

پهنه‌بندی کاربری اراضی مسیر آبراهه قشلاق بر اساس عوامل مخاطره‌ساز از سد وحدت تا سد ژاوه

مجتبی یمانی - استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.
مهران مقصودی - دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.
هادی نیری* - استادیار ژئومورفولوژی، دانشگاه کردستان.
خیات امانی - دانشجوی کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران.

پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۲/۰۴ تأیید نهایی: ۱۳۹۷/۰۲/۱۱

چکیده

تغییر کاربری اراضی بدون توجه به قابلیت‌های آن از معمول‌ترین دخالت‌های انسان در طبیعت بوده و همواره پدیده‌هایی از قبیل سیلاب و فرسایش خاک را به دنبال دارد. از آنجا که رودخانه‌ها از مهم‌ترین شریان‌های حیاتی شهرها و به عنوان هسته تجمع و استقرار بشر به شمار می‌روند پژوهش حاضر به شناخت مخاطرات ناشی از توسعه بدون ضابطه در پیرامون چنین محیطی در رودخانه قشلاق پرداخته است و بر اساس متغیرهای تاثیرگذار و از طریق روش فازی اقدام به پهنه‌بندی توسعه کاربری‌ها در این محدوده نموده است. بازه مورد بررسی از سد وحدت در ۱۲ کیلومتری شمال شرق شهر سنندج شروع شده و به طول ۵۵ کیلومتر تا سد ژاوه ادامه می‌یابد. پژوهش حاضر از نوع کاربردی بوده و روش آن توصیفی-تحلیلی می‌باشد. ابزارهای پژوهش را نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی، تصاویر ماهواره‌ای و نرم‌افزارهای تحلیلی تشکیل داده‌اند. یافته‌ها به مطالعات پیشین، گزارش‌های موجود و سایر داده‌های آماری و میدانی مستند شده‌اند. جهت دستیابی به اهداف پس از شناخت تهدیدهای موجود، لایه‌ها در نرم افزار Arc GIS وزن دهی و هم‌پوشانی شده و با استفاده از روش فازی اقدام به پهنه‌بندی محدوده برای کاربری‌های مورد نیاز شده است. سپس ارتباط بین کاربری‌های موجود با کاربری‌های پیش‌بینی شده بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که حدود ۳۰ درصد از محدوده مورد بررسی برای کاربری مسکونی و تجاری مطلوب است. شیب کم، فاصله زیاد از خطوط گسلی فعال و امکان برنامه ریزی و تعیین حدود اصولی برای آبراهه رودخانه در این محدوده از مهمترین دلایل این پیشنهاد است. اما ابتدا و انتهای محدوده مورد مطالعه به دلیل وجود گسل‌های فراوان و شیب زیاد، فضای بسیار کمی برای گسترش کاربری‌هایی که تراکم بالای انسانی را می‌طلبد در نظر گرفته شده است.

واژگان کلیدی: سنندج، پهنه‌بندی، مدل فازی، رود قشلاق.

مقدمه

رودخانه‌ها، از مهم‌ترین شریان‌های حیاتی شهرها و به عنوان هسته تجمع و استقرار بشر به شمار می‌روند. رودخانه‌ها علاوه بر جنبه‌های فیزیکی، از لحاظ فرهنگی، سیاسی و مذهبی نیز همواره حائز اهمیت بوده‌اند (رایت و کروساتو^۱، ۲۰۱۲: ۱۳۸). با افزایش جمعیت و به تبع آن افزایش نیاز به فضا برای توسعه کاربری‌های مختلف، بستر رودخانه‌ها نیز مورد توجه قرار گرفته و کاربری‌های گوناگونی برای آن در نظر گرفته شده است.

هر اندازه که شهرها گسترش پیدا کنند برخورد آن‌ها با واحدهای گوناگون توپوگرافی و ژئومورفولوژی و موضوعات مربوط به آن‌ها بیشتر می‌شود. اهمیت و ضرورت شناخت ویژگی‌های محیط‌های طبیعی جهت تمیز و تشخیص نقاط مناسب برای ایجاد بناها و ساختمان‌ها، از مناطق نامساعد معلوم می‌شود (ملکی و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۶۰). با توجه به استقرار شهر سنج در یک محدوده تقریباً ناهموار و تپه‌ماهوری، ارزش زمین برای استقرار کاربری‌های مرتبط با توسعه شهری احساس می‌شود و یکی از نواحی‌ای که مورد توجه است کناره‌های بستر رودخانه قشلاق است. اما استقرار کاربری در محدوده بستر رودخانه‌ها بدون توجه به شرایط محیطی عواقب زیان‌باری را به همراه دارد. لذا باید به استعدادها و زمین توجه کرد و متناسب با قابلیت‌های آن اقدام به شهرسازی نمود. شناسایی خطرات موجود در کناره بستر رود قشلاق، مطالعه و بررسی کاربری‌های موجود و در نهایت پهنه‌بندی زمین برای کاربری‌های مناسب شهری ضرورت انجام پژوهش حاضر را توجیه می‌کند.

تأثیرات انسان در رودخانه بدون داشتن اطلاعات لازم، فرسایش کانال را به دنبال دارد (یانگ شین لیم^۲ و همکاران، ۲۰۱۴: ۶۵). تغییرات عمده کاربری و پوشش اراضی شامل ایجاد و تخریب جنگل، فعالیت‌های کشاورزی، زهکشی اراضی، احداث جاده و شهرسازی، اثرات هیدرولوژیکی را به همراه خواهند داشت (فرج‌زاده و فلاح، ۱۳۸۷: ۸۹). این اثرات هیدرولوژیکی بر روی جریان‌های فصلی و سالانه، سیل، کیفیت آب و فرسایش قابل مشاهده می‌باشند (کولدر^۳، ۱۹۹۳: ۸). همچنین مصرف آب در بالادست و تخلیه فاضلاب در پائین‌دست به طور قابل توجهی رودخانه را تحت تأثیر خود قرار می‌دهند (ژاو و لیو ژانگ^۴، ۲۰۱۰: ۶۵۲). پاسخ رودخانه به این تغییرات سریع‌تر از دریاچه و باتلاق صورت می‌گیرد (کلچی^۵ و همکاران، ۲۰۱۳: ۱۲۵). به طوری که غالباً عواقب زیان‌باری از قبیل افت سطح سفره‌های آب زیرزمینی و تهاجم آب شور (مس پلا^۶ و همکاران، ۱۹۹۹: ۲۰۱، مارستونا^۷ و همکاران، ۲۰۰۳: ۶۸)، و همچنین تخریب طولی و عرضی کانال و سازه‌های احداث شده در کناره بستر گریبان‌گیر رودخانه‌ها می‌شود (خالدی درویشان و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۴۱).

امروزه تخریب محیطی ناشی از فشار انسان و کاربری زمین، به یک مشکل مهم جهانی تبدیل شده است (ارلیچ^۸، ۱۹۹۸: ۲۳). مناطق شهری دارای حجم قابل توجهی از زیرساخت‌ها در قالب سازه‌های مسکونی، تجاری، صنعتی و همچنین حمل و نقل، مخابرات، انرژی، آب و درمان می‌باشند و تهدیدات رودخانه‌ای همواره خسارات زیادی را به آن‌ها وارد کرده

1. Wright N & Crosato

2. Young Shin Lim

3. Colder

4. Zhao & Liu Zhang

5. Kelechi

6. Mass-Plaa

7. Marstona

8. Erlich

است (نرالپ و یانگ لیو جو^۱، ۲۰۱۵: ۲۱۸). بناها و تشکیلات ساختمانی که در بسترهای طغیانی تأسیس می‌یابند، با اولین طغیان دچار خرابی و ویرانی شده و میلیاردها تومان برای ترمیم خرابی‌های آن کافی نخواهد بود (رجائی، ۱۳۷۳). با توجه به اهمیت موضوع مطالعات مختلفی در مورد رودخانه‌های مهم دنیا صورت گرفته که از میان آن‌ها می‌توان به تحقیق مالس زوسکی^۲ (۲۰۰۶) با عنوان میانگین پهنه بندی با رویکرد فازی با استفاده از روش ترکیب خطی وزن دار و میانگین درجه بندی وزنی در شهر مکزیکوسیتی اشاره کرد که راهبردهای توسعه آبی شهر را تعیین کرد. یا کوپ^۳ و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از شاخص‌هایی مانند شیب، ارتفاع، دسترسی به شبکه ارتباطی و فاصله از رودخانه به تخصیص زمین برای کاربری مسکونی در طرح محلی پکن پرداخته و نواحی مستعد توسعه مسکونی مغایر با استانداردهای ساخت و ساز را مشخص کردند.

