پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال یازهم، شماره ۴، بهار ۱۴۰۲
صص. ۱۰۸-۸۴

بررسی نقش ژئومورفولوژی در ارزیابی توان محیطی توسعه شهری با استفاده از روش امتیازدهی منطق ترجیح مبتنی بر GIS (مطالعه موردی: کلان‌شهر کرج)

زهرا رنجبر باروق*– دانش آموخته دکتری، ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه خوارزمی.
عزت‌اله قنواتی – دانشیار، ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه خوارزمی.
موسی کمانرودی کجوری– استادیار، برنامه‌ریزی شهری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه خوارزمی.
علی احمدآبادی– استادیار، ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه خوارزمی.

پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۵/۲۲ تائید نهایی: ۱۴۰۱/۱۱/۱۴

چکیده

با اجرای هر طرح آمایشی اولین تغییرات در لندفرم‌های سطح زمین ایجاد خواهد شد و چنانچه مطالعه‌ی علمی انجام نشده باشد، پیامد مخاطره‌آمیزی برای محیط طبیعی و انسانی منطقه در پی خواهد داشت. بنابراین با توجه به اینکه دانش ژئومورفولوژی به مطالعه‌ی اشکال و فرآیندهای سطح زمین می‌پردازد لازم است برای ارزیابی توان محیطی توسعه شهری، لندفرم‌های زمین، ویژگی‌ها و فرآیندهای موثر بر لندفرم‌ها مورد توجه قرار گیرد. هدف پژوهش حاضر ارزیابی توان محیطی در توسعه شهری کلان‌شهر کرج از دیدگاه ژئومورفولوژی و با استفاده از روش امتیازگذاری منطق ترجیح است. معیارهای ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی، خاک، هیدرولوژی، پوشش‌گیاهی به عنوان پتانسیل توان محیطی و معیارهای پتاسیل سیلاب و زلزله‌خیزی به عنوان پتانسیل مخاطرات محیطی در نظر گرفته شدند. با تهیه پرسشنامه و استفاده از تکنیک دلفی، نظر خبرگان در مورد این معیارها بدست آمد و با اجرای مدل LSP، نقشه توان محیطی توسعه شهری کلان‌شهر کرج آماده گردید. براساس نقشه ارزیابی توان محیطی توسعه شهری مشخص شد که ۱۶,۱۳ درصد از محدوده مورد مطالعه دارای توان خیلی‌کم، ۲۳,۳۶ درصد دارای توان کم، ۲۴,۵ درصد دارای توان متوسط، ۱۸,۵۱درصد دارای توان زیاد، ۱۷,۴۷درصد دارای توان خیلی‌زیاد برای توسعه شهری است. با توجه به نقشه نهایی می‌توان نتیجه گرفت که مساعدترین مناطق توان محیطی توسعه شهری در بخش جنوب‌شرقی بر روی لندفرم مخروط‌افکنه و نواحی مرکزی بر روی دشت‌سر می‌باشد. از طرفی دیگر اطراف رودخانه در لندفرم مخروط‌افکنه، مناطق کوهستانی با شیب زیاد و خاک کم‌عمق در شرق تا شمال و غرب منطقه محدودیت بیشتری را از نظر توان محیطی شهری اعمال می‌کند.

واژگان کلیدی: ارزیابی توان محیطی، آمایش سرزمین، ژئومورفولوژی، امتیازدهی منطق‌ترجیح.

---

* نویسنده مسئول: E-mail: z.ranjbarbarough@yahoo.com

مقدمه

سیل اگر در گذشته خانه‌ای ساده و کپری را خراب می‌نمود، اثاث بسیار مختصر و سادهٔ زندگی انسان‌ها را خراب می کرد، اما امروزه به لحاظ گستردگی شهرها و پیچیدگی زندگی مدرن و توسعه تأسیسات شهری از جمله سیستم فاضلاب، مترو، آسمانخراش‌ها و غیره خسارات زیاد و کمرشکن خواهد بود (رجایی،۱۳۷۳: ۲۰۸). زمانیکه خسارات وارده زیاد و خارج از تحمل انسان باشد، اهمیت ژئومورفولوژی[1] شهری آشکار می‌شود. با توجه به اهمیت این امر در عصر جدید، ژئومورفولوژی شهری برای مسئولان و مردم اهمیت زیادی دارد و در صورت غفلت و بی‌توجهی به آن خسارات جبران ناپذیری را به دنبال خواهد داشت (نگارش،۱۳۸۲: ۱۳۴).

یکی از موضوعات محوری در مطالعات ژئومورفولوژی، شناسایی روند تغییرات در فرایندها و اشکال سطحی است. باید در نظر داشت که چگونگی روند تغییرات در پدیده‌های ژئومورفیک، اعم از تدریجی یا در اثر وقوع بحران‌های ناگهانی، حاکی از عملکرد فرایندهای طبیعی است. این رخدادها و تغییرات می‌توانند سبب بروز ناپایداری در مقیاس بزرگ مانند ابعاد قاره‌ای، یا کوچک مانند حوضه‌های آبریز باشند. ژئومورفولوژی در مقیاس وسیعی با فعالیت انسان‌ها و مسائل آنها در ارتباط است. مسائل ژئومورفیک برای دستیابی به مدیریت محیط و تعادل، باید متناسب با دینامیک محیط و با در نظر گرفتن نقش عوامل مورفوژنتیک تنظیم شود. به همین دلیل، مطالعات ژئومورفیک نیازمند تعریف مفاهیمی اساسی برای فراهم آوردن اطلاعات دقیق از مورفودینامیک محیط و شناخت مناطق با ثبات و ناپایدار و محاسبه‌ی حد پایداری ژئوسیستم‌ها است و در این صورت می‌تواند در زمینه‌های مختلتف برنامه‌ریزی‌های‌محیطی به خصوص ارزیابی توان محیطی و آمایش به کار گرفته شود (رجایی۱۳۷۳، ۹۱).

توجه به این نکته نیز ضرورت دارد که محیط‌های نامتعادل مورفیک هرگز بستر امنی را برای فعالیت‌های انسانی فراهم نمی‌آورند. در یک نگاه کلان و بر مبنای منطق توسعه است که در شرایط ایده‌آل چشم‌اندازهای یک دست، شامل سطوح پایدار تکتونیکی، اقلیم‌های همگن، سنگ‌های یک دست، پستی و بلندی‌های همسان و زهکش‌های طبیعی، نظمی را آشکار می‌سازند که از طریق آن بهترین امکانات برای آمایش فراهم می‌گردد (مخدوم۱۳۷۲، ۲۳).

با این تعریف، آمایش و ارزیابی توان محیطی تقریباً با اصطلاح تعادل همگن شده و توسعه و عمران را می‌توان با مفهوم کلی تعادل در ژئومورفولوژی هم سنگ دانست و مفهوم تخریب را نیز در کنار ناتعادلی قرار داد. در واقع با شدت یافتن فعالیت‌های مورفودینامیک تحت‌تأثیر عوامل طبیعی و انسانی است که تغییرات محیطی بسیار شدید شده و تخریب آغاز می‌شود. در این زمینه تأکید بر نقش انسان به عنوان عامل کنترل‌کننده و کاهش‌دهنده شدت‌های مورفودینامیک تا مرحله بازیافت تعادل می‌تواند از روش‌های موثر در آمایش باشد (رجائی۱۳۸۲، ۱۵).

از اینرو ژئومورفولوژی به عنوان یک علم می‌تواند واقعیت‌های محیطی را که به صورت فرم و فرآیند در طبیعت عینیت یافته‌اند را مورد مطالعه و بررسی علمی قرار دهد و برنامه‌ریزی‌های صحیح آمایشی با توجه به توان بالقوه زمین و سیستم دینامیکی پیچیده محیط طبیعی ارائه دهد.

در ارزیابی قابلیت سرزمین اثر متقابل سه عامل مکان، توسعه و ویژگی‌های محیط زیست بررسی می‌شود (Malczewski. 1999; Collins et al.,2001). تعیین قدرت بالقوه و یا نوع کاربرد طبیعی سرزمین به عنوان تعیین توان محیطی سرزمین در برنامه آمایش سرزمین مد نظر است (makhdoum,1999). ارزیابی توان محیطی ابزاری مهم برای برنامه‌ریزی راهبردی در حوزه بهره‌برداری از سرزمین (rossiter,1996؛,1978 beek؛makhdoum,1976) و توسعه پایدار به حساب می‌آید (Zabihi et al, 2015:116). امروزه ارزیابی توان محیطی در اروپا پایه‌ای علمی برای برنامه‌ریزی، مدیریت، حفظ و بقا، احیا و آبادسازی سیمای سرزمین به تصویر کشیده می‌شود (naveh and wu and hobbs,2002). در بسیاری از

[1]. Geomorphology

کشورها ارزیابی توان محیطی به مفهوم"سنجش توان بالقوه سرزمین با معیارهای مشخص"به عنوان مهم‌ترین ابزار و عامل برای دستیابی به توسعه پایدار مورد توجه قرار گرفته است (Kheikhah,2011).

در مطالعات ارزیابی توان محیطی آمایش سرزمین ایران[1]، اگر چه به طور محدود به مسائل آب و هوا پرداخته شده است اما بستر طبیعی زمین و عوارض ژئومورفولوژیکی (لندفرم[2]) که جایگاه و محل اجرای هر طرح آمایشی می‌باشد، کمتر مورد توجه قرار گرفته است. طبیعی است که با اجرای هر طرح آمایشی اولین تغییرات در عوارض و لندفرم‌های تشکیل دهنده سطح زمین ایجاد خواهد شد و چنانچه مطالعه‌ی نظام‌مند و علمی در این خصوص انجام نشده باشد، پیامد مخاطره‌آمیزی برای محیط طبیعی و انسانی منطقه در پی خواهد داشت. از جمله مسائل و مشکلاتی که در کلان‌شهر کرج، به دلیل کم توجهی به بستر طبیعی زمین و عوارض ژئومورفولوژیکی با آن مواجه هستیم، موارد زیر می‌باشد:

کلان‌شهر کرج در کوهپایه البرز مرکزی استقرار یافته و شیب عمومی آن از شمال به جنوب است. به طور کلی، محدوده شمالی شهر یعنی عظیمیه، گوهردشت و باغستان در منطقه‌ای احداث شده‌اند که برای شهرسازی شیب مناسبی ندارند، به طوری که در بعضی معابر شیب بالای ۱۵–۱۰ درصد می‌باشد. برخی معابر اصلی آن نیز در جهت شیب ساخته شده که باعث بروز مشکلات بسیار زیاد به ویژه در زمستان برای ساکنان می‌گردد. از سوی دیگر، ارتفاعات حاشیهٔ شهری که در حاشیه شمال و شرقی شهر قرار دارند و باعث محدودیت توسعهٔ شهر در این مناطق شده است. این مناطق در دامنه‌هایی با شیب بیشتر از ۱۸ درصد واقع شده‌اند که خود عامل مهمی در دفع جمعیت می‌باشند. البته در سال‌های اخیر در دامنه‌های شمالی به حریم کوهستان تجاوز کرده و شروع به بسترسازی و ساخت سکونتگاه نموده‌اند که بسیار ناامن است.

محور رودخانه کرج و کناره‌های آن یکی از فرصت‌های طبیعی ویژه شهر، برای گسترش فضاهای باز و سبز و تفریحی است، اما هم اکنون به محل دفن زباله و تجمع معتادان تبدیل شده و در قسمت‌های پایینی آن بهره‌برداری از معادن شن و ماسه آسیب‌های زیست محیطی بسیاری را به بار آورده است. کلان‌شهر مورد اشاره در واحد ژئوموفولوژیکی مخروط‌افکنه مستقر شده که جزء شهرهای پایکوهی است. در این نوع شهرها اکثر سکونتگاه‌ها بر روی سطوح آبرفتی شیب‌دار مخروط‌افکنه واقع شده‌اند. اصولاً سطح آب‌های زیرزمینی در مخروط‌افکنه‌ها بالا است و بر روی ساختمان‌ها و مناطق مسکونی اثر منفی دارد. آب بارندگی و فاضلاب خانگی و صنعتی که در رأس مخروط‌افکنه نفوذ می‌کند مجدداً در پایین دست آن بالا می‌آید که به دلیل عمق کم سنگ بستر و ریزدانه بودن رسوبات، سطح آب‌های زیرزمینی بالا می‌آید و موجب نم‌کشیدگی دیوارها و ساختمان‌ها، پر شدن چاه‌های فاضلاب، آلودگی آب می‌گردد. به طوری که روند توسعه فیزیکی را در جنوب و جنوب شرق این شهر کندتر نموده است. مجراهای سطحی در بخش شرقی مخروط افکنه کرج معمولاً گیسویی و یا چندگانه می‌باشند که از ویژگی‌های اصلی آنها جدایی و به هم پیوستگی مکرر و همین طور تغییر میسر ناگهانی است. بنابراین فرسایش و یا رسوب‌گذاری سریع در طول یک مجرا می‌تواند موجب تغییر مسیر مجرا شود و یا حتی در مواقعی مجرا اصلی را نیز منحرف کند. اهمیت این موضوع زمانی مطرح است که سکونتگاه‌ها و تأسیسات شهری کرج در حواشی کانال‌های گیسویی احداث و تحت‌تأثیر این فرآیندها و سیستم دینامیک پیچیده آن قرار می‌گیرند. مطالعه‌ی ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی این کلان‌شهر، امکان برآورد توان بالقوه زمین و سیستم دینامیکی پیچیده محیط طبیعی آن را میسر می‌سازد. چنین بررسی‌هایی، به منظور چگونگی بهره‌برداری صحیح از لندفرم‌های ژئومورفیک، اختصاص واحدهای ژئومورفولوژیکی به کاربری‌های مختلف و در نتیجه برنامه‌ریزی‌های صحیح آمایشی را ضروری می‌سازد. بنابراین در فرآیند ارزیابی توان محیطی جهت توسعه شهری کرج در برنامه‌های آمایش، بایستی لندفرم‌ها و نوع فرآیندهای ایجاد کننده آنها که به نوعی بیانگر حاکمیت این فرآیندها بر لندفرم‌ها هستند، شناسایی شوند. بطوریکه تغییرات در پدیده‌های ژئومورفیک،

[1]. Spatial Planning
[2]. Landform

اعم از تدریجی یا در اثر وقوع بحران‌های ناگهانی، حاکی از عملکرد فرایندهای طبیعی است و این رخدادها و تغییرات می‌توانند سبب بروز ناپایداری شوند.

