Archive of SID

پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دورهٔ ۴۹، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۶
ص. ۳۷۰-۳۵۷

پیش‌بینی جهات توسعهٔ شهری با استفاده از روش ترکیبی سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل احتمالاتی بیزین (مطالعهٔ موردی: شهر اردبیل)

حسین نظم‌فر* – دانشیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه محقق اردبیلی

پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۹/۰۱ تأیید نهایی: ۱۳۹۴/۱۰/۰۵

چکیده

توسعهٔ غیراصولی شهرها به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه، مدیریت رشد شهرها را به یکی از مهم‌ترین چالش‌های قرن ۲۱ تبدیل کرده است. با وجود این، می‌توان با پیش‌بینی توسعهٔ آتی شهر، برنامه‌ریزی بهینه‌ای برای شهر انجام داد. هدف از این پژوهش، پیش‌بینی جهات توسعهٔ آتی شهر اردبیل با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانهٔ مربوط به سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۳ است. در این پژوهش، با استفاده از تئوری بیزین و ۱۴ معیار طبیعی و انسانی مؤثر در توسعهٔ شهری، نقشهٔ پهنه‌بندی قابلیت توسعهٔ شهری برای شهر اردبیل تهیه شد. سپس با استفاده از احتمالات تئوری بیزین، ارتباط میان معیارها و مناطق توسعه‌یافته تعیین و درنهایت، نقشهٔ قابلیت توسعهٔ شهری در پنج کلاس طبقه‌بندی شد. مطابق نقشهٔ پهنه‌بندی، ۱۷/۸ درصد منطقه در کلاس با قابلیت توسعهٔ خیلی زیاد، ۲۹/۶ درصد در کلاس با قابلیت توسعهٔ زیاد، ۲۰/۴ درصد در کلاس با قابلیت توسعهٔ متوسط، ۱۸/۹ درصد در کلاس با قابلیت توسعهٔ کم و ۲۴/۳ درصد نیز در کلاس با قابلیت توسعهٔ بسیار کم قرار گرفته‌اند. مناطق با قابلیت توسعهٔ زیاد و بسیار زیاد به‌طور عمده در قسمت جنوب غربی و شمال غربی واقع شده‌اند. دقت نقشهٔ قابلیت توسعهٔ شهری، با استفاده از یک‌سوم مناطق توسعه‌یافته ارزیابی شد. نتیجهٔ ارزیابی نشان داد که مدل با قابلیت پیش‌بینی ۹۸/۸ درصد در کلاس‌های با قابلیت توسعهٔ زیاد و بسیار زیاد، دقت قابل‌قبولی در ارزیابی و پیش‌بینی توسعهٔ آتی شهر دارد.

واژه‌های کلیدی: اردبیل، تصاویر ماهواره‌ای، سیستم اطلاعات جغرافیایی، گسترش شهری، مدل بیزین.

* نویسندهٔ مسئول: ۰۹۱۴۳۰۱۹۹۰۹
Email: nazmfar@uma.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

امروزه پدیدهٔ شهرنشینی و رشد سریع شهرها در کشورهای درحال‌توسعه، مهم‌ترین نگرانی محققان شهری است (سان و وی، ۲۰۱۳: ۴۰۹). فرایندی که با مهاجرت بسیار زیاد جمعیت روستایی به شهرها (وی و زانگ، ۲۰۱۲: ۱۳۷) و رشد بی‌سابقه و گستردگی شهری همراه است (زانگ و دیگران، ۲۰۱۳: ۷۵۴). رشد شهری، فرایندی فضایی و تحولی اجتماعی است که با تغییرات منطقهٔ شهری و تحول شیوهٔ زندگی مردم در مقیاس‌های مختلف در ارتباط است (هاریشی و امیرا، ۲۰۰۹: ۱۳۳) و یکی از مهم‌ترین مسائل مربوط به تغییرات زیست‌محیطی در قرن ۲۱ در بسیاری از کشورها و مناطق به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه به‌شمار می‌رود (جاکر و دیگران، ۲۰۱۳: ۳۷). تأثیرات ناشی از رشد و توسعهٔ شهری شامل کاهش فضاهای طبیعی، افزایش تجمع وسایل نقلیه، بروز ناهنجاری‌های اجتماعی- زیست‌محیطی، مشکلات حمل‌ونقل، کاهش زمین‌های کشاورزی و فضای سبز شهر است (داداش‌زاده و دیگران، ۱۳۹۳: ۵۰)؛ بنابراین، بازبینی دائمی فرایندهای دینامیک شهری با توجه به توسعه در گذشته و پیش‌بینی آن در آینده، اجتناب‌ناپذیر است.

براساس پیش‌بینی برنامه‌ریزان و متخصصان، شهرها در سال ۲۰۲۰ جمعیتی معادل ۷۵ درصد کل جهان را در شرایطی در خود جای خواهند داد که تقریباً ۲ درصد خشکی‌های جهان را در اختیار دارند (بهتا، ۲۰۱۰). توسعهٔ شهرنشینی و افزایش مهاجرت‌ها بر پهنهٔ کالبدی شهرها اثر گذاشته است؛ به‌طوری‌که شهرها را در سطح گسترده‌ای به‌سوی نواحی اطراف خود کشانده است و اراضی مساعد و نامساعد شهری عرصهٔ هجوم لجام‌گسیختهٔ توسعهٔ شهری شده است (شیعه، ۱۳۸۰: ۴۹). علی‌رغم اینکه ثابت شده است که الگوی توسعهٔ نامنظم شهری، آثار مخربی بر شهرها و محیط اطراف آن‌ها می‌گذارد، همچنان الگوی غالب توسعهٔ شهری است (باتیسن، ۲۰۰۸: ۲) و امروزه شهرسازی با پیروی کورکورانه از مدل‌های کلیشه‌ای توسعه شهری شرایط ناپایداری را در شهرها پدید آورده است (نظم‌فر و علی بخشی،۲:۱۳۹۶). بنابراین، اطلاع از نسبت کاربری‌ها و نحوهٔ تغییرات آن‌ها در گذر زمان، یکی از مهم‌ترین موارد در برنامه‌ریزی‌هاست. با اطلاع از نسبت تغییرات کاربری‌ها در گذر زمان می‌توان تغییرات آتی را پیش‌بینی کرد و اقدامات مقتضی را انجام داد (فیضی‌زاده و همکاران، ۲۰۱۴). از آنجاکه امروزه بررسی روند تغییرات کاربری اراضی به کاربری شهری و شناسایی پارامترهایی که در این تغییرات مؤثر است، نقش اساسی را در تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌های بلندمدت بازی می‌کند، کشف قوانین و روابط مؤثر در تغییر سایر کاربری‌ها به کاربری‌های شهری و نیز پیش‌بینی فرایند توسعهٔ شهرها در آینده با روش‌های دقیق و کارآمد، بیش‌ازپیش ضرورت دارد. مدل‌های فضایی، ابزارهایی مفید برای درک فرایند توسعهٔ شهری، ابزار کمکی سیاست‌گذاری، مدیریت و برنامه‌ریزی شهری و فراهم‌کنندهٔ اطلاعات برای ارزیابی تأثیرات شهری بر محیط‌زیست و اکوسیستم هستند (حیدریان، ۱۳۹۳: ۸۸). شهر اردبیل، در فرایند توسعه به‌ویژه بعد از استان‌شدن، علی‌رغم وجود قوانین بازدارنده از جمله قانون حفظ کاربری اراضی زراعی و باغ‌ها و نیز قانون حفظ و گسترش فضای سبز در شهرها، در روند گسترش، پیامدهای نامناسبی برای محیط داشته است. منابع طبیعی سبز شهر که شامل انواع باغ‌ها و زمین‌های کشاورزی و مزارع بوده‌اند، در اثر رشد نامنظم و پراکندهٔ شهری از دست رفته‌اند و برخی از روستاها در بافت شهری ادغام شده‌اند. هدف پژوهش حاضر، پیش‌بینی جهت‌های توسعهٔ شهری با استفاده از مدل قضیهٔ بیز- وزن شواهد و ترکیبی از تکنیک‌های GIS و سنجش از دور است. استفاده از داده‌های سنجش از دور و مدل‌های پیش‌بینی، بهترین ابزار برای پیش‌بینی تغییرات محیطی و مدل‌سازی گسترش فیزیکی آتی شهر است که مطالعات زیادی در این زمینه در داخل و خارج صورت گرفته است. سیتو (۲۰۰۳) با استفاده از داده‌های سنجش از دور، تغییرات کاربری اراضی را در دلتای رودخانهٔ بی‌آرال در جنوب کشور چین استخراج کرد. پارک و دیگران (۲۰۱۱) به روش رگرسیون لجستیک و شبکهٔ عصبی مصنوعی به پیش‌بینی و مقایسهٔ رشد شهری در کرهٔ جنوبی پرداختند.

