کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی
سال سوم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۳۹٤
تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۷/۰٦ تاریخ تأیید نهایی: ۱۳۹۳/۰۲/۰۸
صص: ٤۷-۲۷

مدل‌سازی رشد و توسعه شهر بیابانی یزد با استفاده از تحلیل‌های پیشرفته فضایی، در بازه زمانی ۱۹۹۹-۲۰۲۰

مریم مشتاقیون، دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه سنجش از دور و GIS، دانشگاه آزاد یزد، ایران
سید علی المدرسی*، دانشیار گروه سنجش از دور و GIS دانشگاه آزاد اسلامی یزد، ایران
علی اکبر جمالی، استادیار گروه GIS سنجش از دور و آبخیزداری دانشگاه آزاد اسلامی یزد، ایران

چکیده

پژوهش حاضر در پی ارزیابی تغییرات اراضی شهر یزد در طی سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۳ و سپس پیش بینی این تغییرات تا سال ۲۰۲۰ می‌باشد. از این رو برای پی بردن به نوع و میزان تغییرات رخ داده در منطقه فوق سری‌های زمانی، تصاویر ماهواره‌ای لندست سال‌های ۱۹۹۹، ۲۰۰٦ و ۲۰۱۳ مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفت. پس از عملیات بارزسازی، برای کشف و ارزیابی تغییرات از روش مقایسه بعد از طبقه بندی استفاده شد. همچنین برای پیش بینی روند تغییرات تا سال ۲۰۲۰ از دو روش CA-Markov و LCM استفاده گردید. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که در طی ۱٤ سال مورد بررسی مدل CA-Markov با دقت ۷۰٪ به پیش بینی نقشه کاربری اراضی پرداخته است. نقشه خروجی مدل برای سال ۲۰۲۰، بیشترین افزایش مساحت را برای کاربری مسکونی و ساخته شده به میزان ۵۱/۱۱ درصد و بیشترین کاهش را برای زمین بایر به میزان ۲۹ درصد پیش بینی کرد. دقت مدل LCM برای پیش بینی نقشه کاربری اراضی ۸۳٪ محاسبه گردید. در نقشه خروجی، این مدل برای سال ۲۰۲۰، افزایش ٦۸٪ اراضی ساخته شده و کاهش ۲٤/۸ درصدی زمین‌های بایر پیش بینی گردید. بالاتر بودن دقت مدل LCM نسبت به CA-Markov به دلیل استفاده از متغیرهای مستقل به‌عنوان پارامترهای ورودی به این مدل می‌باشد. نهایتا هر دو مدل دارای دقت مناسبی در پیش بینی توسعه فیزیکی یزد در دوره زمانی مذکور بوده و تا سال ۲۰۲۰ ، شهر یزد به سمت حاشیه (غرب و جنوب غرب و جنوب) گسترش یافته و شهرهای همجوار مانند حمیدیا، شاهدیه را دربرمی‌گیرد.

کلمات کلیدی : تغییر کاربری اراضی، CA-Markov، LCM، توسعه فیزیکی شهر، یزد

---

*- نویسنده مسئول: Email: almodaresi@yahoo.com

مقدمه

اگرچه شهرها تنها ۳ درصد از سطح کره زمین را اشغال کرده‌اند، ولی با نرخ و مقیاس غیر قابل تصور در سراسر جهان و به خصوص در کشورهای در حال توسعه در حال رشد و گسترش هستند. شهرها دارای دو بعد جمعیت شناختی و مکانی هستند. یدین معنی که با افزایش جمعیت، نیاز به سکونت‌گاه نیز افزایش می‌یابد و شهرها با رشد مکانی مواجه می‌شوند. در بسیاری از موارد پدیده رشد شهری با عنوان توسعه پراکنده شهر[۲] شناخته می‌شود. توسعه پراکنده شهری به توسعه بی‌رویه و بی‌برنامه شهرها اطلاق می‌شود که نه تنها باعث تخریب فضای پیرامون شده، بلکه موجب توسعه ناموزون و بی‌قواره شهرها می‌شود. (روستایی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۸۹-۲۰٦) پدیده توسعه دارای اثرات متعددی در مقیاس محلی، منطقه‌ای و جهانی است که از جمله این اثرات می‌توان به افزایش الودگی آب و خاک و هوا، افزایش مصرف انرژی، تشدید پدیده جزایر حرارتی شهری، تغییر اقلیم، تخریب پوشش گیاهی و زمین‌های کشاورزی و همچنین اثرات منفی بر سلامت روحی و جسمی ساکنان شهرها اشاره کرد. (سراب و همکاران، ۱۳۸۹)

در عصر حاضر جمعیت جهانی و تمایل افراد برای سکونت در شهرها، توسعه فیزیکی سریع شهرهای بزرگ را در پی داشته است. همچنین تحولات فرهنگی اجتماعی و اقتصادی قرن ۱۹ و ۲۰ متأثر از مدرنیسم، گسترش سریع شهرها و پیدایش کلان‌شهرها، شهر- منطقه‌ها را موجب شده و تغییرات بنیادی را در ساختار و سازمان فضایی- کالبدی آن‌ها به وجود آورده و تغییرات کاربری اراضی را به‌صورت غیر هدفمند موجب شده است. نوع‌کاربری اراضی و پوشش‌سرزمین را می‌توان نتیجهٔ روابط متقابل عوامل اجتماعی-فرهنگی و توان بالقوه سرزمین دانست. به زبان دیگر، تغییرات کاربری اراضی و پوشش سرزمین را می‌توان آغاز بهره‌برداری‌های پویای انسان از منابع طبیعی برای برطرف کردن نیازهایش دانست. (عسکریان و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۳-۲٤)

