

کاربرد مدل‌های RS-GIS در بهینه‌سازی گسترش شهری با تأکید بر حفظ محیط‌زیست (نمونه موردی: شهر همدان)

احمد رومیانی (دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران، نویسنده مسئول)

aromyani@gmail.com

حیدر صالحی میشانی (دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران)

salehimishani@yahoo.com

لیلا وثوقی راد (دانشجوی دکتری مخاطرات آب‌وهواشناسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران)

L_vosough@yahoo.com

بهمن قادری (دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران)

صمد امرانی (کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه آزاد ملایر، ملایر، ایران)

صص ۶۶ - ۵۱

چکیده

اهداف: هدف از این پژوهش، بررسی بهینه‌سازی گسترش شهر همدان در جهت حفظ محیط‌زیست است. بنابراین برنامه‌ریزی برای بهترین مکان‌ها جهت توسعه فیزیکی گسترش شهر که کمترین آسیب‌ها را به کاربری‌های کشاورزی و محیط‌زیست ایجاد کند، در زمره اهداف این تحقیق است.

روش: نوع تحقیق کاربردی و روش مورد استفاده توصیفی - تحلیلی است. برای بررسی بهینه‌سازی گسترش اندازه‌گیری‌های فضایی شهر از تکنیک‌های نوین سنجش از دور استفاده شده و تغییرات کاربری اراضی شهر بین سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۱، در نظر گرفته شده است.

یافته‌ها / نتایج: بررسی‌ها نشان‌دهنده کاهش شدید اراضی کشاورزی و باغات در نتیجه تبدیل آنها به اراضی ساخته شده است. بنابراین با استفاده از مدل AHP، مشخصات اراضی براساس نیازهای توسعه شهری به پنج طبقه، از کاملاً مناسب تا کاملاً نامناسب تقسیم شدند تا گسترش آتی شهر، تنها در اراضی بایر و فاقد پوشش گیاهی که دارای شرایط مناسب جهت توسعه فیزیکی شهر هستند، صورت گرفته است.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از ارزیابی تصاویر ماهواره‌ای نشان داد که بیشترین افزایش سطوح کاربری در منطقه شهری همدان طی سال‌های مذکور، صورت گرفته است. بنابراین زمین‌های کشاورزی به همراه باغات منطقه بیشترین کاهش‌ها را نشان دادند. حال اگر این روند گسترش کالبدی شهر ادامه پیدا کند تا سال ۲۰۲۵، مساحتی معادل ۷۲۰/۶۳ هکتار زمین کشاورزی و پوشش گیاهی تخریب خواهد شد. بنابراین بهترین مکان برای گسترش آتی شهر همدان بیشتر در مناطق شمال غربی و شرق شهر واقع شده‌اند.

کلیدواژه‌ها: بهینه‌سازی گسترش شهری، شهر همدان، سیستم اطلاعات جغرافیایی، سنجش از دور

۱. مقدمه

شهرها بعد از انقلاب صنعتی با رشدی شتابان در حال گسترش و توسعه هستند، به طوری که در حال حاضر فرایند توسعه شهرها یکی از مهم‌ترین موضوعات پیش‌روی پژوهشگران مسائل شهری است. افزون بر میزان رشد شهرها، چگونگی تغییرات کاربری‌ها در سطح کلان، موجب بروز مشکلاتی، از جمله: تراکم ترافیک، آلودگی محیط‌زیست، کاهش فضای باز و برنامه‌ریزی نشده توسعه زمین شده است (سو یونگ^۱، ۲۰۱۱، صص. ۱۳۵-۱۵۱). این روند طی دهه‌های اخیر، خصوصاً در کشورهای در حال توسعه و توسعه‌نیافته، سبب در حاشیه قرار گرفتن روستاها، افزایش نرخ رشد جمعیت و مهاجرت بخش زیادی از جمعیت روستایی به سمت مراکز شهری شده و مسائل بسیاری بر دوش این دسته از کشورها گذاشته است (شیعه، ۱۳۷۷، ص. ۶۵). این امر علاوه بر تغییر در الگوهای کاربری اراضی، اثرات وسیعی روی جامعه، اقتصاد ناحیه‌ای، محلی و محیط زیست گذاشته است (جوهری^۲، ۲۰۰۶، صص. ۱۷۷-۱۸۷). از سوی دیگر با توجه به رشد جمعیت و گسترش شهرها در جهان، انتظار می‌رود که حدود ۶۰ درصد از جمعیت جهان تا سال ۲۰۳۰ در مناطق شهری زندگی کنند که ۹۰ درصد آن در کشورهای در حال توسعه است (کای، چون‌فنگ، جیانگ، لایگین، و چانگ^۳، ۲۰۱۲، ص. ۱). بنابراین رشد شهرها در چند سال آتی نیز گریزناپذیر است. یکی از