نصری (۱۳۸۸) به بررسی تأثیر سیلاب‌ها و شبکه‌های مسیل بر برنامه‌ریزی شهری در شهر زواره پرداخت و شهر و زیرحوضه‌های بالادست آن را به واحدهای هیدرولوژیکی کوچکتری تقسیم کرد تا بر مبنای آن برنامه توسعه و ایمن‌سازی و اجرای طرح‌های مختلف هیدرولوژیکی ارائه گردد. در این زمینه فتحیان و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی ارتباط کاربری اراضی با روند جریان رودخانه‌ها در زیرحوضه‌های شرق دریاچه ارومیه پرداخته و به این نتیجه دست یافتند که بین تغییر کاربری از مرتع به باغ و کشاورزی در سال‌های اخیر با تغییر جریان رودخانه رابطه معنی داری وجود دارد. آذر و همکاران (۱۳۹۳) به تعیین حریم و بستر رودخانه مهران تبریز با هدف کاهش خسارت سیل پرداختند نتایج آنها نشان داد که درصد بالایی از کاربری‌های شهر تبریز در داخل بستر طغیانی رودخانه قرار گرفته‌اند از این میزان بیش‌تر از ۲۳ درصد کاربری مسکونی می‌باشد. قهرودی و همکاران (۱۳۸۵) به بررسی آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب شهری در مناطق ۲ و ۵ شهرداری تهران که در مجاورت حوضه‌های درکه، فرحزاد و کن قرار دارند پرداخته و دریافته‌اند که ترکیبی از عوامل بالادست و شهری سبب تشدید آسیب‌پذیری این مناطق می‌شوند. تحقیقات آن‌ها همچنین نشان داد که برخی از ویژگی‌های رودخانه و مسیل مانند بافت فرسوده، سطوح شیب عمودی و ضریب انحناء در تعیین میزان آسیب‌پذیری نواحی شهری مؤثرند. ولی زاده (۱۳۹۳) به بررسی اثرات احداث سد بر عملکردهای ژئومورفولوژیکی رودخانه قشلاق پرداخت و به این نتیجه رسید که در بالادست سد به دلیل فرایند رسوب‌گذاری و روند رو به پایداری رودخانه، میانگین ویژگی‌های هندسی رودخانه کاهش یافته و از شکل مئاندری آن کاسته شده است. اما در پایین دست سد به دلیل زلال شدن آب و کاهش بار رسوبی، رودخانه از حالت مستقیم به حالت پیچان رودی تغییر شکل داده و برناپایداری آن افزوده شده است.

در زمینه کاربری اراضی از جمله مهم‌ترین مسائلی که طی چند سال اخیر گریبان‌گیر منطقه مورد مطالعه شده است، رشد ناهمگون و بدون برنامه فضای شهری و ادغام روستاهای اطراف سندج مانند نایسر، حسن‌آباد، گریزه و دوشان می‌باشد. تصمیم گسترش چنین کاربری‌هایی غالباً بر عهده بنگاه‌های معاملات ملکی و بدون اتکا بر نظرات کارشناسان شهری و برنامه‌ریزی می‌باشد (قهرودی و محمدی، ۱۳۸۴). بدون تردید چنین مواردی موجب تعارض به بستر رودخانه گردیده و علی‌رغم ایجاد تغییرات مورفولوژی در آن، سبب افزایش تهدیدات احتمالی نظیر طغیان و سیل در آینده خواهد شد.

از جمله مخاطراتی که در محدوده تحقیق از اهمیت بیشتری برخوردار است سیل و زمین لرزه است. این محدوده از نظر ساختار اقلیمی و ژئومورفولوژیکی مستعد برای ایجاد سیلاب می‌باشد. از جمله دلایل آن لیتولوژی و خشک بودن منطقه است. منطقه غالباً از سازندهای شیل تشکیل شده است. با توجه به اینکه غالب بارندگی‌های منطقه در اواخر بهار اتفاق می‌افتد و دخالت‌های انسانی در حریم و بستر رودخانه صورت گرفته است، احتمال وقوع سیلاب بالا است. از دیگر سو تعدادی گسل و شکستگی در محدوده مورد مطالعه وجود دارد. این گسل‌ها اگر به تنهایی قادر به ایجاد مخاطره نباشند؛

1. Neralp & Ying Liu GU

2. Malczewski

3. Yaakup

می‌توانند در صورت وقوع زمین لرزه در گسل‌های بزرگ اطراف مانند گسل مروارید، شدت تخریب را بیش‌تر کنند. لذا جهت کاهش اثرات این مخاطرات پرداختن به پهنه‌بندی و برنامه‌ریزی بر مبنای استعدادهای محیط امری ضروری به نظر می‌رسد.

پژوهش حاضر ابتدا به شناخت مخاطرات و تهدیدات موجود در کناره بستر رودخانه قشلاق در محدوده بین سدهای قشلاق و ژاوه پرداخته و در ادامه تصمیم دارد با استفاده از یافته‌های موجود و مدل فازی، کناره آبراهه را برای کاربری‌های مناسب پهنه‌بندی نماید. با توجه به اینکه رودخانه قشلاق از کنار شهر سنندج عبور می‌کند و در محیط‌های شهری فضا برای استقرار کاربری‌ها بسیار حائز اهمیت است در نتیجه پژوهش حاضر می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های مربوط به مکان‌گزینی و توسعه آینده کاربری‌ها مورد استفاده قرار گیرد. هدف کلی این تحقیق توسعه شهر سنندج با خطرپذیری بسیار کم از بلایای طبیعی از جمله سیل است.

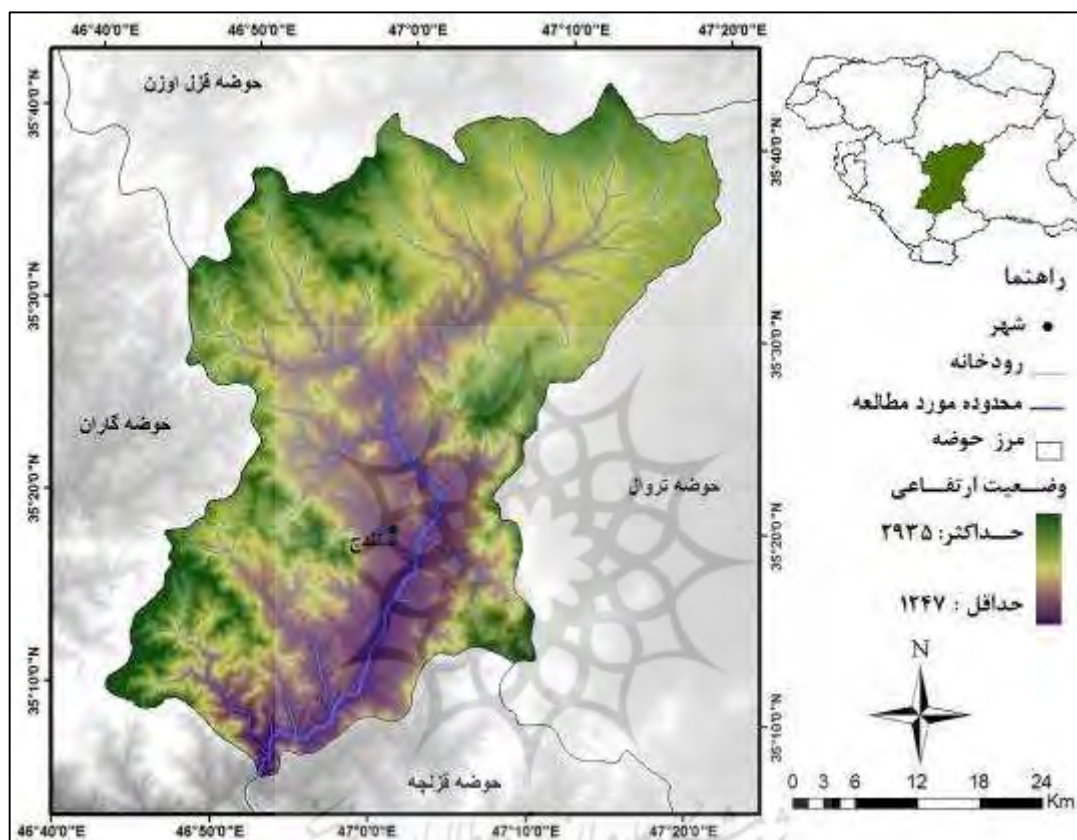
منطقه مورد مطالعه

رودخانه قشلاق از رودخانه‌های استان کردستان است که از کوه‌های شمالی شهر سنندج سرچشمه می‌گیرد. این رودخانه یکی از چهار شاخه اصلی تشکیل دهنده رودخانه سیروان است. از نظر جنس زمین رودخانه در غالب طول مسیر مورد مطالعه در شیل‌های سنندج جریان داشته و ۶ خط گسلی به صورت عمود مسیر رودخانه را قطع می‌کنند. از نظر عناصر اقلیمی نیز میانگین دمای سالانه در ایستگاه سنندج در یک دوره ۵۰ ساله ۱۳/۷۴ درجه سانتیگراد و میانگین بارش در آن نیز ۴۵۰ میلی‌متر بوده است. اما محدوده‌ی مطالعاتی پژوهش حاضر، یک بازه ۵۵ کیلومتری است که از دیوار سد وحدت در ۱۲ کیلومتری شهر سنندج شروع شده و تا سد در دست احداث ژاوه ادامه می‌یابد از لحاظ موقعیت جغرافیایی این محدوده بین عرض ۳۵° ۲۰' ۵۵" شمالی و طول ۴۷° ۰۳' ۱۱" شرقی تا عرض ۳۵° ۰۷' ۴۱" شمالی تا طول ۴۳' ۵۳" ۴۶° شرقی قرار دارد (شکل ۱). در این پژوهش به پهنه‌بندی بستر رودخانه قشلاق در محدوده مورد مطالعه تا فاصله ۳۰۰۰ متری از سواحل راست و چپ رودخانه پرداخته می‌شود.

