مدیریت مخاطرات محیطی (دانش مخاطرات سابق)/ دورهٔ ۴، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۶/ ص ۳۰۲-۲۸۱

پهنه‌های مخاطره‌آمیز شهر مراغه از نظر ژئومورفولوژیک با استفاده از روش‌های ترکیبی Fuzzy، SAW وAHP

عباس ممقانی بنابی (abbas.mamaghani@ut.ac.ir)
دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی و مدیریت محیطی پردیس بین‌المللی ارس دانشگاه تهران
ابراهیم مقیمی*
عضو هیأت علمی و استاد گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تهران/ مهمان در پردیس بین‌المللی ارس دانشگاه تهران
مجتبی یمانی (myamani@ut.ac.ir)
عضو هیأت علمی و استاد گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تهران/ مهمان در پردیس بین‌المللی ارس دانشگاه تهران
منصور جعفربگلو (mjbeglou@ut.ac.ir)
عضو هیأت علمی و دانشیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تهران/ مهمان در پردیس بین‌المللی ارس دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۱۳۹۶/۷/۱۷ – تاریخ پذیرش ۱۳۹۶/۹/۳۰)

چکیده

یکی از مباحث مهم در مدیریت بحران‌های محیطی شهرها، بحران‌های ناشی از مخاطرات ژئومورفولوژیکی در عرصه‌های شهری است. این بحران‌ها به‌علت استقرار و گسترش فعالیت‌های انسانی در عرصه‌های شهری در حال افزایش است. از این‌رو در پژوهش حاضر، با شناسایی فرایندها و پدیده‌های ژئومورفولوژیک در پهنه‌های گسترش‌یافتهٔ شهر مراغه در بین سال‌های ۹۶-۱۳۶۳، به بررسی محدودیت‌ها و قابلیت‌های ژئومورفولوژیک این شهر پرداخته شد. محدودیت‌های ژئومورفولوژیکی در این پژوهش در قالب دو مبحث محدودیت‌های ناشی از فرایندهای دامنه‌ای و فرایندهای سیلابی بررسی شد. در این زمینه، داده‌های لازم از منابع مختلف و همچنین داده‌های سنجش از دور جمع‌آوری شده و با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، به لایه‌های اطلاعاتی لازم تبدیل شدند که شامل لایه‌های زمین‌شناسی، تکتونیک و لرزه‌خیزی، دما، بارش و رطوبت، فرسایش خاک، کاربری اراضی و پوشش گیاهی، طبقات ارتفاعی، شیب، جهت شیب، فاصله از آبراهه‌ها و نوع خاک است. در ادامه برای هم‌طیف کردن لایه‌ها، با استفاده از تئوری منطق فازی، لایه‌ها استاندارد شدند. برای استخراج ارزش نسبی هر یک از لایه‌ها در مشخص کردن پهنه‌های ژئومورفولوژیکی، از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) استفاده شد. نتایج تحلیل سلسله‌مراتبی نشان می‌دهد که در منطقهٔ تحقیق، نقش سازندهای زمین‌شناسی در رخدادهای ژئومورفولوژیکی پررنگ‌تر است. پس از ارزش‌گذاری نسبی لایه‌های اطلاعاتی، روی‌هم‌گذاری لایه‌ها با استفاده از روش وزن‌دهی جمعی ساده (SAW) صورت گرفت. نتایج نشان می‌دهد که شمال شرق شهر مراغه از نظر فرایند دامنه‌ای و سیل‌خیزی دارای پهنه‌های مخاطره‌آمیز فراوانی نسبت به دیگر قسمت‌هاست. همچنین به‌منظور بررسی شدت خطر در قسمت‌های گسترش‌یافتهٔ شهر در دهه‌های اخیر، ابتدا حد گسترش فیزیکی شهر در سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۶ از تصاویر ماهواره‌ای لندست استخراج شده و پس از مطابقت با نقشه‌های کاربری اراضی، روند گسترش فیزیکی شهر در دامنهٔ زمانی مورد نظر بررسی شد؛ بدین منظور از روش کراس‌تب (Crosstab) استفاده شد. نتایج بررسی روند گسترش شهری در دامنهٔ زمانی مورد نظر نشان می‌دهد که بیشترین گستردگی شهری در پهنه‌هایی بوده است که خطرهای ژئومورفولوژیکی بیشتری دارند و این نیازمند مدیریت بیشتر در جهت‌دهی توسعهٔ فیزیکی شهر مراغه در پهنه‌های کم‌خطر است.

واژه‌های کلیدی: توسعهٔ فیزیکی، شهر مراغه، مخاطرات ژئومورفولوژیک.

*نویسندهٔ مسئول Email: emoghimi@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

شهرها با توجه به مقر جغرافیایی خود، ممکن است برای توسعهٔ آتی خود با پدیده‌های ژئومورفولوژیک مختلفی مواجه باشند .این پدیده‌ها ممکن است قابلیتی برای گسترش شهر یا محدودیت‌هایی در توسعه و عمران شهری به‌وجود آورند [۱۱]. بسیاری از این محدودیت‌ها در شهرها، در قالب خطرهای ژئومورفولوژیکی ظاهر می‌شوند. مخاطرات ژئومورفولوژیک به حوادث و خطرهای طبیعی گفته می‌شود که در اثر ناپایداری اشکال سطح زمین، منابع انسانی را تهدید می‌کنند. در واقع مخاطرات ژئومورفولوژیک، پدیده‌هایی طبیعی هستند و فقط به‌دلیل حضور انسان و زیرساخت‌های بشری است که به حوادث مخاطره‌آمیز تبدیل می‌شوند [۱۹]. مخاطرات در ژئومورفولوژی می‌تواند به‌عنوان عواملی در نظر گرفته شود که به زیرساخت‌های انسانی زیان وارد می‌کند؛ در نتیجه این پدیده در اثر ناپایداری ویژگی‌های سطح زمین به‌وجود می‌آید. همچنین اثر تغییرات فرم‌ها و فرایندهای غالب سطح زمین نسبت به شرایط طبیعی را سریع‌تر فراهم می‌کند [۴]. با گسترش شهر و شهرنشینی و با افزایش بارگذاری‌های محیطی بر بستر آنها، مخاطرات ژئومورفولوژیک افزایش پیدا می‌کند [۵]. در حوزه‌های شهری، اثرهای معمول در اثر وقوع سوانح طبیعی ممکن است چندان زیان‌بار نباشد، ولی وقتی پای جوامع انسانی و زیرساخت‌های بشری به میان آید، به بحران‌های طبیعی- تکنولوژیکی تبدیل می‌شود که شامل ویرانی‌های کالبدی و اختلال عملکرد شهری است. با گسترش شهرها، برخورد آنها با واحدهای گوناگون ژئومورفولوژیک و موضوعات مربوط به آنها زیادتر می‌شود. از این‌رو، اهمیت و ضرورت شناخت ویژگی‌های محیط طبیعی به‌منظور مکان‌گزینی مناسب برای بستر شهری بیشتر می‌شود [۲۲]. به هر حال آنچه در مورد مخاطرات ژئومورفولوژیک آشکار است، ماهیت پیچیده و درهم‌تنیدهٔ این مخاطرات است؛ به‌عبارتی وجود همزمان برخی از متغیرهای ژئومورفولوژیک، امکان ایجاد برخی از مخاطرات ژئومورفولوژیک را تسهیل می‌کند. ماهیت درهم‌تنیدهٔ این خطرها، موجب رویکردی سیستمی در شناخت همهٔ پدیده‌های ژئومورفولوژیک می‌شود. سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل‌های متنوع تحلیل داده‌های مکانی، امکان شناخت و بررسی تلفیقی مخاطرات ژئومورفولوژیک را به‌وجود می‌آورد.

شهر مراغه از جمله شهرهای ایران است که رشد فیزیکی آن در سال‌های اخیر، با برخی از محدودیت‌های ژئومورفولوژیکی مواجه بوده است. در برخی موارد، این محدودیت‌ها در آستانهٔ خطر قرار دارند و بررسی ژئومورفولوژیکی این فرایندها در این شهر حائز اهمیت فراوانی است. شکل ۱ برخی از این محدودیت‌ها را در قالب خطرهای ژئومورفولوژیکی نمایش می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۱. مخاطرهٔ ژئومورفولوژیک ناشی از سیلاب در قسمت شمال رودخانهٔ صوفی‌چای، روستای قشلاق

