محدودیت‌ها و مخاطرات زیادی ایجاد می‌کند. محدودهٔ مورد مطالعه در دشت کرمانشاه قرار گرفته و به‌علت ترکیب شرایط زمین‌شناسی (تنوع لیتولوژیکی و زمین‌ساخت شکننده) و شرایط جغرافیایی و فعال‌بودن فرایند شکل‌زایی دارای محدودیت‌ها و مخاطرات قابل توجهی برای توسعهٔ فیزیکی شهر است. بررسی نقشهٔ نهایی پهنه‌بندی مناطق مستعد توسعه نشان می‌دهد که حدود ۶۶درصد مساحت منطقه برای توسعهٔ شهر مناسب نیست. مناطق نامناسب شامل ارتفاعات پراو- بیستون در شمال شهر، ارتفاعات کوه‌سفید در جنوب شهر، و محدودهٔ اطراف رودخانهٔ قره‌سو در دشت کرمانشاه است. نامناسب‌بودن مناطق کوهستانی پرآو- بیستون به‌علت رخنمون سازند سخت آهکی، شیب و ارتفاع زیاد، وجود گسل اصلی طاق‌بستان و گسل‌های فرعی و فعال‌بودن فرایندهای شکل‌زایی همچون انحلال و ریزش قطعات و بلوک‌های آهکی است. در ارتفاعات جنوبی محدودیت‌های ناشی از ارتفاع و شیب زیاد، رخنمون سازندهای سخت آهکی و رادیولاریتی، وجود گسل فعال کوه‌سفید، و فعال‌بودن فرایندهای فرسایشی آبی در دامنهٔ این ارتفاعات است. محدودهٔ رودخانهٔ قره‌سو به‌علت رسوبات سست رودخانه‌ای، خطر سیل‌گیری، و وجود گسل اصلی قره‌سو نامناسب است. نواحی تپهٔ ماهوری نیز عمدتاً به‌علت محدودیت‌های توپوگرافی، لیتولوژیکی، و قرارگیری در حریم گسل برای توسعهٔ فیزیکی شهر مناسب نیست. پهنه‌ای با تناسب متوسط عمدتاً شامل مناطق با شیب بین ۱۰ تا ۱۵ درجه، ارتفاع ۱۴۰۰ تا ۱۶۰۰متری، و فاصله‌ای بیش از ۲۰۰۰ متر از گسل‌های اصلی است. مناطق مناسب و با تناسب بسیار زیاد منطبق بر دشت آبرفتی با شرایط توپوگرافی مناسب و رخنمون نهشته‌های کواترنری و فاصله‌ای مناسب از گسل و شبکه‌ای زهکشی است. ازاین‌رو، می‌توان گفت محدودیت‌ها و مخاطرات ناشی از شرایط ژئومورفولوژیکی نقش اساسی در تعیین مناطق مستعد توسعهٔ فیزیکی شهر کرمانشاه دارند. همچنین، بخش‌هایی از شهر کرمانشاه در محدوده‌های شمالی، جنوبی، و مرکز شهر به‌علت قرارگیری در حریم گسل‌های اصلی و محدودیت‌های لیتولوژیکی و توپوگرافی در پهنه‌های نامناسب قرار دارند. از طرف دیگر، به‌رغم مساحت زیاد ۳۳۳ کیلومتر مربعی