داده‌ها و روش‌ها

در پژوهش حاضر، به پهنه‌بندی اطراف بستر رودخانه قشلاق برای کاربری‌های مختلف پرداخته شده است. ابزارهای اصلی پژوهش را نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ برگرفته از پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور و همچنین نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل‌های منطق فازی تشکیل داده‌اند. داده‌ها عمدتاً شامل گزارش‌ها و منابع پیشین، داده‌های آماری و هیدرولوژی سال‌ها ۹۳-۱۳۵۰ که از شرکت سهامی آب منطقه‌ای کردستان اخذ شده، همچنین داده‌های هواشناسی برگرفته از سایت هواشناسی استان کردستان طی سال‌های ۱۹۶۰-۲۰۱۰ بعلاوه نتایج حاصل از تحقیقات میدانی بوده‌اند. پژوهش از نوع کاربردی بوده و روش آن، توصیفی-تحلیلی بوده و داده‌های مورد بحث از طریق نرم افزارهای Arc GIS، Excel، Google Earth مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند. از جمله ابزارهای مفهومی پژوهش نیز مدل فازی است که برای پهنه‌بندی نهایی مورد استفاده قرار گرفته است. برای تحلیل ناهمواری‌های موجود ابتدا نیمرخ عرضی در چهار نقطه منتخب در طول بازه مورد مطالعه از طریق نقشه‌ها و کنترل زمینی برداشت شده است. سپس ویژگی‌های مربوط به فاصله از داغ آب سیل، فاصله از رودخانه، فاصله از گسل، شیب و جهت شیب برداشت شده و در قالب لایه‌های جداگانه در نرم افزار Arc GIS پهنه‌بندی شده‌اند. در مرحله بعد و در محیط همین نرم افزار این داده‌ها از طریق روش وزن‌دهی مخدوم و همچنین نظر کارشناسان، وزن داده شده‌اند. مناسب‌ترین وزن‌ها برای کاربری‌های مسکونی و تجاری در نظر گرفته شد. پس از آن بسته به تراکم انسانی که هر کاربری می‌طلبد نواحی مورد نظر پهنه‌بندی گردید؛ تا نواحی پر مخاطره برای کاربری‌های کم تراکم نظیر پارک، فضای سبز و مراتع در نظر گرفته شد.

با استفاده از روش گامای مدل فازی به پهنه‌بندی سواحل راست و چپ رودخانه تا فاصله ۳۰۰۰ متری از آبراهه اصلی پرداخته شده است. در نهایت نتایج به دست آمده در قالب نقشه‌های کاربری با اهداف متفاوت ارائه شد. همچنین نقشه کاربری‌های موجود نیز با کاربری‌های پیش‌بینی شده توسط یافته‌های پژوهش به صورت جدول مقایسه و تحلیل شده است.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

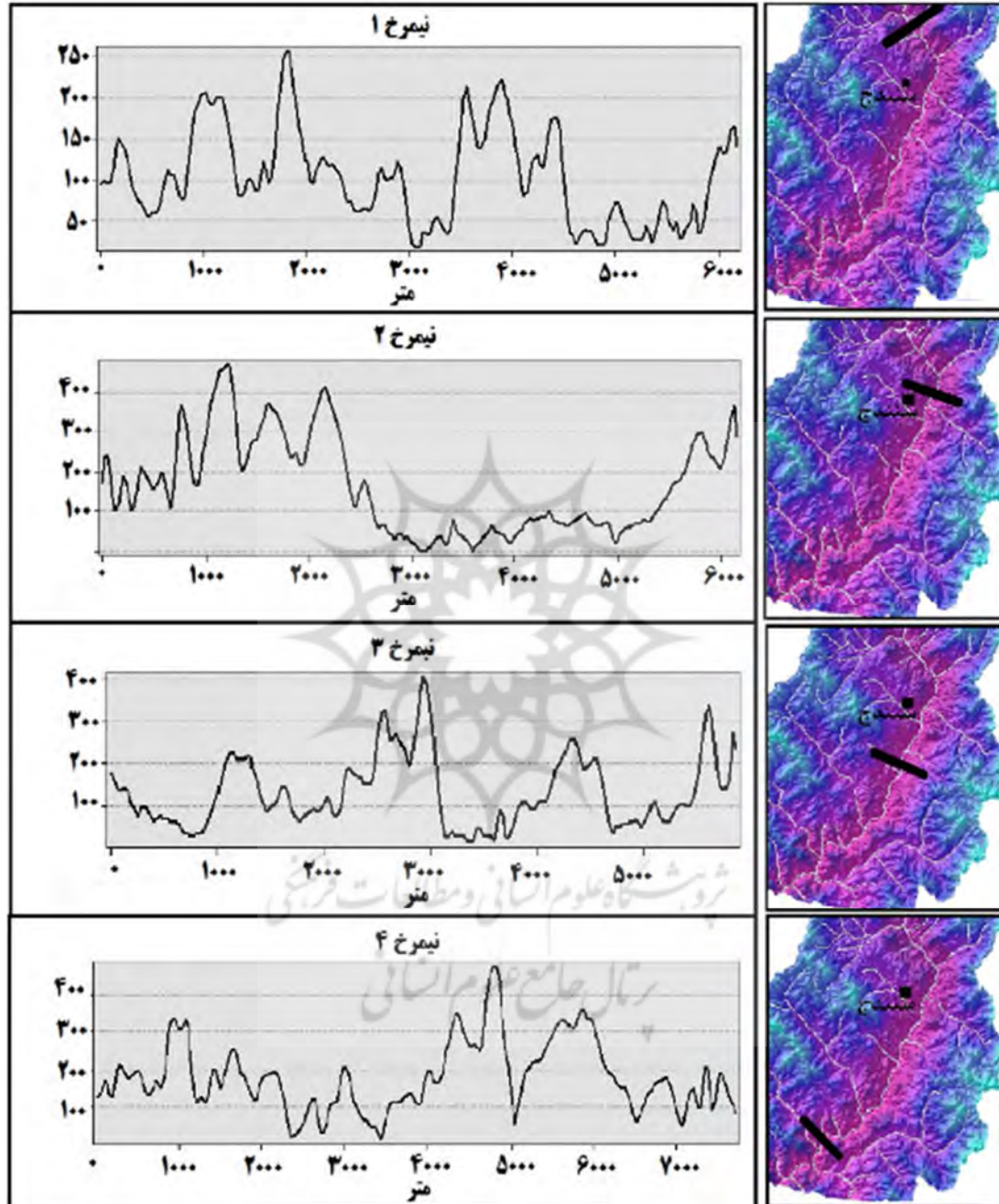
بحث و یافته‌ها

از جمله مهم‌ترین مخاطراتی که کاربری‌های موجود در کناره بستر رودخانه قشلاق را در محدوده مورد بررسی تهدید می‌کند خطرات مربوط به سیل و طغیان‌های رودخانه‌ای، وجود گسل‌ها و شکستگی‌های زمین ساختی است. بالطبع شاخص‌هایی نظیر فاصله از رودخانه، شیب و جهت شیب نیز در مکان‌گزینی کاربری‌ها در کناره بسترها مؤثرند (امانی، ۱۳۹۴: ۸۲).

پروفیل عرضی محدوده مورد مطالعه

شکل ۲ پروفیل‌های عرضی رودخانه قشلاق را در بازه مورد مطالعه که در فواصل ۸، ۱۶، ۲۶ و ۴۴ کیلومتری از دیوار سد وحدت تهیه شده‌اند ارائه می‌دهد. طول آن‌ها با احتساب ۳۰۰۰ متر فاصله از بستر سواحل راست و چپ رودخانه حدود ۶ کیلومتر است. نیمرخ ۱ از ابتدای محدوده مورد مطالعه ترسیم شده است و ناهمواری‌های نسبتاً متراکمی دارد. کاربری غالب کنونی در این محدوده کشاورزی و زراعت می‌باشد. نیمرخ ۲ و ۳ از محدوده شهر سندیج ترسیم شده و نسبت به سایر نیمرخ‌ها از ناهمواری کمتری برخوردار است. لذا باید برای این محدوده جهت استقرار کاربری‌های متراکم ارزش

بیش‌تری لحاظ شود. نیمرخ ۴ انتهای بازه مطالعاتی را نمایش می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود نسبت به سایر نیمرخ‌ها ناهمواری بیشتری داشته و روند تغییرات آن بسیار ناهمگون است.

