فصلنامه علمی-پژوهشی
نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی
سال دهم، شماره اول، زمستان ۱۳۹۶

آشکارسازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی در افق ۲۰۲۵ با استفاده از مدل اتوماتای سلولی CA (مطالعه موردی: شمال شهر اصفهان)

اعظم خدادادی

دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

رحیم سرور[۱]

استاد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران مسئول

مجید ولی شریعت پناهی

دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، واحد یادگار امام خمینی (ره) شهرری، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۶/۰۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۹/۱۱

چکیده

جهانی که امروز ما در آن زندگی مـی‌کنـیم، جهان شهری است که متأسفانه نتیجه آن، دوری از محیط طبیعی و پذیرش ناخواسته شرایط نامتعادلی است که از روابط ناموزون انسان‌ها و فضای شهری نشأت می‌گیـرد. روش متنـوعی‌هـای برای مدل سازی تغییرات پوشش و کاربری اراضی وجود دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به مدل CA مارکوف اشاره کرد. این تحقیق در صدد است الگوی روش شناختی جدید را برای شبیه سازی دینامیک کاربری اراضی شهری، با اسـتفاده ازسـنجش از دور، GIS و مـدل سـلول‌هـای خودکار فراهم نماید.در ایـن پژوهش، شمال شـهر اصـفهان و حدودتقریبی اراضـی اطراف آن به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شد و از تصاویر ماهوارهـای سـال ۱۹۹۱ و سـال ۲۰۰۱ وسـال ۲۰۱۷ برای تهیه نقشـه‌هـای پوشش اراضی منطقه استفاده شد. ایـن پژوهش به این نتیجه رسید کـه در پیش‌بینی ده سال آینده در ابتدا تصویر طبقه‌بندی شده سال ۱۹۹۱ و بعد تصویر طبقـه‌بنـدی شـده سال ۲۰۰۱ به مدل معرفی گردید که از این طریق ماتریس تبدیلات به دست آمد، برای پیش‌بینی سال ۲۰۲۵، که بعد از این مرحلـه، تصویر سال ۲۰۱۷ را همراه با ماتریس تبدیلات به دست آمده از دوره قبل و لایه‌هـای محـدودیت رشـد بـه مـدل معرفـی گردیـد و پیش‌بینی سال ۲۰۲۵ به دست آمد نشان می‌دهد از مدل زنجیـره‌ای CA مارکوف و فیلتر برای پیش بینی تغییرات پوشش اراضی در ده سال آینده بهره گرفته شد، این مدل بطـور تلفیقـیCA-Markov نامیده مـی‌شـود. برای بررسی توانایی مدل مارکوف نیز از روش دقت کلی و ضریب کاپا محاسبه استفاده شد، مدل CA-MARKOV دارای شاخص کاپای ۸۸/۱۳ می‌باشد.

واژگان کلیدی: پیش بینی، تصاویر ماهواره‌ای، سیستم اطلاعات جغرافیایی، اتوماتای سلولی، زنجیره مارکوف، اصفهان