در زمینهٔ موضوعات مشابه، پژوهش‌های بسیاری انجام گرفته است که می‌توان به کتاب *محیط شهری* داگلاس اشاره کرد. علاوه بر دیدگاه کالبدی شهر، با توجه به اهمیت موضوع، فصل چهارم کتاب به ژئومورفولوژی به‌عنوان زیربنای شهر پرداخته و مطالعهٔ داده‌های ژئومورفولوژی زیربنای شهری را بر دیگر مطالعات اولویت داده است [۲۳]. بگن و یاماگاتا [۲۲] روند رشد فضایی توکیو را در طی ۴۰ سال گذشته با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای بررسی کردند. براساس این مطالعه، همبستگی مثبت قوی بین رشد و گسترش شهر و تغییرات تراکم جمعیتی و تغییرات کاربری وجود دارد. قرخلو و همکاران (۱۳۹۰) [۱۲] به مکان‌یابی بهینهٔ توسعهٔ فیزیکی شهر بابلسر با استفاده از شاخص‌های طبیعی در قالب GIS پرداختند. آنان با توجه به محصور بودن بابلسر در اراضی کشاورزی، به این نتیجه رسیدند که دو گزینه برای توسعهٔ فیزیکی شهر وجود دارد: اول، توسعهٔ شهر از درون که با تخصیص تراکم ساختمانی بیشتر به ساختمان‌های شهر امکان‌پذیر است؛ و دوم، توسعه به‌سمت بیرون. مناسب‌ترین مکان برای گسترش آتی شهر، جنوب شرقی و در اولویت دوم، جنوب غربی بابلسر است. امانپور و همکاران (۱۳۹۲)[۱]، مدل AHP را به‌منظور مکان‌یابی جهت‌های بهینهٔ توسعه فیزیکی شهر اردبیل به‌کار گرفتند و به این نتیجه رسیدند که عوامل محیطی دارای اهمیت و وزن بیشتری در بحث مکان‌یابی جهت‌های بهینهٔ توسعهٔ فیزیکی شهر اردبیل است. جهت‌های شرقی شهر، مناسب‌ترین جهت برای توسعهٔ فیزیکی احتمالی شهر خواهد بود. توپوگرافی مناسب، دوری از خط گسل اصلی و شیب مناسب زمین از عوامل اصلی انتخاب جهت شرقی برای توسعهٔ فیزیکی شهر اردبیل است. مقیمی (۱۳۸۴)، در مقاله‌ای به تشخیص و بررسی اقدامات، ارزیابی مطلوب و شناسایی میزان ناپایداری دامنه‌ای و

Archive of SID

www.SID.ir

احتمال خطر برای جاده و مردم پرداخت و خصوصیات دامنه‌های ناپایدار منطقهٔ مورد نظر را از دیدگاه ویژگی‌های ژئومورفولوژیک تحلیل و بررسی کرد [۱۶].

هدف کلی و اصلی این پژوهش، استفاده از مدل‌ها و داده‌های ترکیبی برای تعیین دقیق پهنه‌های محدودیت و قابلیت ژئومورفولوژیکی برای توسعهٔ شهری است. بیان شدت محدودیت‌ها در این مقاله، از اهداف دیگری است که بررسی شده است. همچنین استفادهٔ حداکثری از ابزارهای جغرافیایی همچون سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در پژوهش‌های جغرافیایی، از اهداف دیگر این پژوهش است.

معرفی منطقهٔ تحقیق

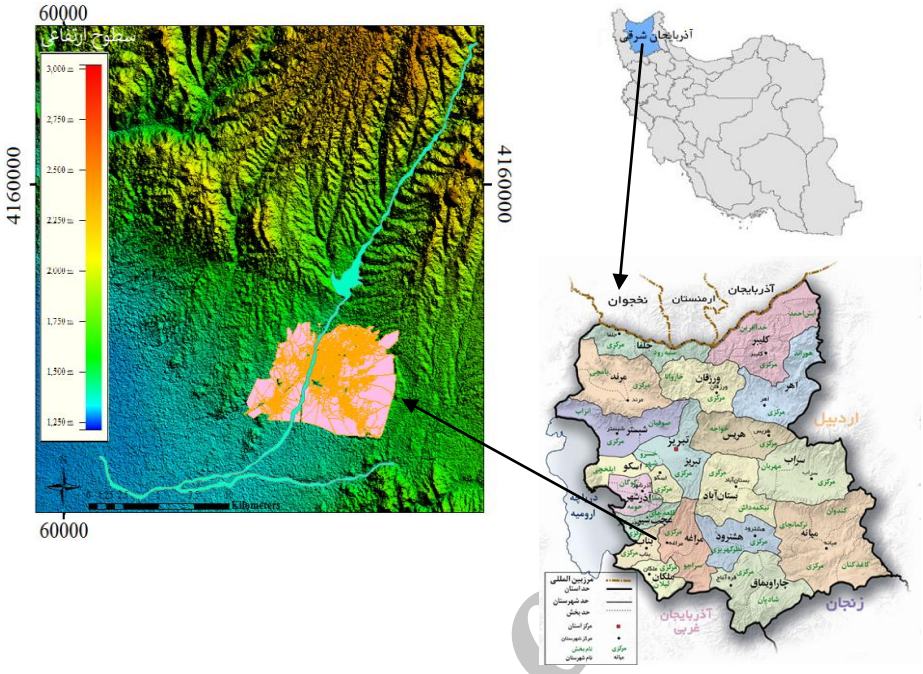
مراغه از شهرهای قدیمی ایران است که از 606258.467 به 613562.378 عرض شمالی و از 4141868.999 به 4136224.537 طول شرقی گسترده شده است. ارتفاع آن از سطح آب‌های آزاد حدود ۱۳۹۰ متر است. این شهر در کنار رودخانهٔ صوفی‌چای واقع شده و از شمال به کوه‌های قشلاق و آشان، از جنوب به باغ‌های ورجوی، از مشرق به باغ‌ها و مزارع و از مغرب به کوه معروف رصد محدود است [۱۳]. براساس داده‌های سرشماری سال ۱۳۹۰، جمعیت این شهر ۱۶۳۸۵۹ نفر بوده است که بر این اساس جزء شهرهای میانه‌اندام است[۱۴]. شکل ۲، منطقهٔ تحقیق را نشان می‌دهد. در این شکل، موقعیت شهر مراغه در ایران و استان آذربایجان شرقی نشان داده شده است. برای نشان دادن ویژگی‌های بستر شهر مراغه، از یک تصویر مدل رقومی ارتفاعی از ماهواره Aster استفاده شده است. در این تصویر، ارتفاعات منتهی به رشته‌کوه سهند در شمال شهر مراغه مشخص است و همچنین رودخانهٔ صوفی‌چای که از ارتفاعات سهند سرچشمه می‌گیرد و از شهر مراغه عبور می‌کند، نشان داده شده است. برای نشان دادن شهر مراغه، از نقشهٔ حریم شهرداری استفاده شده است؛ در این نقشه، فرم اصلی شهر و همچنین شبکهٔ راه‌های اصلی نشان داده شده است.

داده‌ها و روش‌ها

در این مقاله از داده‌های مختلفی برای استخراج محدودیت‌ها و پتانسیل‌های ژئومورفولوژیکی استفاده شده است. جدول ۱ خلاصهٔ داده‌های به‌کاررفته و مراجع مورد استفاده برای داده‌هاست.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲. منطقهٔ تحقیق: در شکل سمت راست نقشهٔ ایران و استان آذربایجان شرقی نشان داده شده است. شکل سمت چپ ترکیبی از یک تصویر رقومی ارتفاعی، حریم شهر مراغه و رودخانهٔ صوفی‌چای است. راهنمای تصویر رقومی ارتفاعی در سمت چپ نقشه آورده شده است.

جدول ۱. داده‌های به‌کاررفته و مرجع لایه‌ها

نام لایهٔ اطلاعاتی	مقیاس لایه	مرجع لایه‌ها
زمین‌شناسی	۱:۱۰۰۰۰۰	سازمان زمین‌شناسی کشور- سال ۱۳۸۶
تکتونیک و لرزه‌خیزی	۱:۱۰۰۰۰۰	سازمان زمین‌شناسی کشور- سال ۱۳۸۶
دما	۱:۱۰۰۰۰۰	ایستگاه‌های سینوپتیک استان
رطوبت نسبی	اندازهٔ سلول ۳۰ متر	ایستگاه‌های سینوپتیک استان
فرسایش خاک	اندازهٔ سلول ۳۰ متر	سازمان زمین‌شناسی کشور
کاربری اراضی و پوشش گیاهی	قدرت تفکیک ۳۰ متری	8 - USGS، ETM+،Landsat TM
طبقات ارتفاعی	قدرت تفکیک ۱۵ متری	USGS،Aster
شیب	قدرت تفکیک ۱۵ متری	USGS،Aster
جهت شیب	قدرت تفکیک ۱۵ متری	USGS،Aster
فاصله از آبراهه‌ها	۱:۲۵۰۰۰۰	سازمان زمین‌شناسی کشور
لایهٔ راه‌ها	۱:۵۰۰۰۰	Open Street Map

Archive of SID

www.SID.ir

در ادامه دربارهٔ روش‌های به‌کاررفته در این مقاله بحث خواهد شد.

- توابع فازی

تابع عضویت فازی تابعی است که عضویت بعضی از اعضا یا همهٔ آنها، کاملاً روشن و مشخص نیست و عناصر آن به‌طور نسبی به مجموعهٔ مورد نظر متعلق‌اند. در واقع مجموعه‌های فازی تعمیم‌یافته، مجموعه‌های کلاسیک‌اند، به‌نحوی که مقدار تعلق در آنها هر مقداری را در بازهٔ (۱-۰) اختیار می‌کند. میزان عضویت اعضای مجموعهٔ فازی عددی بین صفر و یک است که این مقدار در اصطلاح درجهٔ عضویت نامیده می‌شود [۲۹]. درجهٔ عضویت صفر به این معناست که عنصر مورد نظر در این مجموعه، هیچ عضویتی ندارد. در توابع فازی، برخلاف تابع‌های قطعی، عناصر به دو دستهٔ عضو و غیرعضو تقسیم نمی‌شوند، بلکه براساس نظر متخصص، میزان عضویت‌های فازی در بازهٔ صفر تا یک متغیر است [۷].