2- Urban Sprawl

تغییرات کاربری زمین شهری سال‌های زیادی موردمطالعه قرارگرفته، اما ظهور تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش از دور، راهی تازه برای بازبینی و ارزیابی تغییرات پوشش کاربری زمین باز کرده‌است. تکنیک‌های سنجش از دور و دسترسی آزاد به منابع داده‌ای تصاویرماهواره‌ای ارزان و تکرارپذیر، تا حد زیادی پتانسیل بازبینی رشد شهری، پویایی کاربری زمین شهری، آنالیز چشم‌انداز و شهرنشینی را افزایش داده است(عزیزی قلاتی، ۱۳۹۲). همچنین سیستم اطلاعات مکانی (GIS) به‌عنوان دریافت‌کننده داده‌های خروجی سنجش از دور و ابزاری توانمند در جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، بازیابی، پردازش و تحلیل داده‌های فضایی، دارای کاربردهای وسیعی در عرصه‌های مختلف برنامه‌ریزی، مدیریت و تصمیم‌گیری است. بر همین اساس لازم است که روش‌ها و مدل‌های مختلف تحلیل، تصمیم و برنامه‌ریزی در ملازمت باقابلیت‌ها و توانایی‌هایGIS مورد ملاحظه قرارگرفته و از آن به طرز مطلوبی استفاده شود (خوش گفتار و همکاران ، ۱۳۸۹). تلفیق سیستم اطلاعات مکانی (GIS) و نیز سنجش از دور(RS) و توسعه و پیشرفت این تکنیک‌ها در فراهم آوردن اطلاعات فضایی مناسب و به‌کارگیری آن‌ها در مدل‌سازی فضایی تغییرات کاربری اراضی، مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی و توسعه شهری را تسهیل کرد. از این رو روش‌های مدل‌سازی فضایی توسعه یافت. (علوی پناه و همکاران، ۱۳۸۷: ٤٥٧) مدل‌های فضایی، ابزارهایی مفید برای درک فرآیند توسعه شهری، ابزار کمکی سیاست‌گذاری مدیریت و برنامه‌ریزی شهری و فراهم‌کننده اطلاعات برای ارزیابی تأثیرات شهری بر محیط‌زیست و اکوسیستم هستند. برای رسیدن به حد مطلوب مدیریت و برنامه‌ریزی در آینده، بعد از تحقیق و جستجوی معیارهای تعیین‌کننده محلی و جهانی توسعه شهری، می‌توان به مدل‌سازی توسعه شهری و پیش‌بینی آن در آینده مبادرت ورزید. به همین دلیل مطالعه رشد شهری در سال‌های آینده با انجام مدل‌سازی و پیش‌بینی آن برای طراحی،برنامه‌ریزی و مدیریت شهری دارای اهمیت است. (خبرگزاری آفتاب، ۱۳۹۰). در مطالعه با موضوع سنجش فضایی گستردگی شهری با تأکید بر تغییرات کاربری

اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه در شهر ارومیه پرداختند و طبقه‌بندی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از جداول متعامد صورت گرفته و با استفاده از روش ترکیبی زنجیره‌های مارکوف و سلول‌های خودکار گستردگی شهری برای سال ۱٤۰۰ پیش‌بینی شده است. نتایج نشان می‌دهد طی این دوره ۱۷۱۸۸/٥٦ هکتار از اراضی شهر ارومیه تغییر کاربری داده است که بیش‌ترین تغییر کاربری اراضی در اراضی کشاورزی آبی با کاهش ۷٦۷۲/٤۱ هکتار صورت گرفته است. هم‌چنین بررسی‌ها نشان می‌دهد در سال ۱٤۰۰ در حدود ۲٤۰۸/٥٥ هکتار به اراضی ساخته‌شده اضافه خواهد گردید. (احدنژاد و همکاران،۱۳۹۰: ۱۰۸-۱۲٤)

در تحقیقی گسترش اراضی شهری در حومه جنوب غربی تهران را با استفاده از مدل سلولار آتوماتا شبیه‌سازی کرده و کارایی مدل سلول‌های خودکار را مورد ارزیابی قرار داده است. یافته‌های این تحقیق حاکی از آن است که مدل CA برای پیش‌بینی و مدل‌سازی تغییرات کاربری در شرایط منطقه مطالعه قابلیت دارد و ارزیابی و بررسی‌های بیشتر برای بهینه‌سازی این مدل در شرایط مختلف توصیه می‌شود. (پرتال جامع استان یزد، ۱۳۹۱)

داده‌ها و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

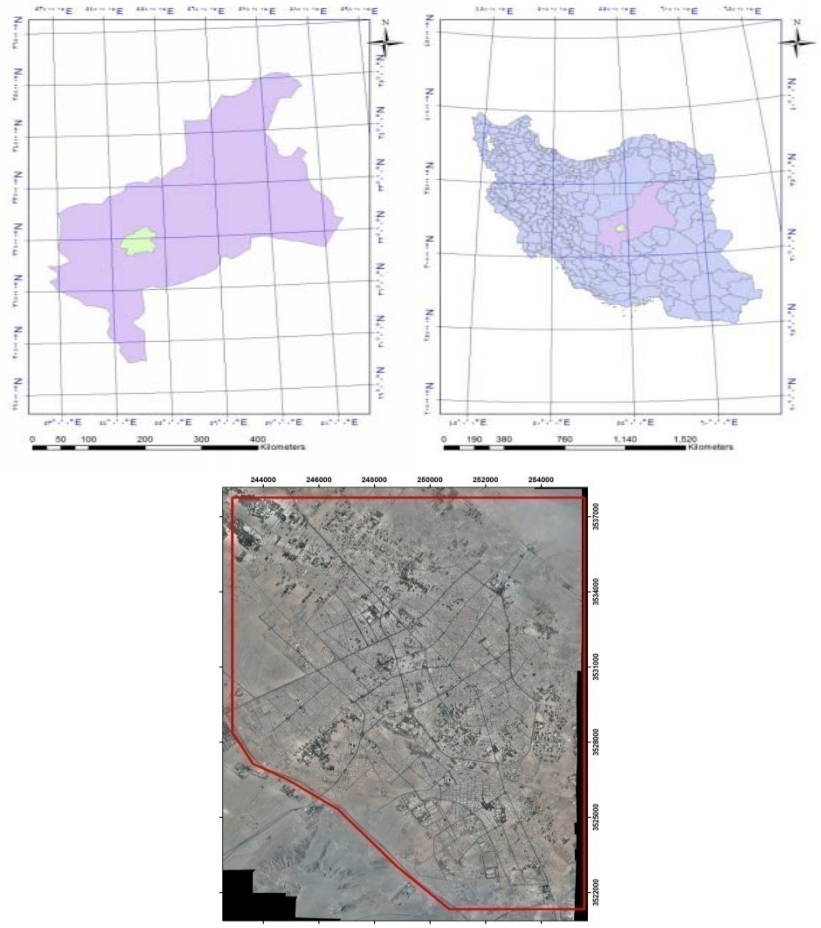
منطقه مطالعاتی برای انجام این تحقیق شهرستان یزد است. شهرستان یزد باجمعیتی حدود ٥۸۲٦۸۲ نفر از شهرستان‌های استان یزد، درمرکز ایران است که شامل دوبخش مرکزی و زارچ می‌باشد. شهرهای یزد، حمیدیا، شاهدیه و زارچ ازشهرهای این شهرستان هستند(وب سایت سازمان آمار،۱۳۹۰) شهرهای همجوار شهرستان یزد از شمال به شهرستان اردکان، ازجنوب به شهرستان‌های تفت ومهریز، از شرق به شهرستان بافق و از غرب به شهرستان‌های صدوق ومیبد منتهی می‌گردد.