صدوق ونینی (۱۳۸۸) در پژوهش «پهنه‌بندی زمین برای توسعهٔ فیزیکی شهر شیراز با استفاده از GIS و AHP»

www.SID.ir

Archive of SID

پهنه‌بندی زمین را برای توسعهٔ فیزیکی شهر شیراز بر پایهٔ هشت معیار ارزیابی و سه پهنهٔ مناسب را معرفی کرد. رحمتی و حیدری‌نژاد (۱۳۸۸) در مقالهٔ «گسترش فیزیکی شهرها و ضرورت تعیین حریم امن شهری (مطالعهٔ موردی: شهر اصفهان)» با بررسی رشد فیزیکی شهر اصفهان و نیز با استفاده از مدل آنتروپی شانون به تبیین گسترش شهر اصفهان پرداختند. ابراهیم‌زاده و رفیعی (۱۳۸۸) در «مکان‌یابی بهینهٔ جهات گسترش شهری با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی»، با استفاده از شاخص‌های طبیعی و انسانی، جهات مناسب گسترش شهری را برای شهر مرودشت مشخص کردند. نتایج پژوهش کامیاب و دیگران (۱۳۸۹) با عنوان «اتخاذ رهیافت اطلاعات‌محور با کاربرد روش رگرسیون لجستیک برای مدل‌سازی توسعهٔ شهری گرگان» نشان داد از میان متغیرهای مؤثر، متغیر کاربری فعلی منطقه، نقش مهمی در رشد گرگان داشته است. پورخباز (۱۳۸۹) در «مدل‌سازی توان اکولوژیک کاربری توسعهٔ شهری»، تکنیک‌های مختلف ارزیابی چندمعیاره از جمله WLC و OWA را برای مدل‌سازی کاربری توسعهٔ شهری در قزوین به‌کار گرفت. جوانمردی و دیگران (۱۳۹۰) در «ارزیابی چندمعیارهٔ تناسب اراضی برای کاربری کشاورزی با استفاده از GIS» از روش‌های تصمیم‌گیری WLC-AHP برای ارزیابی چندمعیارهٔ تناسب اراضی استفاده کردند و به نتایج قابل‌قبولی رسیدند. نتایج پژوهش داداش‌پور و دیگران (۱۳۹۳) در «مدل‌سازی تغییرات کاربری زمین در کلان‌شهر تهران با استفاده از مدل MOLAND» نشان داد که تبدیل اراضی بایر و زمین‌های کشاورزی به کاربری مسکونی و صنعتی و سایر کاربری‌های وابسته، از مهم‌ترین تغییرات کاربری زمین در منطقه است که عمدهٔ این تغییرات در اطراف کاربری‌های شهری و در قسمت‌های جنوب، جنوب غرب و غرب کلان‌شهر تهران رخ داده است. حیدریان و دیگران (۱۳۹۳) در «تلفیق تکنیک‌های سنجش از دور، GIS و مدل CM با رویکرد مدل‌سازی توسعهٔ شهری (نمونهٔ موردی: کلان‌شهر تهران)» به این نتیجه رسیدند که نقشهٔ پیش‌بینی‌شده گویای آن است که بیشترین میزان توسعه در سال ۱۳۹۶ به‌ترتیب در بخش‌های غرب و شرق کلان‌شهر تهران رخ می‌دهد. با توجه به مطالعات اشاره‌شده مشخص می‌شود که بیشتر پژوهشگران، در مطالعات خود برای پیش‌بینی توسعهٔ آتی شهر، از روش‌های مختلفی از جمله روش AHP، زنجیرهٔ مارکوف و تلفیق آن با سلول‌های خودکار استفاده کرده‌اند. وجه تمایز این پژوهش و مهم‌ترین نوآوری آن، استفاده از مدل بیزین است؛ چراکه تاکنون و در زمان نگارش مقاله، پژوهشی در زمینهٔ توسعهٔ شهری با استفاده از این مدل در کشور صورت نگرفته است.

محدودهٔ مورد مطالعه

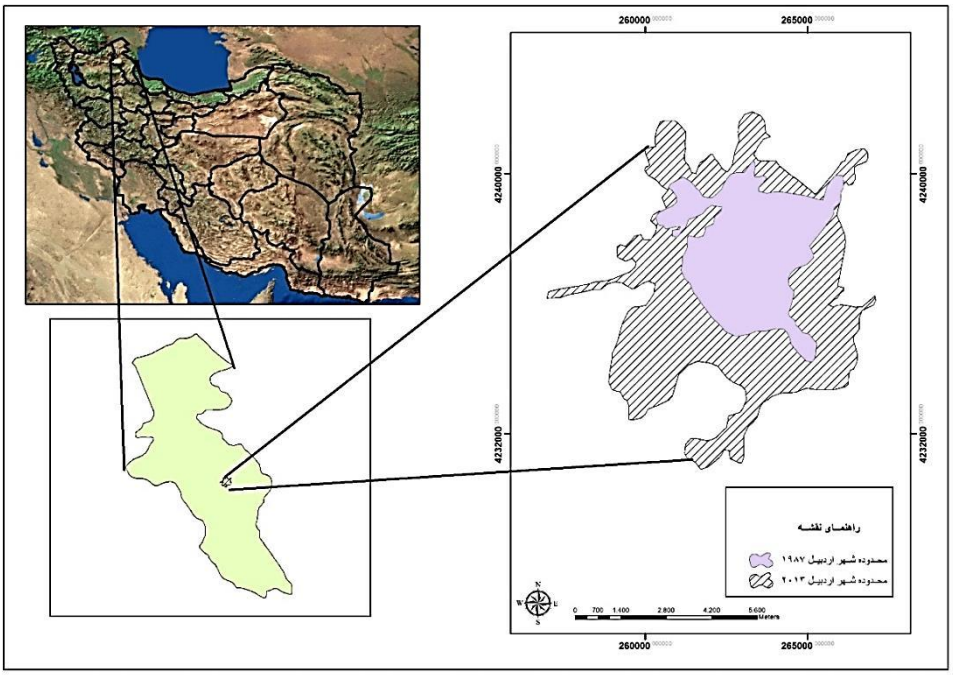
شهر اردبیل که مرکز استان اردبیل است، در موقعیت ریاضی ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقهٔ عرض شمالی و ۳۸ درجه و ۱۷ دقیقهٔ طول جغرافیایی واقع شده است. ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۴۵ متر است و در میان کوه‌های تالش و سبلان قرار دارد. این شهر دارای زمستان سرد و تابستان‌های معتدل است. مطابق سرشماری سال ۱۳۸۵، جمعیت شهر اردبیل ۴۱۸،۲۶۲ نفر بوده است؛ درحالی‌که در سال ۱۳۹۰ جمعیت آن به ۴۸۵،۱۵۳ نفر افزایش یافته است (مرکز آمار ایران). شکل ۱ محدودهٔ مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

داده‌ها

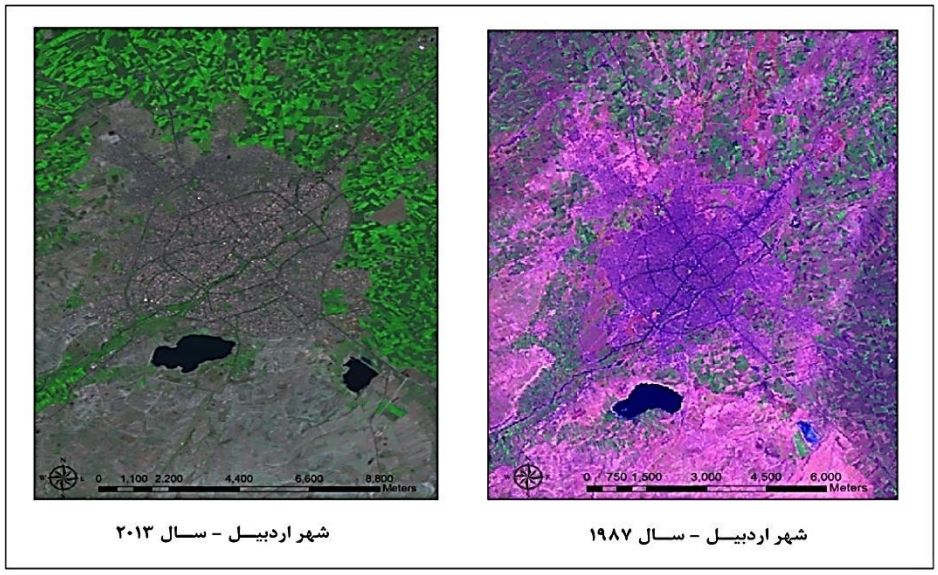
در این پژوهش، از روش بیزین برای پیش‌بینی جهات توسعهٔ آتی شهر استفاده شده است و تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده مربوط به سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۳ سنجندهٔ لندست ETM است (شکل ۲). برای اجرای مدل و پیش‌بینی جهات توسعهٔ آتی شهر، جمع‌آوری و تهیهٔ پایگاه داده، از فاکتورهای مؤثر مهم‌ترین مراحل تحقیق است(نظم فر،۲۰۱۲). در این پژوهش، با استفاده از ۱۴ پارامتر طبیعی و انسانی (ارتفاع، پوشش گیاهی، واحد ارضی، جادهٔ اصلی، جادهٔ فرعی، خاک، فاصله از رودخانه، موقعیت زلزله‌های رخ‌داده، سنگ‌شناسی، شهرک صنعتی، شیب زمین، فرودگاه، کاربری اراضی و فاصله