1. Soyoung

2. Javaheri

3. Kai, Chunfang, Jing, Ligin & Chonget

راهکارهایی که می‌توان از مشکلات ذکر شده بکاهد و نقش مؤثری در رشد و توسعه شهری کشورهای توسعه‌یافته به دنبال داشته باشد، به‌کارگیری تجزیه و تحلیل فرایند توسعه شهری و استفاده از استراتژی‌های مدیریت مناسب با سازگاری محیط‌زیست شهری است (فنگ، جرج، جرتنرا، سان، و آندرسون^۱، ۲۰۰۵، ص. ۲۹۴). به عبارت دیگر، یکی از این راه‌حل‌ها برای حفظ محیط‌زیست، مکان‌یابی بهینه توسعه شهری است (ژئو^۲، ۲۰۱۰، ص. ۲۴۶). نظارت بر تغییرات شهری مستلزم در نظر گرفتن دو نقطه کلیدی: ۱- تغییرات براساس شرح و تجزیه و تحلیل توزیع فضایی و ویژگی‌های ساختاری استفاده از زمین شهری ۲- مدل‌سازی و پیش‌بینی تغییر فضا، زمان و تبدیل آن به مسائل مهم است (دنگ، وند، هنگ، و کیو^۳، ۲۰۰۹، ص. ۱۸۹). پیشرفت‌های اخیر در زمینه سنجش از دور، GIS، تکنیک‌های فضازمینی و پیشرفت در رشته‌هایی مانند چشم‌انداز اکولوژی در کمیّت، نظارت، مدل‌سازی و پیش‌بینی توسعه شهری، تأثیر شگرفی در مدیریت گسترش فیزیکی شهر از یک‌سو و حفظ منابع زیست‌محیطی از سوی دیگر ایجاد کرده است (فام، یاماچی، و بوآی^۴، ۲۰۱۱، صص. ۲۲۳-۲۳۰). به طوری که با استفاده از داده‌های سنجش از راه دور می‌توان به درک نحوه تغییر الگوهای شهری، مدل‌سازی توسعه و تغییرات فرایندهای شهری و تهیه نقشه‌های توسعه کالبدی شهر پرداخت و نقشه پوشش ارضی را در ارتباط با آن تحلیل کرد (پنگ، ونگ، زانگ، وو، لی، و یولی^۵، ۲۰۱۰، ص. ۲۲۰). توسعه فیزیکی و رشد شهرهای ایران تا چند دهه پیش، هماهنگ و متناسب با نیازهای جامعه شهری و منابع محیطی بوده است، اما شهرها (به‌ویژه شهرهای بزرگ) با بروز تحولات جدید، به سرعت تغییرات و دگرگونی‌هایی را پذیرا شدند. این دگرگونی‌ها به شکل رشد سریع جمعیت و گسترش فیزیکی شتاب‌آمیز شهرها و نیز به صورت نامتعادل و ناهماهنگ با محیط‌زیست درآمده است.

۲. پیشینه تحقیق

اگرچه در زمینه استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در تهیه نقشه تغییرات کاربری اراضی مطالعات نسبتاً زیادی صورت گرفته است، اما تلفیق این روند با مکان‌گزینی بهینه گسترش

1. Fang , Georg, Gertnera, Sun, & Andersonc
2. Zhao
3. Deng ,Vand, Hong & Qi
4. Pham, Yamaguchi & Bui
5. Peng, Wang, Zhang, Wu, Li & You Li

آتی با در نظر داشتن ملاحظات زیست‌محیطی، کار نوینی است که در این تحقیق ارائه می‌گردد. از جمله پژوهش‌های انجام شده می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

یوسف^۱ و پارادهان (۲۰۱۱) با به‌کارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور، به ارزیابی تناسب توسعه شهری و رتبه‌بندی منطقه براساس شرایط زیست‌محیطی، زمین‌شناسی و ژئوتکتونیک در سواحل مصر پرداختند. پارک^۲، جانگ، کیم و چویا (۲۰۱۱) در مقاله‌ای به پیش‌بینی و مقایسه رشد شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور پرداختند. آنها به این منظور از رگرسیون لجستیک، شبکه عصبی مصنوعی و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده کردند. ابراهیم‌زاده و رفیعی (۱۳۸۸) در مقاله‌ای با عنوان «مکان‌یابی بهینه جهات گسترش شهری با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی» با در نظر گرفتن شاخص‌های طبیعی و انسانی، از قبیل جهت شیب، قابلیت اراضی، اراضی سیلاب‌خیز، گسل، صنایع و نیز با به‌کارگیری توابع سیستم اطلاعات جغرافیایی جهات مناسب گسترش برای شهر مرودشت را مشخص کردند. احدنژاد، زلفی، و شکری‌پور دیزج (۱۳۹۰) گسترش فیزیکی شهر اردبیل را با استفاده از تصاویر چندزمانه و سیستم اطلاعات جغرافیایی ارزیابی کردند. آنها همچنین با استفاده از مدل CA-MARCOV به پیش‌بینی این تغییرات تا سال ۱۴۰۰ پرداختند.

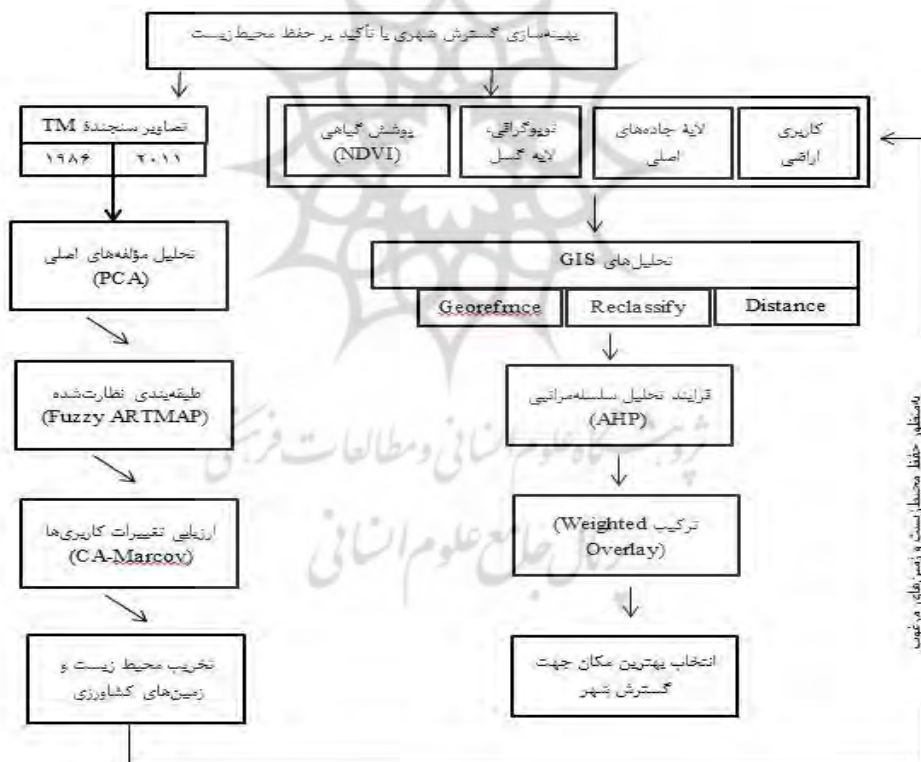
۳. روش‌شناسی پژوهش

۳.۱. روش تحقیق

هدف اصلی از این مطالعه، ارزیابی گسترش شهر همدان در طی سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۱ و پیش‌بینی چگونگی گسترش آن تا سال ۲۰۲۵ به منظور ارائه الگویی مناسب برای مکان‌یابی بهترین جهات گسترش شهر است. برای دستیابی به این مهم، از داده‌های سنجش از دور^۳، سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل سلسله‌مراتبی^۴ استفاده شده است. منبع اصلی داده‌های سنجش از دور، تصاویر ماهواره‌اندست در سال ۱۹۸۶ و ۲۰۱۱ بوده است که پس از اعمال تصحیحات رادیومتر و هندسی مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به اهداف این تحقیق، ابتدا