- روش AHP

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) روشی است منعطف، قوی و ساده که برای تصمیم‌گیری در شرایطی که معیارهای تصمیم‌گیری متضاد انتخاب بین گزینه‌ها را با مشکل مواجه می‌کند، به‌کار می‌رود. این روش ارزیابی چندمعیاری، ابتدا در سال ۱۹۸۰ توسط ال‌ساعتی پیشنهاد شد و تاکنون کاربردهای متعددی در علوم مختلف داشته است [۱۰]. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی با شناسایی و اولویت‌بندی عناصر تصمیم‌گیری شروع می‌شود [۲۰]. این عناصر شامل هدف‌ها، معیارها یا مشخصه‌ها و گزینه‌های احتمالی می‌شود که در اولویت‌بندی به‌کار می‌روند. فرایند شناسایی عناصر و ارتباط بین آنها که سبب ایجاد ساختاری سلسله‌مراتبی می‌شود، ساختن سلسله‌مراتب نام دارد. سلسله‌مراتبی بودن ساختار به این دلیل است که عناصر تصمیم‌گیری (گزینه‌ها و معیارهای تصمیم‌گیری) را می‌توان در سطوح مختلف خلاصه کرد. بنابراین، اولین قدم در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، ایجاد ساختار سلسله‌مراتبی از موضوع مورد بررسی است که در آن اهداف، معیارها، گزینه‌ها و ارتباط بین آنها نشان داده می‌شود. چهار مرحلهٔ بعدی در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی محاسبهٔ وزن معیارها و زیرمعیارها (تعیین ضریب اهمیت هر یک از معیارها)، محاسبهٔ وزن گزینه‌ها (ضریب برتری هر یک از گزینه‌ها در ارتباط با معیارها و زیرمعیارها)، محاسبهٔ امتیاز نهایی گزینه‌ها و بررسی سازگاری منطقی قضاوت‌ها را شامل می‌شود [۳].

Archive of SID

www.SID.ir

- روش وزن‌دهی جمعی ساده

روش‌های وزن‌دهی جمعی ساده (SAW) متداول‌ترین فنون مورد استفاده در کار بر روی مسائل مترتب بر تصمیم‌گیری چندصفتی فضایی‌اند. از این فنون با عناوین ترکیب خطی وزنی (WLC: Weighted Linear Combination) یا روش مبتنی بر نمره‌دهی (scoring methods) نیز یاد می‌شود. این روش‌ها بر پایهٔ میانگین وزنی (weighted average) قرار دارند. تصمیم‌گیرنده به‌طور مستقیم وزن‌هایی از اهمیت نسبی را به هر صفت اختصاص می‌دهد. سپس وزن اهمیت تخصیص‌یافته به هر صفت در نمرهٔ مقیاس‌بندی‌شدهٔ آن صفت در گزینهٔ مورد نظر ضرب می‌شود و با جمع حاصل‌ضرب‌های مذکور در ارتباط با تمامی صفات، امتیاز یا نمرهٔ کل در زمینهٔ هر گزینه به‌دست می‌آید. بعد از محاسبهٔ امتیاز کل برای تمام گزینه‌ها، گزینه‌ای که دارای بیشترین امتیاز است انتخاب می‌شود. به‌طور رسمی در قاعدهٔ تصمیم‌گیری برای ارزیابی هر گزینهٔ Ai از فرمول زیر (معادلهٔ ۱) استفاده می‌شود:

$$A_i = \Sigma W_J X_{iJ} \qquad (۱)$$

Xij معرف نمرهٔ گزینهٔ i ام در ارتباط با صفت j ام و wj وزن استانداردشده است؛ به‌گونه‌ای که $\Sigma wj = 1$. وزن‌ها اهمیت نسبی هر صفت را به نمایش می‌گذارند. با تعیین ارزش حداکثر Ai (i=1،2، ... ،m)، اولویت‌دارترین گزینه انتخاب می‌شود [۲۱].

- روش کراس‌تب

آشکارسازی تغییرات عبارت است از فرایند تعیین تفاوت‌ها و اختلاف‌ها در یک عارضه براساس مشاهدهٔ آن عارضه در زمان‌های مختلف [۲۶]. در این پژوهش برای بررسی میزان گستردگی شهر مراغه در بازه‌های زمانی مختلف، از روش آشکارسازی تغییرات موسوم به روش کراس‌تب استفاده شده است. این روش برای تجزیه‌وتحلیل و آشکارسازی تغییرات کاربری در یک جفت تصویر به‌کار می‌رود [۲۴]. در روش کراس‌تب، نقشه‌های کاربری زمین به‌صورت دوبه‌دو و به‌شکل ماتریسی مقایسه می‌شوند و نقشهٔ تغییرات کاربری اراضی یا گستردگی شهری با این روش به‌دست می‌آید و جدول‌های ماتریسی از آن استخراج می‌شود و با استفاده از نقشهٔ تغییرات و جدول‌های ماتریسی، تجزیه‌وتحلیل نهایی تغییرات فیزیکی حادث‌شده صورت می‌گیرد [۲].

- روش‌های به‌کاررفته برای پردازش تصاویر ماهواره‌ای

اولین گام در پردازش تصاویر مذکور، ترکیب رنگی باندهای تصاویر ماهواره‌ای است؛ ترکیب رنگی ۱۴۷، ترکیب مناسبی برای انتخاب کلاس‌ها محسوب می‌شود [۱۳]. همچنین بهترین ترکیب رنگی باندهای Landsat 8، ترکیب باندهای ۴-۶-۷ است (سازمان زمین‌شناسی آمریکا،

Archive of SID

www.SID.ir

USGS). شکل ۳ ترکیب رنگی تصاویر مورد استفاده در این مقاله را نمایش می دهد. بعد از ترکیب تصاویر، طبقه‌بندی تصاویر مدنظر بوده است. با توجه به دقت زیاد روش طبقه‌بندی نظارت‌شده، از این روش برای طبقه‌بندی تصاویر استفاده شد. در این روش، ابتدا نمونه‌های آموزشی برداشت شد. ازآنجا که در تجزیه‌وتحلیل‌های مربوط به این مقاله، یک طبقهٔ کاربری یعنی قسمت‌های ساخته‌شدهٔ شهری مورد نیاز است، نمونه‌ها فقط از قسمت‌های ساخته‌شدهٔ شهری برداشت شده است. پس از جمع‌آوری نمونه‌ها، باید الگوریتمی برای تعمیم نمونه‌های آموزشی انتخاب شود [۲۶]. الگوریتم‌های متفاوتی برای تعمیم نمونه‌ها و پردازش تصاویر ماهواره‌ای وجود دارد؛ در این مقاله از الگوریتم ترکیبی فازی و نظریهٔ تشدید انطباقی موسوم به فازی آرت مپ برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده که از روش‌های دیگر دقیق‌تر است. به‌طور معمول در هر طبقه‌بندی، هر چند در کلیهٔ مراحل دقت کافی صورت گرفته باشد، تعدادی از پیکسل‌ها به هیچ یک از گروه‌ها تعلق نمی‌گیرند و به‌صورت ناشناخته باقی می‌مانند. یکی از مواردی که تا حدود زیادی، اشکالات تصاویر طبقه‌بندی‌شده را برطرف می‌کند، اجرای فیلتر مد بر روی تصویر است. با اعمال فیلتر عبور پایین مد، مقادیر فراوان کلاس‌های طبقه‌بندی‌شده، انتخاب و به ارزش‌های کوچک و پراکندهٔ تصاویر طبقه‌بندی‌شده نسبت داده می‌شود و بدین ترتیب پیکسل‌های طبقه‌بندی‌نشده و مجزا رفع می‌شوند و به کلاس‌های اطراف تعلق می‌گیرند [۸]. برای ارزیابی دقت نقشه‌های طبقه‌بندی‌شده، از عکس‌های هوایی منطقه استفاده شده است، زیرا قدرت تفکیک مکانی زیادی دارند و عوارض و کاربری‌ها را بهتر نمایش می‌دهند؛ چنانکه با انطباق نقشه کاربری اراضی بر عکس‌های هوایی منطقهٔ مورد نظر، به دقت‌سنجی پردازش تصاویر پرداخته می‌شود. دقت نقشهٔ کاربری اراضی سال ۱۳۶۳، حدود ۹۰ درصد و دقت نقشهٔ ۱۳۹۶، ۹۴ درصد بوده که در نهایت نقشه‌های کاربری با دقت ۹۲ درصد قابل قبول‌اند. شکل ۴ نقشهٔ پردازش‌شدهٔ سال‌های ۱۳۶۳ و ۱۳۹۶ را نمایش می‌دهد.