مناطق متناسب و با تناسب بسیار زیاد و همچنین مساحت ۱۱۷ کیلومتر مربعی پهنه‌ای با تناسب متوسط، به‌علت محدودیت‌های ناشی از کاربری‌های مختلف انسانی و همچنین بُعد فاصله از مناطق اصلی شهر مناطق مناسب توسعه‌ای شهری در اطراف شهر کرمانشاه محدود است. شکل ۹- الف پهنه‌ای با تناسب بسیار زیاد را نشان می‌دهد. محدوده‌های ۱ و ۲ عمدتاً دارای کاربری انسانی اعم از خصوصی و دولتی (شهرک صنعتی، پادگان نظامی، و ...) است و همچنین محدودهٔ ۱ در کنار فرودگاه کرمانشاه قرار دارد و محدودهٔ ۲ نیز فاصلهٔ زیادی با شهر دارد. ازاین‌رو، این محدوده‌ها مناسب توسعهٔ شهری نیستند و محدوده‌های ۶ و ۷ نیز فاصلهٔ زیادی از شهر دارند و مناسب نیستند. محدوده‌های ۳، ۴، و ۵ مناسب توسعهٔ شهری‌اند. شکل ۹- ب پهنه‌ای متناسب را نشان می‌دهد که بر اساس آن محدوده‌های ۳، ۴، و ۶ به‌علت دوری از شهر مناسب نیستند و محدودهٔ ۱، علاوه‌بر دوری، دارای کاربری‌های دولتی و خصوصی است و مناسب طرح توسعهٔ فیزیکی شهر نیست. محدوده‌های ۲ و ۵ مناسب توسعهٔ شهری‌اند. در پهنه‌ای با تناسب متوسط (شکل ۹- ج) محدوده‌های ۱، ۳، ۵، ۶ و ۷ به‌علت دوری از شهر و همچنین محدودهٔ ۱ به‌علت کاربری انسانی مساعد طرح توسعهٔ فیزیکی شهر نیستند و فقط محدوده‌های ۲ و ۴ دارای شرایط نسبتاً مناسب برای توسعهٔ فیزیکی شهر کرمانشاه‌اند. شکل ۹ د محدوده‌های پیشنهادی نهایی برای توسعهٔ فیزیکی شهر کرمانشاه در دهه‌های آینده را نشان می‌دهد. مساحت این پهنه‌ها حدود ۵۰ کیلومتر مربع است که با رعایت فاصلهٔ متناسب از گسل‌ها و آبراهه‌ها در مناطقی با توپوگرافی مناسب و عمدتاً بر روی نهشته‌های کواترنری در لندفرم دشت آبرفتی در غرب و شرق شهر کرمانشاه قرار دارند. در نهایت، می‌توان گفت محدودهٔ کنونی شهر کرمانشاه و همچنین محدودهٔ اطراف آن به‌علت شرایط ژئومورفولوژیکی دارای مخاطرات و محدودیت‌های فراوانی است و، در طی چند دههٔ گذشته، توسعهٔ فیزیکی شهر کرمانشاه بدون توجه به این محدودیت‌ها انجام گرفته است. بنابراین، پیشنهاد می‌شود برنامه‌ای جامع برای مناطق پُرخطر شهر کرمانشاه تدوین شود و در مرحلهٔ بعدی با مدنظر قراردادن شرایط اقتصادی- اجتماعی مناطق پیشنهادی برای توسعهٔ فیزکی شهر انتخاب شود. همچنین، به‌علت محدودیت‌های فراوان ژئومورفولوژیکی ساخت‌وسازهای عمودی و انبوه با برنامه‌ریزی دقیق در مناطق مناسب انجام گیرند.



شکل ۹. الف) نقشهٔ پهنه‌ای با تناسب بسیار زیاد؛ ب) نقشهٔ پهنه‌ای متناسب؛ ج) نقشهٔ پهنه‌ای با تناسب متوسط؛ د) نقشه‌ای با تناسب متوسط

منابع

امامی‌کیا، و. (۱۳۹۲). ارزیابی توسعهٔ سکونتگاه‌های شهری در مناطق آسیب‌پذیر از تأثیر گسل (مطالعهٔ موردی: شهرک باغمیشه تبریز)، فصل‌نامهٔ *اندیشه‌های نو در جغرافیا*، دوره ۵، شماره ۲۰ پیاپی، صص »۳۵–۴۸.

پوراحمد، ا.؛ یدقار، ع. و حبیبی، ک. (۱۳۸۲). بررسی روند و الگوی توسعهٔ شهری سنندج با استفاده از GIS و RS، نشریهٔ *هنرهای زیبا*، دوره۱۶، شمارهٔ ۱۶، شماره پیاپی ۴۷۵، صص: ۱۴–۳۲.