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. محدودهٔ مورد مطالعه



شکل ۲. تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۳ از شهر اردبیل

از گسل) عمل پیش‌بینی توسعهٔ شهری انجام شد. در اولین گام از این مرحله، با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی منطقه، لایهٔ مدل ارتفاعی منطقه (DEM) با اندازهٔ پیکسل ۳۰ متری تهیه شد. با داشتن این لایه و با استفاده از عملگرهای مختلف موجود در بستهٔ نرم‌افزاری GIS، لایه‌هایی مانند شیب– که در مدل استفاده شد– استخراج شدند. مناطق توسعه‌یافتهٔ شهر در بازهٔ زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۳ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ETM برای مدل‌سازی استخراج شدند. دوسوم این مناطق به‌عنوان مناطق شاهد برای مدل‌سازی و پیداکردن وزن کلاس‌ها به‌کار گرفته شدند و از یک‌سوم آن‌ها برای ارزیابی مدل استفاده شد. همچنین با استفاده از باندهای ۳ و ۴، تصاویر ماهوارهٔ لندست شاخص پوشش گیاهی (NDVI) تهیه شد. برای تهیهٔ نقشهٔ کاربری اراضی محدودهٔ مورد مطالعه، محیط نرم‌افزار پردازش تصویر

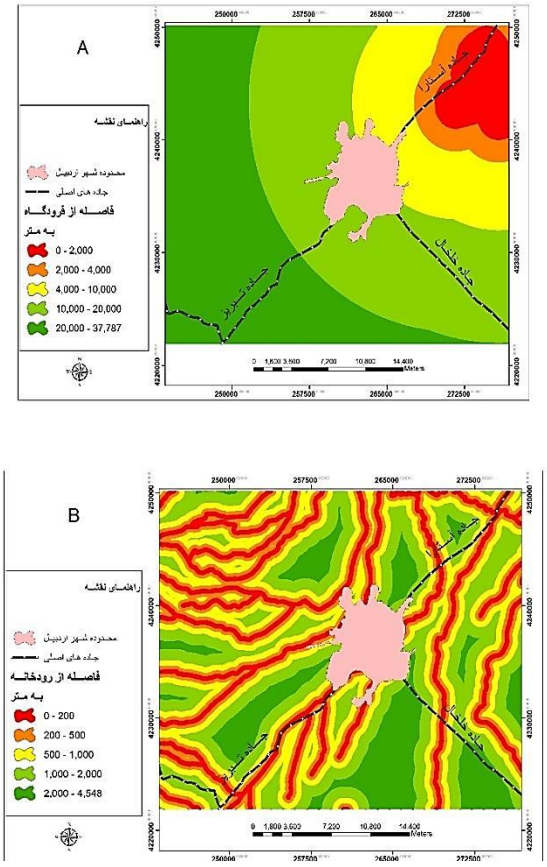
www.SID.ir

Archive of SID

ENVI و روش طبقه‌بندی نظارت‌شده (الگوریتم حداکثر مشابهت[1]) و نیز تصویر رنگی ماهوارهٔ لندست به‌کار رفت. همچنین با استفاده از نقشهٔ زمین‌شناسی ۱: ۱۰۰۰۰۰ اردبیل، لایهٔ جنس سازندها و لایهٔ گسل به‌صورت فاصله از گسل‌ها تهیه شد.

نقشه‌های مورد استفاده معیارهای مورد مطالعه

نقشه‌های مربوط به چهارده معیار برای پیش‌بینی جهات توسعهٔ شهری، پس از طبقه‌بندی در اشکال ۳ تا ۶ نشان داده شده است.

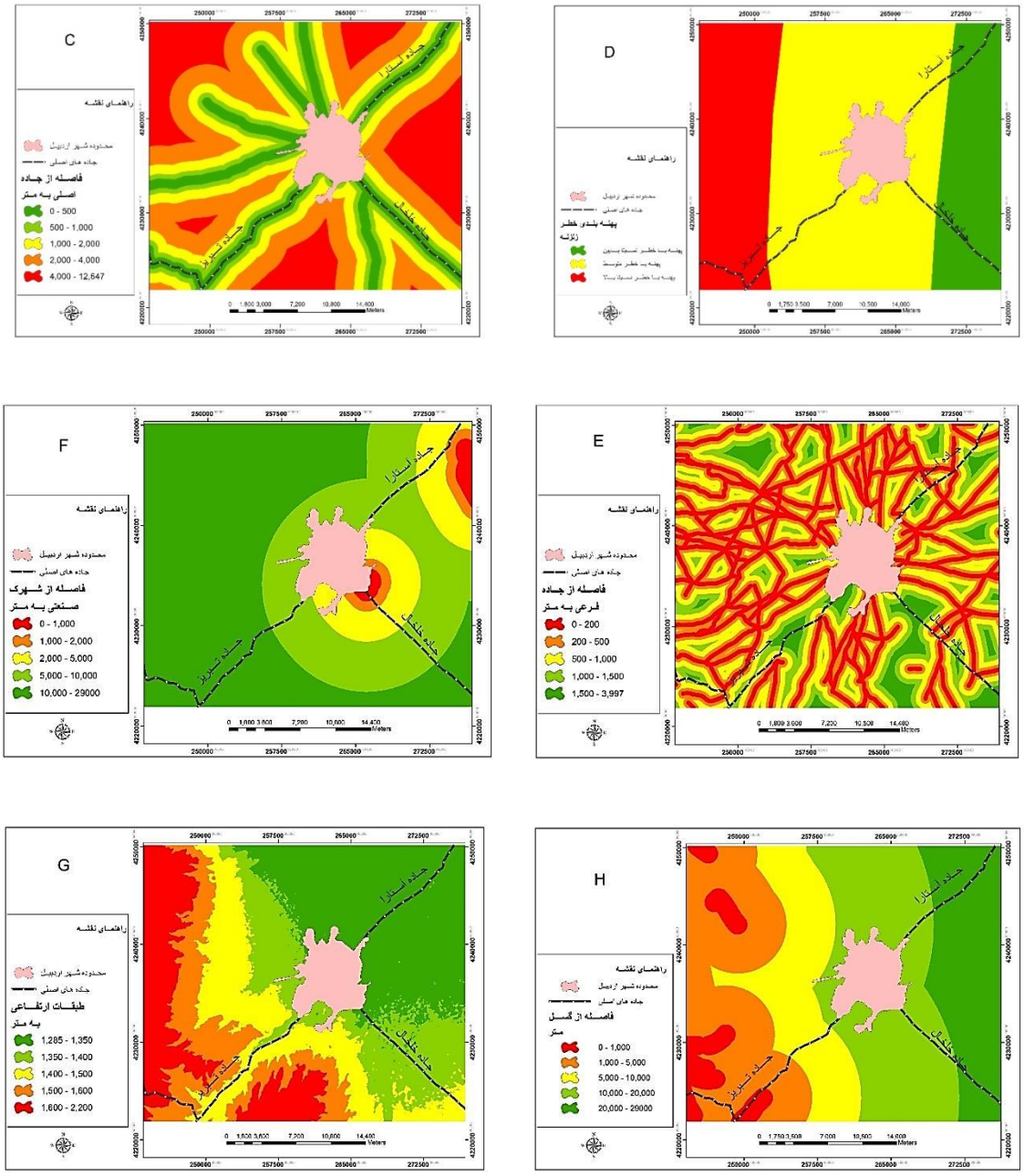


شکل ۳. نقشه‌های طبقه‌بندی‌شدهٔ معیارهای مؤثر در تعیین جهات گسترش فیزیکی شهر، به‌ترتیب، A: فاصله از فرودگاه، B: فاصله از رودخانه