در زمینه ارزیابی توان محیطی برای توسعه شهری مطالعات متنوعی صورت گرفته است که در این پژوهش به برخی از آنها به اختصار اشاره می‌شود. از جمله پژوهش‌های انجام شده در سطح جهان می‌توان به شوگه شن[1] و همکاران (۲۰۲۰)، پژوهشی با عنوان روش امتیازدهی منطق ترجیح مبتنی بر GIS برای تجزیه و تحلیل مناسب بودن تراکم شهری، با هدف (پیاده‌سازی روش LSP مبتنی بر GIS برای تجزیه و تحلیل تناسب رشد شهری با تراکم بالا) و اجرای تجزیه و تحلیل تناسب برای دو ذی‌نفع کلیدی، توسعه دهنده شهری و برنامه‌ریز شهری اشاره کرد. از روش LSP مبتنی بر محاسبات نرم و در فرآیند تصمیم‌گیری برای ادغام تعداد زیادی از معیارهای ویژگی به شیوه‌ای که با استدلال منطقی انسان سازگار باشد، مورد استفاده قرار گرفت. معیارهای اصلی مورد استفاده برای تعیین تراکم شهری شامل تفریح، حمل و نقل، توسعه موجود، اقتصاد، زمین، محدودیت‌ها و جمعیت‌شناسی می‌باشد. تجزیه و تحلیل نشان داد که روش LSP مبتنی بر GIS یک ابزار مفید برای اندازه‌گیری شباهت‌ها و تفاوت‌ها در دیدگاه‌های ذینفعان و تسهیل فرآیند تصمیم‌گیری برای متراکم سازی شهری است. دراگیسویک و هتچ[2] (۲۰۱۸) در تصمیم‌گیری چندعامله در شبیه‌سازی شهری با روشLSP به پتانسیل بالای این روش در ارزیابی و برنامه‌ریزی اشاره می‌کنند. هتچ[3] (۲۰۱۷)، به شبیه‌سازی جغرافیای شهری با استفاده از روش منطق امتیازدهی به اولویت (LSP) با هدف توسعه و پیاده‌سازی یک رویکرد یکپارچه برای نشان دادن فرایند تصمیم‌گیری معیارهای تأثیرگذار بر توسعه مسکونی شهری پرداخت. نتایج نشان داد این روش به واقعیت نزدیک است و نتیجه‌ی مدل‌سازی زمین‌های مسکونی شهری را مطابق با برنامه‌های بلند مدت شهر می‌داند. مونت گومری و همکاران[4] (۲۰۱۶) در ارزیابی قابلیت اراضی کشاورزی بیان کردند، روش LSP ابزار موثری در برنامه‌ریزی کاربری اراضی منطقه‌ای است. مونت گومری و دراگیسویک[5] (۲۰۱۶) در ارزیابی توسعهٔ شهری با روش‌های مختلتف MCE نشان دادند نتایج روشLSP بهتر از نتایج سایر روش‌ها است. مونت گومری و همکاران (۲۰۱۶) در ارزیابی قابلیت اراضی کشاورزی با روشLSP به پتانسیل بالای این روش در ارزیابی و برنامه‌ریزی اشاره می‌کنند. توفیکال اسلام[6] (۲۰۱۵)، در تحقیقی با عنوان تهیه نقشه ژئومورفولوژی و کاربری اراضی در منطقه ایشواردی بنگلادش، به شناسایی واحدهای ژئومورفولوژی و تهیه نقشه ژئومورفولوژی و کاربری اراضی براساس داده‌های سنجش از دور و کار میدانی پرداخت. نتایج حاکی از نیاز به تجدید سیاست‌های کاربری اراضی با استفاده از رویکرد بین رشته‌ای برای توسعه پایدار است.

بنابراین، هدف از پژوهش حاضر توجه به پویایی لندفرم‌ها و فرآیندهای غالب بر آنها در ارزیابی توان محیطی توسعه شهری کلان‌شهر کرج با بکارگیری روش نسبتاً جدید LSP می‌باشد.

مبانی نظری

۱-ژئومورفولوژی کاربردی

ژئومورفولوژی کاربردی سعی دارد بین پدیده‌های طبیعی و پویایی آن رابطه‌ای معنادار پیدا کند و با دیدگاهی سیستمی به محیط طبیعی و جغرافیایی، نتایج این روابط و فرآیندها را بررسی کند. دانش ژئومورفولوژی در این مسیر از دیگر علوم زمین هم چون هیدرولوژی، آب و هواشناسی و زمین‌شناسی کمک می‌گیرد. به مفهومی دیگر ژئومورفولوژی کاربردی؛

---

1. Shuoge Shen
2. Dragićević & Hatch
3. Hatch
4. Montgomery & et al
5. Montgomery & Dragićević
6. Towfiqul Islam

شامل ارزیابی مخاطرات محیطی، مدیریت محیط و ارزیابی منابع طبیعی است. از آنجایی که ژئومورفولوژی در مقیاس وسیعی با فعالیت انسان‌ها و مسائل آنها مرتبط است برای اینکه فعالیت‌های انسانی بازدهی دلخواه داشته باشد باید متناسب با دینامیک محیط و با در نظرگرفتن عوامل مورفوژنتیک تنظیم شود. این امر موضوع ژئومورفولوژی کاربردی را بیشتر روشن می‌کند. ژئومورفولوژی علم فهم مسائل مربوط به استفاده از زمین، تجزیه و تحلیل و حل مسائل مربوط به آن است. از سویی دیگر ژئومورفولوژی کاربردی عبارت است از" بهره‌برداری از منابع طبیعی، مدیریت و برنامه‌ریزی محیطی" (رجایی۱۳۹۲، ۸).

۲-لندفرم

لندفرم بعنوان یک واحد شکلی طبیعی از سطح زمین تعریف می‌گردد که دارای شکل مشخص و ویژگی‌های منحصربفرد می‌باشد که آنرا از اطراف مجزا می‌نماید. در تعریف دیگری از لندفرم آمده است؛ یک واحد عارضه‌ای قابل تشخیص که بوسیله عملکرد فرایندهای طبیعی مشخصی شکل گرفته است (احمدآبادی۱۳۹۱، ۱۰۲).

۳-ارزیابی توان محیطی

ارزیابی توان محیطی عبارت از برآورد استفاده ممکن انسان از سرزمین برای کاربری‌های کشاورزی، جنگل‌داری، آبزی پروری، توسعه شهری، صنعتی و روستایی و غیره در چارچوب استفاده‌های کشاورزی، صنعت، خدمات و بازرگانی است (مخدوم،۱۳۸۴: ۲۵). بنابراین می‌توان توان محیطی را توان بالقوه سرزمین در رابطه با قابلیت‌های محیطی آن برای توسعه دانست. از اینرو، یکی از موضوعات اساسی در فرآیند آمایش سرزمین ارزیابی توان محیطی سرزمین است که عبارت از سنجش موجودی و توان نهفته سرزمین با ملاک‌ها و معیارهای مشخص و از پیش طرح ریزی شده است (آل شیخ و توتونچیان،۱۳۸۵: ۲). به عنوان پایه و اساس، آمایش سرزمین و ارزیابی توان محیطی برای کشورهایی محسوب می‌شود که درصدد دستیابی به توسعه پایدار، همراه با حفظ منافع نسل‌های آتی هستند. اهمیت ارزیابی توان محیطی سرزمین تا آنجا است که اگر سرزمین بالقوه فاقد توان محیطی مناسب برای اجرای کاربری خاصی باشد، اجرای آن طرح نه تنها سبب بهبود شرایط محیط زیستی منطقه نمی‌شود، بلکه تخریب بیشتر محیط را نیز به دنبال خواهد داشت.

۳-رابطه ژئومورفولوژی و ارزیابی توان محیطی

در سال‌های اخیر در بسیاری از موارد عدم کارایی طرح‌های آمایش سرزمین و هم‌چنین پروژه‌های اجرایی در مناطق مختلف جهان از جمله ایران ناشی از بی‌توجهی مجریان و کارفرمایان به نقش دانش ژئومورفولوژی و کاربرد آن در ارزیابی توان‌های محیطی مناطق و هم‌چنین مکان‌یابی برای طرح‌های توسعه در مقیاس منطقه‌ای و ملی بوده است. شاید یکی از نمونه‌های بارز در این سال‌ها در این خصوص مشکلات به وجود آمده برای سد گتوند بوده است که بطور قطع بدلیل عدم توجه به نقش شرایط ژئومورفولوژیک در مکان‌یابی احداث سد بوده که نتیجه آن در مخاطره قرار گرفتن مهم‌ترین ثروت طبیعی کشور یعنی آب در این بخش از ایران شده است. همچنین این وضعیت مخاطره‌آمیز منجربه شور شدن بخش وسیعی از استان زرخیز خوزستان خواهد شد.

برای ارزیابی توان‌های محیطی مکان‌ها، تنها میزان شیب و جهت‌های آن و یا حتی ویژگی‌های واحدها و زیر واحدهای اشکال زمین (لندفرمی) نمی‌تواند به عنوان ویژگی‌های اساسی ژئومورفولوژیک در نظرگرفته شود. بلکه در ارزیابی توان‌های محیطی یک منطقه، پویایی این عوارض نیز باید مورد توجه قرار گیرد. عوارض ژئومورفولوژیک، عوارضی پویا هستند. بنابراین تنها تأکید بر ویژگی‌های ایستای این عوارض نمی‌تواند منجر به ارزیابی کامل و بدون نقص استعداد محیطی مکان‌ها باشد. در واقع هر یک از فرایندهای تغییردهنده شکل زمین مانند آب، باد، یخچال و نیروی ثقل، بطور مستمر

در حال دستکاری و تغییر چهره زمین هستند که این سبب پویایی چشم‌اندازها شده و نیز گاهی باعث رخداد مخاطرات جبران‌ناپذیری می‌گردد.

شناخت فرایندها و بررسی ساز و کارهای ایجاد و تحول این عوارض کمک شایانی به شناخت توان‌های بالقوه و برنامه‌ریزی بهره‌وری مطلوب و در نهایت توسعه پایدار مناطق جغرافیایی می‌شود. بنابراین توجه به پویایی شکل‌های ناهمواری‌ها در طول زمان از مهمترین مباحثی است که می‌بایست در طرح‌های آمایش سرزمین مد نظر قرار گیرد. شایان ذکر است که دانش ژئومورفولوژی می‌تواند در هر یک از مراحل آمایش سرزمین مانند مرحله شناسایی منابع، مرحله واکاوی و بازکاوی داده‌های محیطی و همچنین ارزیابی و طبقه‌بندی توان محیطی برای توسعه مطلوب نقش بی‌بدیلی ایفاء نماید. عدم توجه به توانمندی دانش ژئومورفولوژی در ارزیابی توان محیطی و طرح‌های آمایش و مکان‌یابی‌ها می‌تواند موجب بروز مخاطرات و خسارات جبران ناپذیری شود (مقصودی ۱۳۹۵، ۲).

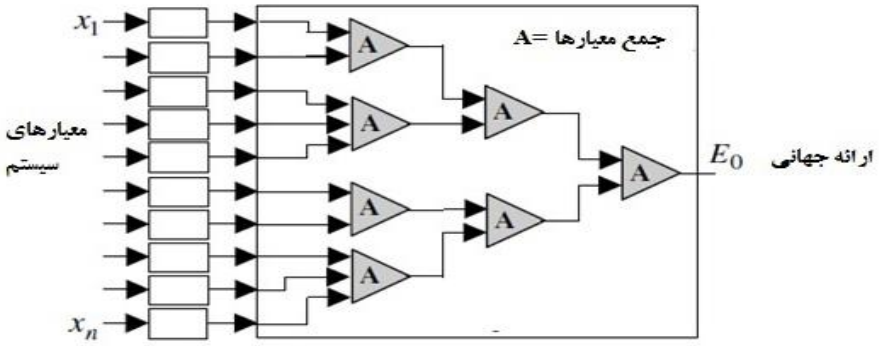
۴-مدل امتیازدهی منطق ترجیح (LSP[1])

روش تصمیم‌گیری چندمعیاره[2]، از روش‌های تصمیم‌گیری با عوامل و اهداف چندگانه است. این روش برای حل مسائل در دوره‌های زمانی، عدم قطعیت، ریسک و موضوعات پیچیده به کار می‌رود. در سطح یک تصمیم‌گیری چندمعیاره هدف اصلی قرار دارد، در سطح بعدی اهداف جزئی و زیرمجموعه هر هدف جزئی صفات یا معیارهایی برای دستیابی به این اهداف قرار دارند. امروزه در ارزیابی قابلیت اراضی و مکانیابی توسعه روش‌های بسط داده شدهٔ MCDM به کار گرفته می‌شود (راهداری،۱۳۹۶: ۲۹۲). روش منطق امتیازدهی ترجیح از ساختار تجمعی پیروی می‌کند. داده‌های ورودی در یک مقیاس استاندارد و سازمان‌دهی شدهٔ مرتبط با معیارها ارائه می‌شوند (Dujmovic et al., 2008:11). داده‌های ورودی بر روی درخت صفات LSP گروه‌بندی و طی چندین مرحله با به کارگیری تلفیق کننده‌های LSP ترکیب می‌شوند. تلفیق کننده‌های LSP با ویژگی جایگزینی و همبودی معیارها، ساختار و نحوهٔ تلفیق را شکل می‌دهند (Malczewski, 2004:331). LSP نتایج قابل اطمینانی در ارتباط با تلفیق منتخب ورودی‌ها و پارامترها تولید می‌کند. خصوصیاتی که روشLSP را منحصر به فرد و موثرتر از سایر روش‌های MCE نشان می‌دهد. به کارگیری ساختار تلفیق زوجی معیارها اجازه می‌دهد انعطاف‌پذیری در به کارگیری منطق پیوستگی ارائه شده در عبارت‌های جایگزینی و همبودی و توانایی تلفیق شمار زیادی از داده‌های ورودی بدون از دست دادن معناداری هر داده ورودی با توجه نوع اظهارات انجام گیرد. مقایسهٔ روش LSP با روش‌های ترکیب وزنی و روش سلسله‌مراتبی توسط برخی کارشناسان انجا گرفت است (Dujmović & De Tre, 2011; Dujmović & De Tre, 2009; Dujmović & Scheer, 2010).