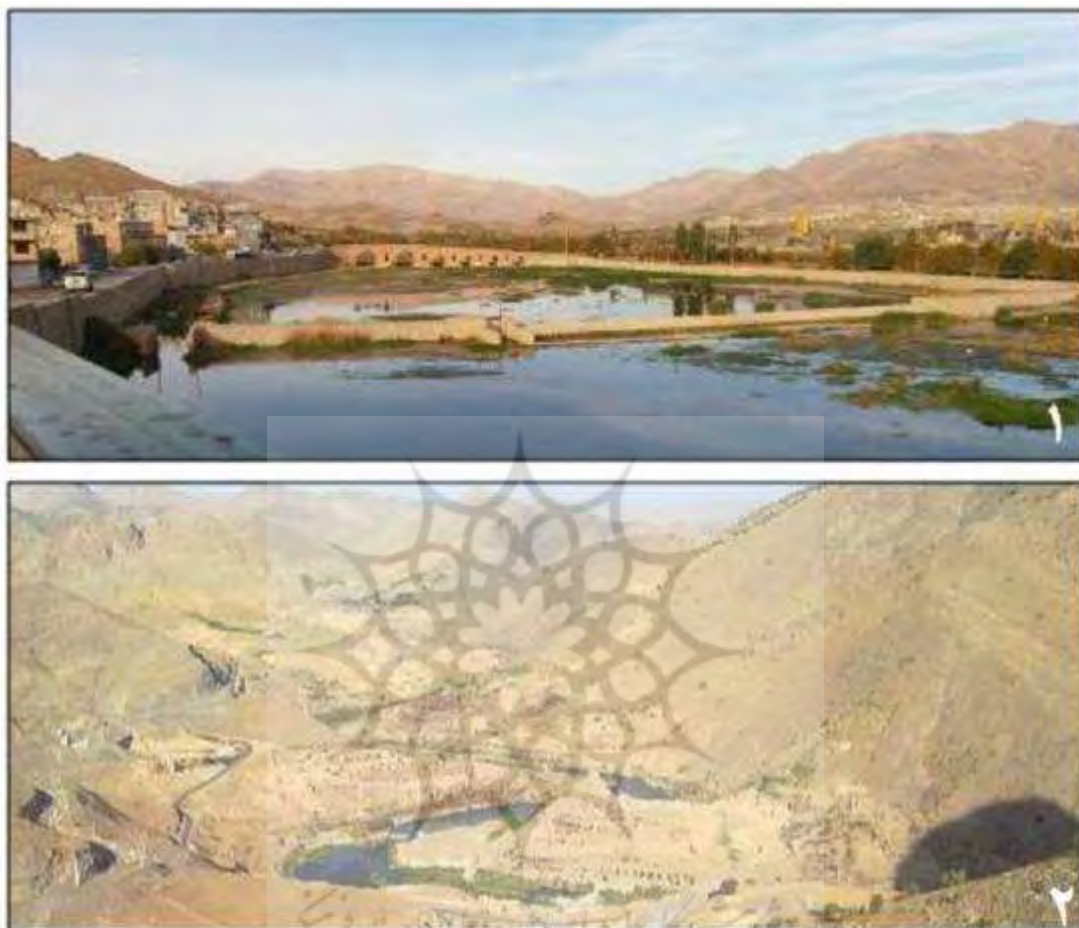


شکل ۲: نیمرخ‌های عرضی محدوده مطالعاتی در مقاطع مختلف

بررسی کاربری‌های موجود

کاربری‌های کنونی موجود در بستر رودخانه قشلاق در شکل ۳ ارائه شده‌اند. تصویر ۱ که از محدوده شهری تهیه شده، نشان می‌دهد که کاربری غالب مسکونی بوده و علاوه بر نامنظم بودن کاربری‌ها، در ساحل چپ به محدوده رودخانه نیز تعارض شده است. تصویر شماره ۲ قسمت میانی محدوده مطالعاتی است که نشان می‌دهد کاربری کنونی این محدوده کشاورزی است و با فاصله گرفتن از بستر به دلیل محدودیت دسترسی به آب این کاربری نیز از بین می‌رود. تصویر ۳

انتهای محدوده مورد مطالعه است که به دلیل توپوگرافی بسیار ناهموار و تغییرات زیاد شیب، به جز پوشش گیاهی تنکی که در اطراف بستر است کاربری خاصی دیگری به چشم نمی‌خورد.



شکل ۳: عکس‌های مربوط به کاربری‌های کنونی محدوده رودخانه قشلاق

پهنه‌بندی محدوده بستر

برای پهنه‌بندی محدوده بستر رودخانه قشلاق از ۵ پارامتر شیب و جهت شیب، فاصله از رودخانه، فاصله از گسل و فاصله از داغ‌آب سیل استفاده شده است. در ادامه به تشریح هر کدام از آن‌ها پرداخته می‌شود:

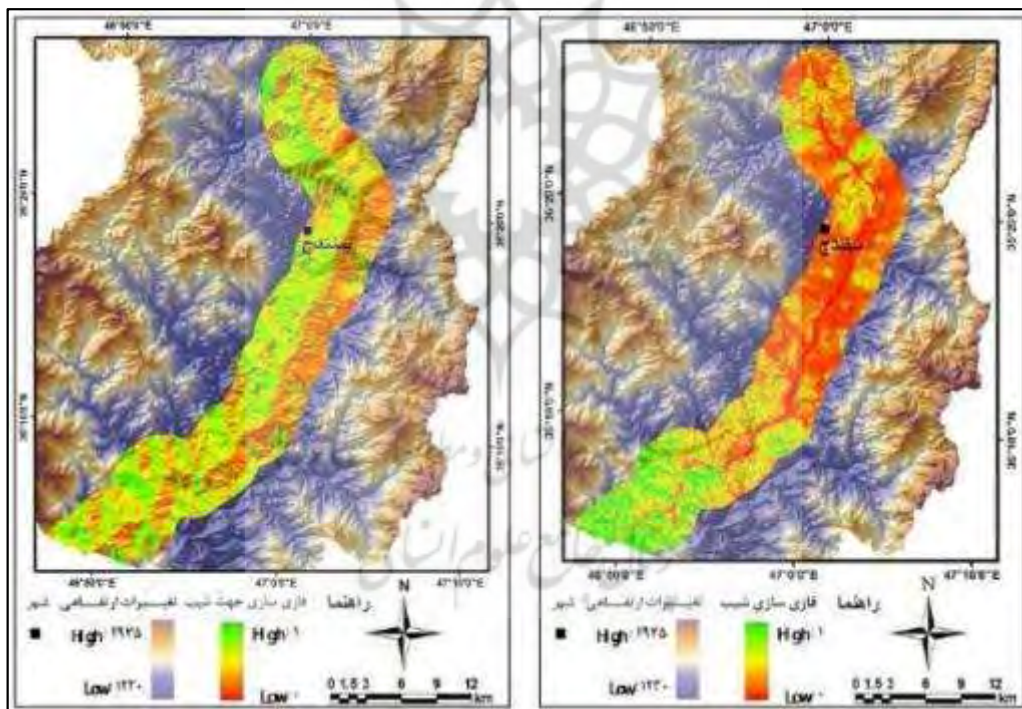
۱-۳-۵ شیب و جهت شیب

شیب یکی از مهم‌ترین فاکتورها در برنامه‌ریزی‌های شهری است. در بسیاری از مناطق کوهستانی، شیب به عنوان مهم‌ترین عامل محدود کننده محسوب شده و بر اساس استاندارد ارائه شده از سوی اتحادیه بین‌المللی جغرافیا سطوح هموار و کم شیب برای استقرار شهرها مناسب در نظر گرفته شده است. در این رابطه حداکثر شیبی که برای استقرار شهر مناسب است نباید از ۱۱ درصد تجاوز کند. شیب ۱۵ درصد به عنوان حد فوقانی شیب قابل اجرا برای ساخت‌وسازهای شهری در نظر گرفته می‌شود (زمردیان، ۱۳۸۱: ۸۷). در نقشه فازی شده لایه شیب برای نواحی کم‌شیب امتیاز بالا و برای مناطق پرشیب امتیاز پائین لحاظ شده است. البته با توجه به اینکه درصدی از شیب برای برنامه‌ریزی‌های شهری لازم است، شیب کمتر از ۲ درصد دارای ارزش کمتر از یک در نظر گرفته شده است. یکی از مهم‌ترین مسائلی که شهرهای کوهستانی ایران با