تقیان، ع.ر. ولیرضا؛ غلام حیدری، ح. (۱۳۹۲). پتانسیل‌ها و موانع ژئومورفولوژیکی توسعهٔ فیزیکی شهر یاسوج با استفاده از مدل AHP، دو فصل‌نامهٔ *ژئومورفولوژی کاربردی ایران*، جلد ۱، شماره۲،صص۹۹–۱۱۵.

ثروتی، م.ر؛ خضری، س. و رحمانی، ت. (۱۳۸۸). بررسی تنگناهای طبیعی توسعهٔ فیزیکی شهر سنندج، *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، دوره ۴۱،شمارهٔ ۶۷،صص:۱۳–۲۹.

حبیبی، ک. و کوهساری، م.ج. (۱۳۸۶). تهیهٔ مدلی یک‌پارچه به‌وسیلهٔ تلفیق روش تصمیم‌گیری چندمعیاره به‌منظور حل مسائل در شهرسازی (نمونهٔ موردی: انتخاب سایت بهینه برای استقرار تجهیزات جدید شهری)، *همایش GIS با (MCDM) تصمیم‌گیری ژئوماتیک*، تهران.

رضایی مقدم، م.ح.؛ ثقفی، م.؛ شفیع، ا. و عباس‌زاده، ک. (۱۳۸۹). به طبقه‌بندی محدودیت‌های مورفولوژیکی توسعهٔ شهری با استفاده از DEM و GIS (مطالعهٔ موردی: محدودهٔ طرح جامع شهر اهر)، *پژوهش‌های فضای جغرافیایی*، دوره ۱۰، شمارهٔ ۲۹، صص:۱۶۵–۱۷۹.

رضایی، پ. و استاد ملکرودی، پ. (۱۳۸۹). محدودیت‌های ژئومورفولوژیکی توسعهٔ فیزیکی شهر رودبار، فصل‌نامهٔ *جغرافیای طبیعی*،دوره ۳، شمارهٔ ۷،صص : ۴۱–۵۲.

رهنمایی، م.ت. (۱۳۸۲). *مجموعه مباحث و روش‌های شهرسازی – جغرافیا*، انتشارات مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران.

ستایشی نساز، ح.؛ روستایی، ش.؛ عمرانی دورباش، م. و زارع پیشه، ن. (۱۳۹۳). بررسی تنگناهای ژئومورفولوژیکی و تأثیر آن بر توسعهٔ فیزیکی شهر با استفاده از GIS و روش AHP (مطالعهٔ موردی: شهر گیوی)، مجلهٔ *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*، سال دوم، شماره ۴، صص : ۱–۱۶.

شایان، س.؛ پرهیزگار، ا. و سلیمانی شیری، م. (۱۳۸۸). تحلیل امکانات و محدودیت‌های ژئومورفولوژیک در انتخاب محورهای توسعهٔ شهری (نمونهٔ موردی: شهر داراب)، مجلهٔ *برنامه‌ریزی و آمایش فضا (مدرس علوم انسانی)*، دوره۱۳، شمارهٔ ۳، صص ۳۱–۵۳.

شریفی پیچون، م. و پرنون، ف. (۱۳۹۷). ارزیابی و تحلیل فضایی سیل‌گیری رودخانهٔ قره‌سو با استفاده از منطق فازی در محیط GIS، مجلهٔ *مخاطرات محیط طبیعی*، دوره۷، شماره ۱۵، صص۱۷–۳۰.

صابری‌فر، ر. (۱۳۹۱). مطالعهٔ توسعهٔ فیزیکی شهر بیرجند با معیار مخاطرات، دو فصل‌نامهٔ *پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری*، شماره ۲، پیاپی ۶،صص:۲۳–۳۶.

عابدینی، م.؛ میرزاخانی، ب. و عسگری، آ. (۱۳۹۴). پهنه‌بندی ژئومورفولوژیکی تناسب زمین در شهرستان اراک با استفاده از مدل منطق فازی (با رویکرد توسعهٔ آتی شهر اراک)، فصل‌نامهٔ *برنامه‌ریزی منطقه‌ای*، شمارهٔ ۱۸، صص ۵۹–۷۲.