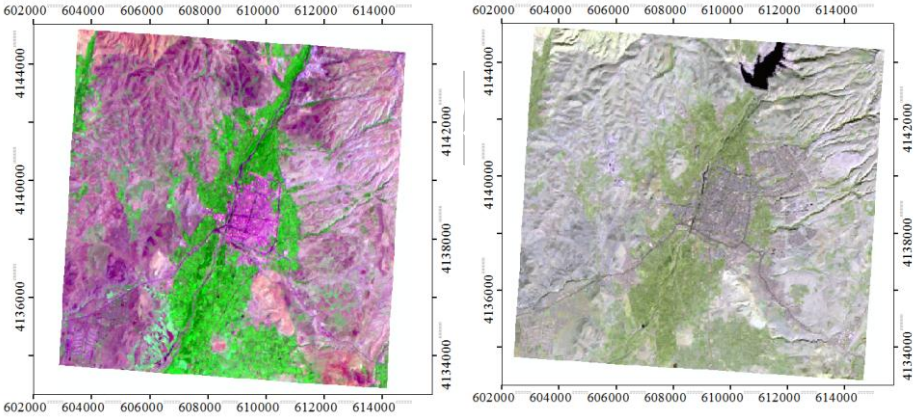
- روش‌های تجزیه‌وتحلیل

اولین مرحلهٔ این پژوهش، آماده‌سازی لایه‌های به‌کاررفته است. از روش‌های مختلفی برای آماده‌سازی لایه‌های مربوط استفاده شده است. لایه‌های زمین‌شناسی، فرسایش خاک، نوع خاک و طبقات ارتفاعی، تنها نیازمند طبقه‌بندی لایه‌ها هستند. هر طبقه از نقشه‌ها، دارای پتانسیل خاصی برای خطرهای ژئومورفولوژیک است که با توجه به این مسئله، هر طبقه در فرایند تعیین پهنه‌های خطرهای ژئومورفولوژیکی، ارزش‌گذاری شده است. تکتونیک و لرزه‌خیزی و همچنین آبراهه‌ها، پدیده‌های ژئومورفولوژیکی‌اند که با فاصله گرفتن از آنها، از شدت خطرهای

Archive of SID

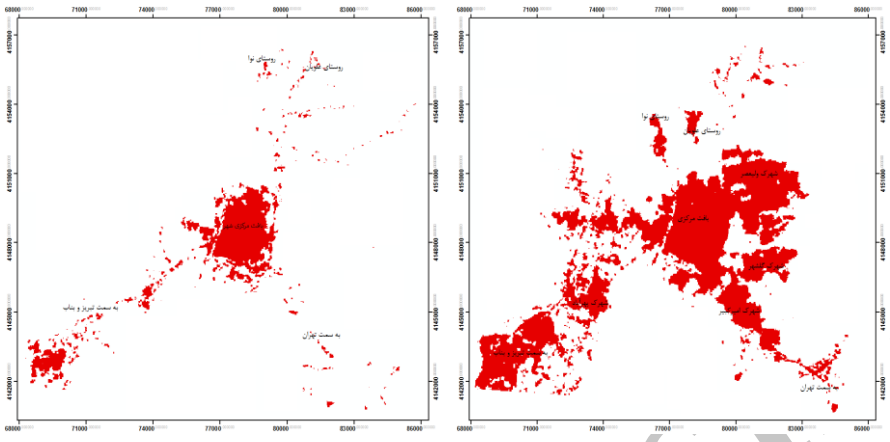
www.SID.ir

ژئومورفولوژیک کاسته می‌شود؛ با این پیش‌فرض، با استفاده از روش فاصلهٔ اقلیدسی به تهیهٔ لایه‌های مربوط پرداخته شد تا با فاصله گرفتن از این پدیده‌های ژئومورفولوژیک، از پتانسیل خطرهای این دو پدیده کاسته شود. ازآنجا که داده‌های اقلیمی به‌صورت لایه‌های نقطه‌ای‌اند، تعمیم نقاط معلوم به قسمت‌های مجهول با استفاده از پهنه‌بندی انجام می‌پذیرد. در این پهنه‌بندی از روش Kriging استفاده شده است که خطای کمتری از دیگر روش‌ها در این مقاله داشت. شیب و جهت شیب نیز از لایه‌های مهم ژئومورفولوژیک هستند که در این مقاله از آنها استفاده شد. پس از تهیهٔ این دو لایه، لایه‌های مذکور طبقه‌بندی شدند و هر طبقه با توجه به پتانسیل وجود خطرهای ژئومورفولوژیکی، ارزش‌گذاری شد. برای تهیهٔ نقشه‌های کاربری اراضی و همچنین نقشهٔ تراکم پوشش گیاهی، از تصاویر ماهواره‌ای استفاده شد. نقشهٔ کاربری اراضی شهری از تصاویر ماهواره‌ای Landsat 4 و Landsat 8 مربوط به سال‌های ۱۳۶۳و ۱۳۹۶ استخراج شده است. شکل ۳ ترکیب رنگی تصاویر به‌کاررفته در این مقاله و تغییرات کلی کاربری‌های عمده در منطقهٔ تحقیق را نشان می دهد.



شکل ۳. Error! Reference source not found.: **تصویر سمت چپ(Landsat 4) مربوط به تاریخ ۱۳۶۳/۲/۲۳ و تصویر سمت راست (Landsat 8) مربوط به ۱۳۹۶/۴/۲۵ است که شمارهٔ گذر و ردیف هر دو تصویر به‌ترتیب ۱۶۸ و ۳۴ است. برای ترکیب رنگی Landsat 4، از ترکیب باندهای ۱-۴-۷ و برای Landsat 8 از ترکیب باندهای ۴-۶-۷ استفاده شده است.**

www.SID.ir



شکل ۴. نقشهٔ پردازش‌شده مربوط به سال ۱۳۶۳ سمت چپ و نقشهٔ مربوط به سال ۱۳۹۶ در سمت راست.

نقشه‌های شاخص پوشش گیاهی تبدیل‌های ریاضی هستند که براساس باندهای مختلف سنجنده تعریف می‌شوند و برای ارزیابی و بررسی گیاهان در مشاهدات ماهواره‌ای چندطیفی طراحی شده‌اند[۲]. همچنین در این مقاله برای تحقق اهداف مرتبط، از نرم‌افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور استفاده شد.

ازآنجا که لایه‌های مربوط از شاخص‌های متفاوتی تشکیل یافته‌اند، استانداردسازی لایه‌ها به‌منظور یکسان‌سازی طیف و اعداد با استفاده از توابع فازی انجام می‌پذیرد. پس از استانداردسازی لایه‌های ژئومورفولوژیکی، تعیین ارزش نسبی هر یک از لایه‌ها مدنظر است. برای تعیین ارزش نسبی لایه‌های ژئومورفولوژیکی، از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در نرم‌افزار Expert Choice استفاده شده است. بدین منظور ابتدا پرسش‌نامهٔ مقایسهٔ زوجی معیارها تهیه شد و به چهل نفر از دانشجویان و استادان ژئومورفولوژی و برنامه‌ریزی شهری فرستاده شده و پس از جمع‌آوری پاسخ همهٔ پرسش‌نامه‌ها، اقدام به وزن‌دهی معیارها شد. پس از استانداردسازی و وزن‌دهی لایه‌های مربوط، لایه‌ها با استفاده از روش وزن‌دهی جمعی ساده، روی‌هم‌گذاری شدند. سپس، بررسی گستردگی شهری در سال‌های گذشته و ارتباط آن با محدودیت‌ها یا قابلیت‌های ژئومورفولوژی در نظر گرفته شد. برای بررسی میزان تغییرات کاربری محدودهٔ تحقیق از روش پیکسل‌مدار کراس‌تب در نرم‌افزار IDRISI استفاده شد. پس از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در کلاس‌های ذکرشده، قسمت‌های ساخته‌شدهٔ شهر در بازه‌های زمانی اشاره‌شده با استفاده از روش کراس‌تب استخراج و در نهایت، بررسی تطبیقی گستردگی فضایی شهر با توجه به محدودیت‌ها و قابلیت‌های ژئومورفولوژیک منظور شد.

Archive of SID

www.SID.ir

یافته‌های پژوهش

الف) محدودیت‌های ژئومورفولوژی ناشی از حرکات دامنه‌ای

زمین‌شناسی

چینه‌شناسی: براساس اطلاعات زمین‌شناسی، بخش سنگی منطقهٔ تحقیق، شامل تـوده‌هـای شـیلی، مارن، ماسه‌سنگ، سنگ آهک‌رسی، آهک، آبرفت و توف است. ماسه‌سـنگ دارای سـیمانی سیلیسـی است و سنگ یکپارچهٔ آن مقاومت برشی به‌نسبت زیادی دارد، اما تـودهٔ سـنگ شـیلی، کـانی اصـلی تشکیل‌دهندهٔ آن رسی است و به‌طور کلـی مقاومـت برشـی کمـی دارد (بـه‌ویـژه در امتـداد سـطوح لایه‌بندی) و از سنگ‌های ضعیف محسوب می‌شود. مشخصات ژئوتکتونیکی آن به این شرح است کـه این سنگ‌ها از کانی‌های رسی با پلاستیسیتهٔ زیاد تشکیل شده‌اند و مواد آلی بـه مقـدار زیـاد در آنهـا وجود دارد. به‌لحاظ وضعیت کانی‌شناسی حالتی بین سنگ ضعیف و رسی بسیار تحکیم‌یافتـه دارنـد. شیل‌ها به‌لحاظ نحوهٔ تشکیل رسوبی، لایه و متورق و دارای خاصـیت تـورم‌پـذیری هسـتند؛ هماننـد کانی‌های رسی در مقابل آب از خود واکنش نشان می‌دهند و باند بین دانه‌ها سست شـده و مقاومـت برشی آنها کاهش می‌یابد در صورتی که از اطراف محصور نشده باشند، در مقابـل آب دچـار وارفتگـی می‌شوند و به‌لحاظ وجود کانی‌های رسی در آنها، در حالتی که با جذب آب دچار تورم شده باشند، بـا از دست دادن آب دچار انقباض و نشست می‌شوند. مارن‌ها و رس‌ها به‌طور معمول استعداد زیـادی در ایجاد زمین‌لغزش دارند و لغزش‌های عمیق در آنها رخ می‌دهد. در صورتی که آب به درون آنهـا نفـوذ کند، مقاومت برشی آنها کاهش می‌یابد کـه سـبب گسـیختگی مـی‌شـود. سـطوح لغـزش اغلـب در گل‌سنگ در سازندهای ترشیاری و کواترنر ایجاد می‌شود. عمق لغزشی در گل‌سنگ ۲۰-۵ متر اسـت. سطح لغزش در لایه‌های رسی توسعه‌یافته (مناطق هـوازدهٔ گـل‌سـنگ) در سـازندهایی کـه بـه‌طـور متناوب از طبقات ماسه‌سنگ و گل‌سنگ تشکیل شده‌اند، بیشتر از سازندهایی است که از گـل‌سـنگ تشکیل‌شده‌اند [۵]. انواع سازندهای مورد بحث در منطقهٔ تحقیق پخش شده‌اند که نقشه‌ای براسـاس مقاومت برشی هر یک از سـازندها، بـرای بررسـی محـدودیت‌هـا و مطلوبیـت‌هـای توسـعهٔ فیزیکـی، طبقه‌بندی شده است. در این طبقه‌بنـدی، واحـد PLI دارای کمتـرین مقاومـت برشـی، واحـد K1L دارای مقاومت برشی به‌نسبت کم، واحد JS دارای مقاومت برشی متوسـط، واحـد Re دارای مقاومـت برشی به‌نسبت زیاد، و واحد Qal دارای مقاومت برشی زیاد طبقه‌بندی شده است.