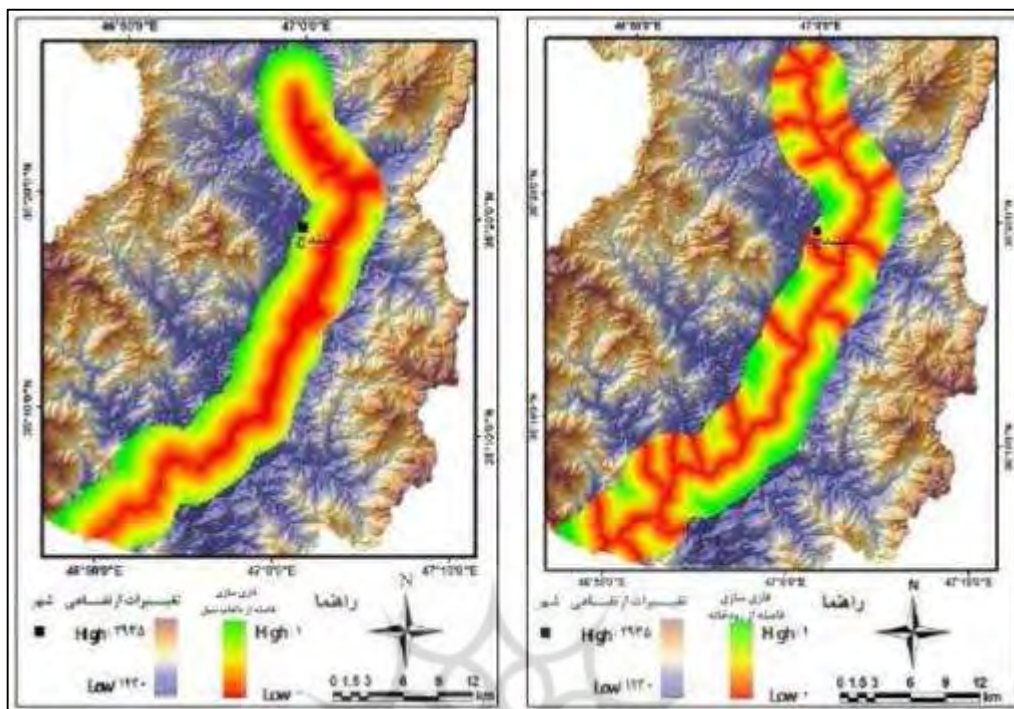
آن مواجه هستند، مسئله نورگیری ساختمان‌ها و استفاده از تابش آفتاب است. به همین دلیل جهت شیب نیز به عنوان یکی از عوامل موثر در برنامه‌ریزی‌های کاربری اراضی تلقی می‌شود. جهت و ارتفاع ساختمان‌ها، تعداد پنجره‌ها، طول و عرض آن‌ها، فاصله ساختمان‌ها از یکدیگر و غیره بستگی به میزان تابش روزانه و سالیانه آفتاب و زاویه تابش آن دارد (شیعه، ۱۳۸۱). بر این اساس تابع فازی به گونه‌ای تعریف شده است که جهت رو به جنوب دارای اهمیت بیشتری هستند.

۲-۳-۵ رودخانه و داغ آب سیل

استقرار کاربری بدون توجه به فاصله از رودخانه همواره جامعه بشر را متحمل زیان‌های جانی و مالی فراوانی کرده است. به همین دلیل امروزه رودخانه‌ها از مهمترین فاکتورهای برنامه‌ریزی‌های مربوط به آمایش سرزمین محسوب می‌شود. در پژوهش حاضر مکان مناسب برای کاربری‌های متراکم نظیر مسکونی و تجاری به گونه‌ای در نظر گرفته شده است که از حریم رودخانه ۹۰۰ متر فاصله داشته باشد. فواصل نزدیک‌تر برای استقرار کاربری‌های کم تراکم‌تر مشخص شده‌اند. از فاکتورهای مهم دیگری که در ارتباط با رودخانه مطرح می‌شود فاصله از داغ آب سیل است. نقشه داغ آب سیل با استفاده از بازدیدهای میدانی، پرس‌وجوهای محلی، شواهد موجود مانند مرز پوشش گیاهی و پادگانه‌های آبرفتی جدید و همچنین آمار و اطلاعاتی مانند دبی پیک و دوره‌های بازگشت تهیه گردید فازی شده و فواصل بیشتر از ۲۰۰ متری آن برای تخصیص کاربری‌های متراکم در نظر گرفته شده است.



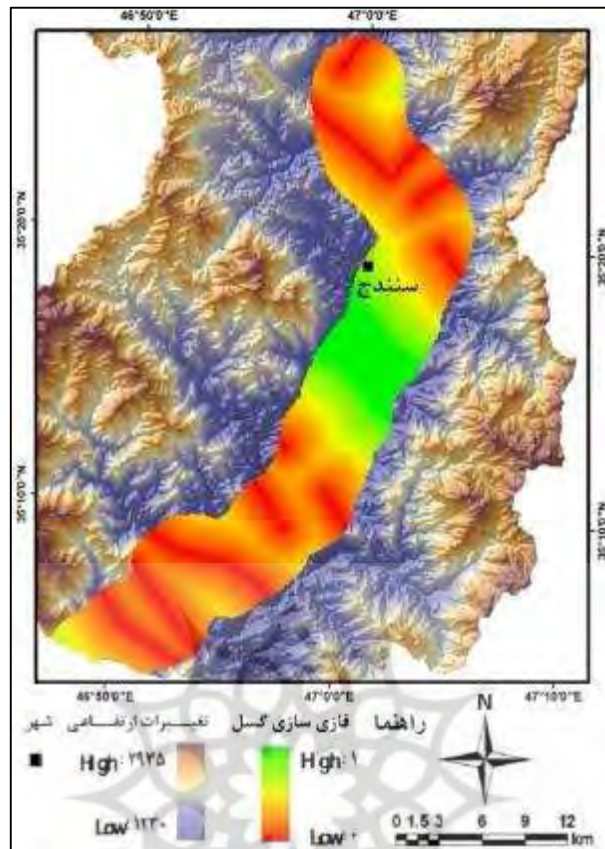
شکل ۴: نقشه فازی شده شیب (سمت راست) و جهت شیب (سمت چپ) بستر رودخانه قشلاق



شکل ۵: نقشه فازی شده فاصله از رودخانه (سمت راست) و فاصله از داغ آب سیل (سمت چپ) بستر رودخانه قشلاق

فاصله از گسل

از آنجا که گسل‌ها دارای توان لرزه‌ای نهفته و لرزه‌زا می‌باشند و در صورت رهاسازی انرژی ذخیره شده، زلزله‌های کوچک و بزرگی را به وجود می‌آورند (نگارش، ۱۳۸۴: ۵)، باید فاصله از گسل‌ها نیز در برنامه‌ریزی‌های آمایش سرزمین به عنوان یک فاکتور مهم در نظر گرفته شود. براساس تحقیقات نیری و همکاران (۱۳۹۵) گسل‌هایی که از رودخانه قشلاق عبور می‌کند فعال بوده و بر روی جورشدگی رسوبات بستر تاثیر گذاشته است بنابراین باید به عنوان یک عامل مخاطره ساز در توسعه شهر سنندج مطرح شوند. در نقشه فاصله از گسل، تابع فازی به‌گونه‌ای تعریف شده است که با فاصله از خطوط گسلی ارزش پیکسل‌ها بیشتر می‌شود. بنابراین مناطق دور از خطوط گسل دارای ارزش و اهمیت بیشتری هستند. با توجه به اینکه قسمت اعظم منطقه مورد بررسی در تحقیق حاضر در محدوده شهری سنندج و شهرک‌های اطراف آن قرار دارد، به دلیل ازدحام جمعیت ارزش فضا به صورت ملموسی احساس می‌شود. در نتیجه اطراف بستر برای کاربری‌های مسکونی و تجاری، خدماتی و سایت‌های شهرداری، اراضی زراعی و کشاورزی و فضای سبز و پارک در نظر گرفته شده و محدوده‌های بسیار پرشیب و نزدیک به تقاطع گسل‌ها و رودخانه برای زمین‌های بایر مشخص می‌شوند. لایه‌های مورد استفاده برای پهنه‌بندی بستر با استفاده از وزن‌های ارائه شده در جدول ۱ وزن‌دهی شده و نتایج حاصل از آن‌ها به صورت نقشه‌هایی ارائه شد.