1. Youssef & Pradhan
2. Park, Jeonb, Kimc & Choia
3. Remote Sensing (RS)
4. Analytical Hierarchy process

نقشه کاربری زمین در دوره زمانی مورد مطالعه، با استفاده از مدل FUZZY ARTMAP تهیه شد که برای ارزیابی دقت این طبقه‌بندی، از تصاویر گوگل ارس^۱ که دارای کیفیتی در حد نیم متر است، استفاده گردید. سپس تغییرات کاربری‌ها در طی مدت مورد مطالعه با استفاده از مدل LCM^۲ محاسبه شد و براساس تغییرات کاربری‌ها در این بازه، روند این تغییرات تا سال ۲۰۲۵ با استفاده از مدل CA-MARCOV مشخص گردید. در گام بعدی به منظور مکان‌گزینی بهینه روند گسترش شهر، شاخص‌های مناسب انتخاب شدند و هریک از آنها با توجه به هدف مورد نظر و با عنایت به نظر کارشناسان در مدل تحلیل سلسله مراتبی ارزیابی و ارزش‌گذاری شدند. در نهایت هرکدام از لایه‌ها با در نظر داشتن وزن نسبی آنها به کمک تابع Weighted Overlay با هم ترکیب شده و نقشه نهایی حاصل گردید.



شکل ۱- مدل مفهومی تحقیق

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳

1. Google earth
2. Land Change Modeler

۲.۳. تکنیک‌های تحقیق

۱.۲.۳ شاخص NDVI

در این روش با انجام عملیات جبری بین باندها می‌توان اطلاعات خاصی را استخراج کرد. یکی از مهم‌ترین عملیاتی که به این روش انجام می‌شود، استفاده از اندیس‌های مختلف جهت استخراج پوشش‌های گیاهی از تصویر است. یکی از معروف‌ترین این شاخص‌ها، شاخص تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی^۱ است که با انجام عملیاتی مطابق ذیل می‌توان عوارض پوشش گیاهی را نسبت به دیگر عوارض مشخص کرد (نوروزی اقدم، بهبهانی، رحیمی خوب، و عقیقی، ۱۳۸۷، ص. ۱۲۷).

$$\frac{NIR - R}{NIR + R}$$

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

تصاویر مورد استفاده برای تهیه شاخص تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی مربوط به داده‌های سنجنده TM است که در این مورد، از داده‌های مربوط به باندهای مادون قرمز و قرمز که با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر بوده، استفاده شده است. تاریخ تصاویر مربوط به سال ۱۳۹۰ است. در تصاویر TM باند NIR یا مادون قرمز نزدیک، مربوط به باند چهارم این سنجنده است و باند R مربوط به باند قرمز بوده که در سنجنده TM باند دوم می‌باشد. با علم به اینکه دامنه اعداد حاصل از شاخص مورد نظر بین -۱ تا +۱ است، در این مورد بعد از تهیه شاخص با طبقه‌بندی مجدد تصویر پوشش گیاهی از غیر پوشش گیاهی تفکیک شده و بدین ترتیب نقشه نهایی پوشش گیاهی برای منطقه مورد نظر ایجاد گردید. با توجه به اینکه تصاویر سنجنده TM در مقایسه با تصاویر دیگر سنجنده‌های ماهواره لندست، از تفکیک مکانی و طیفی خوبی برخوردار است، بنابراین نتایج به دست آمده به خوبی در تشخیص پوشش گیاهی می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد و حتی فضاها و مناطقی که حداقل ۹۰۰ متر مربع وسعت داشته باشند، می‌توانند در این نوع تصاویر به دقت شناسایی شوند.

۲.۲.۳ مدل AHP

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی^۲ یکی از کارآمدترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمنظوره است و برای وضعیت‌های پیچیده که سنج‌های چندگانه و متضاد دارند، ابزار تصمیم‌گیری

1. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

2. Analytical Hierarchy process

نرمش‌پذیر و درعین حال قوی به‌شمار می‌رود. این مدل اولین بار توسط توماس ال‌ساعتی در ۱۹۸۰ مطرح شد (قدسی‌پور، ۱۳۸۱، ص. ۱۸). ساختار مدل AHP براساس مقایسه‌های زوجی بنا نهاده شده و امکان بررسی سناریوهای مختلف را به مدیران می‌دهد (تیموری، روستایی، زمانی، و احدنژاد، ۱۳۸۹، ص. ۱۶۲). به‌طورکلی این روش شامل سه گام است که به شرح زیر بیان می‌شوند:

مرحله اول: شامل آماده‌سازی داده‌ها و تشکیل ماتریس دوتایی است که این کار با در نظر گرفتن مقیاس ۹ کمیتی توماس ال‌ساعتی^۱ - که براساس اهمیت معیارها از ۱ تا ۹ وزن می‌گیرند - انجام می‌شود. مرحله دوم: محاسبه وزن نهایی معیارها است که برای این کار، اعداد هرکدام از ستون‌ها و ردیف‌ها در هم ضرب می‌شوند و سپس حاصل ضرب وزن‌ها را به توان ۱ N رسانده و در نهایت برای محاسبه وزن نهایی معیارها، وزن‌های نرمال‌نشده هر ردیف به مجموع کل وزن‌های نرمال‌نشده تقسیم می‌شود که مجموع کل وزن‌های نهایی باید برابر با ۱ باشد (زبردست، ۱۳۸۰، ص. ۳۶). مرحله سوم: به‌دست آوردن نسبت توافق که خود دارای چهار مرحله است:

محاسبه AW: برای تعیین مقدار بردار باید هرکدام از وزن‌ها به مقدار وزن معیار ضرب شوند.

$$L = \frac{1}{N} \left[\sum_{i=1}^N \left(\frac{AW_i}{WT_i} \right) \right]$$

محاسبه بردار توافق

$$Ci = \frac{L-n}{n-1}$$

محاسبه شاخص سازگاری

$$CR = \frac{Ci}{Ri}$$

محاسبه ضریب سازگاری

همچنین در این تکنیک مقدار ضریب سازگاری باید کمتر از ۰/۱ باشد. در غیر این صورت

نشان‌دهنده عدم دقت و عدم کارشناسی صحیح در دادن وزن معیارها است.

۳.۲.۳. تحلیل مؤلفه‌های اصلی

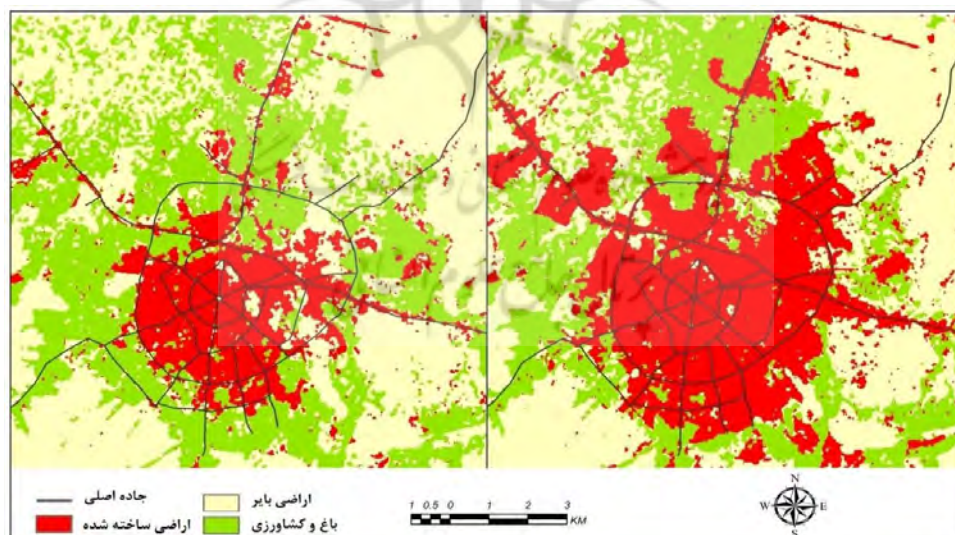
تحلیل مؤلفه‌های اصلی یا تبدیل PCA از جمله فرایندهای بازسازی اطلاعات است که طی آن همبستگی موجود بین باندهای مختلف حذف و مجموعه‌های جدیدی از مؤلفه‌های تصویری تولید می‌شود (بویین^۲، ۱۹۹۴، صص. ۱۷-۲۶). مهم‌ترین فواید مؤلفه‌های اصلی،

1. Thomas L. Saaty
2. Beaubien

جمع‌آوری و مترکم ساختن اطلاعات پدیده‌های موجود در باندهای مختلف در تعداد باند یا مؤلفه‌های کمتر است (علوی‌پناه، ۱۳۸۲، ص. ۸۴).

۴. یافته‌های تحقیق

بیشتر شهرهای ایران در مراحل اولیه شکل‌گیری، با هدف استفاده از خاک‌های مرغوب به منظور زراعت، در میان اراضی زراعی استقرار یافته‌اند و به مرور زمان همراه با گسترش روستاها و تبدیل آنها به شهر و سپس توسعه شهرها، اراضی مرغوب زیر پیکر شهرها مدفون شده و فعالیت‌های زراعی ناگزیر به سمت اراضی نامرغوب عقب‌نشسته است. در نتیجه مشکلات فراوانی همزمان با گسترش مادرشهر در این مناطق به وجود می‌آید (سلطانی، ۱۳۷۱، ص. ۱۹). شهر همدان نیز از این امر مستثنی نبوده است. به نحوی که براساس شواهد موجود، این شهر در چند سال اخیر شاهد مهاجرت بسیاری از روستاییان بوده است که این امر موجب پراکندگی هرچه بیشتر شهر در اراضی بلافاصل شده است. بنابراین برای محاسبه میزان و چگونگی گسترش شهر همدان، تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست^۱ در دو مقطع زمانی ۱۹۸۶ و ۲۰۱۱ انتخاب و تجزیه و تحلیل شدند.



شکل ۲- کاربری اراضی منطقه شهری همدان در طی سالهای ۱۹۸۶-۲۰۱۱

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳

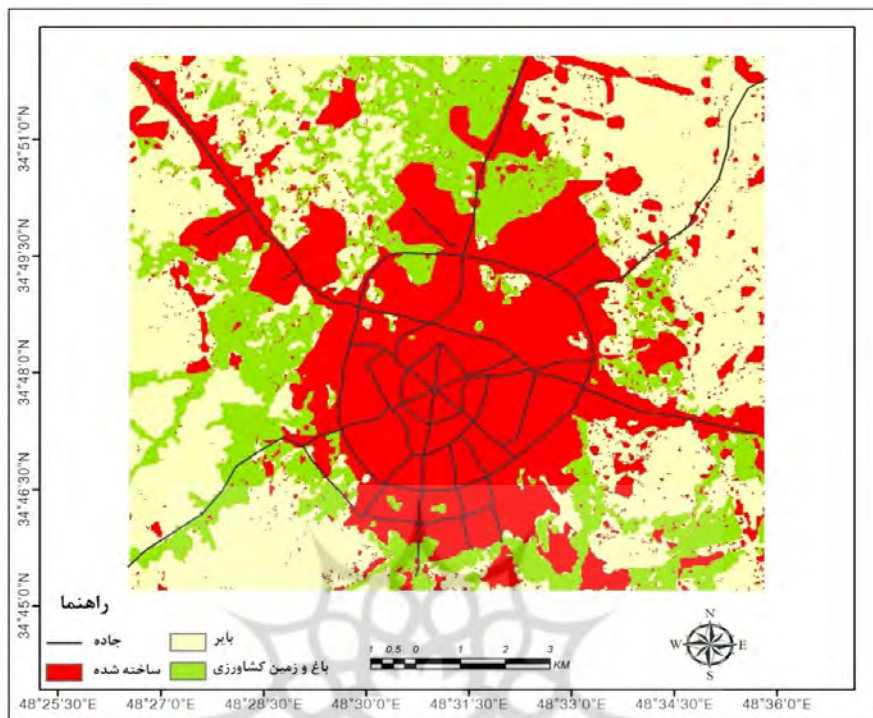
جدول ۱- میزان تغییرات کاربری‌های شهر همدان طی سال‌های ۱۹۸۶-۲۰۱۱