شهریزد در ۳۱ درجه و٥٥ دقیقه شمالی و٥٤درجه وبیست دقیقه شرقی قرار دارد. ارتفاع شهر یزد از سطح دریا ۱۲۱۸ متر است. یزد در کمربند خشک و نیمه خشک

نیمکره شمالی قرارگرفته است. شهرستان یزد در دره‌ای وسیع و خشک و محصور بین رشته کوه‌های شیرکوه و خرانق قراردارد. بیش از ۸٤/۵ درصد مساحت استان یزد بیابانی است وتنها چیزی کمتر از ۱٦٪ آن را مناطق بیابانی تشکیل می‌دهد. شهر یزد یکی از کم بارش‌ترین شهرهای کشور است. به طوری که بارها در آمار و اخبار بارش این شهر پائین‌ترین میزان در کشور اعلام شده است. تعداد روزهایی که ممکن است بارندگی در آن صورت گیرد، در سال 23 روز است. میزان بارش باران به طور متوسط سالیانه 61.02 میلی متر می‌باشد(افتاب، ۱۳۹۱). ساعات آفتابی در یزد به طور متوسط ۳۰۵۲ ساعت و روزهای غیر آفتابی آن به طور متوسط 60 روز می‌باشد.

وزش باد در استان یزد: شدیدترین بادها معمولاً از قطاع غربی می‌وزد و بزرگترین رقمی که به ثبت رسیده،65 نات معادل 120 کیلومتر در ساعت بوده است. قدرت فرسایش بادی به گونه‌ای است که یکی از مهم‌ترین عوامل تغییر شکل دهنده زمین به حساب می‌آید. آثار و علائم این فرسایش در نواحی وسیعی از استان، از دشت‌های مرتفع گرفته تا مناطق پست کویری، قابل مشاهده است. نوسان درجه حرارت در زمستان و تابستان و حتی در شب و روز بسیار زیاد است. حداکثر حرارت،45 درجه سانتیگراد بالای صفر و حداقل 20 درجه سانتیگراد زیر صفر متغیر است. میانگین روزانه دما برای تمام سال بین 11/9 تا 20/7 درجه سانتیگراد متغیر است(پرتال جامع استان یزد، ۱۳۹۱)

شکل (۱) موقعیت شهر یزد را نشان می‌دهدکه مساحت محدوده مورد مطالعه ۱۸۰۲۵ هکتار می‌باشد. (پرتال جامع استان یزد، ۱۳۹۱)



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در تقسیمات سیاسی استان و کشور

در این مطالعه تصاویر ماهواره‌ای لندست متعلق بـه سـال‌هـای ۱۹۹۹، ۲۰۰٦، ۲۰۱۳ استفاده شده که مشخصات هرکدام از تصاویر استفاده شـده در جـدول (۱) نشـان داده شده است.

جدول ۱. مشخصات تصاویر مورداستفاده

ردیف	تاریخ تصویر	ماهواره	سنجنده	قدرت تفکیک(متر)	تعداد باند
۱	۱۹۹۹/۸/۱۹	Landsat-7	ETM^+	۳۰ متر	۸
۲	۲۰۰٦/۸/٦	Landsat-7	ETM^+	۳۰ متر	۸
۳	۲۰۱۳/۹/۱٤	Landsat-8	OLI	۳۰ متر	۱۱

(سایت تخصصی جی.ای.اس)

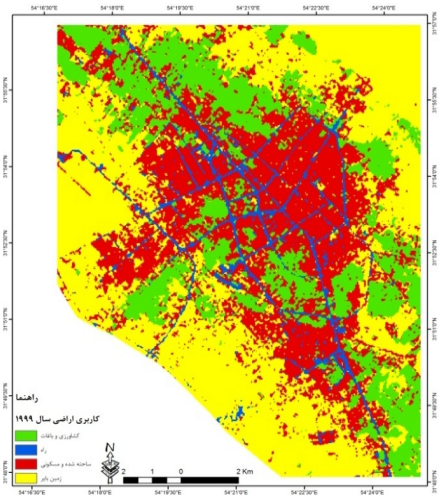
طبقه‌بندی و ارزیابی دقت طبقه‌بندی

در این مطالعه جهت تعیین کاربری اراضی شهر یزد از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده بیشترین شباهت استفاده گردید. در منطقه موردمطالعه برای هرکدام از تصاویرچهار کلاس کاربری اراضی در نظر گرفته شد که شامل ۱- اراضی کشاورزی و باغات ۲- اراضی ساخته شده و مسکونی ۳- زمین‌های بایر و ٤- راه‌ها می‌باشد. به‌منظور حذف پیکسل‌های ناخواسته و قطعات کوچک در تصویر طبقه‌بندی‌شده از فیلتر اکثریت استفاده شد که در شکل‌های شماره ۲، ۳ و ٤ نشان داده‌شده است، همچنین در جدول شماره (۲) درصد هرکدام از آن‌ها آمده است. برای تعیین صحت نتایج طبقه‌بندی ضریب کاپا هریک از نقشه‌های خروجی محاسبه گردید که برای سال ۱۹۹۹ حدود ۰/۸۲ و برای سال ۲۰۰٦ حدود ۰/۹۲ و برای سال ۲۰۱۳ حدود ۰/۸۵ به دست آمد.