گسل: دو گسلی که همواره موجب زمین‌لرزه‌هایی در منطقهٔ تحقیق بوده است، گسل شمال تبریز و گسل مراغه است. هر دو گسل از نظر زمین‌شناسی جزء گسل‌های فعال‌اند و همـواره در طول تاریخ زمین‌لرزه‌هایی بزرگی را سبب شده‌اند [۹]. در مجموع شهر مراغه بـه نسـبت سـایر

Archive of SID

www.SID.ir

شهرهای استان به‌دلیل فاصلهٔ نسبی از خطواره‌های گسلی مهم و فاصلهٔ ۷۰ کیلومتری از گسل شمال تبریز، که مهم‌ترین سرچشمهٔ لرزه‌زا برای این شهر محسوب می‌شود، دارای خطر لرزه‌خیزی کمتری است. برای تهیهٔ لایه‌های مربوط به مناطق در معرض خطر گسل‌ها، از روش فاصلهٔ اقلیدسی استفاده شده است. براساس نقشهٔ به‌دست‌آمده، قسمت‌های شرقی شهرستان مراغه از حداکثر فاصله از گسل‌ها برخوردارند و این در حالی است که بقیهٔ جهات، از خطر نسبی جابه‌جایی گسل و زمین‌لرزه برخوردارند

- اقلیم

رطوبت: در حالت کلی، دما و رطوبت و تناوب تغییرات اقلیمی بر فرایندهای هوازدگی و فرسایش تأثیر می‌گذارد و در هر منطقهٔ اقلیمی این عوامل بر الگوی لندفرم‌های متفاوت مؤثرند [۲۸]. برای مثال در اقلیم مرطوب، رطوبت هوای متراکم، هوازدگی مکانیکی و شیمیایی را تسهیل می‌کند و پوشش گیاهی انبوه موجب تثبیت سنگ تجزیه‌شده و افزایش مواد آلی آن می‌شود. در نتیجه لندفرم‌ها به داشتن توپوگرافی هموار و نیمرخ‌های خاکی عمیق گرایش دارند. در اقلیم خشک لندفرم‌ها ناهموارند و خاک گسترش چندانی در عوارض سنگی ندارد. در این مناطق کمبود رطوبت و در نتیجه پوشش گیاهی کم سبب فرسایش آهسته و تدریجی می‌شود؛ اما وقتی توفان رخ می‌دهد، بارندگی شدید سبب فرسایش سریع همهٔ موادی می‌شود که ممکن است تجزیه شوند. در منطقهٔ تحقیق، حداقل رطوبت نسبی در ساعات گرم روز (ساعت ۱۲/۵ ظهر) رخ می‌دهد و ماه‌های فصل تابستان کمترین مقدار رطوبت را دارند؛ به‌طوری که از خرداد تا پایان شهریور در طی روزها مقدار رطوبت به کمتر از ۳۰ درصد رسیده و خشکی هوا محسوس است. علی‌رغم نوسان روزانه به‌نسبت زیاد در تغییرات رطوبت نسبی، ضریب تغییرپذیری برای هر یک از ساعات روز به‌نسبت کم است که نشان‌دهندهٔ نظم و نبود نوسان شدید رطوبت در هر یک از ساعات است؛ به‌عبارت دیگر نوسان رطوبت در طی یک روز به‌طور متوسط ۲۵ تا ۴۰ درصد است، درحالی که دامنهٔ نوسان رطوبت برای هر یک از ساعات ثبت‌شده در طول دورهٔ آماری حداقل ۸ تا حداکثر ۲۱ درصد است. در این پژوهش، رطوبت‌های زیاد به‌عنوان مکان‌هایی با فعل و انفعالات شدید ژئومورفولوژیک، و پهنه‌های با رطوبت اندک، به‌عنوان محل‌هایی با فعل و انفعالات ژئومورفولوژیک کم در نظر گرفته شده است و بر این اساس نقشهٔ پهنه‌بندی رطوبت تهیه شده است.

دما: دما و تغییرات دمایی یکی از مهم‌ترین عوامل در روندهای ژئومورفولوژیک است. تغییرات دما از طریق پدیده‌های کریوکلاستی و ترموکلاستی اثرهای مهمی در فرایندهای ژئومورفولوژیک و به‌ویژه هوازدگی دارند [۱]. تغییرات سریع درجهٔ حرارت روز و شب فقط بر سطح صخره‌ها اثر

Archive of SID

www.SID.ir

می‌گذارد، درحالی که تغییرات آرام بین زمستان و تابستان تا اعماق بیشتری نفوذ می‌کند. وقتی که تغییرات درجهٔ حرارت با یخبندان نیز همراه باشد، در اثر انبساط حجم آب در بین شکاف‌ها و درزها اثر خردکنندگی آن به‌شدت افزایش می‌یابد. روند تغییرات ماهانه دما در شهر مراغه و محدودهٔ طبیعی آن نشان می‌دهد که تیر گرم‌ترین، و دی سردترین ماه‌های شهرند، به‌طوری که میانگین دمای روزها در تیر حدود ۳۳ تا ۳۴ درجه و دارای شب‌های به‌نسبت گرم با دمایی حدود ۱۸/۵ تا ۲۰ درجهٔ سلسیوس است. نوسان شبانه‌روزی دما در تیر و به‌طور کلی در ماه‌های تابستان زیاد است و به‌طور معمول شب‌ها از اردیبهشت تا شهریور افت دمایی حدود ۱۴ درجه نسبت به روز دارند که نشان‌دهندهٔ اقلیم خشک و بری است. در این مقاله از تغییرات دمای ماهانه و روزانه برای بررسی نقش دما در فرایند حرکات دامنه‌ای استفاده شده است. بر این اساس، نقشه‌های پهنه‌بندی حاصل شده که بیشترین تغییرات دما، به‌عنوان بیشترین محرک‌های ژئومورفولوژیک در نظر گرفته شده است و کمترین تغییرات، کمترین تأثیر را در پدیده‌های ژئومورفولوژیک دارند.

- توپوگرافی

شیب: افزایش شیب وضعیت تعادل مواد سازندهای دامنه‌ها را بر هم می‌زند و موجب افزایش تنش‌های برشی در دامنه‌ها و به‌تبع آن وقوع حرکات توده‌ای می‌شود [۱۸، ۱۷، ۲]. علاوه‌بر حرکات دامنه‌ای، شیب در وقوع و شدت یافتن سیل نیز بسیار مهم است. شهر مراغه به‌دلیل موقعیت توپوگرافی دارای اراضی کم‌شیب و هموار در امتداد درهٔ صوفی‌چای و جلگهٔ به‌وجودآمده در جنوب آن است، حواشی رودخانه که دره‌ای به‌نسبت باز با آبرفت‌های کواترنر را به‌وجود آورده دارای سطوح شیب کمتر از ۱۵ درصد است و بخش عمده‌ای از شهر مراغه بر روی این پهنه شکل گرفته است. با فاصله گرفتن از بستر رودخانه به‌سمت غرب و شرق با ارتفاع گرفتن زمین شیب زمین نیز افزایش می‌یابد و در شمال شهر با بسته شدن درهٔ رودخانه و تنگ‌تر شدن مسیر آن سطوح پرشیب و تند به یکدیگر نزدیک می‌شوند. در این مقاله، لایهٔ شیب نقش مهمی در محدودیت‌ها و مطلوبیت‌های رشد فیزیکی شهر داشته است. در این لایه پیش‌فرض این است که شیب‌های تند، دارای فعل و انفعالات ژئومورفولوژی بیشتری هستند و شیب‌های ملایم، از فرایندهای ژئومورفولوژی کمتری برخوردارند. در زمینهٔ سیل نیز این پیش‌فرض صدق می‌کند و لایهٔ شیب بر این اساس تهیه شده است.