۱- رحیم سرور (نویسنده مسئول) Sarvarh1383@gmail.com

مقدمه

تمایل شدید به شهرنشینی و گسترش و توسعه شهرها را در همه جای دنیا می‌توان مشاهده کرد (Pauleit et al, 2005: 295) در سال‌های اخیر توسعه اسپرال با سکونت گاه‌های کم تراکم و توسعه شهری در طول کریدورهای ترابری سبب ایجاد مسائل و مشکلات فراوانی گردیده است (Swenson and Franklin, 2000,717) که این فرایندها، الگوهای اسکان را از لحاظ زیست محیطی ناکارآمد کرده و تأثیر منفی در حوزه پیرامونی سکونتگاه‌ها گذاشته است (Antrop et al, 2000: 260) با رشد سریع نواحی شهری، فرایند شهرنشینی در آینده با تغییرات فزاینده‌ای مواجه می‌گردد. (Fisher, 2006: 53) یکی از این موارد، تغییرات کاربری اراضی شهری است که همیشه با تغییرات چشمگیری همچون تغییرات زیستی در جهان، فرایندهای فیزیکی و اقلیمی، مشکلات شدید زیست محیطی و اکولوژیکی می‌باشد (Latifovic, 2005: 32) در این میان، چگونگی کاربری اراضی در پیوستگی با روند تاریخ تحول شهر و تغییرات فضایی ساخته شده با کالبد شهر، از عواملی هستند که شهر، منظر و سیمای خود را در طی زمان در ارتباط با آنها به دست می‌آورد (Shalin,1993,9) در این برنامه ریزی که تلاش می‌شود الگوهای اراضی شهری به صورت علمی مشخص شود و مکان فعالیت‌های مختلف در شهر در انطباق و هماهنگی با یکدیگر و سیستم‌ها قرار شهری می‌گیرد (Ziyarie,1999,125) شهرها سیستم‌هایی پیچیده، باز، پویا و خود سازمانده هستند که در فرایند توسعه آن‌ها، بسیاری از نشانه هاپیچیدگی مانند: ابعاد فرکتال، خودمانندی، خودسازماندهی، ظهور و ... وجود دارد. درک مکانیسم فرایند رشد شهری در برنامه ریزی و مدیریت شهری به منظور رسیدن به شکل شهری پایدار بسیار مهم است. مدل‌های فضایی، ابزارهایی مفید برای درک فرایند توسعه شهری، ابزار کمکی سیاستگذاری مدیریت و برنامه ریزی شهری و فراهم کننده اطلاعات برای ارزیابی تأثیرات شهری بر محیط زیست و اکوسیستم هستند. بنابراین با مدل سازی سیستم پیچیده شهری، الگوهای فضایی و روندهای رشد شهری را می‌توان شبیه سازی کرد و درک بهتری از سیستم شهر به عنوان یک کل، به دست آورد. طی دو دهه گذشته پژوهشگران برای غلبه بر این نارسایی‌ها، از روش جدیدی به نام مدل اتوماسیون سلولی(CA) که دارای ویژگیهای پویا، غیرخطی، غیرمتمرکز، و پایین به بالا است، استفاده کرده‌اند. در دو دهه گذشته مدل (CA)، می‌تواند در پاسخ وسیله پژوهش گران بسیاری در مطالعات شهری به کارگرفته شده است. در حوزه شهری مدل (CA) به بسیاری از سؤالات شرطی به کار رود، با استفاده از این روش، می‌توان برای رشد شهری- قبل از این که اتفاق بیفتد، سناریوهای مختلف پیش بینی کرد تا بتوان از نقاط ضعف و قوت تصمیم گیری‌ها آگاهی یافت. (Kivanloo,2010,2)

استان اصفهان که در مرکز کشور ایران واقع شده است نیز با رشد شهرگرایی و شهر نشینی مواجه شده است که همین امر موجب از بین رفتن پوشش‌های گیاهی در بسیاری از مناطق آن بخصوص در شمال شهر گردیده است که باید مورد توجه مسئولین ذیربط قرار گیرد .بنابراین اطلاع از چگونگی روند توسعه شهر و مدیریت بر توسعه آتی آن از طریق اطلاعاتی که از روش‌های مختلف در ارتباط با مسائل شهری می‌توان به دست آورد، ضروری به نظر می‌رسد.

ماهواره‌های سنجش از دور رایجترین منبع داده برای تشخیص و کمی سازی و نقشه سازی الگوهای تغییرات کاربری هستند (Abel El-kawy et al,2011) بنابراین آشکار سازی و مدل سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های سنجش از دور می‌تواند شناخت مناسبی از چگونگی تغییرات کاربری اراضی ارائه داده و در مدیریت آن

راهکارهـای مناسـبی ارائـه دهـد (Coppin et al.,2014 Bark, et al.,2010; Mendoza, et al.,2011) نتـایج مـورد مطالعه شبیه سازی برای مناطق مختلف، نشـان از کاربردی بودن مدل بـرای شبیه سازی آتـی روند شهرهای ایـران و سایر نقاط جهان و پیش بینی کاربری اراضی را اثبات می‌کند.