روش‌های امتیازدهی وزنی جمعی که به‌طور مکرر در روش‌های MCE استفاده می‌شود. امتیاز تجمعی، جمع وزنی امتیازهای صفت را محاسبه می‌کند S= W1S1+… WnSn. چنین مدل‌هایی نیازهای اجباری (Si=0 نمی‌تواند S=0) یا نیازهای کفایت (مواردی که Si=1 باید تولید کند S=1) را حمایت نمی‌کنند. روش LSP تنوعی از تلفیق کننده‌های غیرخطی را که در طبیعت بی‌شمارند (میانگین هندسی S=S1W1S2W2+… SnWn) به کار می‌گیرد و نیازهای اجباری (جایی که Si=0 می‌تواند S=0)، نیازهای کفایت و سایر ساختارهای منطقی پیچیده را مدل می‌کند. در مدل‌های افزایشی، وزن معیارها نرمال (W1+W2+…+Wn=1) می‌شود. بنابراین، وزن میانگین برابر با (W1+W2+…+Wn=1/n) است. وزن میانگین 1/n میانگین معناداری یک صفت ورودی را انعکاس می‌دهد (با تغییر امتیاز یک صفت از ۰ تا ۱، تغییر امتیاز خروجی با ارزش وزن متناظر محدود می‌شود. همچنین، با افزایش شمار صفات، معناداری هر صفت در مدل‌های افزایشی به طور بی‌معنا کاهش می‌یابد و گاهی در نتیجه بی‌تأثیر است. در روش LSP هنگامی که تلفق معیارها غیرخطی است و هر یک از صفات ورودی می‌تواند اجباری، یا اختیاری باشد، این موارد مشاهده نمی‌شود. برتری مدلهای

[1]. Logic of Scoring Preference
[2]. Multi-criteria decision making

LSPغیرخطی در مقایسه با مدل‌های افزایشی ستنی در منابع مختلف بحث شده است(Dujmović & Scheer,2010:8). روش LSP ابتدا، برای کاربردهای علوم کامپیوتر از قبیل ارزیابی نرم‌افزار محیط ویندوز، ارزیابی جاوا، مقایسهٔ موتورهای جستجو به همان خوبی سایر رویکردهای ارزیابی چندمعیاره توسعه داده شد. اخیراً، روش LSP با استفاده از داده‌های مکانی، GIS و روش ارزیابی چندمعیاره برای حل مسائل در رشته‌های علوم جغرافیایی کاربرد داشته است (Dujmović & Bai,2006, Dujmović & Fang, 2004Dujmović; 2007). درتر و دوجمویک (۲۰۰۸) مفهوم نقشه‌های تناسب LSP که درجه‌ی پیوسته‌ای از تناسب در رابطه با هدف یا موضوع ویژه ارائه دادند. هدف اصلی نقشه‌های تناسب LSP تعیین درجهٔ تناسب منطقهٔ جغرافیایی با اهدافی از قبیل تناسب برای توسعهٔ صنعتی، کشاورزی، مسکونی، آموزشی و تفرج و غیره است (Hatch et al.,2014:17).

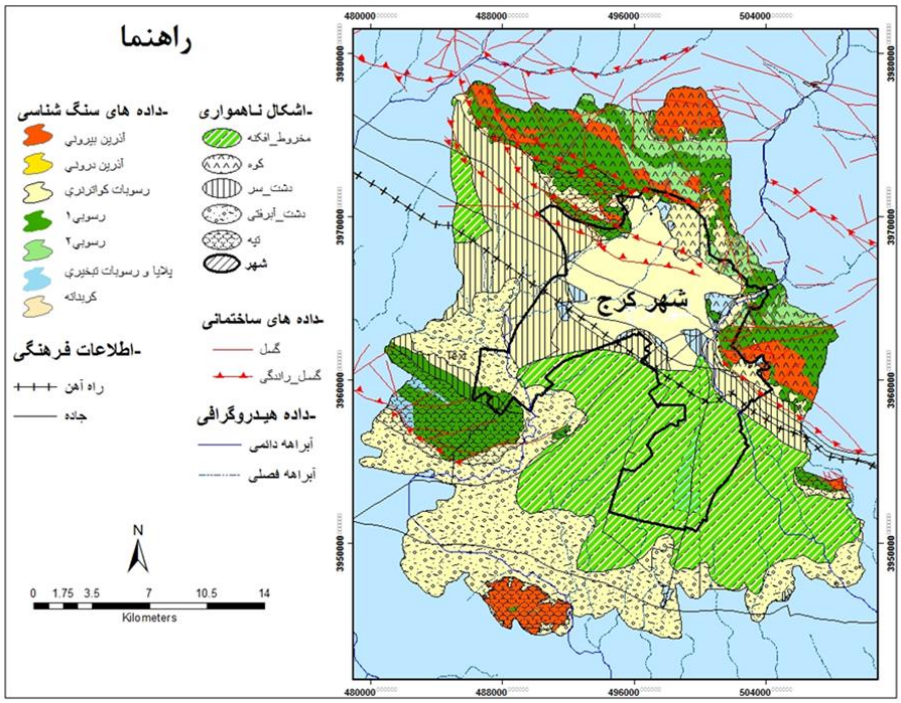


شکل(۱): ساختار مدل LSP (Dujmovic,2007).

داده‌ها و روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

کرج یکی از کلان شهرهای ایران و همچنین مرکز ا ستان البرز ا ست که در دامنه‌های جنوبی البرز میانی و شمال غرب شـهر تهران با وسـعتی حدود ۶۵۶ کیلومتر مربع بین ۳۵ درجه و ۴۶ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۱ دقیقه عرض شـمالی و ۵۰ درجه و ۵۴ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۱ دقیقه طول شرقی واقع شده است و از نظر ژئومورفولوژی به واحدهای کوهستان، تپه، دشت‌سر و مخروط‌افکنه تقسیم می‌شود. بخش کوهستانی منطقه بیشتر در مناطق شمالی، شمال‌شرقی و شرق محدوده و بخش‌های کوچکتر و کم ارتفاع‌تری در قسـمت غرب (ارتفاعات حلقه دره) و جنوب، دامنه‌های شـمالی کوه آق‌داغ واقع شده ا ست(شکل۲). واحد د شت سر نیز ادامه لایهٔ سنگ ا صلی کوهستان ا ست که به شکل سطح مقعری در قاعدهٔ ارتفاعات ظاهر می‌شود و قسمت‌های عمده‌ای از مناطق شهری کرج بر روی لندفرم دشت‌سر گسترش یافته است. واحد مخروط‌افکنه نیز توسط رودخانه کرج و بعد از خروج از کوهستان، مخروط‌افکنهٔ کرج (مخروط افکنهٔ قدیمی که شهر کرج روی آن قرار گرفته است) را بوجود آورده است و در گذر زمان، رودخانهٔ کرج با رسوب‌گذاری و تراکم مواد رسوبی در سطح مخروط‌افکنه، باعث بالا آمدن سـطح مخروط و تسـهیل جابه‌جایی کانال‌ها به طرف جنوب شـرق شـده و مخروط‌افکنهٔ بزرگ و کنونی کرج در اثر جابه‌جایی مکرر کانال‌ها بوجود آمده اسـت. واحد دشـت آبرفتی از جمله لندفرم‌های رودخانه‌ای ا ست که در نتیجهٔ ر سوبگذاری آبرفت‌های حمل شده تو سط رودخانه بوجود آمده ا ست. این واحد در ق سمت جنوبی و جنوب غربی محدودهٔ مورد مطالعه قرار گرفته است. ارتفاع متوسط منطقه از سطح دریا ۱۳۲۵ متر و به ترتیب بیشترین و کمترین ارتفاع آن ۲۵۵۵ و ۱۱۲۸ متر می‌با شد. رودخانه کرج از ارتفاعات شمال تهران سرچ شمه گرفته و پس از عبور از دره‌های عمیق کوه ستانی، از شمال شرق وارد شهر کرج شده و با امتداد به سمت جنوب شرق وارد د شت شهریار می‌شود(رنجبرباروق،۱۳۹۸: ۹۵) (شکل ۲).



شکل(۲): موقعیت جغرافیایی و نقشهٔ ژئومورفولوژی محدودهٔکلان‌شهر کرج

داده‌ها

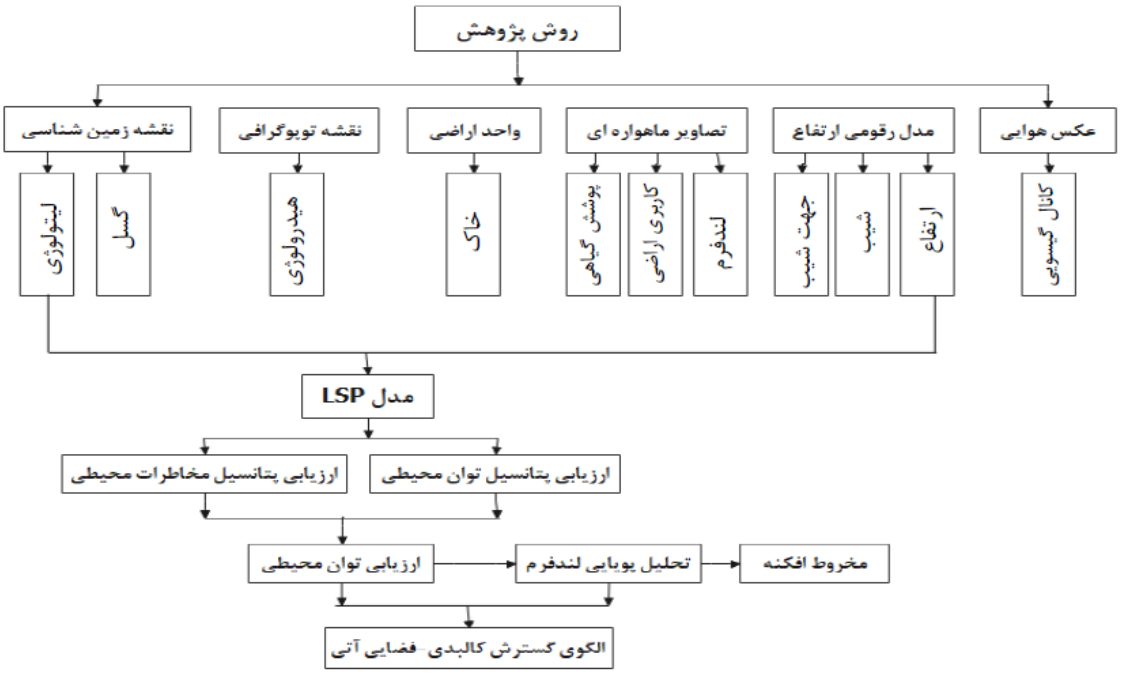
در این پژوهش از طریق مطالعه کتابخانه‌ای، اسناد و مدارک مربوط به موضوع، اقدام به گردآوری اطلاعات و داده‌های‌مورد نیاز شده است. از نقشه‌های نقشه توپوگرافی۱:۵۰۰۰۰سازمان نقشه‌برداری کشور، نقشه‌های زمین‌شناسی۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور، داده‌های ایستگاه هواشناسی از سازمان هواشناسی، داده‌های ایستگاه هیدرومتری از سازمان آب و منطقه‌ای کشور، تصاویر ماهواره‌ای Landsat8 و عکس‌های هوایی ۱:۲۰۰۰۰ سال ۱۳۳۴ سازمان نقشه‌برداری کشور استفاده شد. همچنین تهیه پرسشنامه و استفاده از تکنیک دلفی، تجزیه و تحلیل اطلاعات آماری از جمله دبی، داده‌های هواشناسی و هیدرولوژی با استفاده از نرم‌افزار Excel، استفاده از نرم‌افزار GoogleEarth برای شناسایی لندفرم‌ها، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای رقومی‌سازی، سازمان‌دهی، آنالیز، مدل‌سازی، نمایش، مدیریت اطلاعات مورد نیاز مورد استفاده قرار گرفت. در این پژوهش در راستای بررسی نقش لندفرم‌ها در توسعه‌ی شهری کلانشهر کرج از نقشه ژئومورفولوژی که علاوه بر شکل زمین، فرایندهای موثر را به نوعی با نماد مشخص معرفی می‌کند، استفاده شده است.

روش امتیازدهی منطق ترجیح

روش LSP شامل سه مولفه‌ی اصلی درخت صفات، معیارهای مقدماتی و ساختار تجمعی است. درخت صفات براساس تجزیه‌ی سلسله مراتبی از ویژگی‌ها، معیارها و زیرمعیارها ایجاد می‌شود (Montgomery & Dragicevic, 2016:21). در این روش ابتدا، ویژگی‌های موثر در تصمیم‌گیری دسته‌بندی می‌شود. هر ویژگی در درخت تصمیم شاخه و زیر شاخه‌هایی دارد که معیارها و زیرمعیارها به صورت دودویی بر آن قرار گرفته است. از اتصال زیر شاخه‌ها، شاخه و از اتصال شاخه‌ها درخت تصمیم ساخته می شود. تعداد شاخه و زیر شاخه‌ها به تعداد معیار و زیرمعیارهای تصمیم بستگی دارد(Montgomery et al., 2016:14). معیارهای ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی، خاک، هیدرولوژی، پوشش‌گیاهی به عنوان پتانسیل توان محیطی و معیارهای پتاسیل سیلاب و زلزله‌خیزی به عنوان پتانسیل مخاطرات محیطی در نظر گرفته می شوند. با تهیه پرسشنامه و استفاده از تکنیک دلفی، نظر خبرگان در مورد این معیارها بدست می‌آید. با اجرای مدل LSP ، نقشه پتانسیل توان محیطی و نقشه پتانسیل مخاطرات محیطی کلان شهر کرج تهیه و از تلفیق این دو،

نقشه توان محیطی توسعه شهری کلان‌شهر کرج آماده می‌شود و سپس به بررسی لندفرم مخروط‌افکنه کرج که پویاترین لندفرم محدوده مورد مطالعه است، در ارتباط با توسعه شهری می‌پردازیم(جدول۱).

جدول(۱) فلوچارت پژوهش



۱-درخت ویژگی معیارهای LSP

درخت ویژگی معیارهایLSP یک ساختار تجزیه است که همه ویژگی‌ها که مشخصه‌ی هدف ارزیابی شده است، را در بر می‌گیرد. درخت معیارها (برای ارزیابی تو سعه شهری) در جدول(۲) نشان داده شده و همچنین هر معیار به زیرمعیارهایی تجزیه شده ا ست. برای مثال معیارهای ارزیابی توان محیطی تو سعه شهری به آب و هوا، ژئومورفولوژی، زمین شنا سی، خاک، هیدرولوژی، پوشش‌گیاهی و مخاطرات تجزیه می‌شود. در مرحله بعدی این روند ادامه می‌یابد و معیارها به زیرمعیارهایی تجزیه می‌شوند. به عنوان مثال آب و هوا به زیرمعیار باران، دما، رطوبت نسبی، سرعت باد و جهت باد تجزیه می‌شود.

بعد از شنا سایی زیرمعیارها، آنها با عنوان اجباری یا اختیاری (مورد نظر اما اجباری نیست) ارزیابی و د سته‌بندی می شوند. به عنوان مثال، شیب یک الزام اجباری است زیرا زمین هموار و یا با شیب بسیار کم در رابطه با سطح آب‌های زیرزمینی و دفع فاضلاب در منطقه، مشکل آفرین خواهند بود. بنابراین شیب‌های تند و یا زمین‌های هموار و بسیار کم شیب می‌توانند، هزینه‌های سنگینی از نظر شهر سازی به همراه دا شته با شند. از اینرو، به منظور مدل سازی الزامات اجباری، ما نیاز به مدل‌های ریا ضی داریم که ویژگی چندگانه و غیرافزای شی دارند. آ شکار ا ست که تمام زیرمعیارها اجباری نی ستند. ترکیب صفات با استفاده از ساختار تجمعی ضربی (مثل میانگین هندسی) که تمام ورودی‌ها اجباری باشند، نادرست است. بنابراین ما نیاز به روش‌های تجمعی انعطاف‌پذیرتر داریم. در جدول(۱)، نماد (+) ویژگی‌های اجباری و (−) ویژگی‌های اختیاری را نشان می‌دهد.