1. Maximum likelihood Classifier (MLC)

www.SID.ir

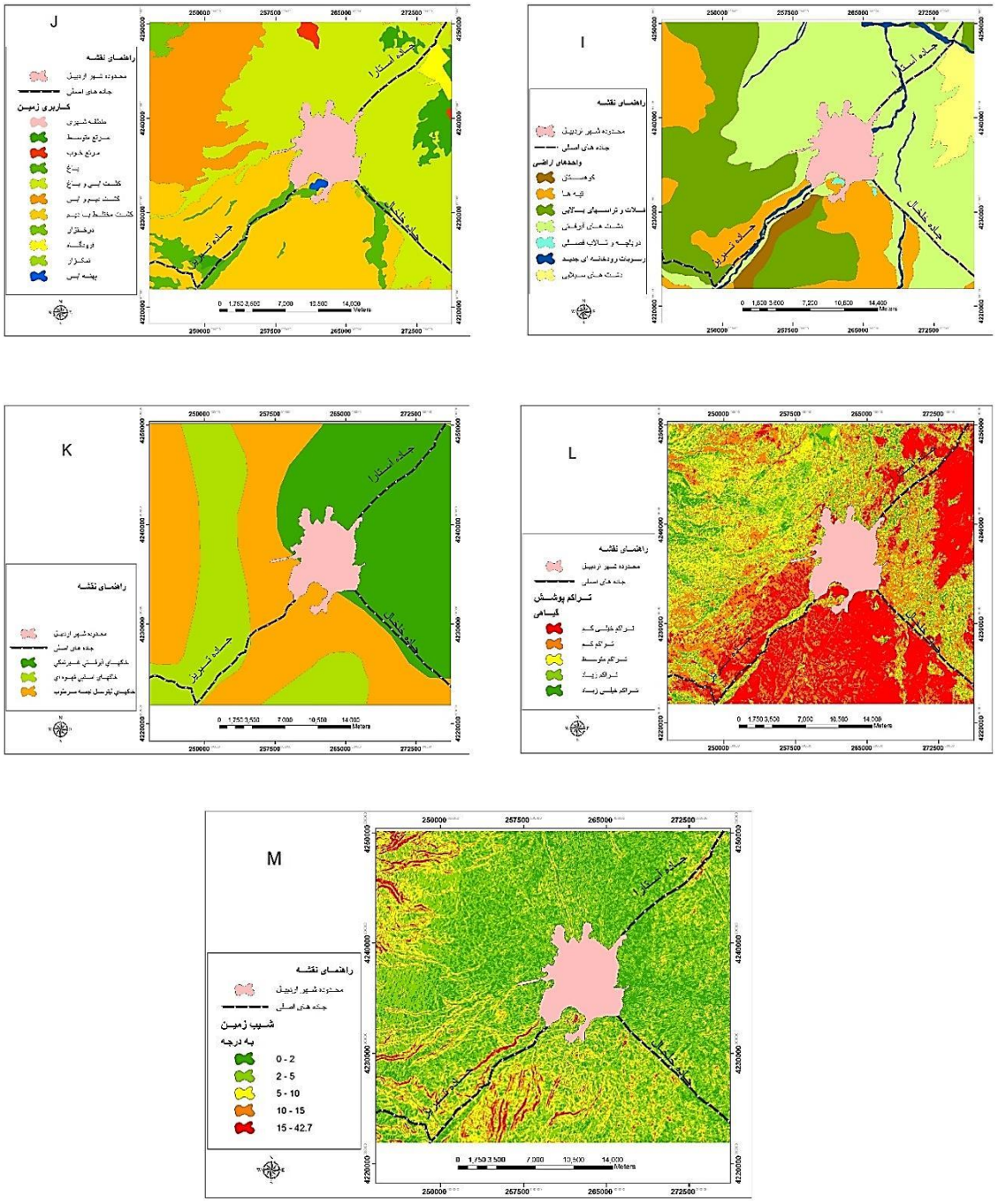
Archive of SID



شکل ۴. نقشه‌های طبقه‌بندی‌شدهٔ معیارهای مؤثر در تعیین جهات گسترش فیزیکی شهر، به‌ترتیب، C: فاصله از جادهٔ اصلی، D: پهنه‌بندی خطر زلزله، E: فاصله از جادهٔ فرعی، F: فاصله از شهرک صنعتی، G: طبقات ارتفاعی، H: فاصله از گسل

www.SID.ir

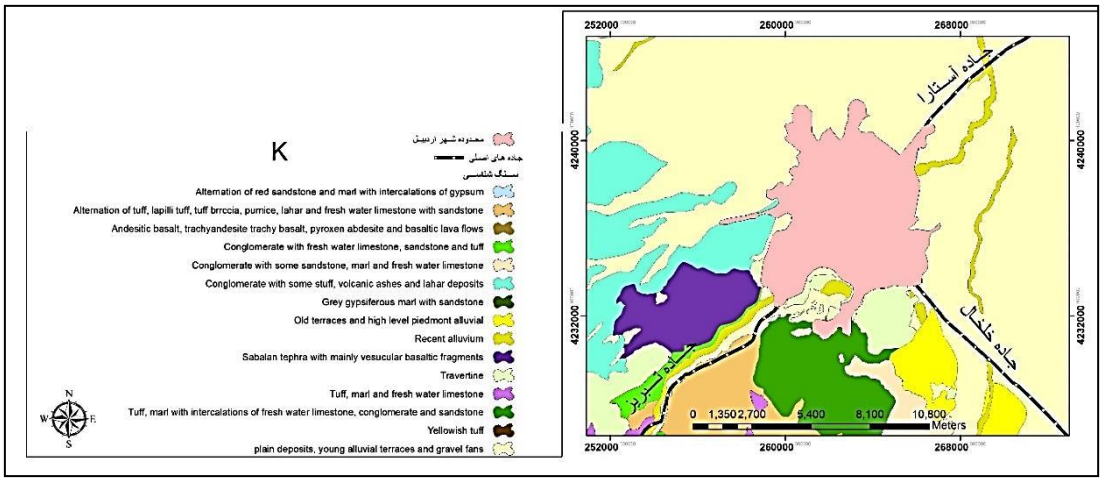
Archive of SID



شکل ۵. نقشه‌های طبقه‌بندی‌شدهٔ معیارهای مؤثر در تعیین جهات گسترش فیزیکی شهر، به‌ترتیب، I: واحدهای ارضی، j: کاربری زمین، K: خاک‌شناسی، L: تراکم پوشش گیاهی، M: شیب زمین

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶. نقشه‌های طبقه‌بندی‌شدهٔ معیارهای مؤثر در تعیین جهات گسترش فیزیکی شهر، N: سنگ‌شناسی

روش کار

برای پیش‌بینی جهات توسعهٔ آتی شهر، از روش وزن شواهد[1] استفاده شد که مدلی سودمند و آزمایش‌شده در زمینه‌های مختلف است (پولی و استرلاچینی، ۲۰۰۷؛ باربیری و کامبولی، ۲۰۰۹). مدل وزن شواهد، یک روش آماری مبتنی‌بر تئوری احتمالات بیزین است (دنیسون و دیگران، ۲۰۰۲) این مدل، وابستگی بین یک واقعه (توسعهٔ فیزیکی در ادوار گذشته) و عامل‌های سببی (فاکتورهای مستعدکنندهٔ توسعهٔ فیزیکی) را تخمین می‌زند.

اگر عامل‌های سببی (فاکتورهای مستعدکنندهٔ توسعهٔ فیزیکی شهر) را B، کلاس‌های هر پارامتر را B_i و توسعهٔ فیزیکی در ادوار گذشته را S درنظر بگیریم، تئوری بیزین را برای محاسبهٔ احتمال شرطی توسعهٔ فیزیکی شهر (S) در کلاس معین (B_i)، می‌توان به‌صورت رابطهٔ زیر به‌کار برد:

$$P(s|B_i) = \frac{P(B_i|s)\times P(s)}{P(B_i)} \quad (۱)$$

در رابطهٔ ۱ $1P(s)$ احتمال اولیهٔ وقوع پیشامد s در محدودهٔ مورد مطالعه (AS)، $P(B_i)$: احتمال وقوع کلاس B_i در محدودهٔ مورد مطالعه (AS)، $P(B_i|s)$ احتمال وقوع پیشامد B_i است، به شرطی که پیشامد S اتفاق افتاده باشد. $P(s|B_i)$ نیز احتمال وقوع پیشامد S است به شرطی که پیشامد B_i رخ داده باشد (پیاسنتینی و دیگران، ۲۰۱۲: ۱۹۹).