در این تحقیق، از داده‌های ماهواره Land Sat 5، سنجنده TM و همچنین از داده‌های Land Sat 8 برداشـت شـده در سال ۱۹۹۱،۲۰۰۱ و ۲۰۱۷ که تصحیحات هندسی در زون UTM با مبنـای ارتفـاعی WGS-84 بـر روی آن صـورت گرفته بود، در محدوده بازتابی VNIR استفاده گردید. تصاویر از نظر مختصات هندسی هم مختصات بودند و نیـازی به عملیات تصحیح هندسی نبود. تصاویر به دلیل متفـاوت بـودن تـاریخ اخـذ بـا اسـتفاده از روش نرمالیزاسـیون در نرم‌افزار Envi نرمالیزه گردیدند. که در این روش به دلیل کیفیت رادیومتریکی تصویر سـال ۲۰۱۷ بـه عنـوان تصـویر مرجع استفاده شد. به دلیل پایین بودن دقت رادیو متریکی بانـد شـش، از ایـن بانـد طیفـی در جهـت بـرآورد نتـایج نرمالیزاسیون تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه شهر حوزهٔ شمال اصفهان استفاده نشد. به منظور آشکارسازی بهتر کاربری شهری جهت طبقه‌بندی، ترکیب باندهای مختلف با انجام تبدیل‌های طیفی، تجزیه مؤلفه‌های اصلی، بر روی بانـدهای اصلی از جمله عملیات ریاضی روی باندها، ایجاد و بکار گرفته شدند. به خاطر نیاز به داشتن بازتاب واقعی سطحی، باید اثرات جوی به کمک روش‌های تصحیح یا جبران اتمسفری حذف یا کمینه شوند (Yuan & Niu, 2008). سـعی شد تا حد امکان این مشکل با استفاده از روش تصحیح جوی QUAC با استفاده از نرم افزار ENVI، بر طرف گردد.

جدول شماره ۱ مشخصات داده‌های ماهواره‌ای

ماهواره	سنجنده	تاریخ اخذ تصویر	سیستم تصویر	مبنای ارتفاعی	محدوده بازتابی
Land Sat 5	TM	۱۹۹۱	UTM	WGS-84	VNIR
Land Sat 8	ETM	۲۰۰۱	UTM	WGS-84	VNIR
Land Sat 8	ETM+	۲۰۱۷	UTM	WGS-84	VNIR

Source: (USGS)

مدل اتوماسون سلولی (CA)

اصطلاحAutomata ریاضیدان در دانشگاه کمبریج این مفهوم را (Conway) مفهوم سلول خودکار را به وجود آوردند بعدها کانویULAM توسعه داد که نظریه او به نام بازی زندگی مشهور است. مدلسازی شهری به طور جدی از دهـه ۱۹۴۰ میلادی و پس از ابداع کامپیوتر آغاز شد. اولین تلاشهایی که در این زمینه به انجام رسـید را مـی‌تـوان در قالـب تئوری‌هایی یافت که دران ها شهر به عنوان یک سیستم ایستا در نظر گرفته شده است. این مدل‌ها که به مدلهای سـنتی معروف هستند وتلاش دارند تا تأثیر فعالیت‌های گوناگون در یک سیستم شهری را دریک زمان ثابـت نمـایش دهنـد . برای مثال می‌توان به تأثیر رشد جمعیت در گسترش شبکه راه‌ها اشاره نمود. اگرچه این مدل‌ها در یافتن تعامل موجود بین فعالیت‌های مختلف در یک شهر، موفق بودند ولی عیب بزرگ آنها عدم توانایی‌شان اشاره نمود. در ادامه تلاشـهای LOWRYدر پیش بینی تغییرات محتمل در آینده می‌باشد. برای مثال می‌توان به مدل می‌باشد کـه بـا FORRESTER متخصصان برای رفع کاستی‌های این مدلها به انجام رسید .یکی از پیشگامان این بحـث مـدل معـروف خـود در سـال ۱۹۶۹ سعی کرد تا تاثیرات رشد صنعتی را بر رشد شهری نشان دهد. ولی بـا تمـام تلاشـی کـه در آن زمـان صـورت گرفت، این مدل‌ها همچنان با انعطاف پذ یری کم وناتوان در اسـتفاده از جزییـات زیـاد محسـوب مـی‌شـوند. در پـی پیشرفتهای حاصل شده در بحث مدلسازی گروه دوم از مـدلهای گـروه دوم بـا نـام مـدلهای شـهریgeosimulation