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳

مجموع (۱۹۸۶)	زمین بایر	باغ و کشاورزی	ساخته شده	
۲۵۳۰/۸	۰	۰	۲۵۳۰/۸	ساخته شده
۶۳۲۷/۲۷	۱۷۷۰/۴۸	۳۳۳۳/۱۵	۱۲۲۳/۶۴	باغ و کشاورزی
۹۱۵۳/۴۵	۶۳۴۹/۵	۱۱۲۰/۰۵	۱۶۸۳/۹	زمین بایر
۱۸۰۱۱/۵۲	۸۱۱۹/۹۸	۴۴۵۳/۲	۵۴۳۸/۳۴	مجموع (۲۰۱۱)

بر اساس نتایج به دست آمده از جدول (۱) بیشترین افزایش سطوح کاربری در منطقه شهری همدان طی سال‌های مذکور، مربوط به کاربری ساخته شده، با رشدی ۲۹۰۷/۵۴ هکتار معادل ۱۱۴/۸۸ درصدی است. در واقع شهر همدان مانند بیشتر شهرهای ایران طی سه دهه گذشته رشد فیزیکی خیره‌کننده‌ای داشته است. اما آنچه بحران‌زا به نظر می‌رسد، کاهش ۱۸۷۴/۰۷ هکتاری زمین‌های کشاورزی به همراه باغات منطقه است که در این روند بیشترین کاهش را نشان می‌دهند. بنابراین می‌توان بیان داشت که در جریان توسعه فیزیکی شهر همدان در ۲۵ سال اخیر، هرگز ملاحظات زیست‌محیطی مد نظر نبوده است و رشد فیزیکی شهر همواره موجب تخریب آن شده است. این در حالی است که شهر همدان با داشتن زمین‌های بسیار مرغوب یکی از قطب‌های کشاورزی کشور محسوب می‌شود. بنابراین اگر این روند ادامه داشته باشد، می‌توان انتظار داشت که در سال‌های آتی شهر همدان با مشکلاتی جدی در زمینه کمبود زمین مرغوب، تخریب مراتع و کاهش پوشش گیاهی مواجه خواهد شد. برای درک بهتر مطلب با استفاده از مدل آماری مارکوف^۱ ابتدا احتمال تغییر کاربری‌ها محاسبه و سپس به کمک تابع سی‌ای مارکوف^۲ در نرم‌افزار ادریسی، روند تغییرات تا سال ۲۰۲۵ پیش‌بینی گردید (شکل ۳).

1. MARCOV
2. CA-MARCOV



شکل ۳- پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی تا سال ۲۰۲۵

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳

جدول ۲- میزان تغییرات کاربری اراضی تا سال ۲۰۲۵

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳

مجموع (۲۰۱۱)	زمین بایر	باغ و کشاورزی	ساخته شده	ساخته شده
۵۴۳۸/۳۴	.	.	۵۴۳۸/۳۴	ساخته شده
۴۴۵۳/۲	۲۴۱/۰۲	۳۷۲۸/۶۱	۴۸۳/۵۷	باغ و کشاورزی
۸۱۱۹/۹۸	۷۲۸۷/۷۵	۳/۹۶	۸۲۸/۲۷	زمین بایر
۱۸۰۱۱/۵۲	۷۵۲۸/۷۷	۳۷۳۲/۵۷	۶۷۵۰/۱۸	مجموع (۲۰۲۵)

نتایج به دست آمده از پیش‌بینی تغییرات تا سال ۲۰۲۵ (جدول ۲) نشان داد که با حفظ تمام شرایط، کاربری ساخته شده با رشدی ۲۴ درصدی، مساحتی برابر با ۶۷۵۰/۱۸ هکتاری پیدا خواهد کرد. همچنین باغات و زمین‌های کشاورزی با کاهش ۱۶ درصدی در سال ۲۰۲۵، تنها مساحتی معادل ۳۷۳۲/۵۷ هکتار خواهند داشت که چیزی شبیه به یک فاجعه شهری است. با درک این واقعیت که ایران دارای جمعیتی جوان است و با توجه به سیاست‌های جمعیتی

حاکم، انتظار توقف رشد شهرها محال به نظر می‌رسد. پس ناگزیر بهترین راهکار، انتخاب مکان‌های بهینه جهت گسترش آتی شهر است، تا ضمن حفظ منابع زیست‌محیطی و زمین‌های کشاورزی، شهر فضایی را برای توسعه داشته باشد. از این‌رو از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی که طبق مطالعات پیشین (وحیدنیا، آل شیخ، و علی‌محمدی، ۲۰۰۹، ص. ۳۰۴۸؛ لیائو^۲ و کوآ، ۲۰۱۰، ص. ۵۷۱) مدلی مناسب برای مکان‌یابی‌های چندمعیاره محسوب می‌شود، استفاده گردید. اولین گام در مکان‌یابی، انتخاب معیارهای مناسب است. معیارهای مکان‌یابی گسترش شهر در منابع مختلف متفاوت ذکر شده‌اند. بنابراین با انجام مطالعات لازم و نیز با در نظر داشتن شرایط محیطی منطقه مورد مطالعه، شاخص‌های مناسب انتخاب گردید و وزن نسبی هریک از آنها با توجه به نظر کارشناسان و تجربیات مؤلفان در این زمینه مشخص شد.