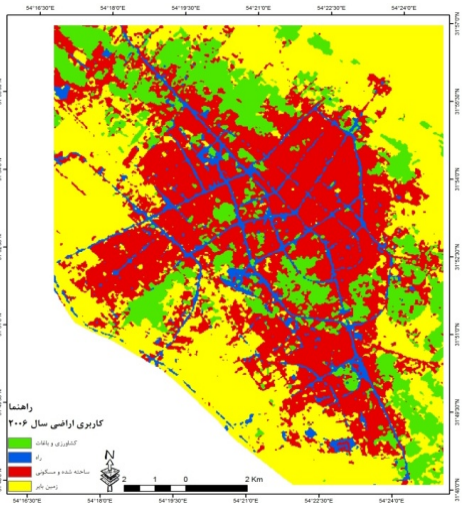
جدول ۲. درصد هرکدام از کاربری‌ها در سال‌های مختلف

کد	نوع کلاس	درصد (۱۹۹۹)	درصد (۲۰۰٦)	درصد (۲۰۱۳)
۱	اراضی کشاورزی و باغات	۲۳/۳	۱۷/٦	۱۲
۲	مسکونی و ساخته شده	۳۰/٦	۳۷	٤٦/۹
۳	اراضی بایر	٤۲/۳٥	۳۹/۲	۳۳/۸۲
٤	راه‌ها	٤.٦	٦.۱٥	۷.۲۱

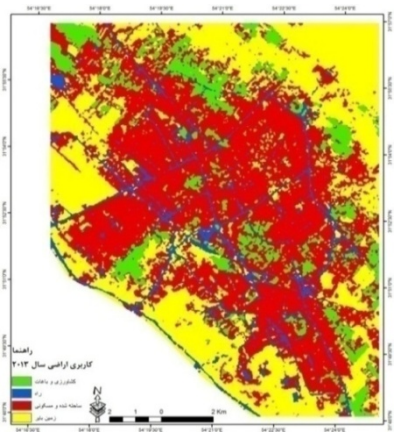
(مأخذ : نگارندگان)



شکل ۲. نقشه کاربری اراضی سال ۱۹۹۹



شکل ۳. نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰٦



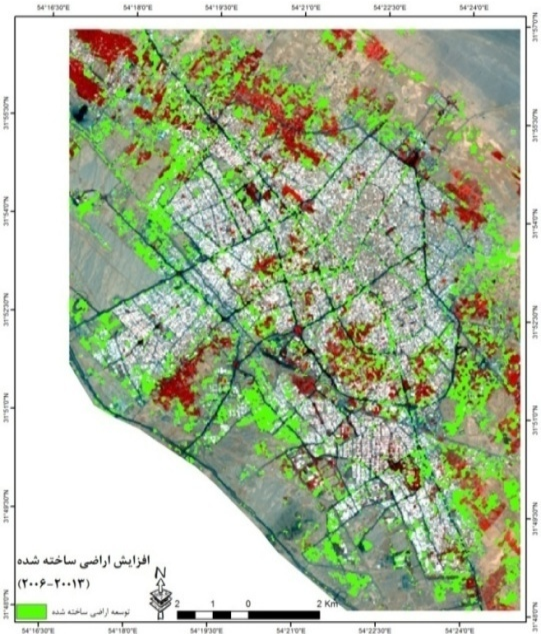
شکل ٤. نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۳

آشکارسازی تغییرات بین سال‌های ۱۹۹۹ الی ۲۰۱۳

آشکارسازی تغییرات، فرآیندی است که طی آن با استفاده از نرم‌افزارهـای مختلـف تغییرات رخ‌داده در یک منطقه خاص را در طول زمان محاسبه می‌کند. در این مطالعه از روش مقایسه بعد از طبقه بندی با ابزار crosstab اقـدام بـه بررسـی تغییـرات کـاربری

می‌کند. در جدول شماره (۳) میزان تغییرات رخ‌داده برای هریک از کاربری‌ها در شهر یزد مابین سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰٦ استخراج گردید و همچنین تغییرات کاربری سال‌های ۲۰۰٦ تا ۲۰۱۳ در جدول شماره(٤) استخراج گردید. شکل شماره(۵) نقشه تغییرات سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰٦ و در شکل شماره (٦) نقشه تغییرات مربوط به سال‌های ۲۰۰٦ تا ۲۰۱۳ را نشان می‌دهد. در هر دو تصویر افزایش اراضی ساخته شده به صورت لکه‌های سبز نشان داده شده است. تغییرات چهار کلاس مابین سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۳ در نمودار (۱) آورده شده است. دو کاربری اراضی ساخته شده و راه‌ها در طی این ١٤ سال دارای روند افزیشی و دو کاربری کشاورزی و بایر دارای روند کاهشی است.

شکل۵. نقشه تغییرات ۱۹۹۹ تا ۲۰۰٦



شکل ٦. نقشه تغییرات ۲۰۰٦ تا ۲۰۱۳

جدول ۳- جدول بندی تقاطعی مساحت تغییرات بین نقشه‌های کاربری ۱۹۹۹ و ۲۰۰٦

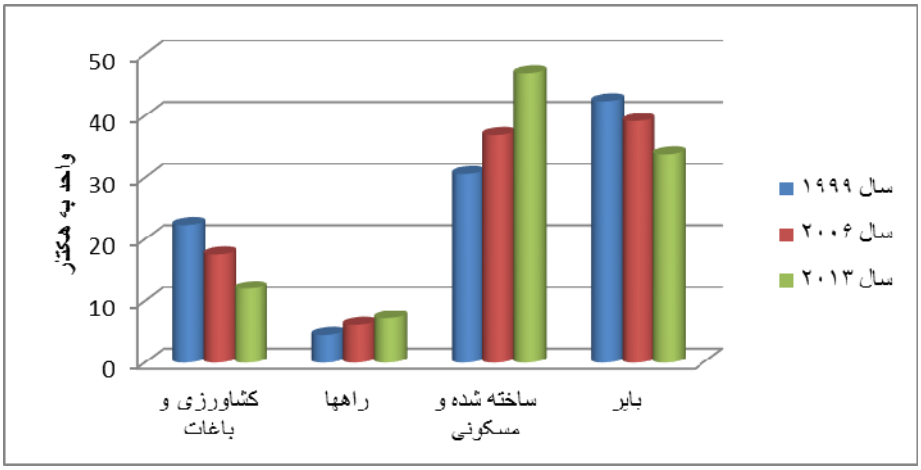
سال۲۰۰٦ سال۱۹۹۹	مسکونی و ساخته شده	کشاورزی و باغات	راه	بایر
مسکونی و ساخته شده	٥٤٨٩٨	٨٥٤٠	٢٤٩٠	١٦٥٢١
کشاورزی و باغات	٢٩٩٤	٣٣٧٩٩	٤٤٠	١٩٣٩
راه	٣٩٨٨	٨٤٣	٧١٧٤	١٧٠٨
بایر	٦١٩٤	٦٥٤٦	٣٢٢	٧٤٠١٩

(مأخذ: نگارندگان)