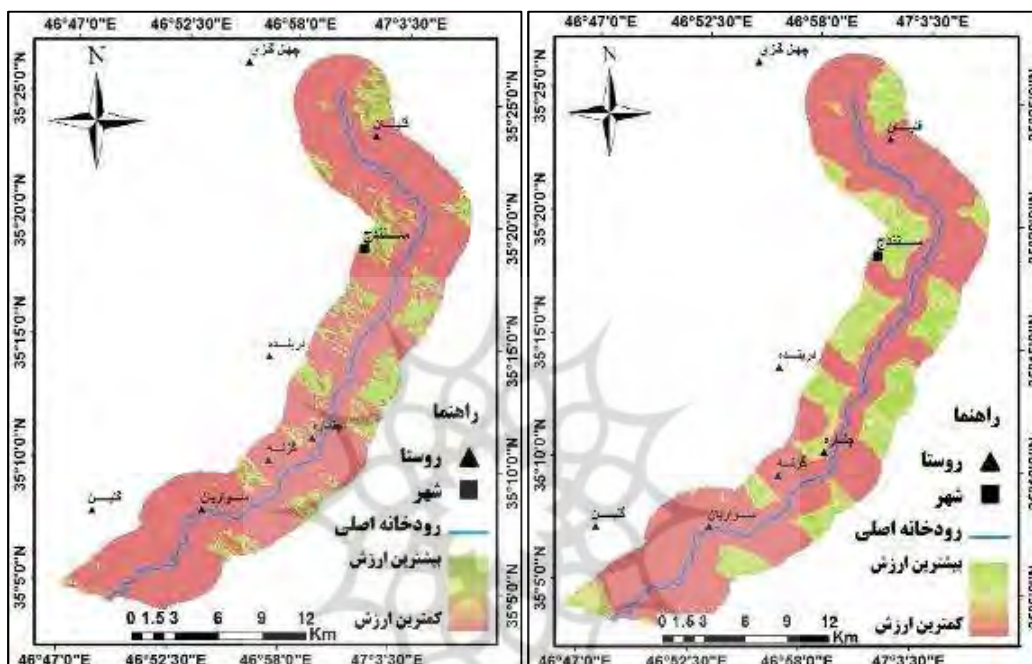
شکل ۶: نقشه فازی شده فاصله از گسل محدوده رودخانه قشلاق

جدول ۱: وزن‌دهی به لایه‌های موجود بر اساس اهمیت آن‌ها
(برگرفته از مخدوم (۱۳۸۵)؛ میرکتولی (۱۳۹۲) و نظرات کارشناسان)

کاربری شاخص	فاصله از داغاب سیل (متر)	فاصله از رودخانه (متر)	فاصله از گسل (متر)	شیب (درصد)	جهت شیب
مسکونی و تجاری	+۲۰۰	+۹۰۰	+۲۰۰۰	۱۰-۵	جنوبی
خدماتی و سایت‌های شهرداری	۲۰۰-۱۵۰	۹۰۰-۷۰۰	۲۰۰۰-۱۵۰۰	۵-۰	غربی
اراضی زراعی و کشاورزی	۱۵۰-۱۰۰	۷۰۰-۵۰۰	۱۵۰۰-۱۰۰۰	۲۰-۱۰	شرقی
فضای سبز و پارک	۱۰۰-۵۰	۵۰۰-۳۰۰	۱۰۰۰-۵۰۰	۳۰-۲۰	بدون شیب

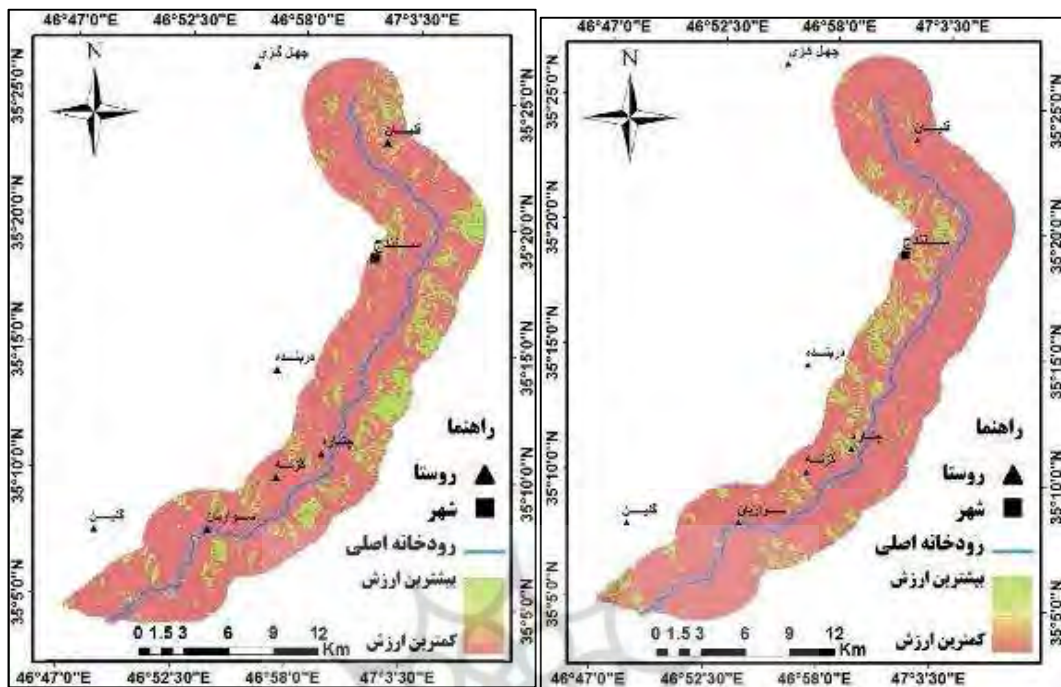
شکل ۷ (الف) مکان‌یابی توسعه کاربری‌های مسکونی و تجاری را نشان می‌دهد. رنگ سبز منطبق با مکان‌های است که بیشترین ارزش را برای استقرار کاربری مورد بحث داشته و مناسب ارزیابی شده باشد. رنگ قرمز نیز به مکان‌هایی اختصاص یافته که تناسب کمی را برای استقرار کاربری مورد بحث دارا باشد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در قسمت‌های ابتدایی محدوده مورد مطالعه به دلیل وجود گسل‌ها و تراکم زیاد شبکه‌های زهکشی و همچنین شیب زیاد، مکان‌های مناسب برای کاربری‌های مسکونی و تجاری کم بوده و در قسمت‌های میانی که منطبق بر محدوده شهری

سنندج نیز می‌باشد این فضاها افزایش می‌یابند. در قسمت‌های انتهایی محدوده نیز به دلیل شرایط توپوگرافی و تکتونیکی منطقه مکان‌های مناسب برای توسعه این کاربری‌ها محدود می‌شوند. ملاحظه می‌شود که با فاصله گرفتن از رودخانه ارزش فضا برای توسعه این کاربری‌ها بیشتر می‌شود. شکل ۷ (ب) پهنه بندی اطراف بستر را برای کاربری سایت‌های تفریحی و خدماتی نشان می‌دهد. با توجه به تناسب اطراف بستر برای کاربری مسکونی، مساحت متری از محدوده تحت بررسی برای سایر کاربری‌ها اختصاص می‌یابد و غالب نواحی مناسب نیز در محدوده شهری قرار دارند.



شکل ۷: مکان‌یابی توسعه کاربری‌ها (الف) مسکونی و تجاری (ب) خدماتی، سایت‌های شهرداری

شکل ۸ (الف) مکان‌یابی توسعه کاربری‌های کشاورزی و زراعی و شکل ۸ (ب) مکان‌یابی فضای سبز و پارک را نشان می‌دهد. با توجه به نقشه‌ها می‌توان دریافت که به دلیل وزن استاندارد تعیین شده برای کاربری‌های مختلف مشاهده می‌شود که محدوده مناسب برای کاربری اراضی زراعی و کشاورزی اغلب در ساحل چپ رودخانه قرار دارد و ساحل راست برای کاربری‌های فضای سبز و پارک مناسب می‌باشد دلیل آن‌را می‌توان اثرات ناشی از آفتاب دانست در نتیجه ساحل چپ رودخانه برای این کاربری مناسب ارزیابی شده است. اما از آنجا که ایجاد پارک‌ها و کاشت فضای سبز در مرتبه دوم اهمیت قرار دارد، دامنه‌های پشت به آفتاب کنار رودخانه به این نوع کاربری‌ها اختصاص داده شده‌اند. اما به صورت پراکنده در برخی از قسمت‌های سواحل چپ رودخانه نیز مکان‌هایی با مساحت اندک برای آن‌ها در نظر گرفته شده است.



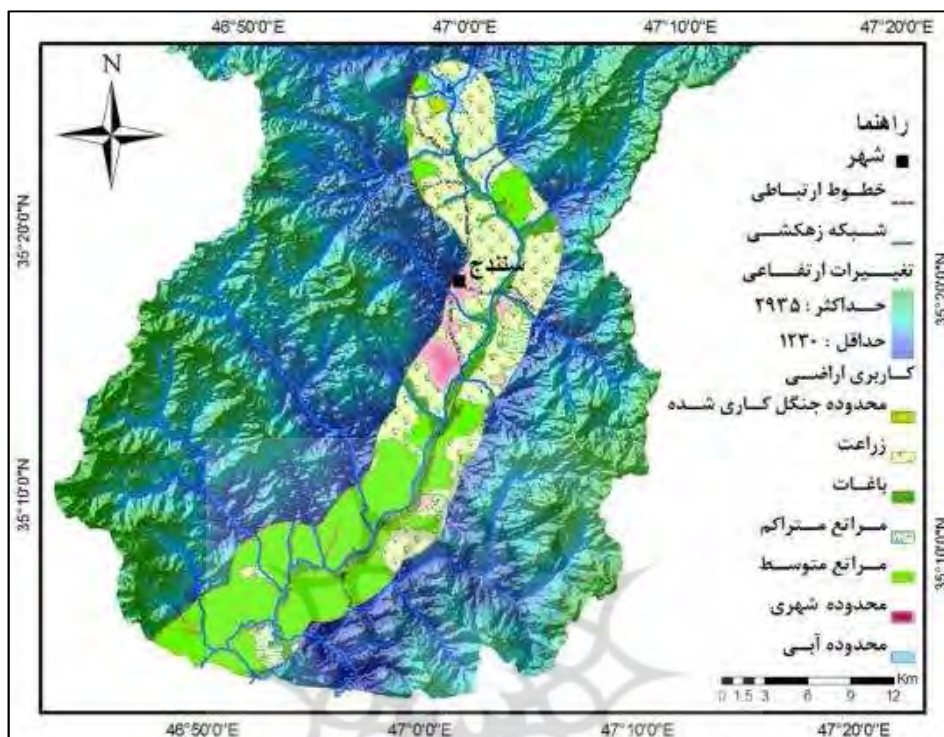
شکل ۸: مکان‌یابی توسعه کاربری‌ها (الف) کشاورزی و زراعی (ب) فضای سبز و پارک