احتمال شرطی توسعهٔ فیزیکی شهر نیز زمانی که کلاس B_i اتفاق نیفتاده باشد، به‌صورت رابطهٔ ۲ تعریف می‌شود:

$$P(s|\hat{B_i}) = \frac{P(\hat{B_i}|s)\times P(s)}{P(\hat{B_i})} \quad (۲)$$

در معادلهٔ فوق $P(s)$ احتمال اولیهٔ وقوع پیشامد S در محدودهٔ مورد مطالعه (AS)، $P(\hat{B_i}|s)$ احتمال شرطی نبود کلاس B_i به شرطی که S اتفاق افتاده باشد، احتمال اولیهٔ نبود کلاس B_i در محدودهٔ مورد مطالعه (AS). بخش‌های مختلف معادلات فوق را می‌توان به‌صورت روابط ۳ تا ۹ محاسبه کرد (پیاسنتینی و دیگران، ۲۰۱۲: ۱۹۹).

$$P(S) = \frac{area\ S}{area\ AS} \quad (۳)$$

$$P(B_i) = \frac{area\ B_i}{area\ AS} \quad (۴)$$

$$P(\hat{B_i}) = \frac{area\ \hat{B_i}}{area\ AS} \quad (۵)$$

$$P(S|B_i) = \frac{(area\ S\ AND\ area\ B_i\ /area\ B_i)}{P(B_i)} \quad (۶)$$

$$P(B_i|s) = \frac{(area\ S\ AND\ area\ B_i\ /area\ B_i)}{P(S)} \quad (۷)$$

1. weight of evidence (WofE)

www.SID.ir

Archive of SID

$$P(s|B_i^{\wedge}) = \frac{(area\ S\ AND\ area\ B_i^{\wedge}\ /area\ B_i^{\wedge})}{P(B_i^{\wedge})} \quad (۸)$$

$$P(B_i^{\wedge}|s) = \frac{(area\ S\ AND\ area\ B_i^{\wedge}\ /area\ B_i^{\wedge})}{P(S)} \quad (۹)$$

در روش وزن شواهد، وزن کلاس‌های هر پارامتر به‌وسیلهٔ ترکیبی از ارزش‌های مثبت و منفی (W^+ و W^-) از طریق تئوری بیزین و نیز اختلاف تفاضل بین آن‌ها محاسبه، و درنهایت با استفاده از رابطهٔ ۱۳ وزن نهایی کلاس‌ها حاصل می‌شود.

$$W^+ = LN(P(B_i|s)/P(B_i)) \quad (۱۰)$$

$$W^- = LN(P(B_i^{\wedge}|s)/P(B_i^{\wedge})) \quad (۱۱)$$

$$C = W^+ - W^- \quad (۱۲)$$

$$W_{final} = C/S_c \quad (۱۳)$$

در روابط فوق، LN لگاریتم مبتنی‌بر عدد نپر، C تفاضل وزن‌های مثبت و منفی، W_{final} وزن نهایی استانداردشده و S_c انحراف استاندارد است که برابر با جذر واریانس هریک از وزن‌های مثبت و منفی است (پورقاسمی و دیگران، ۱۳۹۱: ۱۱۷). در جدول ۱ اوزان هریک از کلاس‌های معیارهای مورد نظر به‌همراه سایر اطلاعات مربوط به آن آمده است.

جدول ۱. وزن کلاس‌های هر لایه با استفاده از مدل بیزین

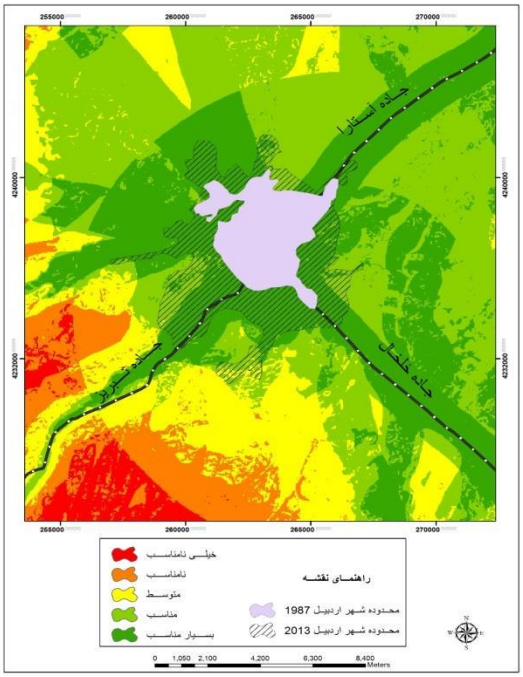
معیارها	کلاس	w+	w-	C	s2 (w+)	s2 (w-)	Sc	Weight
کاربری زمین	حاشیهٔ رودخانه‌ها	−۳/۵۰۳۹۰	۰/۰۰۱۰۸	−۳/۵۰۴۹۸	۰/۲	۰/۰۰۰۳	۰/۴۴۷۲۵	−۷/۸۴
	کشت دیم	۰/۳۱۴۶۵	−۰/۱۵۷۴۵	۰/۴۷۲۱۱	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۰۰۵	۰/۰۱۱۸۷	۳۹/۷۷
	مرتع	−۱/۸۱۴۷۷	۰/۰۱۶۱۶	−۱/۸۳۰۹۴	۰/۰۱۰۷۵	۰/۰۰۰۳	۰/۱۰۳۸۶	−۱۷/۶۳
	کشت آبی و باغ	۰/۳۷۰۸۱	۰/۳۹۴۷۷	۰/۷۶۵۵۸	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۹	۰/۰۱۱۸۵	۶۴/۵۸
سنگ‌شناسی	رسوبات دشتی، تراس‌های جوان	۰/۵۷۷۴۶	−۱/۳۱۶۰۷	۱/۸۹۳۵۳	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۲۴	۰/۰۱۶۷۴	۱۱۳/۱۱
	گچ	−۱/۷۷۸۱۹	۰/۰۱۴۶۲	−۱/۷۹۲۸۱	۰/۰۱۱۳۶	۰/۰۰۰۳	۰/۱۰۶۷۶	−۱۶/۷۸
	تراورتن	۰/۶۱۸۴۰	−/۰۲۶۶۷	۰/۶۴۵۰۷	۰/۰۰۰۶۰	۰/۰۰۰۴	۰/۰۲۵۲۸	۲۵/۵۱
	توف و مارن	−۰/۱۸۱۵۸	۰/۰۰۷۰۷	۰/۱۸۸۶۵	۰/۰۰۰۹۸	۰/۰۰۰۳	۰/۰۳۱۸۳	−۵/۹۳
	رسوبات عهد حاضر	۰/۶۷۵۷۱	−۰/۰۱۸۹۵	۰/۶۹۴۶۶	۰/۰۰۰۸۹	۰/۰۰۰۳	۰/۰۳۰۴۴	۲۲/۸۲
	کنگلومرا	−۳/۲۰۰۳۱	۰/۲۲۶۲۰	−۳/۴۲۶۵۰	۰/۰۰۳۹۲	۰/۰۰۰۳	۰/۰۶۲۸۹	−۵۴/۴۸
فاصله از شهرک به متر	۱۰۰۰−۰	۱/۵۲۷۳۹	۰/۰۴۸۶۱	۱/۵۷۶	۰/۰۰۰۵۶	۰/۰۰۰۴	۰/۰۲۴۳۸	۶۴/۶۳
	۲۰۰۰−۱۰۰۰	۱/۷۱۸۴۹	−۰/۰۳۸۸۵	۱/۷۵۷۳۴	۰/۰۰۰۷۳	۰/۰۰۰۴	۰/۰۲۷۵۹	۶۳/۶۹
	۵۰۰۰−۲۰۰۰	۱/۶۹۸۷۴	−۰/۱۰۷۵۲	۱/۸۰۶۲۶	۰/۰۰۰۲۷	۰/۰۰۰۴	۰/۰۱۷۶۷	۱۰۲/۲۲
	۱۰۰۰۰−۵۰۰۰	۱/۱۴۰۵۳	−۰/۳۰۲۷۳	۱/۴۴۳۲۶	۰/۰۰۰۰۱۰	۰/۰۰۰۵	۰/۰۱۲۱۹	۱۱۸/۴
	۲۹۰۰۰−۱۰۰۰۰	۰/۴۹۷۰۴	−۰/۲۵۹۰۶	۰/۷۵۶۱۰	۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۶	۰/۰۱۱۶۸	۶۴/۷۴
تراکم پوشش گیاهی	بسیار کم	۰/۵۰۰۱۲	−۰/۳۰۹۴۸	۰/۸۰۹۶۰	۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۷	۰/۰۱۲۱۰	۶۶/۹
	کم	−۰/۱۲۸۶۱	۰/۰۴۲۱۸	−۰/۱۷۰۸۰	۰/۰۰۰۱۶	۰/۰۰۰۵	۰/۰۱۴۳۴	−۱۱/۹۱
	متوسط	−۰/۳۴۰۲۷	۰/۰۷۷۷۸	−۰/۴۱۸۰۶	۰/۰۰۰۲۳	۰/۰۰۰۴	۰/۰۱۶۶۷	−۲۵/۰۸
	زیاد	۰/۳۴۸۶۲	۰/۰۵۱۷۱	−۰/۴۰۰۳۲	۰/۰۰۰۳۴	۰/۰۰۰۴	۰/۰۱۹۵۰	−۲۰/۵۳
	بسیار زیاد	−۱/۰۷۲۸۵	۰/۰۵۱۴۴	−۱/۱۲۴۲۹	۰/۰۰۱۴۴	۰/۰۰۰۴	۰/۰۳۸۴۲	−۲۹/۲۶
فاصله از رودخانه به متر	۲۰۰−۰	۰/۲۳۴۰۷	−۰/۰۲۱۶۵	۰/۲۵۵۷۳	۰/۰۰۰۳۵	۰/۰۰۰۴	۰/۰۱۹۶۸	۱۲/۹۹
	۵۰۰−۲۰۰	۰/۲۴۶۳۴	−۰/۰۲۰۷۳	۰/۲۶۷۰۷	۰/۰۰۰۳۸	۰/۰۰۰۴	۰/۰۲۰۴۱	۱۳/۰۹
	۱۰۰۰−۵۰۰	۰/۱۷۸۹۴	−۰/۰۴۶۲۳	۰/۲۲۵۱۷	۰/۰۰۰۱۵	۰/۰۰۰۴	۰/۰۱۳۸۳	۱۶/۲۸
	۲۰۰۰−۱۰۰۰	۰/۱۹۷۱۴	−۰/۰۷۷۷۱	۰/۲۷۴۸۵	۰/۰۰۰۱۱	۰/۰۰۰۵	۰/۰۱۲۴۶	۲۲/۰۶
	۲۰۰۰−۰/۳۸۱۹۰	۰/۲۰۲۰۷	−۰/۵۸۳۹۷	۰/۰۰۰۱۲	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۱۲۸۱	−۴۵/۵۸	
واحد اراضی	واحد تپه	−۰/۶۴۳۲۷	−/۱۰۲۱۶	−۰/۷۴۵۴۳	۰/۰۰۰۳۴	۰/۰۰۰۴	۰/۰۱۹۵۳	−۳۸/۱۷۸
	دشت دامنه‌ای	۰/۷۲۹۹۸	−۱/۷۴۸۰۱	۲/۴۷۷۹۹	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۳۴	۰/۰۱۹۴۱	۱۲۷/۶۸
	نواحی سیلابی	−۲/۵۱۶۱۴	۰/۰۱۵۳۶	−۲/۵۳۱۵۰	۰/۰۲۵	۰/۰۰۰۳	۰/۱۵۸۲۲	/۱۶
شیب زمین به درجه	۲−۰	۰/۲۳۸۶۴	−۱/۱۶۱۴۶	۱/۴۰۰۱۰	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۳۸	۰/۰۲۰۳۹	۶۸/۶۷
	۵−۲	−۰/۸۵۸۵۸	۰/۱۳۶۶۶	−۰/۹۹۵۲۵	۰/۰۰۰۳۹	۰/۰۰۰۴	۰/۰۲۰۶۴	−۴۸/۲۲
	۱۰−۵	−۳/۱۲۸۶۹	۰/۰۵۱۸۳	−۳/۱۸۰۵۲	۰/۰۱۴۴۹	۰/۰۰۰۳	۰/۰۱۲۰۵۲	−۲۶/۳۹
	۱۵−۱۰	−۶/۵۸۸۴۰	۰/۰۲۴۵۶	−۶/۶۱۲۹۷	۱	۰/۰۰۰۳	۱/۰۰۰۰۲	−۶/۶۱