جدول ٤. جدول‌بندی تقاطعی مساحت تغییراتبین نقشه‌های کاربری ۲۰۰٦ و ۲۰۱۳

سال ۲۰۱۳ سال ۲۰۰٦	مسکونی و ساخته‌شده	کشاورزی و باغات	راه	بایر
مسکونی و ساخته‌شده	٧٠٩٤١	١١٦٩١	٥٣٣٧	١٦٦٢٢
کشاورزی و باغات	١٥٩٠	٢٢٩٨٢	٣٥٦	١٦٩٠
راه	٤٤٦٥	١١٤١	٧٦٠٩	٢٨٧٢
بایر	٥٤٤٩	٣٣٥٨	٣٨٥	٦٥٨٩٦

(مأخذ: نگارندگان)



نمودار ۱.تغییرات بازه ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۳(مأخذ : نگارندگان)

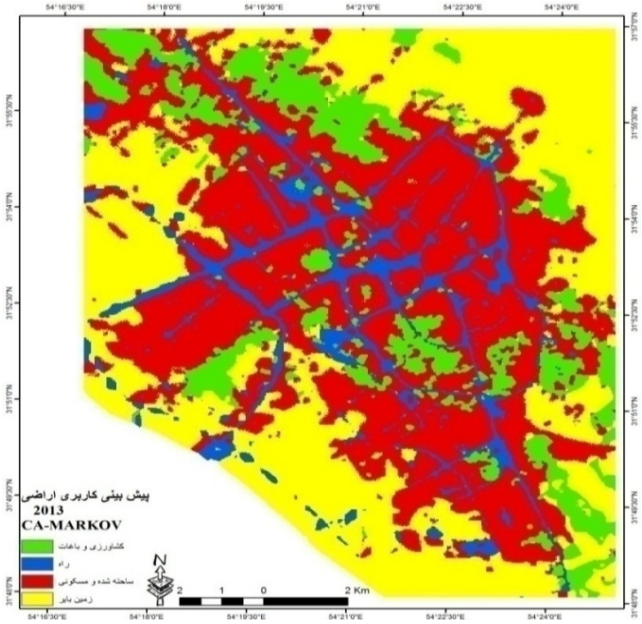
مدل‌سازی توسعه شهر یزد با استفاده از مدل CA-MARKOV

برای مدل‌سازی توسعه شهر یزد از مدل CA-Markov استفاده شد.ابتدا تصویر طبقه بندی شده سال ۱۹۹۹ و خروجی مارکوف مربوط به سال‌های ۱۹۹۹–۲۰۰۶ به مدل معرفی کرده و نقشه خروجی پیش بینی برای ۷ سال آینده یعنی سال ۲۰۱۳ دریافت گردید. سپس دقت محاسباتی مدل با استفاده از پارامتر validation و با کمک تصویر واقعی طبقه بندی شده واقعی ۲۰۱۳محاسبه گردید. دقت مدل ۷۳ درصد برآورد گردید که این دقت جهت بررسی توسعه شهر یزد در سال ۲۰۲۰ مناسب ارزیابی گردید. جدول شماره (۵)مقایسه درصد کاربری ها در نقشه واقعی ۲۰۱۳ با نقشه پیش بینی CA-Markov سال ۲۰۱۳ را نشان می‌دهد و شکل (۷) نقشه پیش بینی سال ۲۰۱۳ را حاصل از CA-Markov را نشان می‌دهد.

جدول ۵. مقایسه درصد کاربری‌ها در نقشه واقعی ۲۰۱۳ با نقشه پیش بینی سال ۲۰۱۳

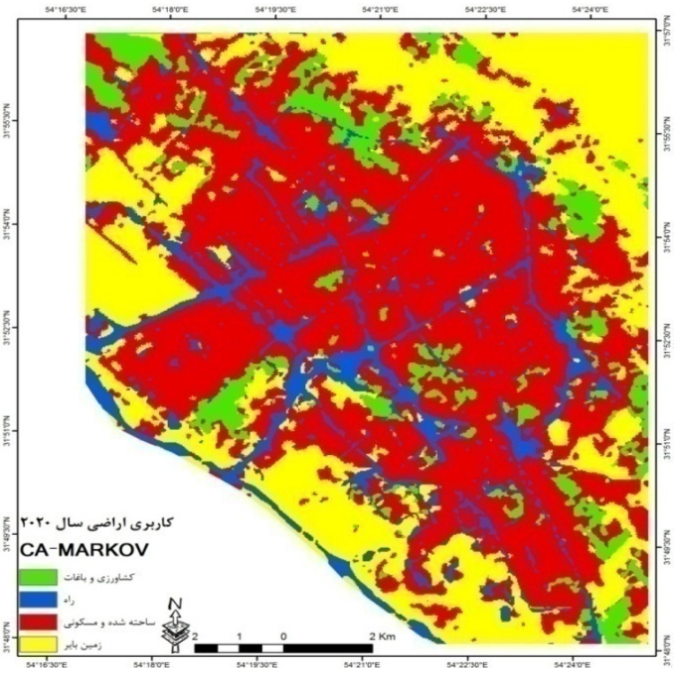
کد	نام کاربری	۲۰۱۳ هکتار	درصد مساحت (نقشه پیش بینی۲۰۱۳ (CA-Markov	۲۰۱۳ هکتار	درصد مساحت (نقشه واقعی ۲۰۱۳)
۱	ساخته شده	۷٦۱۳/۲۲۰	٤۱/۱٦	۸۵۰٦/٦۱	٤٦/۹
۲	کشاورزی باغات	۲٦۰۱/۲۳۰	۱٤	۲۱۷۱/٤٦	۱۲
۳	راه‌ها	۱۵۸۹/۹۰۰	۸/٦	۱۳۰٦/٦٦	۷/۲۱
٤	بایر	٦٦۹۱/۳۱۵	۳٦/۱	٦۱۲۵/۱۷	۳۳/۸۲
	جمع مساحت	۱۸٤۹۵/٦۷	۱۰۰	۱۸۱۰۹/۹۰	۱۰۰

(مأخذ : نگارندگان)



شکل ۷. نقشه کاربری پیش بینی سال ۲۰۱۳ با استفاده از CA-Markov

نهایتا بر اساس نقشه پیش‌بینی و نقشه کاربری اراضی منطقه و با استفاده از اطلاعات کاربری اراضی سال‌های ۲۰۰٦ و ۲۰۱۳ اقدام به‌پیش بینی توسعه شهر یزد برای سال ۲۰۲۰ گردید. در شکل (۸) نقشه پیش‌بینی‌شده و در جدول (٦) درصد مربوط به هر کاربری معین گردید.