گسترش یافتند تا ضعف مدلهای سنتی را برطرف سازند. این مدل‌ها در واقع به صورت پایین به بالا عمل می‌کنند بدین معنا که اجزای کوچک تشکیل دهنده سیستم و رفتارهای آن‌هاست که روند تغییرات در کل سیستم را باعث می‌شود وبرای بررسی رفتار مدل باید از جزء به کل رسید. در CA با وجود این کارهای تئوریکی زیادی بعد از دهه ۱۹۷۰ وقبل از ۱۹۸۰ انجام گرفت؛ اماکاربردهای خاص مدل محض به علم جغرافیا، بیشترپیامدهای کارهای CA مدلسازی شهری تاقبل از دهه ۱۹۸۰ اتفاق نیفتاد. ورود مدلهای در دهه ۱۹۷۰ در دانشگاه میشیگان است. او حاصل مطالعات خود را در مقاله‌ای تحت عنوان جغرافیای سلولیTobler در سال ۱۹۷۹ منتشر کرد.

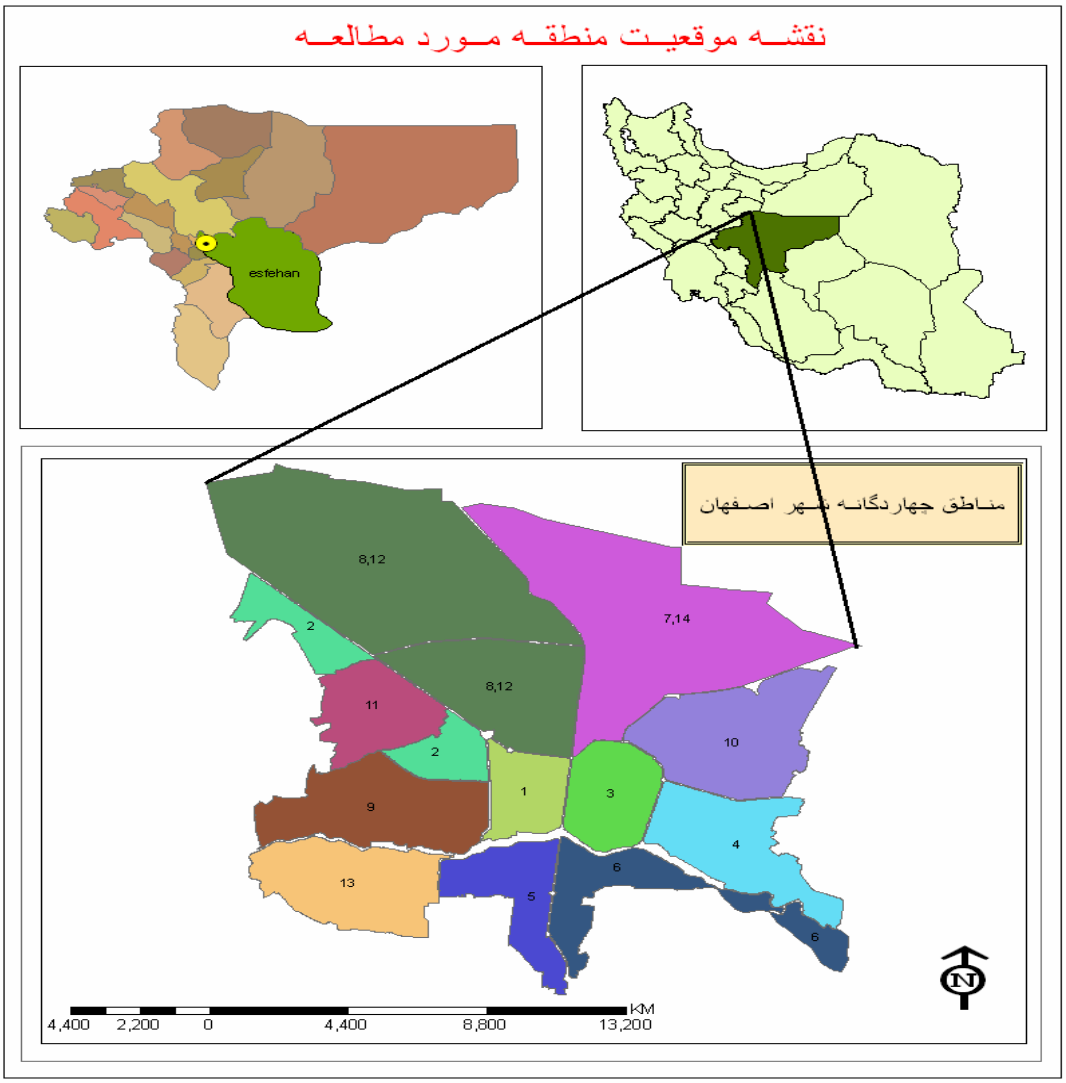
به عنوان یکی از قوی‌ترین انواع این مدل‌ها در مدلسازی شهری بسیار مورد استفاده قرار گرفته است .از توانایی‌های مدل Cellular Automata (CA) مدل می‌توان سادگی ساختار آن را برشمرد در نتیجه برای پیاده سازی مدل درکامپیوتر مشکلات زیادی پیش رو نخواهد بود .درضمن این مدل توانایی بالایی در مدلسازی پیچیدگی موجود در پدیده شهری برخوردار است .از دیگر مزایای این مدل امکان برقراری ارتباط بین سیستمهای اطلاعات مکانی ونرم افزارهای دورکاوی می‌باشد. (Kivanloo,2012,4)