جدول(۲) درخت ویژگی معیارها برای ارزیابی قابلیت زمین برای شهر

۱-آب و هوا	**۵- خاک**
۱- ۱- میانگین بارندگی سالانه (+)	۱-۵- بافت (-)
۱-۲- میانگین دمای سالانه (+)	۲-۵- زهکشی (-)
۱-۳-سرعت باد (+)	۳-۵- نفوذپذیری (-)
۱-۴- درصد رطوبت نسبی (+)	۴-۵- حاصلخیزی (-)
۱-۵-جهت باد غالب (+)	۵-۵- ساختمان (-)
۲-ژئوموفولوژی	۶-۵- عمق (+)
۱- ۲- لندفرم (+)	**۶- پوشش گیاهی**
۲-۲-شیب (+)	۱-۶- درصد پوشش درختی (+)
۳-۲-ارتفاع از سطح دریا (+)	**۷- مخاطرات محیطی**
۴-۲-جهت جغرافیایی (+)	۱-۷- پتانسیل سیلاب (+)
۳-زمین شناسی	۲-۷- پتانسیل زمین لغزش (+)
۱-۳-لیتولوژی (+)	۳-۷- زلزله خیزی (+)
۲-۳-گسل اصلی (+)	
۴-هیدرولوژی	
۱-۴- آب زیرزمینی (+)	

۲-تعریف ویژگی معیارهای ارزیابی

معیارهای مورد اســتفاده در این پژوهش برای ارزیابی توان محیطی جهت توســعه شــهری شــامل هفت گروه معیارکه عبارتنداز: آب و هوا، ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی، خاک، هیدرولوژی، پوشش گیاهی و مخاطرات محیطی می‌باشد.

گروه اول، معیار آب و هوا که شامل زیرمعیارهای میانگین بارندگی سالانه، میانگین دمای سالانه، میانگین سرعت باد، میانگین رطوبت نسبی و جهت باد.

گروه دوم معیار ژئومورفولوژی که شامل زیرمعیارهای لندفرم، شیب، جهت شیب، ارتفاع.

گروه سوم معیار زمین‌شناسی که شامل زیرمعیارهای لیتولوژی وگسل.

گروه چهارم معیار خاک که شامل زیرمعیارهای بافت، ساختمان، حاصلخیزی، عمق، نفوذپذیزی و زهکشی خاک.

گروه پنجم معیار هیدرولوژی که شامل زیرمعیار سطح آب زیرزمینی.

گروه ششم معیار پوشش‌گیاهی که شامل زیرمعیار درصد پوشش درختی.

گروه هفتم معیار مخاطرات محیطی که شامل زیرمعیار پتانسیل سیلاب، پتانسیل زمین‌لغزش و زلزله‌خیزی .

شرح مفصلی از معیارهای انتخاب شده در ارزیابی توان محیطی توسعه شهری به شرح زیر است:

معیار آب و هوا: زیرمعیارهای م شخص شده برای ن شان دادن شرایط آب و هوایی عبارتنداز: بارش، دما، رطوبت ن سبی، سرعت باد و جهت باد. اما با توجه به اینکه زیرمعیارهای آب و هوا در محدوده مطالعاتی بصورت یکسان هستند و تفاوتی در سرا سر محدوده مطالعاتی ندارند. بنابراین معیار آب و هوا در فرآیند مدل سازی تأثیرگذار نخواهد بود. از اینرو در فرآیند مدل‌ســازی معیار آب و هوا در نظر گرفته نشــده اســت. در ارتباط با جهت باد لازم به توضــیح اســت که این زیرمعیار در ارزیابی توان محیطی توســعه شــهری اهمیت زیادی دارد و در مرحله تجزیه و تحلیل نتایج ارزیابی توان محیطی توســعه شهری جهت باد با توجه به مراکز دفن زباله مورد توجه قرار می‌گیرد.

معیار ژئومورفولوژی: زیرمعیارهای ژئومورفولوژی عبارتنداز: لندفرم، شیب، جهت شیب و ارتفاع. محدوده مورد مطالعه دامنه و سیعی از شیب‌ها را از ۰ تا ۶۳ در صد شامل می شود و حدود ۴۵ در صد از زمین‌های منطقه دارای شیب ۲ تا ۵ درجه است، که بخش خوبی از منطقه جهت توسعه شهری می‌باشد. از نظر ارتفاع نیز، محدوده مورد مطالعه دارای ارتفاع ۱۱۳۶ تا ۲۵۴۷ متر اســت و حدود ۶۰ درصــد از محدوده مورد مطالعه دارای ارتفاع ۱۱۳۶ تا ۱۳۰۰ متر می‌باشــد. از نظر جهت شیب، محدوده مورد مطالعه در چهار جهت ا صلی شمالی، جنوبی، شرقی، غربی طبقه‌بندی گردید و جهت‌های جنوبی و شرقی دارای بیشترین فراوانی هستند. لندفرم‌های محدوده مورد مطالعه نیز با توجه به نقشه ژئومورفولوژی منطقه شامل مخروط‌افکنه، دشت‌سر، دشت‌آبرفتی، تپه وکوهستان است. با تهیه نقشه ژئومورفولوژی منطقه کلان‌شهر کرج، لندفرم‌های دشــت‌آبرفتی، مخروط‌افکنه، دشــت‌ســر، تپه و کوه تشــخیص داده شــد (شــکل۱). کوه و تپه به دلیل شــیب زیاد در طبقه نامناسب توسعه شهری قرار گرفتند. همچنین دشت آبرفتی، به دلیل دارا بودن شیب ملایم و توپوگرافی هموار، نفوذپذیری بالای رسوبات، آب زیرزمینی و حاصلخیزی خاک، محیط مناسبی را جهت استقرار و توسعه شهرها بوجود آورده است . اما تمامی بخش‌های د شت آبرفتی بطور یکنواخت منا سب نمی‌با شند. همچنین در معرض فرآیندهای رودخانه‌ای (طغیان) و ن شـ ست زمین قرار دارند. به همین دلیل د شت آبرفتی در شرایط تقریباً منا سب از نظر تو سعه شهری قرار گرفته ا ست. مخروط‌افکنه و دشت‌سر از نظر ویژگی‌های آب و هوایی (بادهای بین کوه و دشت)، آب‌های سطحی و زیرزمینی، خاک و کشاورزی، چشم انداز خوب و فضای سبز طبیعی، از شرایط مثبتی به منظور توسعه شهری برخوردارند و همچنین دارای عوامل بازدارنده از جمله سیلاب و ن شـ ست زمین ه ستند اما ن سبت به د شت آبرفتی دارای شرایط بهتری برای تو سعه شهری می‌باشند.

همچنین زیرمعیارهای مشــخص شــده برای نشــان دادن ویژگی‌های خاک عبارتنداز: نفوذپذیری، عمق، زهکشــی، حاصــلخیزی، ســاختمان و بافت خاک می‌باشــند. علت در نظر گرفتن زیرمعیارهای زهکشــی، نفوذپذیری، حاصــلخیزی، ســاختمان و بافت خاک در محدوده مورد مطالعه به این دلیل اســت که بایســتی ارزیابی توان محیطی توســعه شــهری با رویکرد حفظ اراضی مرغوب برای فعالیت‌های کشاورزی صورت گیرد و اگر زمینی منا سب کشاورزی ا ست در آن نواحی تو سعه شهری و ساخت و ساز صورت نگیرد و برای کاربری‌های ک شاورزی و یا ف ضای سبز در نظر گرفته شود. این زیرمعیارها، به عنوان زیرمعیارهای اختیاری در نظر گرفته شــدند. همچنین زیرمعیار عمق خاک با توجه به اهمیت آن در شهرسازی، به عنوان زیرمعیار اجباری مورد توجه قرار گرفت.

معیار هیدرولوژی: با توجه به قرار گرفتن کلان‌شــهر کرج در کمربند نیمه خشــک، زیرمعیار آب زیرزمینی برای معیار هیدرولوژی در نظر گرفته شد. همچنین با توجه به اینکه بالا بودن سطح ایستابی آب در اراضی شهری، مشکلاتی را برای سازه‌های شهری و بخصوص سازه‌های سنگین به همراه دارد، عمق کمتر از ۵۰ متر و بالای ۵۰ متر برای این زیرمعیار در نظر گرفته شد.

معیار پو شش گیاهی: زیرمعیار در صد پو شش درختی برای این معیار در نظر گرفته شد. دلیل اهمیت این معیار در ارزیابی توان محیطی توسعه شهری، حفظ پوشش‌گیاهی و جلوگیری از توسعه شهری و ساخت و ساز در این مناطق می‌باشد.

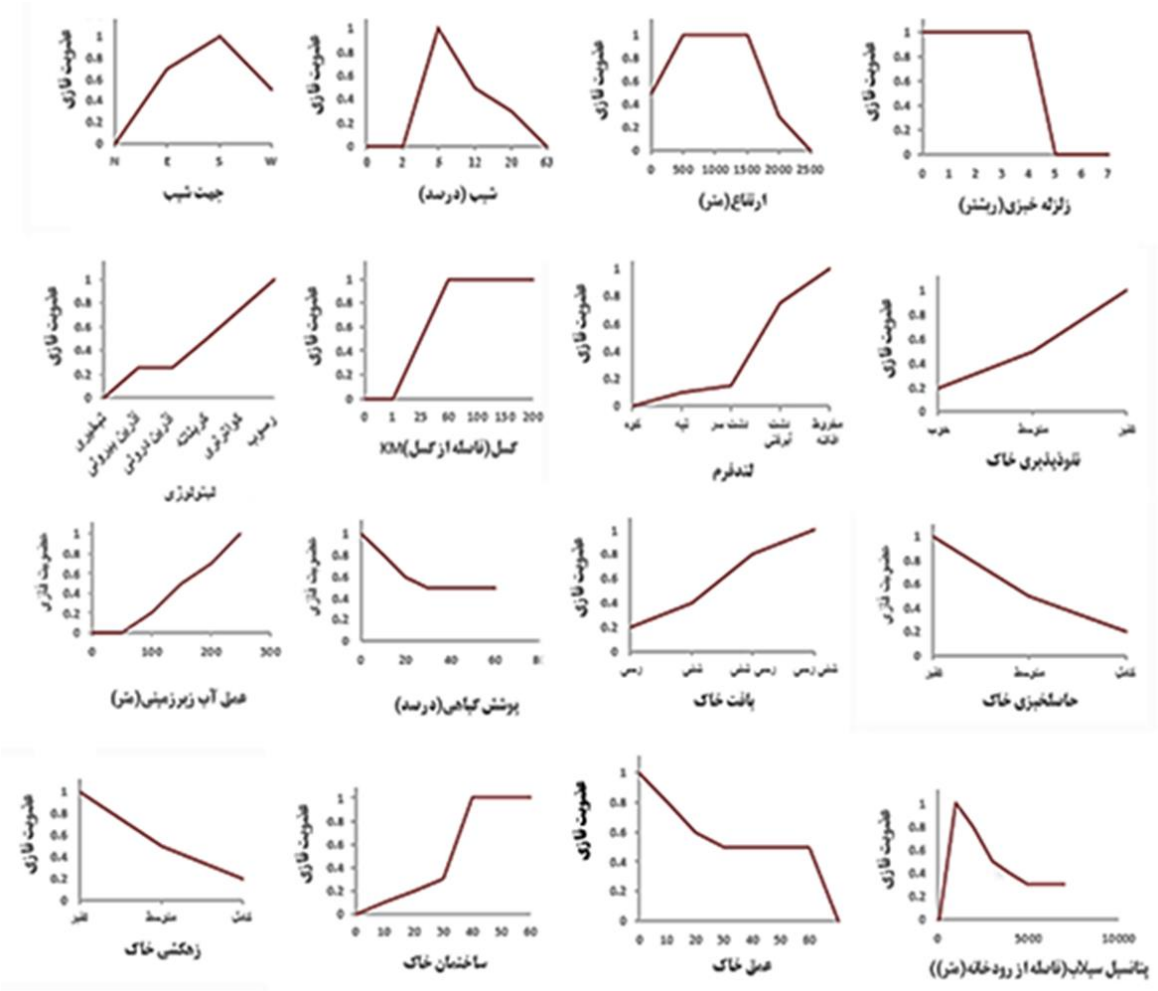
معیار زمین‌شناسی: گسل و لیتولوژی به عنوان زیر معیارهای زمین‌شناسی در نظر گرفته شد. با توجه به اینکه تمرکز گسل در محدوده مورد مطالعه بسیار زیاد ا ست، از اینرو بایستی از تو سعه شهری در حریم گ سل اجتناب کرد. از نظر لیتولوژی نیز، آن دسته از اراضی که از نظر زمین‌شناسی دارای ساختمان توده‌ای و یکپارچه هستند، مانند اراضی که سنگ پی آن‌ها گرانیت ا ست، ن سبت به ارا ضی که از ساختمان منف صل ت شکیل شده‌اند، در مقابل زمین‌لرزه مقاوم‌تر ه ستند. همچنین اراضی آبرفتی قدیمی که ذرات تشکیل دهنده آنها توسط سیمان به یکدیگر متصل شده‌اند، نسبت به اراضی که ذرات آنها فاقد ســیمان هســتند، از آبرفت‌های منفصــل مقاومت بیشــتری دارند. از اینرو در محدوده مورد مطالعه نواحی که دارای

لیتولوژی گرانیت و آذرین هستند در نواحی مرتفع واقع شده‌اند و برای توسعه شهری مناسب نیستند. همچنین قسمت زیادی از منطقه را رسوبات کواترنری در برگرفته است.

معیار مخاطرات محیطی: پتانسیل سیلاب، زمین لغزش و زلزله‌خیزی نیز به عنوان زیرمعیارهای مخاطرات محیطی در نظر گرفته شده است. به منظور بررسی پتانسیل سیلاب محدوده مورد مطالعه، فاصله از رودخانه کرج درنظر گرفته شد. همچنین به منظور بررسی زلزله‌خیزی محدوده مورد نظر، از سابقه زلزله‌های رخداده ی ۱۰۰ سال گذشته محدوده مورد مطالعه استفاده شد و با توجه به بزرگای زلزله، بزرگای زلزله کمتر از چهار و بیشتر از چهار در نظرگرفته شد. از نظر بررسی پتانسیل زمین لغزش نیز، هیچ رخداد زمین لغزشی در محدوده مورد مطالعه گزارش نشده است.

۳-استانداردسازی فازی و وزن‌دهی به معیارها

استانداردسازی یا هم‌مقیاس کردن معیارها با به کارگیری توابع فازی و بولین انجام می‌گیرد(عسکریان،۱۳۹۷: ۱۵۷). معیارها و زیرمعیارهای مدل بعد از رستری شدن یا به کارگیری تابع فاصله، ویژگی اکولوژیکی منطقه استانداردسازی شد(شکل۳). مرحله‌ی وزن‌دهی به ویژگی‌ها، معیارها و زیرمعیارها بعد از تشکیل درخت تصمیم انجام می‌گیرد، ابتدا، برای هر زیرمعیار وزن تعیین و به هر زیرشاخه که از اتصال دو زیرمعیار و به هر شاخه که از اتصال دو زیر شاخه ایجاد می‌شود وزن مجزایی اختصاص داده می‌شود. تعیین، وزن‌دهی و قابلیت جایگزینی معیارها و زیرمعیار با به گارگیری نظر استادان بومی منطقه و متخصص در این زمینه انجام گرفت.