شکل ۸. نقشه پیش بینی تولید شده برای سال ۲۰۲۰

جدول ٦. مساحت و درصد هرکدام از کاربری‌هاتوسط مدل پیش بینی شده

کد	نام کاربری	۲۰۲۰هکتار	درصد مساحت (نقشه پیش بینی-CA Markov)
۱	مسکونی-ساخته شده	۹۳۹۷/۹۷٦	۵۱/۱۱
۲	کشاورزی-باغات	۱٦۸۵/۹۰٦	۹/۱٦
۳	راه‌ها	۱۹٦۵/۸۸۸	۱۰/۷۰
٤	بایر	۵۳۳۵/۲٦٤	۲۹
	جمع مساحت	۱۸۳۸۵/۰۳٤	۱۰۰

(مأخذ : نگارندگان)

مدل‌سازی توسعه شهر یزد با استفاده از مدلLCM

در اولین مرحله،LCM با چهار کاربری اراضی مسکونی و ساخته شده، اراضی کشاورزی و باغات، راه‌ها و زمین‌های بایر تعریف و اجرا گردید. دقت محاسباتی نقشه خروجی استخراج شده از مدل LCM در این مرحله حدود ۵۳ درصد به دست آمد

وعدد به دست آمده، از دقت محاسباتی قابل قبولی برخوردار نبود و مدلی برای پیش بینی مسیرهای شهری بود. بنابراین برای افزایش دقت مدل دو لایه کاربری مسکونی – اراضی ساخته شده و راه‌ها به عنوان یک لایه اراضی ساخته شده در نظر گرفته شده و مدل بر اساس تقسیم بندی جدید (شامل سه کاربری اراضی ساخته شده- باغات و کشاورزی-زمین بایر) مجددا اجرا گردید.

در ادامه برای مدل‌سازی تاثیرات متغیرها درپیش بینی توسعه شهری از آنالیز آماری چند متغیره استفاده شد و شش متغیرشامل مدل رقومی ارتفاع، شیب،فاصله از جاده، فاصله از رودخانه، فاصله از مناطق مسکونی و پارامتر تغییر کاربری به LCM معرفی گردید و نهایتا نقشه پیش بینی برای سال ۲۰۱۳ استخراج گردید. یکی از خروجی‌های مدل LCM جدول ضریب همبستگی کرامر است که ارتباط بین متغیرهای مورد استفاده در مدل (متغیرهای مستقل)و تغییرات طبقات کاربری اراضی را نشان می‌دهد. جدول(۷)، جدول نشان می‌دهد نوع پوشش زمین، مهم‌ترین عامل در تغییرات کاربری است.

جدول ۷. ضریب همبستگی کرامر

پوشش زمین	فاصله ازمناطق مسکونی	فاصله از رودخانه	فاصله از جاده	شیب	ارتفاع	متغیرهای وابسته
۰/٦۱	۰/۳۰	۰/۱٤	۰/۲۸	۰/۲۵	۰/۳٦	تغییرات کاربری

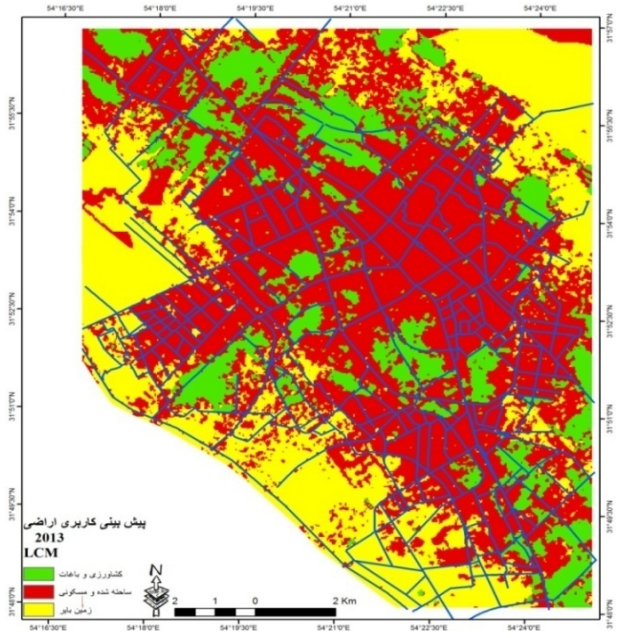
(مأخذ : نگارندگان)

جدول شماره (۸) مقایسه نقشه پیش بینی خروجی LCM سال ۲۰۱۳ با نقشه واقعی و شکل شماره (۹) نقشه پیش بینی سال ۲۰۱۳ را نشان می‌دهد.

جدول ۸. مساحت و درصد کاربری اراضی ۲۰۱۳ در مدل LCM

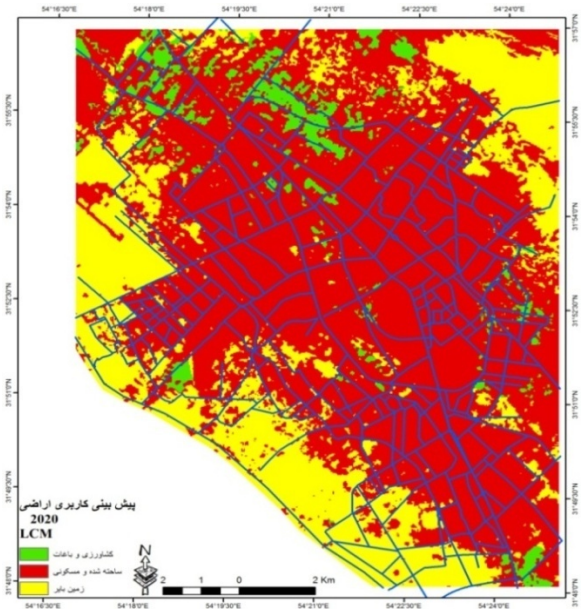
کد	نام کاربری	(HA)۲۰۱۳	درصد مساحت (نقشه پیش بینیLCM۲۰۱۳)	(HA)۲۰۱۳	درصد مساحت (نقشه واقعی ۲۰۱۳)
۱	مسکونی-ساخته شده	۱۰۲۱۱/۵۵	٥٦/٦٥	۹۸۱۳/۲۷	٥٤/۱۱
۲	کشاورزی-باغات	۲۹۲۹/۱۷	۱٦/۲٥	۲۱۷۱/٤٦	۱۲
۳	بایر	٤۸۸٤/۹٦	۲۷/۱	٦۱۲٥/۱۷	۳۳/۸۲
	جمع مساحت	۱۸۰/۲٥	۱۰۰	۱۸۱۰۹/۹۰	۱۰۰

(مأخذ : نگارندگان)



شکل ۹. نقشه پیش بینی سال ۲۰۱۳

در نهایت با استفاده از نقشه های طبقه بندی سال ۲۰۰٦ و ۲۰۱۳ و هم‌چنین متغیرهای مستقل اقدام به پیش بینی نقشه کاربری سال ۲۰۲۰ گردید در شکل(۱۰)مشخص است.میزان و درصد مساحت هریک از کاربری‌ها در سال ۲۰۲۰ در جدول شماره (٤-۱۲) استخراج گردیده است.