فرجزاده، م. (۱۳۸۵). پهنه‌بندی حساسیت تشکیلات زمین‌شناسی در مقابل نیروهای زلزله در منطقهٔ شیراز با استفاده از GIS، مجلهٔ *پژوهش‌های جغرافیایی*، دوره، ۳۸، شمارهٔ ۵۵، صص ۵۹-۷۲.

کلانتری، م. (۱۳۸۵). *برنامه‌ریزی توسعهٔ پایدار شهری با تأکید بر توسعهٔ فیزیکی مطالعهٔ موردی: شهر تفرش*، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

مختاری، م.؛ صفایی اصل، آ. و رنگزن، ک. (۱۳۸۵). مدل‌سازی توسعهٔ عملکردهای شهری و کاربرد مدل‌های زیست‌محیطی در محیط GIS برای تعیین مناطق مناسب برای توسعهٔ فیزیکی شهر، *سومین همایش سیستم‌های اطلاعات مکانی*، تهران.صص:۱۱۲-۱۱۶.

مخدوم، م. (۱۳۸۳). *شالودهٔ آمایش سرزمین*، چ ۸، تهران: انتشارات دانشگاه تهران. ص:۳۰۰.

مخدوم، م.؛ درویش‌صفت، ع.ا. و جعفرزاده، ه. (۱۳۸۹). ارزیابی و برنامه‌ریزی محیط زیست با سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی GIS، تهران: انتشارات دانشگاه تهران. صص:۳۹۰.

مقیمی، ا. و صفاری، ا. (۱۳۸۸). ارزیابی ژئومورفولوژیکی توسعهٔ شهری در قلمرو حوضه‌های زهکشی سطحی مطالعهٔ موردی: کلان‌شهر تهران، *برنامه‌ریزی و آمایش فضا (مدرس علوم انسانی)*، جلد۱۴، شماره ۱، صص:۱-۳۱.

مقیمی، ا. (۱۳۸۸). *ژئومورفولوژی شهری*، تهران: انتشارات دانشگاه تهران. صص:۴۰۰.

مؤمنی، م. (۱۳۸۷). *مسائل جدید در تحقیق عملیات*، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.صص :۳۴۱

Abedini, M.; Mirzakhani, B. and Asgari, A. (2016). Geomorphologic zonation of land suitability in Arak city using fuzzy logic model (with future development approach of Arak city), *Regional Planning Quart*erly, Vol. 18.

Adeli, Z. and Khorshiddoust, A. (2011). Application of geomorphology in urban planning: Case study in landfill site selection, *Procedia Social and Behavioral Sciences*, Vol. 19.

Alberico, I. et al. (2005). EOCITY: a drill-hole database as a tool to assess geological hazard in Napoli urban area, *Environ Geol*, 47: 751-762.

Bathrellos, G.D.; Gaki-Papanastassiou, K.; Skilodimou, H.D.; Papanastassiou, D. and Chousianitis, K.G. (2012). Potential suitability for urban planning and industry development using natural hazard maps and geological–geomorphological parameters, *Environmental earth sciences*, 66(2): 537-548.

Emamiyakia, V. (2013). Evaluation of the development of urban settlements in vulnerable areas from the effect of faults (Case study: Bagh Mishtah Tabriz, Iran), *New Thought Quarterly in Geography*, Vol. 26.

Farajzadeh, M. (2006). Sensitivity zoning of geological organization against earthquake forces in Shiraz region using GIS, *Journal of Geographical Research*, Vol. 55.

Habibi, K. and Kowsarari, M.J. (2007). *Preparation of an integrated model by integrating a multi-criteria decision-making method to solve problems in urbanization (case study: selecting the optimal site for deployment of new urban facilities)*, GIS conference with (MCDM) decision Geomatic, Tehran.

Kalantari, M. (2006). *Planning of Sustainable Urban Development with Emphasis on Physical Development, Case Study: Tafresh Town*, Master's Thesis, Tarbiat Modarres University.