شکل(۳) استانداردسازی معیارهای ارزیابی توان محیطی توسعه شهری(محور عمودی ارزش فازی و محور افقی ارزش توان محیطی)

۴-قابلیت جایگزینی

مرحله‌ی تعیین قابلیت جایگزینی یا هم‌بودی ویژگی‌ها، معیارها و زیرمعیارها است. منظور از این مرحله، تعیین ویژگی‌ها، معیارها و زیرمعیارهای مهم در تصمیم‌گیری است. به‌طوری که اثر کم یا زیاد ویژگی‌ها، معیارها و زیرمعیارها بر تصمیم‌گیری با بازه‌ی عددی مثبت و منفی یا حروف انگلیسی تعیین می‌شود. حروف انگلیسی با علامت – یا + نشان دهنده‌ی مقدار عددی جایگزینی یا هم‌بودی هر ویژگی، معیار و زیرمعیار نسبت به دیگری است (جدول۳). اگر هر دو ویژگی، معیار یا زیرمعیار برای ارزیابی یا دستیابی به هدف ضروری است، پارامترهای هم‌بودی یا عدم جایگزینی به کار گرفته می‌شود. میزان هم‌بودی با حروف یا عدد تعیین می‌شود. حداکثر هم‌بودی ۹/۰۶- (C++) و حداقل هم‌بودی (C--) ۰/۶۱۹ است. برای مثال، در ایران شیب و آب دو معیار مهم در توسعه‌ی شهری است، بنابراین، در ارزیابی توسعه‌ی شهری هم‌بودی بالایی بین این دو معیار وجود دارد. اگر وجود یک ویژگی، معیار یا زیرمعیار کافی باشد، پارامترهای جایگزینی به کار گرفته شده و میزان جایگزینی با حروف یا عدد تعیین می‌شود. اگر هر دو ویژگی، معیار یا زیرمعیار بر همدیگر تأثیر ندارند، پارامتر بی‌طرفی لحاظ می‌شود (Montgomery et al., 2016:14).

جدول(۳) ارزش‌گذاری قابلیت جایگزینی معیارها و زیرمعیارها

جایگزینی								
+∞	۲۰/۶۳	۹/۵۲۱	۵/۸۰۲	۳/۹۲۹	۲/۷۹۲	۲/۰۱۸	۱/۴۴۹	۱
D	D++	D+	D+-	DA	D-+	D-	D--	A
1	۰/۶۱۹	۰/۲۱۶	-۰/۱۴۸	-۰/۷۲	-۱/۶۵۵	-۳/۵۱	-۹/۰۶	-∞
A	C--	C-	C-+	CA	C+-	C+	C++	C
هم‌بودی								

۵-الگوریتم تلفیق اطلاعات مکانی

معیارها و زیرمعیارهای درخت تصمیم به صورت زوجی با هم ترکیب می‌شوند. برای ترکیب معیار و زیرمعیارهای مربوط به جایگزینی یا هم‌بودی روش میانگین توان وزن‌دار[۱] به کار گرفته شد (Montgomery et al., 2016: 14). X متغیر (معیارها و زیرمعیارها)، W وزن هر متغیر و r میزان هم‌بودی یا جایگزینی.

$$GCD\ (x_1,\ldots,x_n) = (w_1\ x^r_1 +\ldots+ w_n\ x^r_n)^{1/r}$$

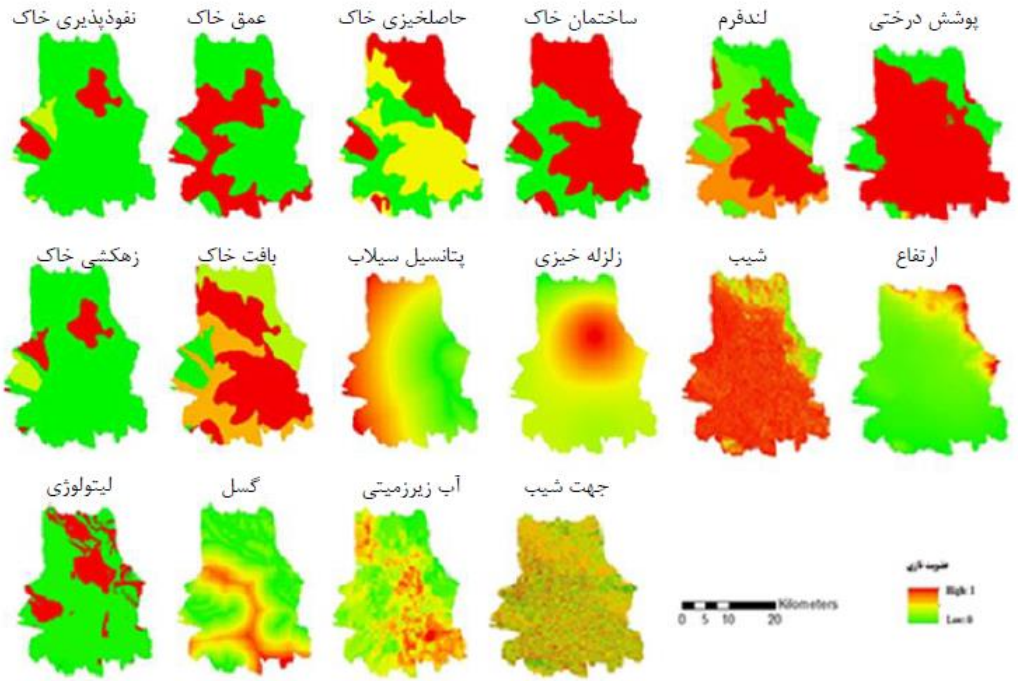
یافته‌های پژوهش

نقشه‌های هر معیار بعد از استانداردسازی در شکل (۴) نشان داده شده است. در مرحله‌ی بعد همه‌ی معیارها به صورت زوجی با قابلیت جایگزینی (A)، ترکیب شدند (شکل۵). در اجرای مدل LSP، نقشه‌های ارزیابی پتانسیل توان محیطی و پتانسیل مخاطرات محیطی آماده و از تلفیق این دو، نقشه نهایی ارزیابی توان محیطی توسعه شهری در محیط GIS تهیه شد که در ادامه به بررسی آنها می‌پردازیم. نقشه‌ی پتانسیل توان محیطی محدوده کلان‌شهر کرج، براساس معیارهای ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی، خاک، هیدرولوژی و پوشش‌گیاهی ارائه شده است.

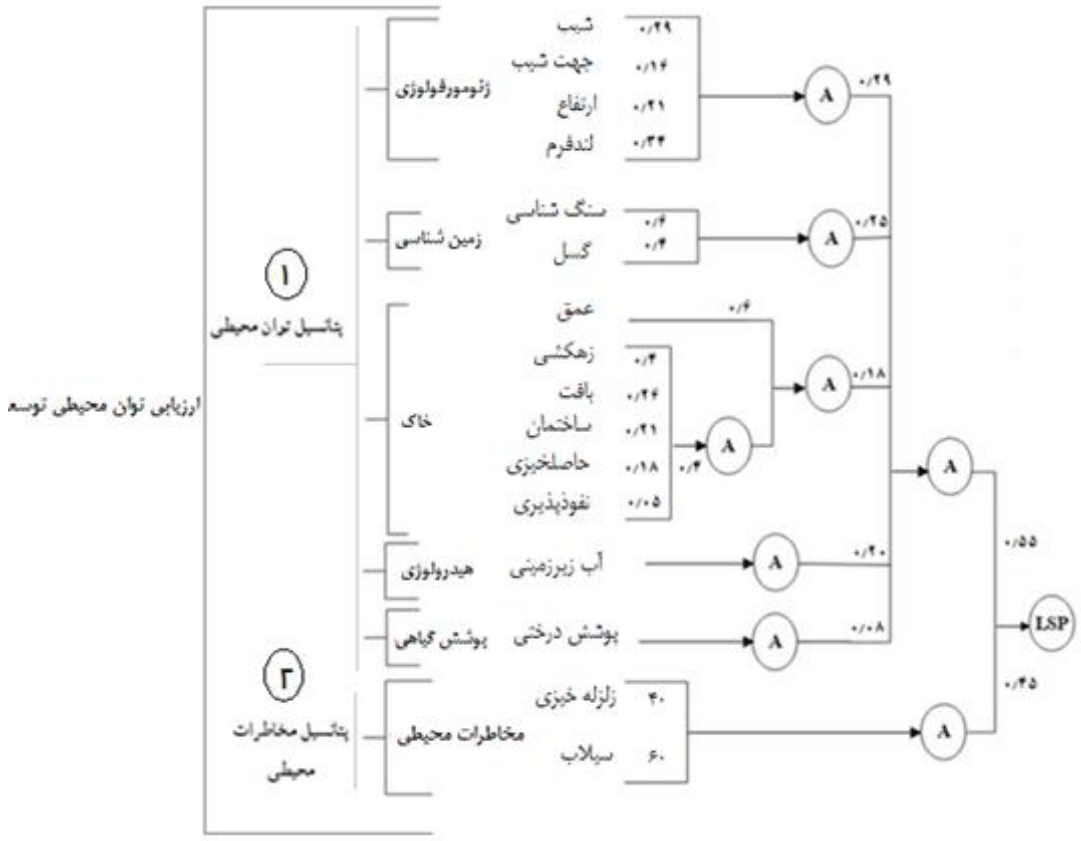
براساس نقشه پتانسیل توان محیطی توسعه شهری(شکل۶) مشخص شد که ۱۱,۷۳درصد (معادل۸۱,۹۹کیلومتر مربع) از محدوده مورد مطالعه دارای توان محیطی توسعه شهری خیلی کم، ۱۲,۳۵ درصد (معادل ۸۶,۳۲کیلومترمربع) دارای توان محیطی توسعه شهری کم،۲۲,۰۶درصد(معادل۱۵۴,۱۶کیلومتر مربع) دارای توان محیطی توسعه شهری متوسط،

[۱] Weighted Power Mean

۳۲,۴۲درصد (معادل ۲۲۶,۵۴کیلومتر مربع) دارای توان محیطی توسعه شهری زیاد، ۲۱,۴۲ درصد (۱۴۹,۷۲کیلومتر مربع) دارای توان محیطی توسعه شهری خیلی زیاد بود.



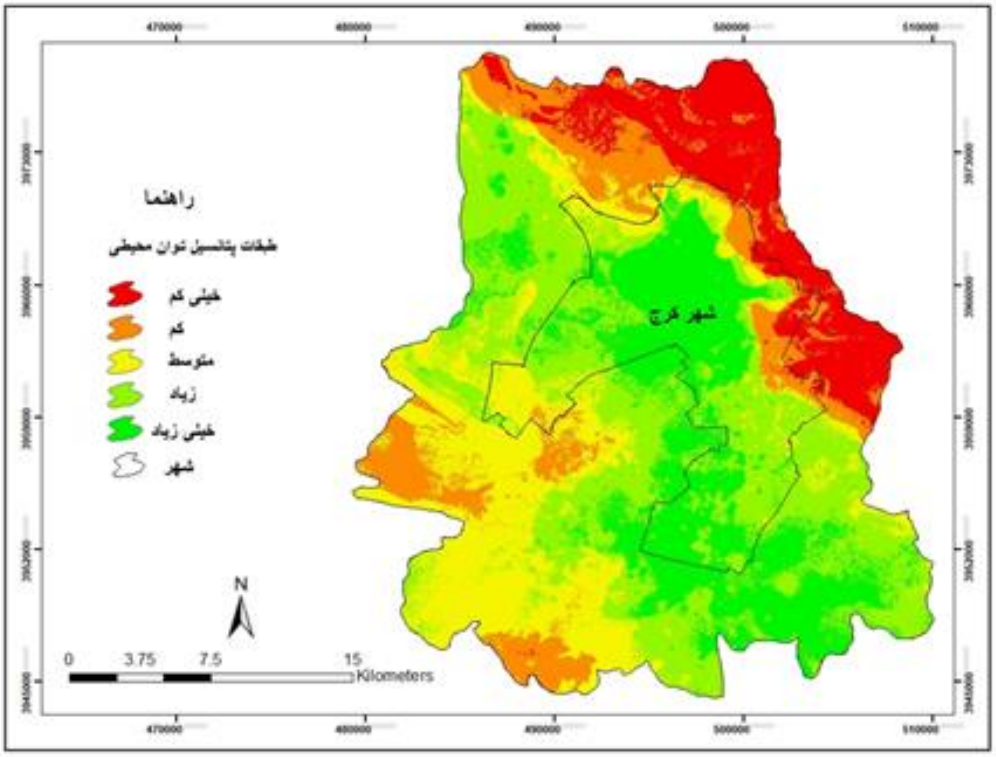
شکل (۴) معیارهای فازی سازی شده برای ورود به مدل LSP



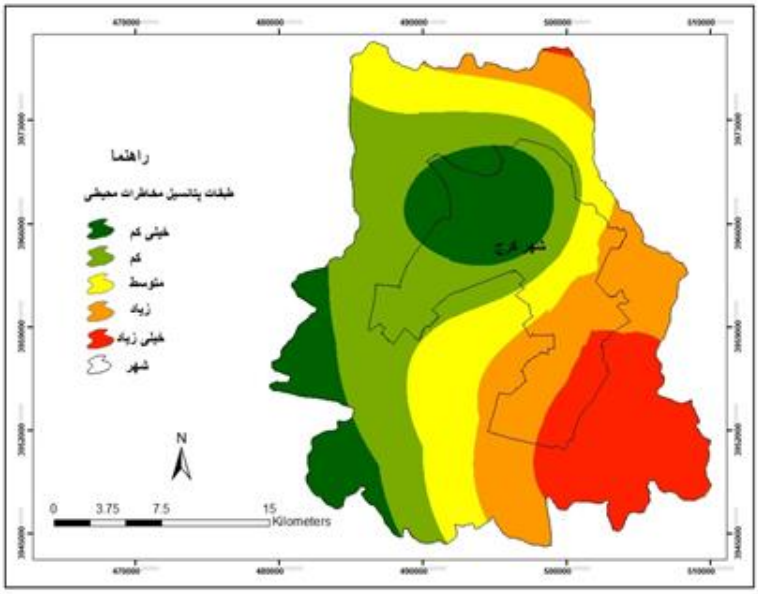
شکل(۵): ساختار تجمعی LSP برای ارزیابی توان محیطی توسعه شهری در آمایش سرزمین

در ارزیابی پتانسیل مخاطرات محیطی، از معیارهای پتانسیل سیلاب و زلزله‌خیزی استفاده شد. به دلیل اینکه هیچ گزارشی از زمین‌لغزش در محدوده مورد مطالعه ثبت نشـــده بود؛ در جریان عملیاتی کردن مدل این زیرمعیار در نظرگرفته نشـــد و نقشه‌ی پتانسیل مخاطرات محیطی محدوده مورد مطالعه که در شکل(۶) ارائه شده، بدست آمد. براساس نقشه پتانسیل مخاطرات محیطی مشخص شد که ۱۶,۷۴ درصد (معادل ۱۱۷,۰۲ کیلومتر مربع) از محدوده مورد مطالعه دارای پتانسیل مخاطرات محیطی خیلی کم، ۲۸,۱۹درصد (معادل ۱۹۶,۹۵ کیلومتر مربع) دارای پتانسیل مخاطرات محیطی کم، ۲۰,۴۹ درصد(معادل۱۴۳,۱۶ کیلومتر مربع) دارای پتانسیل مخاطرات محیطی متوسط، ۱۹,۰۹ درصد(معادل۱۳۳,۳۷ کیلومتر مربع) دارای پتانسیل مخاطرات محیطی زیاد، ۱۵,۴۷ درصد(۱۰۸,۱۵ کیلومتر مربع) دارای پتانسیل مخاطرات محیطی خیلی زیاد بوده اســت. از جمله عوامل تأثیرگذار در افزایش توان مخاطرات محیطی در محدوده مورد مطالعه، تأثیر مخاطره ســیلاب رودخانه کرج که در قسمت شرقی محدوده مورد مطالعه است.