شکل ٤-١٤. نقشه کاربری پیش بینی سال ۲۰۲۰ با استفاده از LCM

جدول ٤-١٢ .پیش بینی مساحت کاربری‌ها درسال ۲۰۲۰ با استفاده از LCM

کد	نام کاربری	۲۰۲۰(HA)	درصد مساحت (نقشه پیش‌بینیLCM)
۱	مسکونی-ساخته شده	۱۲٤٥٤/٦٦	٦۹/۰۹
۲	کشاورزی-باغات	۹۲۰/۰٥	٥/۱۰
٤	بایر	٤٦٥۰/۹۷	۲٥/۸۰
	جمع مساحت	۱۸۰۲٥/٦۸	۱۰۰

(مأخذ : نگارندگان)

نتایج و بحث

بررسی توسعه فضایی شهر یزد در سال‌های آتی از مهم‌ترین اهدافی بود که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت. در این راستا با استفاده از مدل‌های CA-MARKOV و LCM اقدام به پیش بینی کاربری اراضی سال ۲۰۱٤ کرده تا عملیات صحت سنجی توسط این خروجی‌ها صورت گیرد و نهایتا نقشه پیش بینی سال ۲۰۲۰برای بررسی آینده شهر یزد استخراج گردید. نتایج حاصله از پیش بینی و صحت سنجی مدل CA-

MARKOV و مقایسه با تصویر واقعی ۲۰۱٤ بیانگر دقت ۷۰ درصدی این روش بوده است و با همین دقت نیز اقدام به پیش بینی تغییرات شهری برای سال ۲۰۲۰ گردید. با توجه به نتایج این بخش از پژوهش و پژوهش‌های مشابه‌ای که توسط فلاحت‌کار ۱۳۸۸، خوش‌گفتار ۱۳۸۹، هادوی و روستایی ۱۳۸۹،احد نژاد ۱۳۹۰، فرسایی و حکیم پور ۱۳۹۳، عسکریان ۱۳۹۲ انجام شد، بیانگر نتایج قابل قبول در ارزیابی تغییرات شهری با استفاده از مدل CA-MARKOV در سال‌های آینده است. همچنین دقت ۸۳ درصد حاصله از پیش بینی و صحت سنجی مدل LCM برای سال ۲۰۱٤و مقایسه با واقعیت، مقدار قابل قبولی بود، بدین ترتیب اقدام به پیش بینی تغییرات در سال ۲۰۲۰ گردید. در این راستا تحقیقاتی مشابهی که توسط عزیزی و قلاتی در سال ۱۳۹۲، روستایی ۱۳۹۳، طاهری ۱۳۹۲، غلامعلی فرد ،۱۳۹۳،میرحسینی ۱۳۹٤ صورت گرفت، حاکی از این موضوع است که مطالعه تغییرات کاربری اراضی برپایه مدل LCMنتایج منطقی و قابل قبولی را ارائه می‌کند.

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد رشد شهرنشینی در مناطق مختلف شهر، تخریب اراضی کشاورزی و فضای سبز شهر و همچنین گسترش ناموزون شهر را در پی داشته است.توسعه شهر یزد در بازه زمانی سال‌های ۱۹۹۹-۲۰۰٦ شکل ٤-٦ در محدوده‌ی قانونی شهر در دو طرف بلوار جمهوری - انتهای ناحیه آزادشهر- بلوار مدرس نرسیده به میدان نماز- بلوار خامنه‌ای و محدوده شهرک رزمندگان - محدوده بین بلوار شهید قندی و بلوار پاسداران- محدوده بین بلوار شهیدان اشرف و بلوار صیاد شیرازی رخ داده است. پس می‌توان گفت در طی این ۷ سال، ما شاهد توسعه درون شهری (میان افزای) بوده‌ایم. درحاشیه شهر، ورودی تفت به یزد، روستاهای اکرمیه و حسن آباد و شهر حمیدیا شاهد توسعه شهری بوده‌ایم. در بازه زمانی ۲۰۰٦ تا ۲۰۱۳ شکل ٤-۷ گسترش شهری بیشتر به سمت حاشیه شهر و زمین‌های بایر بوده است، مانند حاشیه

جاده فرودگاه (اسکان)، اطراف بلوار استقلال، روستای اکرمیه و حسن آباد و شهرک‌های مهرآوران، فجر فرهنگیان و شهرک طوبی بوده است.

با توجه به پیش‌بینی صورت گرفته توسط مدل LCM و CA-Markov، می‌توان انتظار داشت که تا سال ۲۰۲۰ محدوده شهر یزد به سمت حاشیه شهر گسترش یافته و شهرهای همجوار مانند حمیدیا، شاهدیه در برگیرد. از فاکتورهایی که در بروز این پدیده مؤثر بوده است، می‌توان ویژگی‌های جغرافیایی و محیطی این شهر یعنی استقرار در دشت و داشتن فاصله زیاد به کوه‌های اطراف یا همان بن بست‌های طبیعی را اضافه کرد که به علت در دسترس بودن زمین زیاد برای ساخت و ساز از یک طرف و نداشتن آب کافی برای کشاورزی و در نتیجه بایر بودن زمین‌های اطراف شهر از طرف دیگر، گسترش یافته و دچار پراکندگی و تفرق فضایی شده است.