Makhdoom, M.; Darvish Sefat, A. and Jafarzadeh, H. (2010). *Environmental Assessment and Planning with Geographic Information Systems (GIS)*, Tehran, Tehran University Press.

Makhdoom, M. (2008). *The Basis of Land Planning*, Vol. 8, Tehran University Press.

Moghimi, E. and Saffari, A. (2009). Geomorphologic evaluation of urban development in the territory of surface drainage basins. Case study: Tehran metropolis, *Planning and Space Planning (Lecturer in Humanities)*, Vol. 14.

Moghimi, E. (2009). *Urban Geomorphology*, Tehran University Press.

Mohapatra, S.N.; Pani, P. and Sharma, M. (2014). Rapid urban expansion and its implications on geomorphology: A remote sensing and GIS based study, *Geography Journal*.

Mokhtari, M.; Safai Alizadeh, A. and Dargzan, K. (2006). Modeling the Development of Urban Functions and Application of Environmental Models in the GIS Environment to Determine the Suitable Areas for Physical Development of the City; *Third Conference on Spatial Information Systems*, Tehran.

Momeni, M. (2008). *New Issues in Operations Research*, Tehran University Press.

Panizza, M. (1995). *Geomorphologies'* , Bologna, Pitagora Editrice.

Pourahmad, A.; Yaddoghari; A. and Habibi, K. (2003). Reviewing the trend and pattern of urban development in Sanandaj using GIS and RS, *Journal of Fine Arts*, Vol. 16.

Rahnamai, M.T. (2003). *Settlement Issues and Methods of Urbanization - Geography*, Publications Center for Studies and Research on Urban and Architecture of Iran.

Rezaei Moqaddam, M.H.; Saghafi, M.; Shafi, E. and Karim Abbaszadeh, K. (2010). To classify the morphological limitations of urban development using DEM and GIS (Case study: Ahar County Master Plan), *Geographical Space Research*, Vol. 29.

Rezaei, P. and Malakudi Master, P. (2010). Geomorphologic Limits of Physical Development in Roodbar, *Natural History Quarterly*, Vol 7.

Ronld, W.T. (1973). *Focus on environmental geology*, Oxford: Oxford University Press.

Saberi Far, R. (2012). Study of Physical Development of Birjand City with Hazard Criterion, *Two Quarterly Journal of Urban Ecology Research*, Vol. 6.

Seroati, M. R.; Khezri, S. and Rahmani, T. (2009). Review of Natural Developmental Constraints in Sanandaj, *Natural Geography Research*, Vol. 67.

Sharifi Pikon, M. and Pernoun, F. (2018). Evaluation and spatial analysis of the flood of Gharaosu River using fuzzy logic in GIS environment, *Journal of Natural Environment Risks*, Vol 15.

Shayan, S.; Perezgar, A. and Soleimani Shiri, M. (2009). Analysis of Geomorphologic Facilities and Constraints in Choosing the Axes of Urban Development (Case Study: Darab City), *Journal of Planning and Space Planning (Lecturer in Humanities)*, Vol. 13.

Staishi Nasaz, H.; Rostaii, Sh.; Omarani Dobbash, M. and Zare Pisheh, N. (2015). Study of geomorphological bottlenecks and their impact on physical development of the city using GIS and AHP method (Case study: Givi city), *Journal of Quantitative Geomorphology Researches*, Vol. 4.

Taqiyan, A.R. and Gholam Heidari, H. (2013). Geomorphological Potential and Barriers to Physical Development of Yasuj City Using AHP Model, *Two Journal of Applied Geomorphology*, Vol. 2.

Van Alphen, B.J. and Stoorvogel, J.J. (2000). A functional approach to soil characterization in support of precision agriculture, *Soil Sci. Soc. Amer. J*, 64:1706-1713.

Youssef, A.M.; Pradhan, B. and Tarabees, E. (2011). Integrated evaluation of urban development suitability based on remote sensing and GIS techniques: contribution from the analytic hierarchy process, *Arabian Journal of Geosciences*, 4(3-4): 463-473.