جهت شیب: دامنه‌های رو به جنوب به‌علت عدم انباشت طولانی‌مدت برف و تبدیل سریع آن به رواناب و همچنین آفتابگیری فراوان، استعداد بیشتری برای وقوع فرایندهای ژئومورفولوژیک همچون حرکات دامنه‌ای دارند. شیب عمومی و کلی شهر مراغه متناسب با روند رودخانه و آبراهه‌های طبیعی است. به این ترتیب جهت عمومی شیب از شمال به جنوب است. در این مقاله، جهت شیب جنوبی،

Archive of SID

www.SID.ir

مستعدترین جهت برای حرکات دامنه‌ای در نظر گرفته شده است و در ادامه جهات شیب براساس میزان آفتابگیری خود، پهنه‌بندی شده‌اند و کمترین میزان آفتابگیری به‌عنوان کمترین امکان برای فعل و انفعالات ژئومورفولوژیک در نظر گرفته شده است.

سطوح ارتفاعی: برخی از محققان از ارتفاع به‌عنوان یک عامل کنترلی در وقوع حرکات دامنه‌ای استفاده می‌کنند [۲۸]. این عامل جهت آبراهه‌ها و میزان تراکم شبکهٔ زهکشی را کنترل می‌کند و در میزان رطوبت خاک و حد شیب دامنه‌ها تأثیر زیادی دارد. در دو دامنهٔ مشابه و با مقدار شیب ثابت، دامنه‌ای که مرتفع‌تر است از پتانسیل ناپایداری بیشتری برخوردار است [۶]. طبقهٔ ارتفاعی ۱۵۰۰ تا ۱۵۵۰ متر در محدودهٔ طبیعی پیرامون شهر مراغه با ۲۲۰۵ هکتار مساحت در حدود ۱۷/۴ درصد از کل وسعت این محدوده را در برمی‌گیرد که بیشترین گسترش را نیز به خود اختصاص داده است. ارتفاع میانهٔ این محدوده نیز حدود ۱۵۵۰ متر است. در محدودهٔ حریم شهر نیز طبقهٔ ارتفاعی ۱۶۲۰ متر تا ۱۷۰۰ متر با وسعتی در حدود ۴۲۱۳ هکتار مساحت در حدود ۱۳/۶ درصد کل محدودهٔ حریم را شامل می‌شود که بیشترین گسترش را در طبقات ارتفاعی نشان می‌دهد. در این مقاله، سطوح ارتفاعی دارای ارتفاع بیشتر، دارای پتانسیل بیشتر برای فرایندها و ناپایداری‌های ژئومورفولوژیک و سطوح ارتفاعی پایین، دارای کمترین فعل و انفعالات ژئومورفولوژیکی در نظر گرفته شده و لایهٔ سطوح ارتفاعی بر این اساس تهیه شده است.

- کاربری اراضی و خطوط ارتباطی

راه‌های ارتباطی: بسیاری از فرایندهای ژئومورفولوژیکی در مجاورت جاده‌ها و راه‌های ارتباطی تشدید می‌شود. از جمله این پدیده‌ها، حرکات توده‌ای است به‌طوری که تا فاصلهٔ ۵۰ متری از جاده‌ها، بیشترین حرکت توده‌ای مشاهده می‌شود. در این مقاله، فاصله از راه‌های ارتباطی به‌عنوان یکی از متغیرهای اساسی در فرایندهای ژئومورفولوژیک در نظر گرفته شده است. لایهٔ فاصله از راه‌های ارتباطی با استفاده از روش فاصلهٔ اقلیدسی تهیه شده است. در این لایه بیشترین خطرهای ژئومورفولوژیکی در کنار راه‌های ارتباطی در نظر گرفته شده و کمترین خطرهای ژئومورفولوژیکی، به دور از راه‌های ارتباطی است.

فاصله از آبراهه‌ها: در مجاورت آبراهه‌ها و مسیل‌ها، پدیده‌های ژئومورفولوژیک شدت بیشتری می‌یابند. به‌ویژه در شهر مراغه، مسیل‌ها با وقوع سیلاب‌هایی توأم بوده و زمین‌های آبرفتی حاصل از مسیل‌ها، با حرکت‌های توده‌ای همراه بوده است. شایان ذکر است که فاصلهٔ ۲۵ متری از آبراهه‌ها، بیشترین حرکات توده‌ای را در منطقهٔ تحقیق به‌همراه داشته‌اند. برای

Archive of SID

www.SID.ir

تهیهٔ لایهٔ مذکور نیز از روش فاصلهٔ اقلیدسی استفاده شده است. در این لایه نیز فرض بر این است که با فاصله گرفتن از آبراهه‌ها، از احتمال وقوع فرایندهای ژئومورفولوژیک کاسته می‌شود. در این مقاله فاصله‌های چسبیده به رودخانه صوفی‌چای، از بیشترین احتمال وقوع فرایندهای ژئومورفولوژیک و سیل برخوردارند.

کاربری اراضی و پوشش گیاهی: بررسی ارتباط کاربری اراضی و فرایندهای ژئومورفولوژیک نشان می‌دهد که ارتباط بسیاری بین این دو متغیر وجود دارد. حرکت توده‌ای نشان داده که ارتباط معنادار بین وقوع حرکت توده‌ای با کاربری اراضی وجود دارد. به‌طوری که در مناطق با کاربری باغی دارای تاج پوشش ۲۵ تا ۵۰ درصد، ریزش‌ها و لغزش‌های کمتر صورت گرفته است؛ همچنین از شدت وقوع سیلاب‌ها در این مناطق بسیار کاسته شده است. یافته‌های سنگ و همکاران (۲۰۰۸) و بهشتی راد حاکی از نقش کاربری اراضی در وقوع یا واقع نشدن حرکت‌های توده‌ای و سیلاب‌هاست [۲۷] همچنین وجود یا نبود پوشش گیاهی، از عوامل کاهنده یا افزایش‌دهندهٔ حرکات دامنه‌ای است. در منطقهٔ تحقیق، درهٔ منتهی به رودخانهٔ صوفی‌چای از بیشترین تراکم پوششی برخوردار است که سبب شده این پوشش گیاهی بیشترین تأثیر را در کاهش محدودیت‌ها و خطرهای ژئومورفولوژیک در این منطقه داشته باشد. برای بررسی پوشش گیاهی منطقه از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ و روش NDVI استفاده شد.

خاک و تیپ اراضی: در حریم شهر و محدودهٔ طبیعی پیرامون مراغه، ۶ تیپ اصلی اراضی در قالب ۹ واحد مختلف انواع واحدهای اراضی که تفکیک‌پذیر بوده‌اند، به‌چشم می‌خورد. تیپ اراضی تپه‌ای به‌صورت مدور و کم‌ارتفاع تا مسطح و نسبتاً مرتفع و فرسایش‌یافته از گسترش نسبی زیادی در اطراف شهر برخوردار است. تیپ اراضی کوهستانی به‌طور عمده در قسمت‌های شمالی و در حوضهٔ آبگیر سد علویان و دامنه‌های مرتفع سهند گسترش یافته است. تیپ اراضی فلات‌ها و تراس‌های فوقانی که از بافت و قشر خاکی مناسبی برخوردارند، در نیمهٔ جنوبی و قسمت‌های میانی محدوده مشاهده می‌شوند. دشت‌های آبرفتی رودخانه‌ای و دشت‌های دامنه‌ای و مخروط‌افکنه‌ها با واریزه‌ها نیز از دیگر واحدها و تیپ‌های اراضی هستند که گسترش متوسط تا محدودی در این ناحیهٔ کوهستانی و اراضی تپه‌ای مرتفع به‌دلیل ویژگی‌های اقلیمی و نیز نبود پوشش خاکی مناسب، اغلب پوشش مراتع طبیعی به‌چشم می‌خورد.

ب) محدودیت‌های ژئومورفولوژیک ناشی از وقوع سیلاب

به‌سبب موقعیت خاص جغرافیایی حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه، بارش‌های متنوع، ویژگی‌های دمایی، وضعیت زمین‌شناسی، پوشش گیاهی و توپوگرافی ویژهٔ آن در نواحی مختلف و تراکم

Archive of SID

www.SID.ir

زیاد جوامع روستایی و شهری و قطب مهم کشاورزی کشور، هرساله مشکلات و تنگناهای ناشی از کمبود و ازدیاد غیرمعمول بارش نمود خاصی می‌یابد و ساکنان منطقه را به‌نحوی رنج می‌دهد. برای ایجاد لایهٔ خطر سیلاب‌های منطقه از روش‌های مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شد. در روش مذکور فاصله از رودخانهٔ صوفی‌چای با در نظر گرفتن چند پارامتر مؤثر در سیل‌خیزی رودخانهٔ مذکور به‌عنوان لایهٔ پهنه‌بندی خطر در نظر گرفته شد. مهم‌ترین پارامترهای مورد نظر عبارت‌اند از سد علویان، سیل بندهای موجود در بالادست رودخانهٔ مذکور، کاربری اراضی حوضهٔ صوفی‌چای و شرایط توپوگرافیک منطقه و پهنه‌بندی بارش‌ها [۴]. با روی‌هم‌گذاری لایه‌های مذکور، قسمت‌های پرخطر حوضهٔ مذکور از نظر خطر سیل‌خیزی مشخص می‌شود.

پهنه‌بندی محدودیت‌های ژئومورفولوژیکی با استفاده از روش SAW،AHP؛ نتایج حاصل از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی نشان‌دهندهٔ ارزش نسبی زیاد داده‌های مربوط به سازندهای زمین‌شناسی در مقالهٔ حاضر است. همچنین پوشش گیاهی یکی از لایه‌های اساسی در کاهش خطرهای ژئومورفولوژیک است که در این مقاله، بعد از داده‌های مربوط به سازندهای زمین‌شناسی، از بیشترین ارزش نسبی برخوردار است. جدول ۲ که در ادامه آورده می‌شود، ارزش نسبی هر یک از لایه‌ها در فرایند روی‌هم‌گذاری لایه‌ها برای تعیین محدودیت‌ها و قابلیت‌های ژئومورفولوژیکی منطقهٔ تحقیق است.