محدوده‌هایی که برای هیچ‌یک از کاربری‌های مورد نظر تحقیق حاضر مناسب نبوده و باید تراکم فعالیت‌های انسانی در آن نواحی فراهم نشود بیشتر به نواحی نزدیک به مجرای رودخانه و تقاطع گسل‌ها با رودخانه محدود می‌شود. با توجه به اینکه بیشتر اراضی مرغوب برای کاربری‌های مختلف انسانی در فاصله اندکی از رودخانه‌ها قرار دارند مساحت اختصاص یافته به اراضی بایر در بستر رودخانه قشلاق به حداقل می‌رسد. این نواحی در ابتدا و انتهای بازه مورد مطالعه گسترش اندکی دارند. چون در این نواحی لیتولوژی منطقه تغییر کرده و به سنگ‌های سخت بدل شده است در نتیجه شیب بالای دامنه‌ها و نبود فضای کافی مانع توسعه کاربری‌ها می‌شود. اما همچنان فضا برای گسترش اراضی کشاورزی، زراعی و فضاهای سبز وجود دارد. با این تفاوت که در نواحی دورتر از محیط شهری ایجاد فضای سبز فقط به کاهش فرسایش خاک و افزایش نفوذ کمک کرده و نمی‌تواند به عنوان سایت‌های تفریحی و تفرجگاه‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

۴-۵ بررسی رابطه بین کاربری‌های موجود و کاربری‌های پیش‌بینی شده

در این مطالعه محدوده کناری رودخانه قشلاق تا شعاع ۳۰۰ متری برای کاربری‌های مختلف براساس نظرات کارشناسانه پهنه‌بندی گردیده و نتایج به صورت نقشه‌هایی ارائه شد. در ادامه کاربری‌های کنونی محدوده مورد بررسی ارائه شده و ارتباط بین آن‌ها مقایسه شده است (شکل ۹). همان‌گونه که ملاحظه می‌شود در کاربری‌های موجود درصد بسیار کمی به محدوده شهری تعلق گرفته است. این در حالی است که در محدوده شهری سنندج استقرار کاربری‌های مسکونی، خدماتی و تجاری در نواحی مستعد خطر به وفور دیده می‌شود. لذا تحقیق حاضر نواحی مناسب گسترش این نوع کاربری را در محدوده رودخانه قشلاق در فاصله نه چندان زیاد از شهر سنندج مشخص کرده است. همچنین در کاربری‌های موجود تقریباً در تمام طول مسیر در فاصله چند متری از شریان رودخانه باغ‌ها و مزارع استقرار یافته‌اند که این امر در مواقع جریان‌های سیلابی آسیب‌پذیری از خطر را بسیار تشدید می‌کند در حالی که پژوهش حاضر با توجه به مخاطرات موجود برای فاصله کمتر از ۳۰۰ متری از رودخانه کاربری خاصی را در نظر نگرفته است. در کاربری‌های موجود تنها ۱/۵ درصد

از محدوده مورد مطالعه به صورت مصنوعی جنگل کاری شده است اما در کاربری‌های پیش‌بینی شده درصد بالایی از محدوده برای ایجاد فضاهای سبز و مراتع مصنوعی در نظر گرفته شده است.



شکل ۹: نقشه کاربری اراضی موجود بستر رودخانه قشلاق

جدول ۲: درصد کاربری‌های موجود و کاربری‌های پیش‌بینی شده در محدوده بستر رودخانه قشلاق

کاربری پیش‌بینی شده (درصد)		کاربری موجود (درصد)	
۲۹/۶۵	مسکونی و تجاری	۳/۴	باغات
۱۲	خدماتی، سایت‌های شهرداری	۶۴/۹	مراتع
۱۸/۵	کشاورزی و زراعی	۳/۷۵	محدوده شهری
۱۷/۱	فضای سبز و پارک	۲۶/۴۵	اراضی زراعی
۲۲/۷۵	سایر (کاربری‌های کم تراکم)	۱/۵	محدوده جنگل کاری شده
۱۰۰	جمع	۱۰۰	جمع

نتیجه‌گیری

رودخانه قشلاق از میان شهر سنندج عبور می‌کند و از نظر فضای جغرافیایی برای این شهر بسیار با اهمیت است. بنابراین ضروری است که گسترش کاربری‌ها در پیرامون این رودخانه بر اساس مطالعات منسجم و مستند به شرایط هیدروژئومورفولوژیکی آن انجام پذیرد. از جمله مسائلی که در سال‌های اخیر در این محدوده وجود داشته، رشد بدون برنامه شهری و ادغام تعدادی از روستاهای اطراف شهر سنندج به فضای شهری می‌باشد. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که در مناطق نزدیک به محدوده شهری سنندج، فضا برای کاربری‌های تجاری و مسکونی از گستردگی لازم برخوردار است که حدود ۳۰ درصد از مساحت کلی محدوده را به خود اختصاص داده است. شیب کم، فاصله زیاد از خطوط گسلی فعال و امکان برنامه ریزی و تعیین حدود اصولی برای آبراهه رودخانه در این محدوده از مهمترین دلایل این پیشنهاد است. ابتدا و انتهای محدوده مورد مطالعه به دلیل وجود گسل‌های فراوان و شیب زیاد، فضای بسیار کمی برای گسترش کاربری‌هایی

که تراکم بالای انسانی را می‌طلبد در نظر گرفته شده است. از آن‌جا که در محدوده بستر به دلیل وجود آبرفت‌های ضخیم، شیب و توپوگرافی نسبتاً هموار و همچنین دسترسی به منابع آبی رودخانه قشلاق شرایط برای کاربری‌های زراعی و کشاورزی مساعد می‌باشد در نتیجه در سواحل چپ رودخانه اراضی برای این نوع کاربری مناسب ارزیابی شده‌اند. با توجه به جهت شمال شرقی - جنوب غربی رودخانه، این محدوده در دامنه آفتاب‌گیر قرار دارد. اما ساحل راست بستر برای فضای سبز و پارک در نظر گرفته شده است. چون این کاربری به نسبت کشاورزی و زراعت در مرحله دوم اهمیت قرار گرفته و از آنجا که انرژی خورشیدی کم‌تری را می‌طلبد در نتیجه در دامنه پشت به آفتاب مساحت بیشتری را در بر گرفته است. در ابتدا و انتهای محدوده به دلیل افزایش عمق کانال رودخانه و کاهش نسبت پهنا به عمق داغ‌آب‌های سیل سطوح بالاتری از دامنه‌ها را در بر گرفته و شرایط برای استقرار کاربری‌های متراکم انسانی محدود می‌شود. در نهایت قسمت‌هایی از محدوده که برای هیچ یک از کاربری‌های مذکور مناسب نبود به عنوان سایر مشخص شد. که مساحت آن ۲۲/۷۵ درصد کل محدوده مطالعاتی است. کاربری پیشنهادی برای این قسمت مرتع می‌باشد که سبب محافظت از خاک شده و فرسایش را محدود کند.

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش پیشنهاد می‌شود که در قسمت میانی که در نزدیکی شهر سنندج نیز قرار دارد فضا به استقرار کاربری‌های متناسب با ضوابط توسعه شهری اختصاص داده شود. محدوده‌های بسیار نزدیک به بستر رودخانه که در معرض خطر سیلاب قرار دارند به کاربری‌هایی اختصاص داده شود که تراکم کم فعالیت‌های انسانی را می‌طلبد. با فاصله گرفتن از محدوده شهری سنندج استقرار کاربری‌های مسکونی، تجاری و خدماتی محدود شده و به کاربری‌های کشاورزی و زراعی مختص شود. اما در ابتدا و انتهای محدوده مورد مطالعه که شیب و تراکم گسل‌ها بالاست برای جلوگیری از فرسایش خاک کاربری فضاهای سبز و پوشش گیاهی استقرار یابند.

پژوهش حاضر از آنجا که به پهنه‌بندی حریم بستر رودخانه قشلاق پرداخته در نوع خود جزء مطالعات اولیه است و سایر تحقیقات انجام گرفته از این نوع به پهنه‌بندی و ارزیابی تناسب زمین در شهر سنندج پرداخته و در این راستا رودخانه قشلاق که در محدوده شهری جریان دارد بررسی شده است.