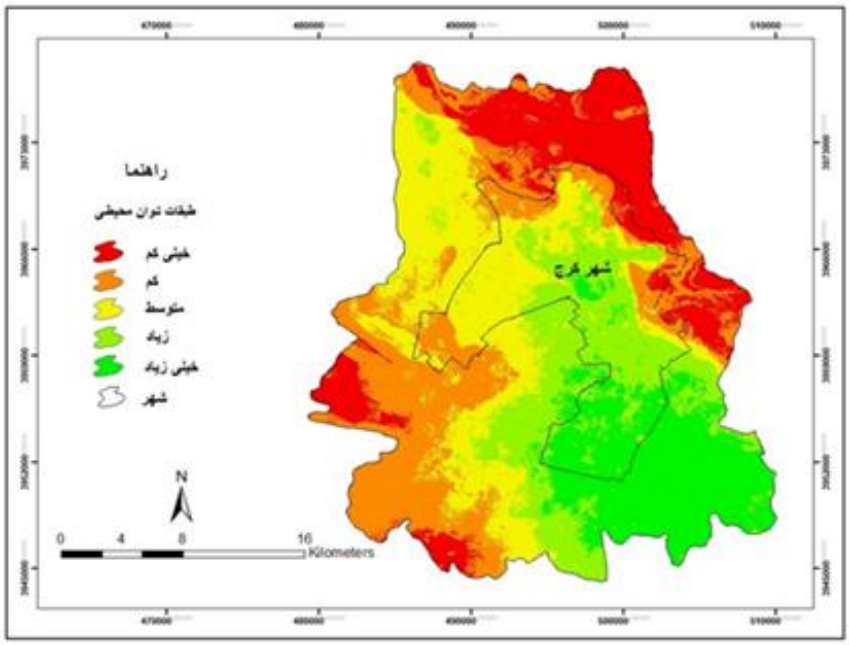
پس از ارزیابی دو نقشه‌ی پتانسیل توان محیطی و پتانسیل مخاطرات محیطی محدوده کلان شهر کرج، وزن‌دهی آنها انجام شد و نقشه ارزیابی توان محیطی توسعه شهری شکل(۷) بدست آمد. براساس نقشه ارزیابی توان محیطی توسعه شهری مشخص شد که ۱۶,۱۳ در صد (معادل۱۱۲,۶۸کیلومترمربع) از محدوده مورد مطالعه دارای توان محیطی توسعه شـــهری خیلی کم، ۲۳,۳۶ درصـــد (معادل ۱۶۳,۱۸کیلومتر مربع) دارای توان محیطی توســـعه شـــهری کم، ۲۴,۵ درصد(معادل۱۷۱,۱۷کیلومتر مربع) دارای توان محیطی توسعه شهری متوسط، ۱۸,۵۱درصد (معادل ۱۲۹,۳۵کیلومتر مربع) دارای توان محیطی توسعه شهری زیاد، ۱۷,۴۷ در صد (۱۲۲,۰۵کیلومتر مربع) دارای توان محیطی توسعه شهری خیلی زیاد بوده است.



شکل(۶) نقشه پتانسیل توان محیطی توسعه شهری محدوده کلان‌شهر کرج



شکل(۷): نقشه پتانسیل مخاطرات محیطی محدوده کلان‌شهر کرج



شکل(۸): نقشه ارزیابی توان محیطی محدوده کلان‌شهر کرج

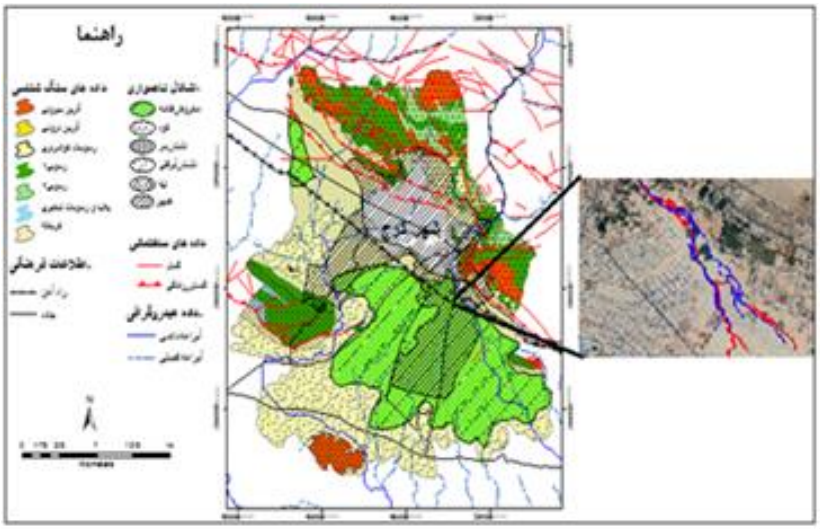
پویایی لندفرم‌های ژئومورفیک

لندفرم‌های ژئومورفیک، عوارضی پویا هستند. از این رو تنها تأکید بر ویژگی‌های ایستای این عوارض نمی‌تواند منجر به ارزیابی کامل و بدون نقص استعداد محیطی مکان‌ها باشد. در واقع فرایند تغییر شکل لندفرم در محدوده مورد مطالعه در اثر رویداد کاتاستروف سیلاب، سبب پویایی فرم ارضی در منطقه شده و تعادل مورفودینامیک محیط را به هم زده و خطر سیلاب تجهیزات و امکانات شهری این بخش را مورد تهدید قرار داده و خسارات‌های زیان‌بار و جبران‌ناپذیری را سبب می‌شود. در محدوده‌ی مورد مطالعه، توسعه‌ی دشت‌سرها نتیجه‌ی عقب‌نشینی پیشانی کوهستان (از خط کنیک) در اثر هوازدگی، تخریب و جریان‌های سطحی می‌باشند (احمدی،۱۳۸۷: ۵۲). در نتیجه پویایی دشت‌سرها چندان محسوس نیست

و تغییرات آنها و عقب‌نشینی پیشانی کوهستان در اثر فرسایش و هوازدگی شاید چندین میلیون سال به طول انجامد. همچنین، دشت آبرفتی در اثر حمل مواد (شن دانه ریز و ماسه) توسط رودخانه در سطح هموار دشت انباشته شده و پویایی بیشتر دشت آبرفتی را در قسمتی که رودخانه وجود دارد، می‌توان ملاحظه کرد. اما در لندفرم مخروط‌افکنه، کانال‌های گیسویی به صورت واگرا پخش و گسترده شده‌اند. از اینرو به دلیل تغییر مسیر کانال‌های گیسویی در سطح مخروط‌افکنه، میزان پویایی آن نسبت به لندفرم‌های دشت‌سر و دشت‌آبرفتی بیشتر و در کوتاه مدت محسوس است. بنابراین در این پژوهش پویایی لندفرم مخروط‌افکنه کرج مورد مطالعه قرار گرفت.

۱-بررسی و تحول کانال‌های گیسویی در سطح مخروط‌افکنه

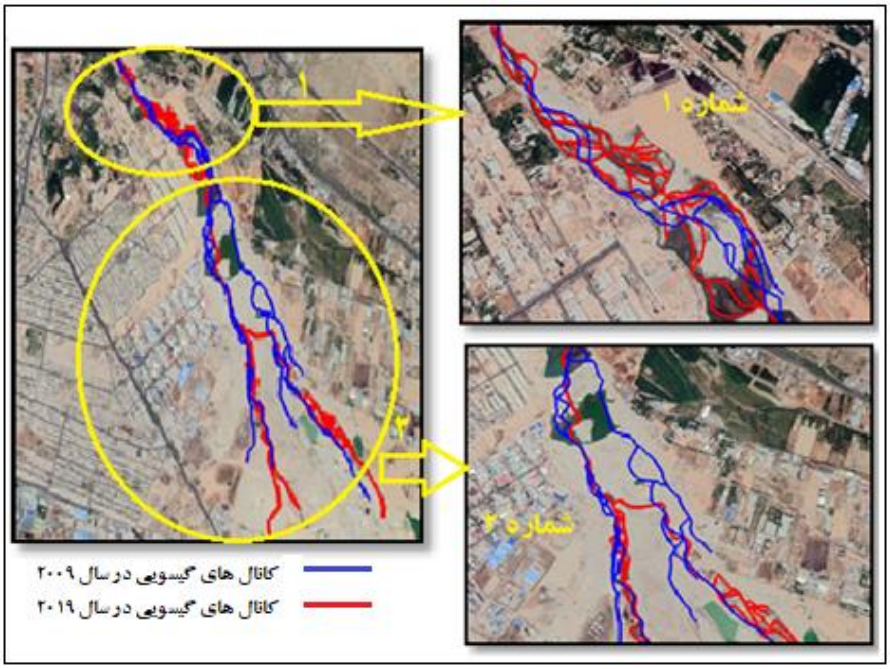
الگوی زهکشی جریان‌های گیسویی تحت‌تأثیر شیب توپوگرافی مخروط‌افکنه، حالت موازی و واگرا دارد. این الگو در مخروط‌افکنه‌ی کرج نیز به خوبی دیده می‌شود. عمق کانال‌های گیسویی عموماً از رأس مخروط به سمت قاعده‌ی آن کاهش یافته، ولی برعکس، عرض آنها در همین راستا افزایش می‌یابد. لازم به ذکر است که عرض و عمق کانال‌های گیسویی به وسعت مخروط، حجم دبی، وسعت حوضه‌ی آبریز و شیب کانال بستگی دارد (مقصودی،۱۳۹۱: ۱۰۴). بدیهی است تغییر مسیر کانال‌های گیسویی در سطح مخروط‌افکنه، نشانه‌ی پویایی این لندفرم است و بررسی آنها می‌تواند ما را در شناخت تحول و پیش‌بینی خطرات ناشی از آنها آگاه نماید. بنابراین در این پژوهش به منظور بررسی پویایی مخروط‌افکنه کرج، از تصاویر ماهواره‌ای منطقه با فاصله زمانی ۱۱ ساله (۲۰۰۹ و ۲۰۱۹) به عنوان ابزار اصلی استفاده شده است. تکنیک کار، مقایسه‌ی تغییرات شبکه‌ی کانال‌ها بر سطح مخروط‌افکنه از طریق انطباق شبکه‌ی زهکشی در تصاویر ماهواره‌ای دو دوره بوده است(شکل۹).



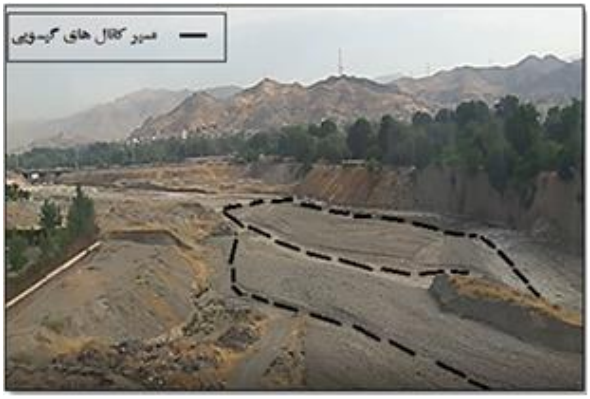
شکل(۹): نقشه موقعیت کانال‌های گیسویی در محدوده مورد مطالعه

مسیر کانال‌های گیسویی در سطح مخروط‌افکنه کرج به دلیل ساخت و ساز و توسعه‌ی شهری کانال‌کشی شده‌اند و تنها در قسمت شرقی مخروط‌افکنه به دلیل عدم توسعه‌ی شهری، کانال‌های گیسویی بر سطح مخروط‌افکنه قابل مشاهده می‌باشند. بنابراین کانال‌های گیسویی قسمت شرقی مخروط‌افکنه کرج از تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۹ دیجیتایز و انطباق داده شدند. با مقایسه‌ی تصاویر ماهواره‌ای منطقه با یک فاصلهٔ زمانی ۱۱ ساله (۲۰۱۹-۲۰۰۹) در شکل (۱۰) ترسیم شده است. این نقشه شکل گسترش کانال‌های گیسویی را بر سطح مخروط افکنهٔ کرج به وضوح نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که کانال‌های گیسویی طی دورهٔ تحت بررسی، ناپایدار بوده و موقعیت و مسیر آنها بطور نامنظم

تحت‌تأثیر عملکرد سیلاب‌ها تغییر نموده است. انشعابات اصلی بعد از خروج از کوهستان به صورت واگرا و پیاپی تقسیم شده و شبکهٔ گسترده‌ای را تشکیل داده است. این شبکه در مجموع الگوی موازی، درهم و واگرا را به طور همزمان دارد و به سمت قاعدهٔ مخروط‌افکنه بر تعداد انشعابات آن افزوده می‌شود. علاوه بر این، براساس مقایسه‌ی دوره‌ای، تغییرات مشخصی را نشان می‌دهد. بدیهی است در دوره‌ی زمانی کوتاه مدت، عامل اصلی تحول جریان‌های گیسویی، سیلاب‌هایی است که در دوره‌ی معینی از سال حجم بار رسوبی حمل شده توسط کانال اصلی را در سطح انشعابات گیسویی افزایش داده و موجب تغییر مسیر آنها می‌شود. به دنبال این تغییر مسیرها، کانال‌های متروک تشکیل می‌شود. علاوه بر رسوب‌گذاری در بستر کانال‌ها، شدت جریان ناشی از سیلاب‌های فصلی و دوره‌ای نیز موجب حفر کناره برخی از انشعابات شده و سرانجام پس از سریز شدن سیلاب از محل نقاط حفر شده، مقدمات انحراف و تغییر مسیر کانال فراهم می‌شود. از سویی دیگر تغییر مسیر کانال‌های گیسویی و ناپایداری آنها در قسمت شرقی مخروط‌افکنه کرج، نشانه‌ی فعال بودن این قسمت از مخروط‌افکنه و پویایی بیشتر آن نسبت به سایر قسمت‌های مخروط‌افکنه است.