www.SID.ir

Archive of SID

ادامهٔ جدول ۱. وزن کلاس‌های هر لایه با استفاده از مدل بیزین

معیارها	کلاس	w+	w-	C	s2 (w+)	s2 (w-)	Sc	Weight
فاصله از جادهٔ اصلی به متر	۵۰۰–۰	۱/۳۸۵۷۵	–۰/۰۸۴۴۰	۱/۴۷۰۱۴	۰/۰۰۰۳۲	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۱۸۸۶	۷۷/۹۷
	۱۰۰۰–۵۰۰	۱/۲۰۸۰۱	–۰/۰۵۹۲۰	۱/۲۶۷۲۱	۰/۰۰۰۴۲	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۲۱۳۱	۵۹/۴۶
	۲۰۰۰–۱۰۰۰	۱/۱۱۳۰۵	–۰/۱۶۷۸۶	۱/۲۸۰۹۱	۰/۰۰۰۱۶	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۱۴۱۰	۹۰/۸۴
	۴۰۰۰–۲۰۰۰	۰/۸۴۴۹۱	–۰/۱۹۸۳	۱/۰۴۳۲۴	۰/۰۰۰۱۲	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۱۲۹۱	۸۰/۸۱
	۴۰۰۰–۰/۸۵۵۳۸	۱/۰۳۷۵۴	–۱/۸۹۲۹۲	۰/۰۰۰۱۰	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۱۲۳۶	–۱۵۳/۱	
فاصله از جادهٔ فرعی به متر	۲۰۰–۰	۰/۰۰۳۱۸	–۰/۰۰۰۵۲	۰/۰۰۳۷۰	۰/۰۰۰۲۴	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۱۶۶۰	۰/۲۲
	۵۰۰–۲۰۰	–۰/۰۱۳۵۳	۰/۰۰۱۸۲	–۰/۰۱۵۳۵	–۰/۰۰۰۲۸	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۱۷۹۶	–۰/۸۵
	۱۰۰۰–۵۰۰	۰/۱۲۱۴۴	–۰/۰۴۲۴۰	–۰/۱۶۳۸۴	۰/۰۰۰۱۴	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۱۳۴۸	–۱۲/۱۶
	۱۵۰۰–۱۰۰۰	۰/۰۲۸۴۱	–۰/۰۱۰۹۴	۰/۰۳۹۳۵	۰/۰۰۰۱۲	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۱۲۸۵	۳/۰۶۲
	۱۵۰۰–۰/۱۲۱۲۷	–۰/۰۳۰۹۸	۰/۱۵۲۲۶	۰/۰۰۰۱۵	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۱۰۴۰۵	۱۰/۸۳	
ارتفاع به متر	۱۳۵۰–۱۲۸۵	۰/۳۶۶۷۳	–۰/۲۱۱۳۸	۰/۵۷۸۱۲	۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۱۱۶۷	۴۹/۵۵
	۱۴۰۰–۱۳۵۰	۱/۱۱۶۸۲	–۰/۵۸۱۳۹	۱/۶۹۸۲۱	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۱۱۶۰	۱۴۶/۳۸
	۱۵۰۰–۱۴۰۰	–۱/۸۶۸۳۵	۰/۱۶۰۶۷	–۲/۰۲۹۰۲	۰/۰۰۱۲۷	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۳۶۰۸	–۵۶/۲۴



شکل ۷. نقشهٔ پیش‌بینی توسعهٔ آتی شهر اردبیل

پس از اینکه وزن هریک از کلاس‌های پارامترهای درنظرگرفته‌شده به‌دست آمد، وزن مربوط به هر کلاس در محیط نرم‌افزار Arc Map اعمال شد و با روی‌هم‌گذاری پارامترها، نقشهٔ نهایی برای پیش‌بینی توسعهٔ شهر به‌دست آمد. درنهایت، با استفاده از روش شکستگی‌های طبیعی[1] نقشهٔ به‌دست‌آمده در ۵ کلاس دسته‌بندی شد (شکل ۷).

بحث و یافته‌ها

با توجه به نقشهٔ تهیه‌شده و اطلاعات جدول ۱ در لایهٔ کاربری زمین، کلاس کشت آبی و دیم با ۶۴/۵۸ بیشترین تأثیر و وزن را داشته است. کشت دیم با ۳۹/۷۷ در ردهٔ بعدی قرار دارد. در لایهٔ سنگ‌شناسی کلاس رسوبات دشتی، تراس‌های جوان، در لایهٔ فاصله از شهرک کلاس ۵۰۰۰ تا ۱۰،۰۰۰ متر از سطح دریا، در لایهٔ تراکم پوشش گیاهی کلاس تراکم

1. Natural breaks

www.SID.ir

Archive of SID

بسیار کم، در لایهٔ فاصله از رودخانه کلاس ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متر، در لایهٔ واحد ارضی کلاس دشت دامنه‌ای در لایهٔ شیب کلاس صفر تا ۲ درجه، در لایهٔ فاصله از جادهٔ اصلی کلاس ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متر، در لایهٔ فاصله از جادهٔ فرعی کلاس بزرگ‌تر از ۱۵۰۰ متر و در لایهٔ ارتفاع کلاس ۱۳۵۰ تا ۱۴۰۰ متر بیشترین تأثیر و وزن را در توسعهٔ شهری به خود اختصاص داده‌اند. برای اینکه بتوانیم مدل اجراشده در منطقه را ارزیابی کنیم، با استفاده از روش وزن شواهد و یک‌سوم مناطق توسعه‌یافته در منطقه– که در اجرای مدل استفاده نشده بودند– پهنه‌بندی قابلیت توسعهٔ شهری در کلاس‌های پنج‌گانه ارزیابی شد که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. مساحت کلاس‌های پهنه‌بندی قابلیت توسعهٔ فیزیکی شهر اردبیل- مدل بیزین

کلاس حساسیت	مساحت هر کلاس (به درصد)	توسعهٔ شهر اردبیل بین ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۰ در هر کلاس (به درصد)
قابلیت توسعهٔ بسیار کم	۲۴/۳	۰
قابلیت توسعهٔ کم	۱۸/۹	۰
قابلیت توسعهٔ متوسط	۲۰/۴	۱/۲
قابلیت توسعهٔ زیاد	۲۹/۶	۱۹/۳
قابلیت توسعهٔ بسیار زیاد	۱۷/۸	۷۹/۵

بررسی و مقایسهٔ نقشهٔ به‌دست‌آمده از پهنه‌بندی با معیارهای مورد استفاده نشان می‌دهد بیشتر مناطقی که با قابلیت توسعهٔ بسیار زیاد درنظر گرفته شده‌اند، از نظر کاربری زمین در زمین‌های با کاربری کشت دیم و آبی قرار دارند که علت این امر را می‌توان در قرارگیری شهر در یک منطقهٔ کشاورزی دانست. بیشتر زمین‌ها شیب بین ۰ تا ۱۰ درجه دارند که زمین‌های با شیب زیاد، بیشتر در بخش‌های غربی و جنوب غربی شهر واقع شده‌اند. تراکم پوشش گیاهی این مناطق از نوع بسیار کم در بخش‌های غربی و جنوبی و کم در بخش‌های دیگر است. از نظر جنس سازندها، در مناطق غربی و جنوبی که به‌عنوان مناطق مساعد درنظر گرفته شده‌اند، جنس سنگ‌ها بیشتر از نوع تراورتن، ماسه‌سنگ، کنگلومرا و آهک است، اما در زمین‌های شرقی، جنس زمین بیشتر از نوع نهشته‌های سیلابی و دشت‌های آبرفتی است. از نظر پهنه‌بندی خطر زلزله نیز بخش عمده‌ای از زمین‌هایی که در کلاس با قابلیت توسعهٔ بسیار زیاد قرار گرفته است، از نوع پهنه‌هایی با خطر متوسط زلزله است.