از جمله دلایل اهمیت این پژوهش پهنه‌بندی یک محدوده ارزشمند برای کاربری‌های شهری، بررسی برخی مخاطرات موجود در محدوده آبراهه رودخانه قشلاق و همچنین شناخت مناطق مستعد خطر برای استقرار کاربری‌ها می‌باشد و از آنجا که در مورد پهنه‌بندی بستر رودخانه قشلاق در قلمرو مطالعات اولیه است می‌تواند در برنامه‌ریزی توسعه شهری سنندج مورد توجه قرار گیرد. وجه تمایز تحقیق حاضر در مقایسه با سایر مطالعات مرتبط در این است که غالب مطالعاتی که در زمینه محدوده بستر رودخانه‌ها انجام شده بیشتر به شناخت مورفولوژی و ریخت‌شناسی رودخانه و تهدیدهای موجود پرداخته و جنبه کاربردی آن‌ها غالباً به پهنه‌بندی‌های مخاطراتی مانند سیل محدود می‌شود. اما پژوهش حاضر ابتدا مخاطرات موجود را با توجه به ویژگی‌های جغرافیایی منطقه مورد مطالعه شناسایی کرده و سپس بر مبنای آن‌ها اقدام به پهنه‌بندی بستر برای کاربری‌های مختلف کرده است.

منابع

- آذر، علی؛ پناهی، علی؛ شریفی، رقیه، ۱۳۹۳، کاهش خسارت سیل از طریق تعیین حریم و بستر رودخانه مهران رود تبریز. فصلنامه علمی - پژوهشی امداد و نجات. سال ششم. شماره ۲، صص ۹۲-۹۹.
- امانی، خبات، ۱۳۹۴، هیدرودینامیک رودخانه قشلاق با هدف تعیین حریم توسعه کاربری‌ها در محدوده شهر سنندج. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران،.

- خالدی درویشان، عبدالواحد؛ صادقی، سیدحمیدرضا؛ غلامی، لیلا، ۱۳۹۰، اثر حساسیت به فرسایش و کاربری اراضی بر خصوصیات مورفومتری رسوب بستر (مطالعه موردی: رودخانه وازرود)، نشریه دانش آب و خاک، جلد ۲۱، شماره ۴، صص ۱۳۹-۱۵۱.
- شیعه، اسماعیل، ۱۳۸۱، مقدمه‌ای بر مبانی برنامه‌ریزی شهری، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران. چاپ هفتم.
- رجایی، عبدالحمید، ۱۳۷۳، کاربرد ژئومورفولوژی در آمایش سرزمین و مدیریت محیط، نشر قومس، چاپ اول.
- زمریدیان، محمدجعفر، ۱۳۸۱، کاربرد جغرافیای طبیعی در برنامه‌ریزی شهری و روستایی، تهران، انتشارات پیام نور.
- فتحیان، فرشاد؛ مرید، سعدی؛ ارشد، صالح، ۱۳۹۲، ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از فن‌آوری سنجش از دور و ارتباط آن با روند جریان رودخانه‌ها (مطالعه موردی: زیرحوضه‌های شرق دریاچه ارومیه)، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۷، شماره ۳، صص ۶۴۲-۶۵۵.
- فرج زاده، منوچهر؛ فلاح، مهنام، ۱۳۸۷، ارزیابی تاثیر تغییرات کاربری اراضی و پوشش اراضی بر رژیم سیلابی رودخانه تجن با استفاده از تکنیک سنجش از دور، مجله پژوهش‌های جغرافیایی دانشگاه تهران، جلد ۶۴، شماره تابستان. صص ۸۹-۱۰۵. تهران.
- فرهودی، رحمت‌الله؛ محمدی، اکبر، ۱۳۸۴، روند توسعه تاریخی کاربری اراضی و تنگناهای شهرسازی سنندج، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۳، صص ۸۷-۹۸.
- قهرودی تالی، منیژه؛ مجیدی هروی، آنتیا؛ عبدلی، اسماعیل، ۱۳۹۵، آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب شهری (مطالعه موردی: تهران، درکه تا کن)، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره هفدهم، صص ۲۱-۳۵، مشهد.
- محمدی، مجید؛ امیری، مجتبی؛ دستورانی، جعفر، ۱۳۹۴، مدلسازی تغییرات کاربری اراضی شهرستان رامیان در استان گلستان، مجله برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دانشگاه تربیت مدرس، دوره نوزدهم، شماره ۴، صص ۱۴۱-۱۵۸.
- مخدوم، مجید. ۱۳۸۵، شالوده آمایش سرزمین، انتشارات جهاد دانشگاهی تهران، چاپ هفتم.
- ملکی، امجد؛ دهساری، مهین؛ رضائی، پیمان، ۱۳۹۴، تنگناهای ژئومورفولوژیک توسعه کالبدی شهر جانرود با استفاده از مدل منطق فازی. مجله برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دانشگاه تربیت مدرس، دوره نوزدهم، شماره ۴، صص ۱۵۹-۱۸۳.
- میرکتولی، جعفر؛ حسینی، سید محمد حسن، ۱۳۹۲، ارزیابی تناسب اراضی میان بافتی شهر گرگان برای توسعه میان‌افزا با استفاده ترکیبی از *AHP* و *GIS*، فصلنامه علمی - پژوهشی مطالعات شهری، شماره نهم، صص ۶۹-۸۰.
- نصری، مسعود، ۱۳۸۸، بررسی سیلاب‌ها و شبکه مسیل‌های تأثیرگذار بر شهر زواره و توجه به آن در برنامه‌ریزی شهری، فصل‌نامه جغرافیایی چشم انداز زاگرس، سال اول، شماره ۲، صص ۶۵-۷۸.
- نگارش، حسین، ۱۳۸۴، زلزله، شهرها و گسل‌ها. پژوهش‌های جغرافیایی، دوره ۳۷، شماره ۱، صص ۱-۱۸.
- نیری، هادی؛ امانی، خبات؛ امانی، اختر. ۱۳۹۵، تاثیر تکتونیک بر مورفومتری و جورشدگی رسوبات بستر رودخانه قشلاق، نشریه جغرافیای طبیعی، جلد ۹، شماره ۳۲، صفحات ۸۹-۱۰۴.
- ولی زاده، کمال، ۱۳۹۳، اثرات احداث سد بر عملکردهای ژئومورفولوژیک رودخانه قشلاق سنندج، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی.
- Chen, Y. A. N. G., & Jiang, C. B. (2011). A new model for predicting bed evolution in estuarine area and its application in Yellow River Delta. *Journal of Hydrodynamics, Ser. B*, 23(4), 457-465.
- Calder, I. R., & Maidment, D. R. (1992). *Hydrologic effects of land-use change* (pp. 13-1). McGraw-Hill Inc.
- Erlich, R.R. (1988) *The Loss of diversity: causes and consequences*. In: Wilson E. O. and Peter F. M. (eds), *Biodiversity*. National Academic Press, Washington D.C., pp. 21-27.

- Güneralp, B., Güneralp, İ., & Liu, Y. (2015). Changing global patterns of urban exposure to flood and drought hazards. *Global environmental change*, 31, 217-225.
- Ogbuehi, K. C., & Osuagwu, U. L. (2014). Corneal biomechanical properties: precision and influence on tonometry. *Contact Lens and Anterior Eye*, 37(3), 124-131.
- Marston, R. A., Bravard, J. P., & Green, T. (2003). Impacts of reforestation and gravel mining on the Malnant River, Haute-Savoie, French Alps. *Geomorphology*, 55(1), 65-74.
- Malczewski, J. (2006). Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GIS-based multicriteria evaluation for land-use suitability analysis. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 8(4), 270-277.
- Mas-Pla, J., Montaner, J., & Sola, J. (1999). Groundwater resources and quality variations caused by gravel mining in coastal streams. *Journal of Hydrology* 216, 197-213.
- Wang, X., Yang, H., Shi, M., Zhou, D., & Zhang, Z. (2015). Managing stakeholders' conflicts for water reallocation from agriculture to industry in the Heihe River Basin in Northwest China. *Science of The Total Environment*, 505, 823-832.
- Wright, NG and Crosato, A (2011) *The Hydrodynamics and Morphodynamics of Rivers*. In: Wilderer, PA, (ed.) *Treatise on Water Science, Four-Volume Set*. Elsevier Science Ltd, 135 – 156.
- Zhang, G. Z., Zhao, W. N., & Liu, H. (2010). A GIS-based decision support system for water trade management of river basin cities. *Procedia Environmental Sciences*, 2, 650-655.
- Yaakup, A., Johar, F., Maidin, M. A., & Ahmad, E. F. (2004, August). GIS and decision support systems for Malaysian development plan studies. In *International Conference Spatial Planning and Decision Support System Application (SPDSSA) at International Islamic University Malaysia* (pp. 3-4).
- Lim, Y. S., Kim, J. K., Kim, J. W., & Hong, S. S. (2014). Evaluation of suspended-sediment sources in the Yeongsan River using Cs-137 after major human impacts. *Quaternary International*, 344, 64-74.