جدول ۳- معیارها و استانداردهای مورد استفاده برای مکان‌یابی اراضی ساخته شده

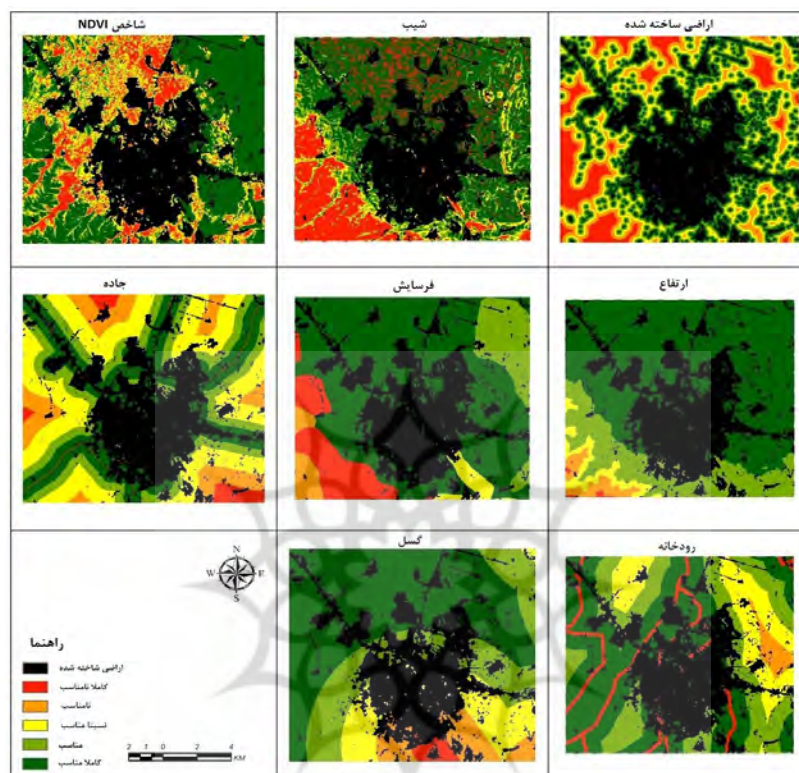
مأخذ: یوسف و پارادهان، ۲۰۱۱، ص. ۶۸؛ نگارندگان، ۱۳۹۳

۹	۷	۵	۳	۱	
-۱۰/۰۶	۰/۰۶-۰/۱	۰/۱-۰/۲	۰/۲-۰/۳	۰/۳-۰/۷	شاخص NDVI
۲-۵	۵-۸	۸-۱۲	۱۲-۱۵	۰-۲ و بیش از ۱۵	شیب به درصد
بیش	۵۰۰۰-۷۰۰۰	۲۰۰۰-۵۰۰۰	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۰-۱۰۰۰	فاصله از گسل
۱۰۰-۱۰۰۰	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۲۰۰۰-۳۰۰۰	۵۰۰۰-۳۰۰۰	۰-۱۰۰ و بیش از	فاصله از رودخانه
۵۰-۵۰۰	۵۰۰-۱۰۰۰	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۲۰۰۰-۳۰۰۰	۰-۵۰ و بیش از ۳۰۰۰	فاصله از جاده
۰-۱۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۲۰۰-۳۰۰	۳۰۰-۵۰۰	بیش از ۵۰۰	فاصله از اراضی ساخته شده
-۱۹۰۰	۱۹۰۰-۲۰۰۰	۲۰۰۰-۲۲۰۰	۲۲۰۰-۲۴۰۰	بیش از ۲۴۰۰	ارتفاع
خیلی کم	کم	نسبتاً کم	شدید	خیلی شدید	فرسایش

مجموع شاخص‌های بالا از چهار منبع اطلاعاتی، شامل لایه کاربری اراضی شهری، تصویر TM تابستان ۲۰۱۱، لایه DEM ماهواره استر و نقشه توپوگرافی و زمین‌شناسی استان استخراج شدند. سپس هریک از لایه‌های مورد نظر، بعد از استانداردسازی و GIS Ready کردن به کمک تابع‌های موجود در اکستنشن Spatial Analyst در نرم‌افزار ArcGIS و

1. Vahidnia, Alesheikh & Alimohammadi
2. Liao & Kao

بر اساس توابع تعریف شده در جدول (۳) تجزیه و تحلیل شدند و مناطق مطلوب مشخص گردید (شکل ۴).



شکل ۴- کاربری‌های مورد استفاده برای مکان‌یابی اراضی ساخته شده

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳

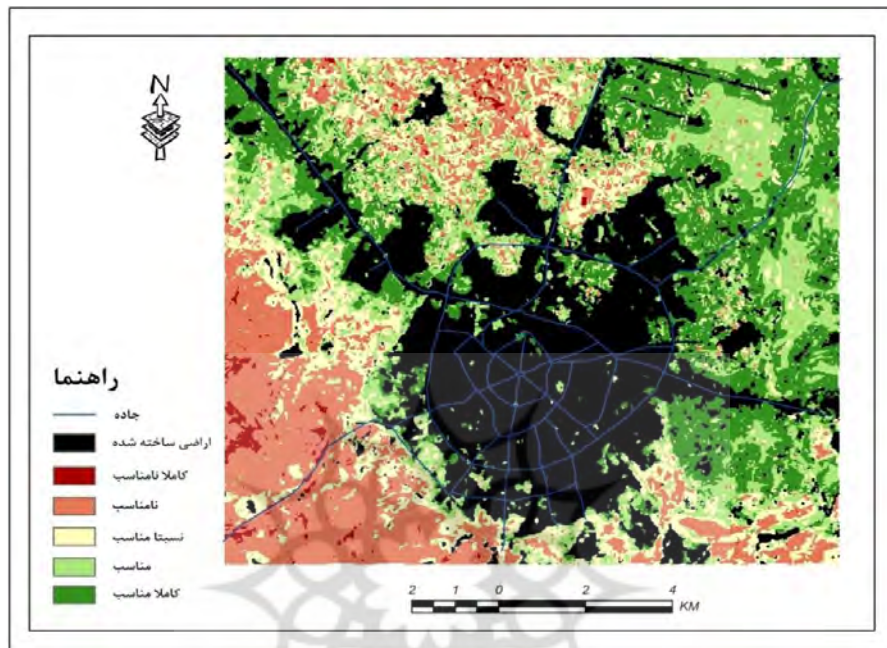
سپس با استفاده از مدل AHP، مقایسه‌ای بین معیارها در رابطه با هدف مورد نظر انجام شد تا اهمیت هر شاخص در مکان‌یابی مشخص گردد که با توجه به هدف این تحقیق، شاخص پوشش گیاهی با وزن ۰/۲۵ بیشترین اهمیت را به خود اختصاص داده است (جدول ۴).