شکل(۱۰): تصویر تحول کانال‌های گیسویی در سطح مخروط‌افکنه کرج (تصویر ماهواره‌ای سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۹)



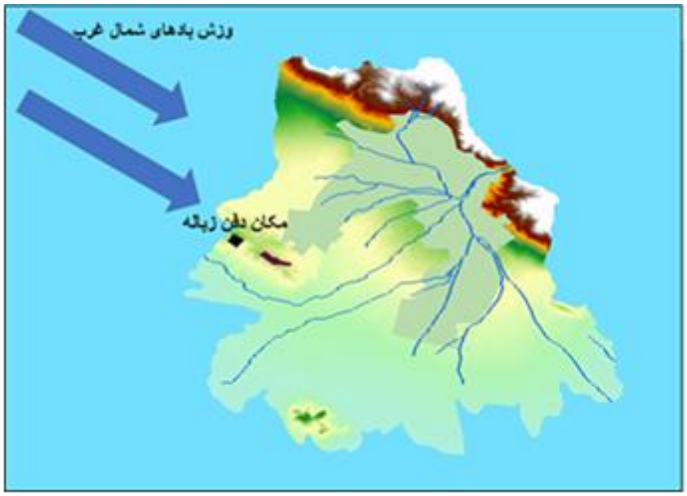
شکل (۱۱): تصویر قسمت شرقی مخروط‌افکنه و مسیر کانال‌های گیسویی

ارائه‌ی الگوی گسترش کالبدی – فضایی مطلوب آتی کلان‌شهر کرج

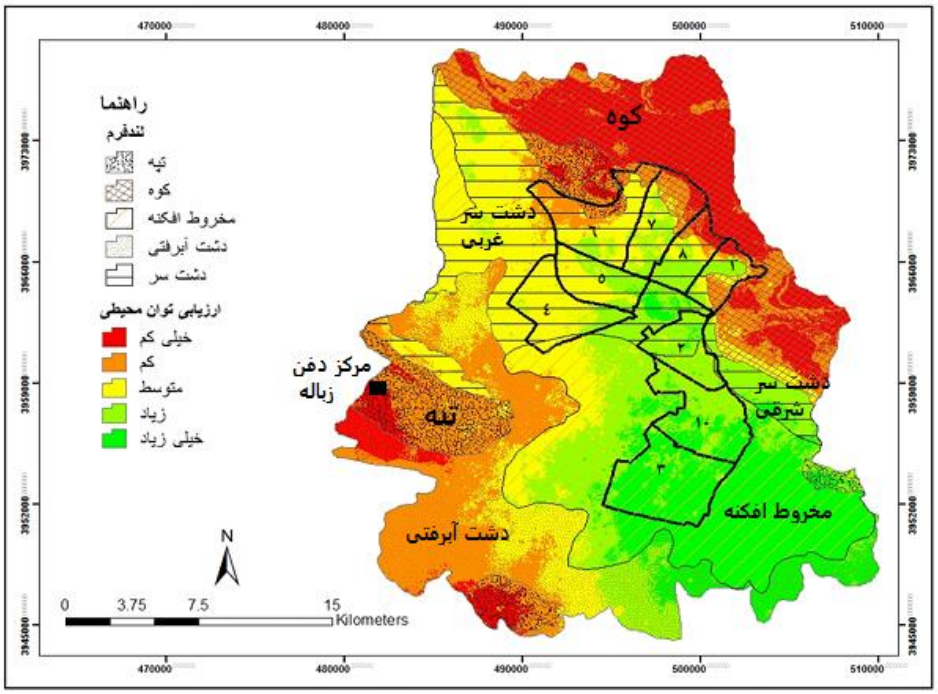
الویت اول: با توجه به فعال بودن قسمت شرقی مخروط‌افکنه، ناپایداری کانال‌های گیسویی و وجود رودخانه کرج در این قسمت، می‌توان کاربری تفریحی را برای این قسمت از مخروط‌افکنه پیشنهاد داد. همچنین قسمت میانی مخروط‌افکنه در حال حاضر دارای کاربری مسکونی و توان محیطی خیلی زیاد و زیاد از نظر توسعه‌ی شهری است و می‌توان توسعه‌ی شهری را برای این قسمت از مخروط‌افکنه درنظرگرفت. البته بایستی از ساخت و ساز در قسمت پایین مخروط‌افکنه اجتناب کرد چرا که اصولاً سطح آب‌های زیرزمینی در پایین دست مخروط‌افکنه‌ها بالا است و مسائلی نظیر آب‌گرفتگی، تخریب تدریجی بناهای پایین دست و همچنین آلودگی زیست‌محیطی را به دنبال خواهد داشت. قسمت غربی مخروط‌افکنه نیز با توجه به اینکه در نقشه توان محیطی دارای توان زیاد و قسمت کمی از آن در نزدیکی دشت آبرفتی، دارای توان متوسط توسعه شهری است، با توجه به گستردگی زمین‌های کشاورزی در این قسمت از مخروط افکنه، بایستی برای حفظ این اراضی، از توسعه شهری در این قسمت صرف نظر کرد(شکل۱۲).

الویت دوم: دشت‌سر در قسمت شرقی محدوده مورد مطالعه دارای توان زیاد در توسعه شهری است. اما با توجه به وجود راه‌آهن شهری و اتوبان نمی‌توان توسعه‌ی شهری را برای این محدوده پیشنهاد داد. در قسمت غربی محدوده مورد مطالعه، دشت‌سرها دارای توان محیطی متوسط توسعه شهری هستند. با مشاهده‌ی تصاویر ماهواره‌ای و بازدیدهای میدانی مشخص شد قسمت‌های زیادی از دشت‌سر دارای زمین‌های بایر می‌باشد و برای توسعه شهری در آینده مناسب است(شکل۱۲).

الویت سوم (نامناسب): قسمت شرقی دشت آبرفتی دارای توان محیطی زیاد و خیلی زیاد از نظر توسعه شهری است و به دلیل وجود رودخانه کرج در این قسمت، دارای کاربری کشاورزی است، بهتر است برای حفظ اراضی کشاورزی از توسعه‌ی شهری در این قسمت صرف نظر کرد. همچنین قسمت‌های دیگر دشت آبرفتی دارای توان محیطی کم و قسمت‌های کمی نیز دارای توان محیطی متوسط توسعه‌ی شهری هستند ولی با توجه به گسترش زمین‌های کشاورزی در این لندفرم، پیشنهاد می‌شود از توسعه‌ی شهری در دشت آبرفتی پرهیز کرد و کاربری دشت آبرفتی را کشاورزی و باغ در نظر گرفت (شکل۱۲). تپه‌ها دارای توان محیطی کم توسعه‌ی شهری بوده است. همچنین مرکز دفن زباله حلقه دره در نزدیکی کیانمهر کرج (منطقه ۱۲) بر روی این تپه مکان‌یابی شده است. بررسی بادهای شهر کرج نشان دهنده آن است که باد غالب کرج شمال غرب به جنوب شرق و سرعت آن ۳,۴ متر بر ثانیه و بیشترین سرعت باد ۲۴,۵ متر بر ثانیه از سمت غرب بوده است. قرارگیری محل دفن زباله حلقه‌دره در جهت مسیر بادهای غالب(شمال غرب) شهر کرج، باعث انتقال و پراکنش آلودگی‌ها به داخل شهر می‌شود (شکل۱۳). از اینرو توسعه‌ی شهر و ساخت و ساز در این قسمت پیشنهاد نمی‌شود.



شکل(۱۳): جهت وزش با غالب کرج و مکان دفن زباله حلقه دره



شکل(۱۲): نقشه ارزیابی توان محیطی توسعه شهری و لندفرمها

بحث و نتیجه گیری

در نقشه ارزیابی توان محیطی توسعه شهری کلان‌شهر کرج با استفاده از مدل LSP نواحی دارای توان زیاد و خیلی زیاد توسعه شهری کلان‌شهر کرج منطبق بر لندفرم‌های مخروط‌افکنه و قسمت‌هایی از لندفرم دشت‌سر و دشت‌آبرفتی می‌باشد. بررسی توسعهٔ‌کالبدی فضایی کلان‌شهر کرج نشان داد، هسته‌های اولیه کلان‌شهر کرج بر روی لندفرم‌های دشت‌سر و مخروط افکنه گسترش یافته‌اند که در نقشه ارزیابی توان محیطی توسعه شهری دارای توان محیطی زیاد و خیلی زیاد می‌باشند. سپس در اثر افزایش مهاجرت و گسترش شهرنشینی، کلان‌شهر کرج در نواحی دارای توان محیطی کم و خیلی کم توسعه یافته که در آینده بحران‌های محیط زیستی ناشی از استفاده غیر منطقی از زمین را در پی دارد.

با توجه به این که عوارض ژئومورفولوژیک، عوارضی پویا هستند. بنابراین تنها تأکید بر ویژگی‌های ایستای این عوارض نمی‌تواند منجر به ارزیابی کامل و بدون نقص استعداد محیطی مکان‌ها باشد. لندفرم مخروط‌افکنه به عنوان نمونه و با توجه به اینکه نسبت به لندفرم‌های دشت‌سر و دشت آبرفتی در کلان‌شهر کرج پویاتر است، مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. بدین‌منظور تصاویر ماهواره‌ای مخروط‌افکنه کرج در بازه زمانی یازده ساله (۲۰۰۹-۲۰۱۹) مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد،کانال‌های گیسویی طی دوره‌ی تحت بررسی، ناپایدار بوده و موقعیت و مسیر آنها بطور نامنظم تحت‌تأثیر عملکرد سیلاب‌ها تغییر نموده است. تغییر مسیر کانال‌های گیسویی و ناپایداری آنها در قسمت شرقی مخروط‌افکنه کرج، نشانه‌ی فعال بودن این قسمت از مخروط‌افکنه و پویایی بیشتر آن نسبت به سایر لندفرم‌ها است. اهمیت این موضوع زمانی مطرح است که سکونتگاه‌ها و تأسیسات شهری کرج در حواشی کانال‌های گیسویی احداث و تحت‌تأثیر این فرآیندها و پویایی آن قرار می‌گیرند. مطالعه‌ی ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی این کلان‌شهر، امکان برآورد توان بالقوه زمین و سیستم دینامیکی پیچیده محیط طبیعی آن را میسر می‌سازد. چنین بررسی‌هایی، به منظور چگونگی بهره‌برداری صحیح از لندفرم‌های ژئومورفیک، اختصاص واحدهای ژئومورفولوژیکی به کاربری‌های مختلف و در نتیجه برنامه‌ریزی‌های صحیح آمایشی را ضروری می‌سازد. بنابراین در فرآیند ارزیابی توان محیطی جهت توسعه شهری کرج در برنامه‌های آمایش، بایستی لندفرم‌ها و نوع فرآیندهای ایجاد کننده آنها که به نوعی بیانگر حاکمیت این فرآیندها بر لندفرم‌ها و پویایی آنها هستند، شناسایی شوند. بطوری که تغییرات در پدیده‌های ژئومورفیک، اعم از تدریجی یا در اثر وقوع بحران‌های ناگهانی، حاکی از

عملکرد فرایندهای طبیعی است و این رخدادها و تغییرات می‌توانند سبب بروز ناپایداری شوند. برای لحاظ فرم و فرآیند و پویایی لندفرم‌ها در مطالعات ارزیابی توان محیطی آمایش سرزمین لازم است، چارچوب مطالعات ژئومورفولوژیکی آمایش سرزمین از حیث موضوع (محتوا)، روش و خروجی‌ها توسعه یابد.

در برنامه آمایش سرزمین استان البرز، برای سکونت و صنعت در تعیین توان اکولوژیک استان البرز از معیارهای آسایش اقلیمی، کاربری اراضی، شیب، ارتفاع، دسترسی به منابع آب، قابلیت اراضی، مقاومت سنگ بستر، فاصله از گسل و فاصله از بستر رودخانه استفاده شده است. نکته حائز اهمیت این است که، با توجه به اینکه ژئومورفولوژی جزو منابع اکولوژیک در برنامه آمایش سرزمین استان البرز نام برده شده ؛ اما به رغم آن در ارزیابی توان محیطی آمایش استان البرز برای سکونت و صنعت، تنها معیارهای شیب و ارتفاع بعنوان منابع ژئومورفولوژی ومعیارهای فاصله از گسل و فاصله از بستر رودخانه به عنوان مخاطرات محیطی در نظرگرفته شده است. در صورتی که، تنها میزان ارتفاع و شیب نمی‌تواند به عنوان ویژگی‌های اساسی ژئومورفولوژیک برای ارزیابی توان محیطی مکان‌ها در نظر گرفته شود، بلکه در ارزیابی توان محیطی یک منطقه، بایستی فرم و فرآیند و پویایی آنها مورد توجه قرارگیرد تا توسعه مناطق براساس قابلیت‌ها و محدودیت‌های بستر طبیعی زمین انجام شود. از طرفی ضعف مطالعات محیطی در برنامه آمایش سرزمین استان البرز باعث می‌شود توسعه شهر در نواحی نامناسب باعث بروز مخاطرات محیطی شود. در نتیجه لزوم توجه به این امر در ارزیابی توان محیطی برنامه آمایش سرزمین بسیار حائز اهمیت است تا ارزیابی توان محیطی براساس واحدهای لندفرم پایه انجام شود و پویایی لندفرم‌ها مورد مطالعه قرار گیرد تا نتایج حاصل از آن با واقعیت زمین انطباق بیشتری داشته باشد.