با توجه به نتایج ارزیابی، بیشترین مقدار توسعهٔ شهری در کلاس پنج رخ داده است. مطابق اطلاعات جدول ۲، با افزایش کلاس قابلیت زمین برای توسعهٔ فیزیکی شهر، درصد پهنه‌های توسعه‌یافتهٔ شهر در آن کلاس در سال‌های مورد مطالعه افزایش می‌یابد؛ به‌طوری‌که کلاس با قابلیت توسعهٔ بسیار زیاد، حدود ۷۹/۵ درصد توسعهٔ شهری را در خود جای داده است. این در حالی است که مساحت این کلاس فقط ۱۷/۸ درصد کل منطقهٔ مورد مطالعه است. کلاس‌های با قابلیت توسعهٔ بسیار کم، کم و متوسط، با اینکه ۸۲/۲ درصد مساحت منطقه را شامل می‌شوند، تنها بخش ناچیزی از توسعهٔ شهری (۱/۲ درصد) در این کلاس‌ها واقع شده‌اند و مابقی مناطق توسعه‌یافته در منطقه، یعنی ۹۸/۸ درصد آن‌ها در کلاس‌های چهارم و پنجم نقشهٔ پهنه‌بندی (پهنه با قابلیت زیاد و بسیار زیاد) قرار گرفته‌اند.

نتیجه‌گیری

امروزه شهرها با رشدی شتابان درحال گسترش و توسعه هستند؛ به‌طوری‌که فرایند توسعهٔ شهرها و چگونگی تغییرات کاربری‌ها در سطح کلان، یکی از مهم‌ترین موضوعات پیش‌روی پژوهشگران مسائل شهری است. افزایش بی‌رویهٔ جمعیت و توسعهٔ غیراصولی شهرها به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه، نتایجی از قبیل ازبین‌رفتن منابع، ناهمخوانی زیرساخت‌های موجود شهر با رشد شهر، تغییر کاربری‌های مناسب کشاورزی به کاربری شهری و افزایش هزینه از قبیل

www.SID.ir

Archive of SID

مسکن و حمل‌ونقل را به‌دنبال خواهد داشت. در این راستا، شهر اردبیل در فرایند توسعه و گسترش، به‌ویژه بعد از استان‌شدن، علی‌رغم وجود قوانین بازدارنده از جمله قانون حفظ کاربری اراضی زراعی و باغ‌ها و نیز قانون حفظ و گسترش فضای سبز در شهرها، در روند گسترش پیامدهای نامناسبی برای محیط اطراف خود داشته و منابع طبیعی سبز شهر را که شامل انواع باغات و زمین‌های کشاورزی و مزارع بوده‌اند، در اثر رشد نامنظم و پراکندهٔ شهری از دست داده است؛ به‌طوری‌که برخی از روستاها در بافت شهری ادغام شده‌اند. در این شرایط، مدل‌سازی توسعهٔ آتی شهر به‌عنوان ابزاری مفید، قابلیت آن را دارد که برنامه‌ریزان را در پیش‌بینی نیازهای آیندهٔ شهر یاری کند؛ بنابراین، این پژوهش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۳ و تئوری بیزین و چهارده معیار طبیعی و انسانی مؤثر در توسعهٔ شهری (ارتفاع، پوشش گیاهی، واحد ارضی، جادهٔ اصلی، جادهٔ فرعی، خاک، فاصله از رودخانه، موقعیت زلزله‌های اتفاق‌افتاده، سنگ‌شناسی، شهرک صنعتی، شیب زمین، فرودگاه، کاربری اراضی و فاصله از گسل)، پیش‌بینی جهات توسعهٔ فیزیکی آتی شهر اردبیل را انجام داد و نتیجهٔ کار به‌صورت یک نقشهٔ پهنه‌بندی‌شده در پنج کلاس ارائه شد. مطابق نقشهٔ پهنه‌بندی، ۱۷/۸ درصد منطقه در کلاس با پهنهٔ قابلیت توسعهٔ بسیار زیاد، ۲۹/۶ درصد در کلاس با قابلیت توسعهٔ زیاد، ۲۰/۴ درصد در کلاس با قابلیت توسعهٔ متوسط، ۱۸/۹ درصد در کلاس با قابلیت توسعهٔ کم و ۲۴/۳ درصد نیز در کلاس با قابلیت توسعهٔ بسیار کم قرار گرفته‌اند. مناطق با قابلیت توسعهٔ زیاد و بسیار زیاد، به‌طور عمده در قسمت جنوب غربی و شمال غربی واقع شده‌اند. بخش جنوب غربی شهر، بیشتر به‌صورت با قابلیت توسعهٔ زیاد و بسیار زیاد پهنه‌بندی شده است و تنها در مناطق جنوبی می‌توان مناطقی با قابلیت توسعهٔ کم و بسیار کم مشاهده کرد. پس از به‌دست‌آمدن نقشهٔ پهنه‌بندی قابلیت توسعهٔ شهری با استفاده از یک‌سوم مناطق توسعه‌یافته در منطقه، نقشهٔ تهیه‌شده از نظر صحت و دقت ارزیابی شد. نتایج ارزیابی نشان داد که مدل مورد استفاده در پژوهش، با قابلیت پیش‌بینی ۷۹/۵ درصد مناطق توسعه‌یافته در کلاس پنجم نقشهٔ پهنه‌بندی، قابلیت مناسبی برای پهنه‌بندی توسعهٔ آتی شهر و پیش‌بینی آن را دارد که نشان‌دهندهٔ دقت بالای مدل در پیش‌بینی توسعهٔ آتی شهر است.

منابع

۱. ابراهیم‌زاده، عیسی و قاسم رفیعی، ۱۳۸۸، **مکان‌یابی بهینه جهت گسترش شهری با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعهٔ موردی: شهر مرودشت)**، جغرافیا و توسعه، شمارهٔ ۱۵، صص ۳۵- ۷۰.

۲. اصغری زمانی، اکبر، ۱۳۸۶، **ارزیابی و پیش‌بینی گسترش فضایی- کالبدی شهرهای ایران، مطالعهٔ موردی: شهر زنجان**، رسالهٔ دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تبریز، تبریز.

۳. پورقاسمی، حمیدرضا، مرادی، حمیدرضا، محمدی، حمید، مصطفی‌زاده، رئوف و عباس گلی جیرنده، ۱۳۹۱، **پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از تئوری بیزین**، مجلهٔ علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب‌وخاک، سال شانزدهم، شمارهٔ ۶۲، صص ۱۰۹- ۱۲۱.

۴. پورخباز، حمیدرضا، ۱۳۸۹، **مدل‌سازی توان اکولوژیک کاربری توسعهٔ شهری**، رسالهٔ دکتری، دانشکدهٔ جغرافیا دانشگاه تهران، تهران.

۵. جوانمردی، سعیده، فرجی سبکبار، حسنعلی، یاوری، احمدرضا و حمیدرضا پورخباز، ۱۳۹۰، **ارزیابی چندمعیارهٔ تناسب اراضی برای کاربری کشاورزی با استفاده از GIS (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ قزوین)**، مجلهٔ پژوهش‌های محیط‌زیست، سال دوم، شمارهٔ ۴، صص ۵۱- ۶۰.

۶. حیدریان، پیمان، رنگزن،کاظم، ملکی، سعید، تقی‌زاده، ایوب، ۱۳۹۳، **تلفیق تکنیک‌های سنجش از دور، GIS و مدل LCM با رویکرد مدل‌سازی توسعهٔ شهری (نمونهٔ موردی: کلان‌شهر تهران)**، نشریهٔ مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال پنجم، شمارهٔ ۱۷، صص ۱۰۰-۸۷.

www.SID.ir

Archive of SID

۷. رحمتی، صفرقائد و نسیم حیدری‌نژاد، ۱۳۸۸، **گسترش فیزیکی شهرها و ضرورت تعیین حریم امن شهری (نمونه: شهر اصفهان)**، مجلهٔ جغرافیا و مطالعات محیطی، دورهٔ اول، شمارهٔ ۱، صص ۱۴- ۲۴.