به نظر می‌رسد استفاده از پارامترهایی از قبیل طرح‌های تفصیلی، نرخ مهاجرت و عوامل اقتصادی به‌عنوان متغیرهای مستقل در مدل LCM باعث پیش بینی دقیق‌تر نقشه‌های خروجی کی گردد وبا توجه به نتایج به دست آمده از مدل LCM، پیشنهاد می‌گردد تصاویر ورودی به مدل فاقد کلاس راه‌ها برده شود تا پیش بینی دقیق‌تری از مدل حاصل آید.

منابع

علوی پناه، سید کاظم، حمیدرضا متین‌فر و عمار رفیعی امام، (۱۳۸۷)، *کاربرد فناوری اطلاعات در علوم زمین*. انتشارات دانشگاه تهران، ص ٤٥٧.

لیو،یان، (۱۳۹۱)، *مدل‌سازی توسعه شهری با استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سلول‌های خودکار*. ناشرآذر کلک، ص ۲۰۰.

مالچفسکی، یاچک، (۱۹۹۹)، *سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چند معیاری*. انتشارات سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها.

احدنژاد رشتی، محسن، علی زلفی و حسین شکری پور دیـزج، (۱۳۹۰)، ارزیـابی و پیش بینی گسترش فیزیکی شهرها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه و سیسـتم اطلاعات جغرافیایی(شهر اردبیل ۱٤۰۰-۱۳٦۳)، فصلنامه آمایش محیط، ص۱۰۸-۱۲٤.

حکیم پور، فرشاد و مسعود فرسایی، (۱۳۹۳)، ارزیابی تاثیر مقیـاس در شـبیه‌سـازی فرایند توسعه شهری با استفاده از اتوماتای سلولی پیوسته، نشریه علمی پژوهشی علـوم و فنون نقشه برداری، دوره چهارم، شماره ۱، ص٦۷-۷۸.

خوش گفتار، محمد مهدی، محمد طـالعی و پیمـان ملـک‌پـور، (۱۳۸۹)، مدلسـازی زمانی مکـانی رشـد شـهری: روشـی مبتنـی بـر تلفیـق Celluar Automata و زنجیـره مارکوف، همایش ملی ژئوماتیک ۸۹.

روستایی، شهریور، محسن احدنژاد رشتی و مینا فرخی صـومعه، (۱۳۹۳)، *سـنجش فضایی گستردگی شهری با تأکید بر تغییـرات کـاربری اراضـی بـا اسـتفاده از تصـاویر ماهواره‌ای چند زمانه (مطالعه موردی: ارومیه)*. نشریه جغرافیا و برنامه‌ریـزی. مقالـه ۱۰، دوره ۱۸، شماره ۵۰، صفحه ۱۸۹-۲۰٦.

علی محمدی سراب، عباس، علی اکبر متکان و بابـک میربـاقری، (۱۳۸۹)، ارزیـابی کارایی مدل سلول‌های خودکار در شبیه سازی گسترش اراضی شهری در حومه جنوب غربی تهران، برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دوره چهاردهم، شماره ۲.

عسکریان، علی، بهمن جباریان امیری، افشـین علیـزاده شـعبانی و جهـانگیر فقهـی، (۱۳۹۲)، پیشبینی رشد مکـانی و توسـعه پراکنـده شـهر سـاری بـا بـه کـارگیری مـدل سلول‌های خودکار- مارکوف و شاخص آنتروپی شانون، بـوم شناسـی کـاربردی، سـال دوم، شماره ٦، ص۱۳-۲٤.

غلامعلی فرد، مهدی، شریف جورابیـان شوشـتری، سـید حمـزه حسـینی کهنـوج و محسن میرزایی، (۱۳۹۱)، مدلسازی تغییرات کاربری اراضی سواحل استان مازندران بـا استفاده از LCM در محیط GIS ،محیط شناسی، دوره ۳۸، شماره ٤، صفحه ۱۰۹-۱۲٤.

فلاحتکار، سامره، علیرضا سفیانیان، سید جمال الدین خواجه الدینی و حمید رضا ضیایی، (١٣٨٨)، بررسی توانایی‌های مدل CA مارکوف در پیش‌بینی نقشه پوشش اراضی(مطالعه موردی شهر اصفهان)، همایش ژئوماتیک ٨٨، ص١-٩.

کامیاب، حمید رضا، عبدالرسول سلمان ماهینی، سیدمحسن حسینی و مهدی غلامعلی فرد، (١٣٩٠)، کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در مدلسازی توسعه شهر (مطالعه موردی: شهر گرگان)، پژوهش جغرافیای انسانی.

میرحسینی، سید محسن و علی اکبر جمالی، (١٣٩٤)، پایان نامه کارشناسی ارشد، محاسبه میزان گسترش کاربری شهری، پوشش گیاهی و تپه های ماسه‌ای با استفاده از مدل LCM و تصاویر ASTER مطالعه موردی شهرستان یزد.

وارثی، حمید، عباس رجایی جزین و محمد قنبری، (١٣٩١)، تحلیلی بر عوامل خزش شهری و رشد فیزیکی شهر گناباد با استفاده از مدل‌های آنتروپی و هلدرن، آمایش سرزمین ٦، ١٠٠-٧٩.

عزیزی قلاتی، سارا، (١٣٩٢)، مدلسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده ازتکنیک های سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منطقه کهمره سرخی فارس، پایان نامه ارشد دانشگاه شهید چمران اهواز.

پرتال جامع استان یزد برای گردشگران، وب‌سایت وزارت کشور، تاریخ دسترسی اردیبهشت ١٣٩١، www.portal-yz.ir

پرتال جامع استان یزد، وب‌سایت سازمان میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری، تاریخ دسترسی اردیبهشت ١٣٩١، http://yazdchto.ir/index.php.

وب سایت خبرگزاری آفتاب، تاریخ انتشار خبر: شنبه ٦ اسفند (١٣٩٠) وب‌سایت سازمان آمار، سرشماری نفوس و مسکن ، تاریخ دسترسی مهر١٣٩١، www.amar.org.ir

Frumkin, Th. 2002. urban sptaw landpublic health. Public health report 117(3): 201-207

Mussie, G. T., Cabral, P., 2011. Urban Sprawl Analysis and Modeling in Asmara, Eritrea, Remote Sensing, 3: 2148-2165.

Oñate-Valdivieso, F., Sendra J. B., 2010. Application of GIS and remote sensing techniques in generation of land use scenarios for hydrological modeling. Journal of Hydrology, 395: 256–263.

Takayama, M., Couclelis, H., 1997. Map Dynamic Integrating Cellular Automata and GIS through Geo Algebra. International Journal of Geographical Information Science.11 (1): 73-91.