جدول ۲. اهمیت نسبی هر یک از لایه‌ها: پس از انجام فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، اهمیت نسبی هر یک از لایه‌ها در استخراج محدودیت‌های ژئومورفولوژیکی مشخص می‌شود که به‌ترتیب جدول زیر است.

لایهٔ اطلاعاتی	زمین‌شناسی	پوشش گیاهی	شیب	نوع خاک	رطوبت	هیدرولوژی	گسل	دما	فرسایش	زمین لرزش	ارتفاع	کاربری زمین	جهت شیب
وزن هر یک از لایه‌ها	۲/۳۵	۲/۱۶	۲/۱۲	۱/۸۳	۱/۲۹	۱/۱	۰/۹۸	۰/۷۴	۰/۶۸	۰/۵۴	۰/۵	۰/۴	۰/۳

پس از تعیین ارزش نسبی هر یک از لایه‌ها، روی‌هم‌گذاری لایه‌ها انجام می‌پذیرد که خروجی آن نشان‌دهندهٔ پهنه‌بندی خطرهای ژئومورفولوژیک منطقهٔ تحقیق است.

Archive of SID

www.SID.ir

در این نقشه قسمت‌های قرمز پررنگ نشان‌دهندهٔ خطرهای زیاد ژئومورفولوژی بستر شهر است؛ درحالی که قسمت‌های قرمز کمرنگ و متمایل به سفید، از حداقل خطرهای ژئومورفولوژیک برخوردار است. همان‌طور که شکل نشان می‌دهد، با حرکت به قسمت‌های شمال غربی و شمال شرقی شهر مراغه، خطرهای ژئومورفولوژی بستر در حال افزایش است. این در حالی است که بافت قدیمی شهر مراغه و هستهٔ اولیهٔ شهر، در معرض خطرهای حداقلی از نظر ژئومورفولوژیک قرار دارد. همچنین قسمت‌های جنوبی شهر و جنوب غربی نیز با حداقل خطرهای ژئومورفولوژی مواجه بوده و دارای بستری مناسب برای گستردگی فضایی شهر است.

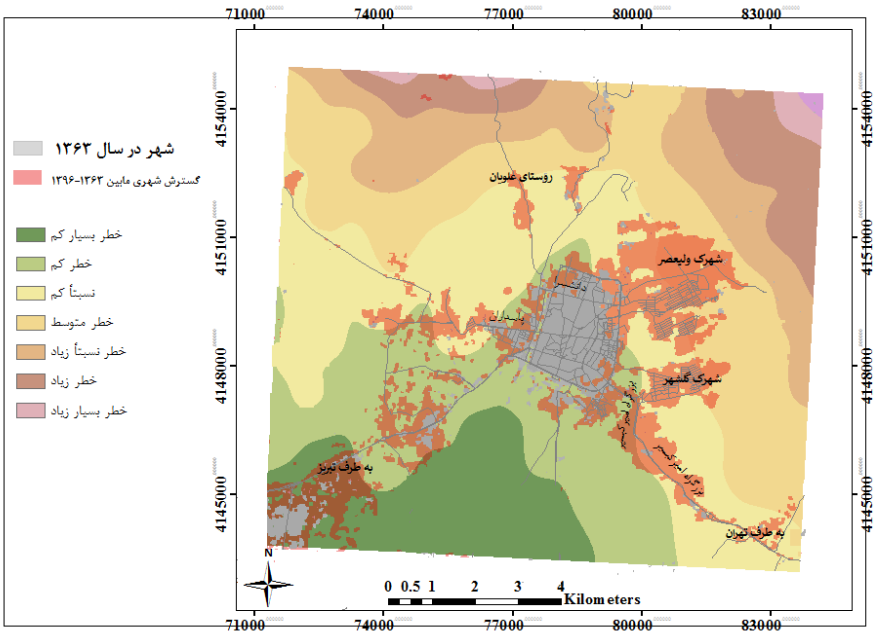
ج) گستردگی شهر بین سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۶۳ در پهنه‌های خطرهای ژئومورفولوژیک

پس از مشخص شدن تغییرات کل کاربری‌ها، تغییرات اراضی ساخته‌شدهٔ شهر از تغییرات کل کاربری‌های بیرون استخراج شد. شکل ۵ گسترش فیزیکی شهر مراغه در پهنه‌های خطر بین سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۳ را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از آشکارسازی تغییرات نشان می‌دهد که شهر مراغه در طی سال‌های مورد بررسی (۱۳۹۶-۱۳۶۳)، حدود ۲۲۱۰ هکتار گسترش پیدا کرده است. این در حالی است که مساحت شهر مراغه در سال ۱۳۶۳، تنها ۶۵۰ هکتار بود. این مسئله بیانگر این است که مراغه در طی سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۶۳ حدود ۳/۵ برابر رشد فیزیکی داشته است. بیشتر گسترش فیزیکی شهر به‌سمت شرق و به‌ویژه شمال شرقی بوده که در پی آن، شهرک‌های ولیعصر و گلشهر در قسمت جنوب شرقی به‌وجود آمد. در واقع این دو شهرک دو هستهٔ اصلی پذیرش جمعیت در این سال‌ها بوده‌اند. این در حالی است که پهنه‌های ژئومورفولوژیکی با خطر بیشتر، اغلب در این قسمت شهر و در ادامهٔ جهات اشاره‌شده قرار دارند. بنابراین شهر در سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۶ عمدتاً در جهاتی گسترده شده که با خطر بیشتری از نظر ژئومورفولوژی مواجه‌اند.

البته در مواردی گسترش‌های پراکنده‌ای نیز در قسمت‌های دیگری از بافت‌های متصل به شهر دیده می‌شود که عمده‌ترین آنها، گسترش شهر در مسیر بناب- مراغه در جنوب غربی شهر و محلات مهرآباد بوده است که نسبت به شهرک‌های ولیعصر و گلشهر بسیار گسترش کمی بوده است. گستردگی در این قسمت‌های شهر با خطرهای بسیار اندکی از نظر معیارهای ژئومورفولوژیک مواجه‌اند؛ بنابراین گستردگی شهری در این جهات براساس معیارهای ژئومورفولوژیک صورت گرفته است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۵. گسترش فیزیکی شهر مراغه در بین پهنه‌های خطر

نتیجه‌گیری

گسترش فیزیکی شهرها در پهنه‌های ژئومورفولوژیکی همواره با قابلیت‌ها و محدودیت‌هایی مواجه است. پژوهش‌های بسیاری در مورد تأثیر عوامل مورفولوژیکی در خطرپذیری شهرها انجام یافته است. در این مقاله ابتدا عوامل ژئومورفولوژی مؤثر در شهر مراغه استخراج و سپس لایه‌های مربوط با روش‌های مختلفی تهیه شد. پس از تهیهٔ لایه‌های مربوط، اهمیت هر یک از لایه‌ها در ایجاد محدودیت‌های ژئومورفولوژیکی مدنظر است؛ برای نیل به این هدف از روش AHP استفاده شد. نتایج به‌کارگیری مدل تحلیل فرایند سلسله‌مراتبی نشان‌دهندهٔ تأثیر عامل سازندهای زمین‌شناسی به‌عنوان مهم‌ترین فاکتور در خطرهای ژئومورفولوژی منطقهٔ تحقیق است. نتایج به‌کارگیری روش AHP همچنین نشان می‌دهد که این روش موجب تبدیل مسائل مشکل و پیچیده به سلسله‌مراتبی منطقی و ساده‌تر می‌شود که در چارچوب آن برنامه‌ریزی بتواند ارزیابی گزینه‌ها را با کمک معیارها و زیرمعیارها به‌راحتی انجام دهد. افزون‌بر این، روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌ها را نیز فراهم می‌آورد. نقص وزن‌دهی روش AHP، ناتوانی آن در لحاظ عدم قطعیت قضاوت‌ها در ماتریس مقایسهٔ زوجی