جدول ۴- ضریب تأثیر سناریوهای مورد مطالعه با استفاده از مدل AHP

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳

نوع شاخص	شاخص NDVI	شیب	ساخته شده	جاده	فرسایش	ارتفاع	رودخانه	گسل
ضریب تأثیر	۰/۲۵	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۱۲	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۴
ضریب سازگاری	۰/۰۴							

سپس لایه‌های موجود با در نظر داشتن وزن نسبی با هم ترکیب شدند و مناطق مناسب مشخص گردید (شکل ۵).



شکل ۵- مناطق اولویت‌دار برای گسترش اراضی ساخته‌شده در محدوده شهری همدان

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳

جدول ۵- مساحت مناطق اولویت‌دار برای گسترش اراضی ساخته‌شده

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳

وزن نسبی	مساحت به هکتار	درصد
۱	۱۷۶/۲۹	۰/۹۸
۳	۳۲۶۷/۷	۱۸/۱۴
۵	۲۵۸۸/۵۹	۱۴/۳۷
۷	۳۸۸۰/۶	۲۱/۵۵
۹	۲۶۶۰	۱۴/۷۷
ساخته‌شده	۵۴۳۸/۳۴	۳۰/۱۹
مجموع	۱۸۰۱۱/۵۲	۱۰۰

با توجه به جدول (۵) می‌توان دید که از مساحت ۱۸۰۱۱/۵۲ هکتاری منطقه، ۸۰۹۸/۳۴ هکتار معادل ۱۴/۷۷ درصد از کل مساحت منطقه دارای وضعیتی کاملاً مناسب جهت گسترش فیزیکی شهر و ۱۷۶/۲۹ هکتار معادل ۰/۹۵ درصد دارای وضعیتی کاملاً ناسازگار است.

همچنین می‌توان دید که اراضی کاملاً مناسب، عموماً در فاصله نزدیک از شهر و در اراضی بایر قرار گرفته‌اند تا ضمن حفظ محیط‌زیست شهری، به‌عنوان مهم‌ترین هدف پژوهش حاضر، صرفه اقتصادی نیز رعایت شود.

۵. نتیجه‌گیری

زمین اصلی‌ترین عنصر در توسعه شهری است. از این‌رو کنترل نحوه استفاده از آن و همچنین محاسبه نیاز واقعی شهر به زمین، به‌منظور تأمین کاربری‌های مختلف در زمان حال و تعمیم و تطبیق ارقام و کمیت‌های به‌دست‌آمده به آینده در حل مشکل زمین و مسکن و رشد مناسب شهرها، مؤثر واقع می‌شود (خاکپور، ولایتی، و کیانژاد، ۱۳۸۶، ص. ۴۷). بنابراین این پژوهش به‌منظور ارزیابی و مکان‌یابی بهینه گسترش فیزیکی شهر همدان با تأکید بر حفظ محیط‌زیست انجام گرفته است. برای این منظور ابتدا تصاویر ماهواره‌ای در سال‌های ۱۹۸۶ و ۲۰۱۱ بررسی شد. سپس با توجه به روند کنونی رشد شهر، جهت پیش‌بینی گسترش آن تا سال ۲۰۲۵ از مدل CA-MARKOV استفاده شد. در نهایت، به‌منظور بهینه‌سازی جهات گسترش شهر، معیارهای لازم انتخاب و به کمک مدل AHP بهترین مناطق مشخص شد. نتایج حاصل از ارزیابی تصاویر ماهواره‌ای نشان داد که بیشترین افزایش سطوح کاربری در منطقه شهری همدان طی سال‌های مذکور، مربوط به کاربری ساخته‌شده است. در این میان زمین‌های کشاورزی به همراه باغات منطقه بیشترین کاهش را نشان می‌دهند. حال اگر این روند گسترش کالبدی شهر ادامه پیدا کند، تا سال ۲۰۲۵ مساحتی معادل ۷۲۰/۶۳ هکتار زمین کشاورزی و پوشش گیاهی تخریب خواهد شد. بنابراین مکان‌یابی جهت بهینه برای گسترش شهر، امری ضروری و حیاتی به‌نظر می‌رسد. بدین‌منظور شاخص‌های مؤثر در مکان‌یابی گسترش شهر، انتخاب و اهمیت نسبی هریک از آنها مشخص گردید. سپس با تلفیق نقشه‌ها بهترین مکان مشخص شد؛ به‌طوری‌که از مساحت ۱۸۰۱۱/۵۲ هکتاری منطقه، ۱۴/۷۷ درصد دارای شرایط کاملاً مناسب برای هدف موردنظر تشخیص داده شد. با توجه به شکل (۵) بهترین مکان برای گسترش آتی شهر همدان، بیشتر در مناطق شمال‌غربی و شرق شهر واقع شده‌اند. همچنین قسمت‌های جنوبی به‌دلیل پوشش متراکم، مرغوب بودن زمین‌های کشاورزی، محدودیت ارتفاع و شیب، فاقد ارزش مناسب جهت توسعه شهر است. با توجه به نتایج

به‌دست‌آمده از تحقیق، بهتر است این گسترش در مکان‌های کاملاً مناسب صورت گیرد تا کمترین آسیب را به محیط برساند.