منابع

- احمدی، ح.، ۱۳۷۴. ژئومورفولوژی کاربردی، جلد اول، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران.
- ابراهیم‌زاده، ع.، موسوی، م.، ۱۳۹۳. روش ها و تکنیک های آمایش سرزمین، چاپ اول، انتشارات سمت، تهران.
- احمدآبادی، ع.، فتح اله زاده، م.، ۱۳۹۵. بررسی عدم انطباق مفهوم شکل زمین (لندفرم) در مطالعات آمایش سرزمین کشور با مفهوم رایج در ژئومورفولوژی، چهارمین همایش ملی انجمن ایرانی ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران.
- جوزی، ع.، ۱۳۹۴. روش ها و تکنیک های آمایش سرزمین و برنامه ریزی منطقه ای، چاپ اول، انتشارات علم کشاورزی ایران، تهران.
- رامشت، م.ح.، شاه زیدی، س.، ۱۳۹۰، کاربرد ژئومورفولوژی در برنامه ریزی ملی، منطقه ای، اقتصادی، توریسم، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه اصفهان.
- رجائی، ع.ح.، ۱۳۷۳. کاربرد ژئومورفولوژی در آمایش سرزمین و مدیریت محیط، چاپ اول، نشر قومس.
- رنجبرباروق، ز. ۱۳۹۸. تبیین نقش ژئومورفولوژی در آمایش کلان‌شهر کرج، رساله دکتری دانشکده علوم جغرافیایی دانشگاه خوارزمی.
- رنجبرباروق، ز. ۱۳۹۷. تحلیل روش‌ها و مدل‌های ارزیابی توان محیطی در آمایش سرزمین ایران از دیدگاه ژئومورفولوژی، ششمین همایش ملی انجمن ایرانی ژئومورفولوژی، ژئومورفولوژی و چالش‌های پیش رو.
- رنجبرباروق، ز. ۱۴۰۰. نقش پویایی لندفرم‌های ژئومورفیک در آمایش کلان‌شهر کرج، هشتمین همایش ملی انجمن ژئومورفولوژی.
- رنجبرباروق، ز. ۱۴۰۰. تحولات کالبدی- فضایی کلان‌شهر کرج از گذشته تا به امروز با توجه لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی، هشتمین همایش ملی انجمن ژئومورفولوژی.
- رنجبرباروق، ز.، فتح اله زاده.م.، ۱۴۰۱. بررسی فرونشست زمین با استفاده از سری زمانی تصاویر راداری و ارتباط آن با تغییرات تراز آبهای زیرزمینی (مطالعه موردی: کلان شهر کرج)، فصلنامه پژوهش های ژئومورفولوژی کمی،دوره ۱۰، شماره۴،صص۱۵۵-۱۳۸

- راهداری، و.، ۱۳۹۶. روش‌های ارزیابی چند معیارهٔ تخصیص کاربری و ارائه مدل بهینه، مطالعهٔ موردی: زیرحوضهٔ پلاسجان. گروه محیط زیست، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- سرور، ر.، ۱۳۸۵، جغرافیای کاربردی و آمایش سرزمین، چاپ دوم، انتشارات سمت، تهران.
- شهماری‌اردجانی، ر.،۱۳۹۳. تهیه و ترسیم نقشه‌های ژئومورفولوژی غرب استان گیلان با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰(مطالعه موردی: محدوده آستارا–حویق)، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال۷، شماره۲۶، صص۳۸–۲۵.
- شمسی پور، ع.ا.، ۱۳۹۲، ارزیابی توان اکولوژیکی سرزمین در تعیین قابلیت زمین در حوزه شهری یاسوج با مدل اکولوژیک. فصلنامه مطالعات شهری(۵): ۷۲–۶۱.
- شناور، ب.،۱۳۹۱.کاربرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در ارزیابی توان سرزمین به منظور توسعه شهری در محیطی سیستم اطلاعات جغرافیایی. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. ۲۷(۲) :۱۴۸–۱۲۹.
- شیدای کرکج، اسماعیل .۱۳۹۱.بررسی توان توسعه اکولوژیکی و آمایش حوضه آبخیز قوری چای استان گلستان با روش کیفی قیاسی. نشریه حفاظت و بهره برداری از منابع طبیعی ۴ : ۱۲۹–۱۱۷.
- صمدزاده، رسول. ۱۳۸۹. نگرشی نو بر تحول ژئومورفولوژیک چاله‌ی زمین ساختی اردبیل با رویکرد آمایش سرزمین، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی ۱: ۱۳۰–۱۰۵۴.
- قنواتی، ع.، بهشتی جاوید، ا.،۱۳۹۲، روش‌ها و تکنیک‌های جدید ترسیم نقشه‌های ژئومورفولوژی، چاپ اول،انتشارات جهاد دانشگاهی خوارزمی، تهران.
- قنواتی، ع.، رنجبرباروق، ز.، احمدآبادی، ع.، کمانرودی کجوری، م.،(۱۳۹۸)، مروری بر مدل‌های آمایش سرزمین با تأکید بر کارآیی مدل ژئومورفولوژیکی در ایران، فصلنامه علمی پژوهشی و بین المللی انجمن جغرافیای ایران، شماره۶۰ ، صص۱۲۰–۱۰۴.
- قربانی، ر.۱۳۹۲. تحلیل تناسب اراضی برای توسعه شهری در محدوده مجموعه‌ی شهری تبریز با استفاده از روش تحلیل فرایند سلسله مراتبی. جغرافیا و آمایش شهری–منطقه‌ای۸: ۱۴–۱.
- قرخلو، م.۱۳۸۸. ارزیابی توان اکولوژیک منطقه قزوین جهت تعیین نقاط بالقوه توسعه شهری. مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای۱۶(۲) :۶۸–۵۱.
- کریمی، م.،۱۳۸۸.مدل‌سازی توان اکولوژیکی سرزمین با استفاده از منطق فازی(مطالعه موردی: شهرستان برخوار و میمه). سنجش از دور و GIS ایران۱۲(۱): ۳۸–۱۷.
- مخدوم، م.، ۱۳۹۲. شالوده آمایش سرزمین، چاپ چهاردهم، انتشارات دانشگاه تهران.
- مقصودی،م.، محمدنژاد آروق، و.، ۱۳۹۱. ژئومورفولوژی مخروط‌افکنه‌ها، انتشارات دانشگاه تهران.
- میردیلمی، ز . ۱۳۹۰.آمایش حوضه آبخیز کچیک براساس مدل سیستمی رایج در آمایش سرزمین به روش دو ترکیبی. ۳: ۷۵–۶۵.
- میرکتولی، ج.۱۳۹۰، ارزیابی توان اکولوژیکی توان توسعه شهری با مدل تصمیم‌گیری چندمعیاری .MCDMپژوهش‌های جغرافیای انسانی۷۷: ۸۸–۷۵.
- مسعودی، م . ۱۳۹۵.تحلیلی بر آمایش سرزمین شهرستان مرودشت با رویکرد اصلاح روش کمی در نرم افزار GIS. فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای ۲۲: ۷۰–۶۱.
- نگارش، ح.، ۱۳۸۲. کاربرد ژئومورفولوژی در مکان‌گزینی شهرها و پیامدهای آن. مجله جغرافیا و توسعه: ۱۵۰–۱۳۳.
- *Abbasi, M. (2016). Changes in runoff, Soil and nutrient loss in different vegetation cover type in Loess lands (Case study: Kechik watershed, Golestan province). Journal of Water and Soil Conservation, 23(3), pp. 91-109 (in Persian).*
- *Adhami, A., & Akbarzadeh, E. (2011). A Study on the Effective cultural factors involving in protection of the environment in Tehran. Sociological Studies of Youth Journal, 1(1), pp. 113-140 (in Persian).*

- *Ahmadi Dastjerdi, M., Jahani, A., Rezaee, H., & Goshtasb, H. (2018). Habitat suitability modelling of wild Goat (Capra Aegagrus) In Ghamishloo National Park Using Artificial Neural Networks. Animal Environment, 10(3), pp. 29-38 (in Persian).*
- *Akbari, N., Niksokhan, M., & Ardestani, M. (2014). Optimization of Water Allocation using Cooperative Game Theory Case Study: Zayandehrud Basin. Journal of Environmental Studies, 40(4), pp. 875-889 (in Persian).*
- *Asaeda, T., Manatunge, J., Priyadarshana, T. & Park, B. K. (2009). Oceans and Aquatic Ecosystems, chapter: Problems, restoration, and conservation of lakes and rivers.*
- *Askarian, A. (2018). Developing a framework for evaluating and modeling the impacts of land management on agricultural changes. Ph.D. Disertation, Isfahan University of Technology, Iran (in Persian).*
- *Babaoghly, M. (2013). An Overview of the environmental crisis in iran around air pollution and water resources destruction. Economic Journal (Quarterly Review of Economic Issues and Policies), 5, pp. 59-79 (in Persian).*
- *Bagheri, A., Ghorbani, R., Banayan Aval, M., & Schaffner, U. (2014). Effect of different levels of environmental protection on plant species diversity. Agricultural ecology, 6(1), pp. 60-69 (in Persian).*
- *Barati, B., Jahani, A., Zebardast, L., & Rayegani, B. (2017). Integration assessment of the protected areas using landscape ecological approach (Case Study: Kolah Ghazy National Park and Wildlife Refuge). Town and Country Planning, 9(1), pp. 153-168 (in Persian).*
- *Basso, F., Bove, E., Dumontet, S., Ferrara, A., Pisante, M., Quaranta, G. & Taberner, M. (2000). Evaluating environmental sensitivity at the basin scale through the use of geographic information systems and remotely sensed data: an example covering the Agri basin (Southern Italy). Catena, 40(1), pp. 19-35.*
- *Bedisar, S. N., & Ahmadi, S. M. S. (2016). The importance and necessity of environmental protection of rivers. Second Conference on Environmental Science, Engineering and Technologies, Tehran (in Persian).*
- *Collins, M. G., Steiner, F. R., & Rushman, M. J. (2001). Land-use suitability analysis in the United States: historical development and promising technological achievements. Environmental Management, 28(5), pp. 611-621.*
- *Dasmann, R, F. (1984). Environmental conservation. 5 th ed,. New York Wiley and Sons.*
- *Dragićević, S., & Hatch, K. (2018). Urban geosimulations with the Logic Scoring of Preference method for agent-based decision-making. Habitat International, 72, pp. 3- 17.*
- *Dujmovic, J. J., De Tré, G., & Dragicevic, S. (2009). Comparison of multicriteria methods for land-use suitability assessment. Proceedings of the Joint 2009 International Fuzzy Systems Association World Congress and 2009 European Society of Fuzzy Logic and Technology Conference, Lisbon, Portugal, pp. 1404-1409.*
- *Dujmović, J. J., & Scheer, D. (2010). Logic aggregation of suitability maps. International Conference on Fuzzy Systems, Barcelona.*
- *Dujmović, J. J., De Tré, G., & Van de Weghe, N. (2008). Suitability Maps Based on the LSP Method. In Torra, V., Narukawa, Y. (eds.) MDAI 2008. LNCS (LNAI), vol. 5285, pp. 15–25. Springer, Heidelberg.*
- *Dujmović, J., & De Tre, G. (2011). Multicriteria methods and logic aggregation in suitability maps. International Journal of Intelligent Systems 26(10). pp. 971–1001.*
- *Dujmović, J. J., & Bai, H. (2006). Evaluation and comparison of search engines using the LSP Method. Computer Science and Information Systems 3(2). 3, pp. 31–56.*
- *Dujmović, J. (2007). Preference logic for system evaluation. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 15(6), pp. 1082–1099.*

- *Dujmović, J. J., & Fang, W. Y. (2004). An empirical analysis of assessment errors for weights and andness in LSP Criteria. In: Torra, V., Narukawa, Y. (eds.) MDAI 2004. LNCS (LNAI), 3131, pp. 139–150.*
- *Dujmović, J. J., & De Tre, G. (2009). Dragićević, S.: comparison of multicriteria methods for landuse suitability assessment. In: European Soc Fuzzy Logic & Technology, Linz.*
- *Ebrahimzadeh, E. (2010). Land use and Environmental Planning in Southeast of Iran. Tehran: Atelaat Institute (in Persian).*
- *Emamgholi, M., Shahedi, K., Farhodi, M., & Khosravi, K. (2014). Study on land-use changes using GIS and RS techniques and economic evaluation compared to soil loss changes. Case study: Azad dam watershed. Natural Ecosystems of Iran, 5(3), pp. 15-28 (in Persian).*
- *Farashidi, A., & Shariati, M. (2013). Zoning Kolah'ghazy National Park using multi-criteria assessment methods. Natural Environment, 57, pp. 75-84 (in Persian).*
- *Fazeli, M., & Salehi, S. (2013). The gap between attitude, knowledge and environmental behavior of tourists. Tourism Management Studies, 8(22), pp. 142-168 (in Persian).*
- *Georges, T. (2001). Cultural development and environment, Tehran: Center for Recognition of Islam and Iran (Open).Translated (in Persian).*
- *Hajizadeh, M., Sayarkhalaj, H., & Shokohifar, K. (2015). Cultural and environmental factors among residents in Yazd. Journal of Socio-Cultural Development Studies, 3(3), pp. 9-32 (in Persian).*
- *Hatch, K., Dragićević, S., & Dujmović, J. (2014). September. Logic scoring of preference and spatial multicriteria evaluation for urban residential land use analysis. In International Conference on Geographic Information Science (64-80). Springer, Cham.*
- *Laurance, W., Alonso. M., & Campbell, P. (2005).Challenges for forest conservation in Gabon, Central Africa. Futures, 38, pp. 454-474.*
- *Iranmehr, M., Pourmanafi, S., & Soffianian, A. (2015). Ecological monitoring and assessment of spatial-temporal changes in land cover with an emphasis on agricultural water consumption in zayandeh rood region. Iranian journal of Ecohydrology, 2(1), pp. 23-38 (in Persian).*
- *Jafari, A., Yavari, A., Yarali, N., & Valipour, G. (2010). Representativeness assessment of protected areas network emphasizing plant diversity in Charmahal & Bakhtiari, Iran. Journal of Environmental Studies, 36(54), pp. 77-88 (in Persian).*
- *Jiang, H., & Eastman, J. R. (2000). Application of fuzzy measures in multi-criteria evaluation in GIS. International Journal of Geographical Information Science, 14(2), pp. 173–184.*
- *Jankowski, P., Nyerges, T. L., Smith, A., Moore, T. J., & Horvath, E. (1997). Spatial group choice: a SDSS tool for collaborative spatial decisionmaking. International Journal of Geographical Information Science, 11(6), pp. 577–602.*
- *Kabeli, M., Karami, M., Behrouz, R., Bani Asadi, S., & Karimi, S. (2009). A survey on factors affecting avifaunal distribution and abundance at Kolah Ghazi national park and mouteh wildife refuge, esfahan province. Journal of Environmental Science and Technology, 11(1), pp. 121-130 (in Persian).*
- *Khawaja al-Din, S, J. (2001). Botanical, kolah ghazy National Park, and Mouteh Wildlife Refuge. Isfahan University of Technology (in Persian).*
- *Kheikhah Zarkesh, M.m., Almasi, N., Taghizadeh, F., (2011), Ecotourism Land Capability Evaluation Using Spatial Multi Criteria Evaluation ,Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology V3 n(7) p: 693-700.*
- *Makhdoum, M. (2006). The foundation of land planning. Tehran: University of Tehran (in Persian).*

- *Madadi, H., Moradi, H., Fakheran, S., Jokar, M., & Makki, T. (2014). Modeling the propagation of noise pollution from Isfahan's West ringway in ghamishloo wildlife refuge using SPreAD-GIS. Iranian Journal of Applied Ecology, 3(9), pp. 43-56 (in Persian).*
- *Malczewski, J. (1999). GIS and multicriteria decision analysis. New York: John Wiley & Sons.*
- *Malczewski, J., & Rinner, C. (2015). Multicriteria decision analysis in geographic information science. New York: Springer.*
- *Montgomery, B., Dragićević, S., Dujmović, J., & Schmidt, M. (2016). A GIS-based Logic Scoring of Preference method for evaluation of land capability and suitability for agriculture. Computers & Electronics in Agriculture, 124, pp. 340-353.*
- *Montgomery, B., & Dragićević, S. (2016). Comparison of GIS-based Logic Scoring of preference and multicriteria evaluation methods: urban land use suitability. Geographical Analysis. 48 (4), pp 427-447.*
- *Shen, S., Dragićević, S., & Dujmović, J.(2021). GIS-based Logic Scoring of Preference method for urban densification suitability analysis, Computers, Environment and Urban Systems.*
- *Towfiqul Islam1, A. R. M. (2015) . Geomorphological and Land Use Mapping: A Case Study of Ishwardi Under Pabna District, Bangladesh, Advances in Research 4(6): 378-387.*
- *Yu, J., Chen, Y., Wu, J., & Khan, S. (2011). Cellular automata-based spatial multi-criteria land suitability simulation for irrigated agriculture. International Journal of Geographical Information Science, 25(1), pp. 131–148.*