Archive of SID

www.SID.ir

معیارهاست که این نقص با پیوند روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و منطق فازی برطرف می‌شود. در مرحلهٔ بعدی، روی‌هم‌گذاری لایه‌ها مدنظر بوده است که روش WLC با ساختاری ساده و کاربردی این امکان را فراهم می‌کند. نتایج روی‌هم‌گذاری لایه‌ها نشان می‌دهد که قسمت‌های شمال شرقی و شمال غربی شهر با بیشترین محدودیت‌های ژئومورفولوژیکی همراه بوده است. این در حالی است که قسمت‌های جنوبی و بالاخص جنوب غربی از کمترین محدودیت‌های ژئومورفولوژیکی برخوردار است. مرحله نهایی این مقاله، بررسی گستردگی شهر مراغه در سال‌های اخیر در ارتباط با محدودیت‌های ژئومورفولوژیکی است. جهت نیل به این هدف، روش‌های بررسی تغییرات در تصاویر ماهواره‌ای مناسب‌اند. بدین منظور ابتدا تصاویر مورد نظر با استفاده از روش Fuzzy ART Map طبقه‌بندی می‌شوند. این روش دارای دقت بیشتری در پردازش تصاویر ماهواره‌ای است. برای بررسی تغییرات در بازهٔ زمانی مد نظر، از روش کراس‌تب استفاده می‌شود. نتایج حاصل از این روش نشان‌دهندهٔ بیشترین گستردگی شهری در قسمت‌های شمال شرقی شهر است؛ قسمت‌هایی که دارای بیشترین خطرهای ژئومورفولوژیکی بوده است؛ این در حالی است که قسمت‌های جنوبی و جنوب غربی که دارای کمترین خطرهای ژئومورفولوژیکی است، حداقل گسترش فیزیکی را داشته است. بنابراین باید برنامه‌ریزی دقیق‌تری در گستردگی فضایی این منطقه انجام پذیرد؛ زیرا قسمت شمال شرقی شهر به پرتراکم‌ترین قسمت شهر تبدیل می‌شود و خطرهای ژئومورفولوژیک، ساکنان بیشتر این شهر را تهدید خواهد کرد. همچنین نتایج این پژوهش نشان‌دهندهٔ گسترش بافت اولیهٔ شهر (قبل از سال ۱۳۶۳) در محدوده‌های دارای قابلیت‌های ژئومورفولوژی برای شهرسازی است. این مسئله در نقشهٔ نهایی پژوهش کاملاً واضح است. نتایج این پژوهش دال بر مدیریت فضایی بیشتر شهر در بافت‌های قدیمی و سوق دادن گستردگی جدید شهری در جهات جنوبی و جنوب غربی است که دارای حداکثر قابلیت‌های ژئومورفولوژیک در توسعهٔ فیزیکی شهر است.

منابع

[۱]. امانپور، سعید؛ علیزاده، هادی؛ و قراری، حسن (۱۳۹۲). «تحلیلی بر مکان‌یابی جهات بهینهٔ توسعهٔ فیزیکی شهر اردبیل با استفاده از مدل AHP». *فصلنامهٔ برنامه‌ریزی منطقه‌ای*. سال سوم. ش ۱۰. ص. ۹۶-۸۳.

[۲]. جعفربگلو، منصور؛ حسینی، سیدموسی؛ و ریاحی، سمانه (۱۳۹۳). «اثرات تغییر پوشش و کاربری زمین در منطقهٔ تجریش بر رژیم آبدهی رودخانهٔ دربند». مجلهٔ *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی*. جلد ۳. ش ۳ . ص. ۱۱۳-۹۵.

Archive of SID

www.SID.ir

[۳]. جعفربیگلو، منصور؛ و مبارکی، زهرا؛ (۱۳۸۷). «سنجش تناسب اراضی استان قزوین برای کشت زعفران براساس روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره». *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*. ص. ۱۱۹-۱۰۱.

[۴]. جویباری، جمشید؛ کاویان، عطاالله؛ و مصفایی، جمال. (۱۳۹۴). «تأثیر خصوصیات بارش بر تغییرات مکانی و زمانی حرکت تودهٔ لغزشی منطقهٔ توان در استان قزوین». *فصلنامهٔ جغرافیا و مخاطرات محیطی*. سال ۴. ش ۱۶. ص. ۸۶-۷۵.

[۵]. حسین‌زاده، محمدمهدی؛ ثروتی، محمدرضا؛ منصوری، عادل؛ میرباقری، بابک؛ و خضری، سعید (۱۳۸۸). «پهنه‌بندی ریسک وقوع حرکات توده‌ای با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک (مطالعهٔ موردی: محدودهٔ مسیر سنندج-دهگلان)». *فصلنامهٔ زمین‌شناسی ایران*، دورهٔ ۳، شمارهٔ ۱۱. ص. ۳۷-۲۷.

[۶]. خام‌چین مقدم، فرهاد (۱۳۸۶). «بررسی اهمیت و لزوم بهسازی مسیل‌های شهری (با توجه به عوامل هیدرولوژیک، زیست‌محیطی، قانونی، اجتماعی و اقتصادی)». پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد.

[۷]. زبردست، اسفندیار (۱۳۸۰). «کاربرد فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای». فصلنامهٔ هنرهای زیبا. ش ۱۰. ص. ۲۱-۱۳

[۸]. زبیری، محمود؛ مجد، علیرضا (۱۳۷۵). *آشنایی با فن سنجش از دور و کاربرد در منابع طبیعی*. تهران، دانشگاه تهران.

[۹]. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی؛ (۱۳۷۸). اطلس نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰ استان آذربایجان شرقی.

[۱۰]. ساعتی، توماس. ال (۱۳۸۷). *تصمیم‌سازی برای مدیران*. ترجمهٔ علی‌اصغر توفیق. تهران: سازمان مدیریت صنعتی.

[۱۱]. شایان، سیاوش؛ پرهیزگار، اکبر؛ و سلیمانی شیری، مرتضی (۱۳۸۸). «تحلیل امکانات و محدودیت‌های ژئومورفولوژیک در انتخاب محورهای توسعهٔ شهری (نمونهٔ موردی: شهر داراب)». *فصلنامهٔ مدرس علوم انسانی*، دورهٔ ۱۳، ش ۴. ص. ۵۳-۳۱.

[۱۲]. قرخلو، مهدی؛ داودی، محمود؛ زندوی، سیدمجدالدین؛ و جرجانی، حسن‌علی (۱۳۹۰). «مکان‌یابی مناطق بهینهٔ توسعهٔ فیزیکی شهر بابلسر برمبنای شاخص‌های طبیعی». *جغرافیا و توسعه*. ش ۲۳. ص. ۱۲۲-۹۹.

Archive of SID

www.SID.ir

[۱۳]. محمودزاده، ح (۱۳۸۳). «کاربرد داده‌های ماهواره‌ای چندزمانه در محیط GIS با هدف بررسی تغییرات کاربری اراضی شهر تبریز .دانشگاه تبریز: پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد رشتهٔ سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی.

[۱۴]. مرکز آمار کشور، سرشماری نفوس و مسکن ۱۳۹۰.

[۱۵]. مروارید، یونس (۱۳۷۲). مراغه افرازه رود. تهران: مؤلف.

[۱۶]. مشاور نقش محیط (۱۳۹۰). طرح جامع شهر مراغه.

[۱۷]. مقیمی، ابراهیم (۱۳۸۴). «ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی دامنه‌ای مشرف به جادهٔ سولقان (از پل زر تا سولقان)». *تحقیقات جغرافیایی*. ۷۸. ص. ۸۰-۶۶.

[۱۸]. مقیمی، ابراهیم (۱۳۹۱). *ژئومورفولوژی شهری*. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

[۱۹]. مهدوی نجف‌آبادی، رسول؛ رامشت، محمدحسین؛ غازی، ایران؛ خواجه‌الدین، سیدجمال‌الدین؛ سیف، عبدالله؛ نوحه‌گر، احمد؛ و رضایی، مرضیه؛ (۱۳۸۹). «بررسی و شناسایی مخاطرات محیطی در بندرعباس». *مرتع و آبخیزداری (منابع طبیعی ایران)*. دورهٔ ۶۳ . ش ۲. ص. ۲۷۶-۲۶۱.

[۲۰]. نوروزی خطیری، خدیجه؛ امیدوار، بابک؛ ملک‌محمدی، بهرام؛ و گنجه‌ای، سجاد (۱۳۹۲). «تحلیل ریسک مخاطرات چندگانهٔ شهری در اثر سیل و زلزله (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ بیست تهران)». *جغرافیا و مخاطرات محیطی*.سال ۲. ش ۷.

[۲۱]. شادفر، صمد؛ یمانی، مجتبی؛ قدوسی، جمال؛ و غیومیان، جعفر (۱۳۸۶). «پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی در حوضهٔ آبخیز چالکرود تنکابن». *پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی*. دورهٔ ۲۰. ش ۲ (پی‌آیند ۷۵). ص. ۱۲۶-۱۱۸.

[22]. Bagan, H. & Yamagata, Y. (2012). "Landsat analysis of urban growth: How Tokyo became the world's largest megacity during the last 40 years". *Remote Sensing of Environment*. 127. pp. 210–222.

[23]. Douglas، Ian (2004). *Urban Environment*. Edward Arnold

[24]. Eastman، J. R. (2012). *IDRISI taiga tutorial*. Worcester: Clark Labs، Clark University.

[25]. Fewtrell، T. J.; Bates، P. D.; Horritt، M.; & Hunter، N. M. (2008) "Evaluating the effect of scale inflood inundation modelling in urban environments". HYDROLOGICAL PROCESSES، 22. Published online 14 November 2008 in Wiley InterScience. pp. 5107-5118.

[26]. Jiang، L.; Deng، X.;& Seto، K.C. (2013). "The impact of urban expansion on agricultural land use intensity in China". *Land Use Policy*. 35. pp. 33–39.

[27]. SINGH، A. (1989). "Digital change detection techniques using remotely sensed data". *International Journal of Remote Sensing*. 10. pp. 989–1003.

Archive of SID

www.SID.ir

[28]. Yilmaz، C.; Topal, T.; & Suzen, M. L. (2012). "GIS-based landslide susceptibility mapping using bivariate statistical analysis in Devrek (Zonguldak-Turkey)". *J. Environ. Earth Sci*. 65: 2161-2178

[29]. Zadeh، L. A. (1992). "Fuzzy Logic and the Calculus of Fuzzy If-Then Rules". In Proceedings of 22nd International Symposium on Multiple-Valued Logic. Los Alamitos، CA: IEEE Computer Society Press. 480–480

Archive of SID

www.SID.ir