کتابنامه

۱. ابراهیم‌زاده، ع.؛ رفیعی، ق. (۱۳۸۸). مکان‌یابی بهینه جهات گسترش شهری با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: مرودشت). *جغرافیا و توسعه*، ۷(۱۵)، ۴۵-۷۰.
۲. احدنژاد روشتی، م.؛ زلفی، ع.؛ و شکری‌پور دیزج، ح. (۱۳۹۰). ارزیابی گسترش فیزیکی شهرها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهر اردبیل ۱۳۶۳-۱۴۰۰). *فصلنامه آمایش محیط*، ۱۵، ۱۰۷-۱۲۴.
۳. تیموری، ر.؛ روستایی، ش.؛ زمانی، ا.؛ و احدنژاد، م. (۱۳۸۹). ارزیابی تناسب فضایی - مکانی پارک‌های شهری با استفاده از GIS (مطالعه موردی: پارک‌های محله‌ای منطقه ۲ تبریز). *مجله فضای جغرافیایی اهر*، ۱۰(۳۰)، ۱۳۷-۱۶۸.
۴. خاکپور، ب.؛ ولایتی، س.؛ و کیانژاد، ق. (۱۳۸۶). الگوی تغییر کاربری شهر بابل طی سال‌های ۱۳۶۲-۱۳۷۸. *مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای*، ۹، ۴۵-۶۴.
۵. زبردست، ا. (۱۳۸۰). کاربرد فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای. *نشریه هنرهای زیبا*، ۲(۱۰)، ۱۳-۲۱.
۶. سلطانی، ک. (۱۳۷۱). *مجموعه مباحث و روش‌های شهرسازی: محیط زیست*. تهران: مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران.
۷. شیعه، ا. (۱۳۷۷). *مقاله‌ای بر مبنای برنامه‌ریزی شهری*. تهران: انتشارات دانشگاه علم صنعت.
۸. علوی‌پناه، ک. (۱۳۸۲). *کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (علوم خاک)*. چاپ اول. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
۹. قدسی‌پور، ح. (۱۳۸۱). *فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی AHP* چاپ سوم. تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
۱۰. نوروزی اقدم، ا.؛ بهبهانی، م.ر.؛ رحیمی خوب، ع.؛ و عقیقی، ح. (۱۳۸۷). مدل رطوبتی لایه سطحی خاک با استفاده از شاخص NDVI. *مجله محیط‌شناسی*، ۳۴(۴۸)، ۱۲۷-۱۳۶.
11. Beaubien, J. (1994). Landsat TM satellite images of forests: From enhancement to classification. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 20(1), 17-26.
12. Deng, J.S., Wand, K., Hong, Y., & Qi, J.G. (2009). Spatio-temporal dynamics and evolution of land use change and landscape pattern in response to rapid urbanization. *Landscape and Urban Planning*, 92(3-4), 178-198.
13. Fang, S., George, Z., Gertner, G.Z., Sun, Z., & Anderson, A.A. (2005). The impact

- of interactions in spatial simulation of the dynamics of urban sprawl. *Landscape and Urban Planning*, 73, 296-306.
14. Javaheri, H., Nasrabadi, T., Jafarian, M. H., Rowshan, G.R., Khoshnam, H. (2006). SITE selection of municipal solid waste landfills using analytical hierarchy process method in a geographical information technology environment in giroft. *Journal of Environmental Health Science & Engineering* , 3(3),177-184.
 15. Liao, C. N., &Kao, H. P. (2010). Supplier selection model using Taguchi loss function, analytical hierarchy process and multi-choice goal programming. *Computers and Industrial Engineering*, 58(4),573-577.
 16. Park, S., Jeon, S., Kim, S., & Choi, C. (2011). Prediction and comparison of urban growth by land suitability index mapping using GIS and RS in South Korea. *Landscape and Urban Planning*, 99(2), 104-114.
 17. Park, S., Jeon, S., Kim, S.R., & Choi, C. (2011). Prediction and comparison of urban growth by land suitability index mapping using GIS and RS in South Korea. *Landscape and Urban Planning*, 99(2), 104-114.
 18. Peng, J., Wang, Y., Zhang, Y., Wu, J., Li, W., & Li, Y. (2010).Evaluating the effectiveness of landscape metrics in quantifying spatial patterns. *Ecological Indicators*, 10(2), 217-223.
 19. Pham, H. M., Yamaguchi, Y., & Bui, T. Q. (2011).A case study on the relation between city planning and urban growth using remote sensing and spatial metrics. *Landscape and Urban Planning*, 100(3), 223-230.
 20. United Nations. (2011). *World urbanization prospects: The 2011 revision*. New York : United Nations
 21. Vahidnia, M. H., Alesheikh, A. A., & Alimohammadi, A. (2009).Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives. *Journal of Environmental Management*, 90(10), 3048-3056.
 22. Verburg, P. H., van Eck, J. R. R., de Nijs, T. C., Dijst, M. J., & Schot, P. (2004). Determinants of land-use change patterns in the Netherlands. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 31(1), 125-150.
 23. Wang, G., Qin, L., Li, G., & Chen, L. (2009).Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: A case study in Beijing, China. *Journal of Environmental Management*, 90(8), 2414-2421.
 24. Xu, K., Kong, C., Li, J., Zhang, L., & Wu, C. (2011).Suitability evaluation of urban construction land based on geo-environmental factors of Hangzhou, China. *Computers and Geosciences*, 37(8), 992-1002.
 25. Youssef, A., & Biswajeet, P. (2011). Integrated evaluation of urban development suitability based on remote sensing and GIS techniques: Contribution from the analytic hierarchy process. *Arabian Journal of Geosciences*, 4(3), 463-473.
 26. Zhao, P. (2010). Sustainable urban expansion and transportation in a growing megacity: Consequences of urban sprawl for mobility on the urban fringe of Beijing. *Habitat International*, 34(2), 236-243