۸. شیعه، اسماعیل، ۱۳۸۰، **شهر و منطقه در ایران**، شرکت پردازش و برنامه‌ریزی شهری، تهران.

۹. شیعه، اسماعیل، ۱۳۷۷، **مقدمه‌ای بر مبانی برنامه‌ریزی شهری**، انتشارات دانشگاه علم و صنعت، تهران.

۱۰. صدوق ونینی، سیدحسن، توکلی‌نیا، جمیله و امید زارعی، ۱۳۸۸، **پهنه‌بندی زمین برای توسعهٔ فیزیکی شهر شیراز با استفاده از GIS و AHP**، فصلنامهٔ سپهر، دورهٔ هجدهم، شمارهٔ ۷۲، صص ۳۲- ۳۹.

۱۱. نظم‌فر، حسین و علی بخشی، آمنه، ۱۳۹۶، **نابرابری فضایی درجهٔ توسعهٔ شهرستان‌های استان خوزستان با تأکید بر توسعهٔ پایدار**، مجلهٔ آمایش جغرافیایی فضا ، سال ششم، شمارهٔ ۴، صص۱-۲۴.

12. Asghari, A., 2007, **Assessment and Prediction of Physical Spatial Expansion of Cities, Case Study: City Zanjan**, Geography and Urban Planning thesis, University of Tabriz, Tabriz. *(In Persian)*

13. Bhatta, B., 2010, **Analysis of Urban Growth and Sprawe,** from Remote Sensing Data: Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

14. Batisani, N. and Yaenal. B., 2009, **Urban Expansion in Center Country, Pennsylvania: Spatial Dynamics and Landscape Transformations,** Applied Geography, Vol. 29, No. 2, PP. 235-249.

15. Bonham-Carter, G.F., Agterberg, F.P. and Wright, D.F., 1989, **Weights of Evidence Modelling: A New Approach to Mapping Mineral Potential,** In: Agterberg, F.P., Bonham-Carter, G.F. (eds.), Statistical Applications in the Earth Sciences: Geological Survey of Canada, Paper, Vol. 89, No. 9, PP. 171–183.

16. Barbieri, G. and Cambuli, P., 2009, **The Weight of Evidence Statistical Method in Landslide Susceptibility Mapping of the Rio Pardu Valley (Sardinia, Italy),** International Association for Mathematics and Computers in Simulation, July 2009, PP. 2658–2664.

17. Denison, D.G.T., Holmes, C.C., Mallick, B.K. and Smith, A.F.M., 2002, **Bayesian Methods for Nonlinear Classification and Regression**, John Wiley & Sons, Chichester.

18. Dadashpour, H. and Zareei, E., 2011, **Changes Predicted by the Model of Urban Development of the City Nowshahr Using the Model LUCIA,** Journal of Research and Urban Planning, Vol. 3, No. 11, PP. 37–58. *(In Persian)*

19. Ebrahimzadeh, E. and Rafiee, G., 2009, **The Optimal Location for Urban Development Utilizes GIS (Case Study: City of Shiraz),** Geography and Development, Vol. 7, No. 15, PP. 35–70. *(In Persian)*

20. Feizizadeh, B., Blaschke, T and Nazmfar, H., 2014, **GIS-based ordered weighted averaging and Dempster–Shafer methods for landslide susceptibility mapping in the Urmia Lake Basin, Iran**,

21. International Journal of Digital Earth, Vol. 7, No. 8, PP. 688–708.

22. Heydarian, P., Rangazn, K. and Maleki, S., 2013, **Integration of Remote Sensing Techniques to the Modeling Approach Urban Development (Case Study: Tehran Metropolis),** Journal of Geographical Studies of Arid Zones, Vol. 5, No. 17, PP. 87–100. *(In Persian)*

23. Han, J., Hayashi, Y., Cao, X. and Imura, H., 2009, **Application of an Integrated System Dynamics and Cellular Automata Model for Urban Growth Assessment: A Case Study of Shanghai, China,** Landscape and Urban Planning, Vol. 3, No. 2, PP. 133–141.

24. Javaheir, H., 2006, **Site Selection of Municipal Solid Waste Landfill Using Analytical Hierarchy Process Method in Geographical Information System Technology Environment in Jiroft,** Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng Vol. 3, No. 3, PP. 177–184.

25. Jokar Arsanjani, J., Helbich, M. and De Noronha Vaz, E., 2013, **Spatiotemporal Simulation of Urban Growth Patterns Using Agent-Based Modeling: The Case of Tehran,** Cities, Vol. 32, No. 3, pp. 33–42.

26. Javanmardi, S., Faraji Sabokbar, H., Yavari, A and Pourkhabbaz, H. R., 2010, **Multi-Criteria**

www.SID.ir

Archive of SID

Evaluation of Land Suitability for Agriculture Using GIS (Case Study: Qazvin Region), Journal of Agricultural Science and Technology, Vol. 2, No. 4, PP. 51–60. (In Persian).

27. Nazmfar, H., 2012, **An analysis of urban system with emphasis on entropy model (Case study: the cities of East Azerbaijan Province),** Indian Journal of Science and Technology, Vol. 5, No. 9, PP. 340–344.
28. Nazmfar, H., Ali Bakhsi, A., 2017, **Evaluation Spatial inequality of development of the city in the province with an emphasis on sustainable development**, Geographicap Planning of Space Quarterly Journal, Vol. 6, No. 22, PP. 1–24. (In Persian)
29. Parka, S., Jevons, S. and Kimc, Sh., 2011, **Prediction and Comparison of Urban groweh by land Suitability Index Mapping Using GIS and Rs in South Korea,** Landscape and Urban planning, Vol. 11 No. 2, PP. 104-114.
30. Piacentinia, D., **Troiani**, F., Soldati, M., Notarnicola, C., Savelli, D., Schneiderbauer, S., Strada, C., 2012, **Statistical Analysis for Assessing Shallow-Landslide Susceptibility in South Tyrol (South-Eastern Alps, Italy),** Geomorphology, Vol. 22, No. 151, PP. 196–206.
31. Poli, S and Sterlacchini, S., 2007, **Landslide Representation Strategies in Susceptibility Studies Using Weights-of-Evidence Modeling Technique,** Natural Resources Research, Vol. 16, No. 2, PP. 121–134.
32. Pourghassemi, H. R., Moradi , M. Mohammdi, R. Mostafazadeh, A. Goli Jirandeh, 2011, Landslide Hazard Zoning Using Bayesian Theory**,** Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Sciences, Vol. 16, No. 62, PP. 121–109. *(In Persian)*
33. Pourkhabbaz, H. R., 2009, **Modeling the Use of Ecological Urban Development,** PhD Thesis, Department of Geography, Tehran University, Tehran. *(In Persian)*
34. Rahmati, S. and Heydarinejad, N., 2008, **Physical Expansion of Cities and the Need to Determine the Safety of the City (Example: City of Isfahan),** Journal of Geography and Environmental Studies, Vol. 1, No. 1, PP. 14–24. *(In Persian)*
35. Sadough Vnniny, Tavakoliniya, H. and Zare, O., 2008, **The Zoning of Land for the Physical Development of the City Using GIS and AHP,** Journal of Sepehr, Vol. 18, No. 72, PP. 32–39. *(In Persian)*
36. Seto, K. C., Woodcock, C. E., Song, C& R. K. Kaufmann, 2003, **Monitoring Land-Use Change in the Pearl River Delta using Landsat TM**, International Journal of Remote Sensing, Vol. 23, No. 10 PP. 1985-2004.
37. Shiea, I., 2000, **Introduction to the Principles of Urban Planning,** University of Science and Technology, Tehran. *(In Persian)*
38. Shiea, I., 2001, **The City and Region of the Country,** Processes and Urban Planning Company, Tehran. *(In Persian)*
39. Sun, C., Wu, Z., Lv, Z., Yao, N. and Wei, J., 2013, **Quantifying Different Types of Urban Growth and the Change Dynamic in Guangzhou Using Multi-Temporal Remote Sensing Data,** International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Vol. 21, No, 2, PP. 409–417.
40. Wu, K. and Zhang, H., 2012, **Land Use Dynamics, Built-up Land Expansion Patterns, and Driving Forces Analysis of the Fast-Growing Hangzhou Metropolitan Area,** Eastern China (1978–2008), Applied Geography, Vol. 11, No. 34, PP. 137–145.
41. Zhang, J., Wang, K., Song, G., Zhang, Z., Chen, X. and Yu, Z., 2013, **Application of Multi-Agent Models to Urban Jokar Arsanjani**, Chinese Geographical Science, Vol. 12, No. 23, PP. 754–764.

www.SID.ir