ذاتاً دینامیک و مکانی می‌باشد، که آنرا به عنوان انتخاب اید هآلی برای نمایش پروس ههای مکانیCA و دینامیک ساخته است .بخاطر این خصوصیات این روش بطور گسترده‌ای در شبیه سازی کاربری زمین مورد استفاده قرار گرفته است .علاوه براین، این مدل ساده و از نظر محاسباتی مؤثر می‌باشد و بنابراین امکان مدلسازی دینامیک‌های شهری در قدرت تفکیک بالا را دارد. شباهت میان ساختارCA و داده‌های رستریGIS سبب اجرای مدلهایCA درونGIS شده است CA به عنوان مدل تحلیلی جهت توانایی مدلسازی دینامیک درون محیط GIS به خدمت گرفته می‌شود. تلفیقGIS و مدل‌های CA برای شبیه سازی دینامیک تغییرات شهری و کاربری زمین می‌تواند شبیه سازی های واقعی از الگوهای شهری و کاربری زمین و ساختار مکانی تولید کند. (Khoshgoftar,2012,13)

منطقه مورد مطالعه

اصفهان یکی از شهرهای بزرگ و تاریخی ایران است که دارای شهرت جهانی می‌باشد .این شهر سومین شهر بزرگ ایران از نظر جمعیتی (پس از تهران و مشهد) بوده و از مراکز مهم گردشگری، فرهنگی و اقتصادی کشور محسوب می‌شود .در این ۵۱ شرقی و_ ۴۹ ′۵۱ و ″ ۵۸_ ۲۶ ′بررسی محدوده‌ای در طول ″ ۲۷ ۳۲ شمالی که شامل_ ۳۲ ′۳۲ و ″ ۳۸_ ۴۹ ′عرض جغرافیایی ″ ۴۰ شهر حوزهٔ شمال اصفهان و اراضی اطراف آن با مساحتی بالغ بر ۱۱۵ هزار هکتار است مورد مطالعه قرار گرفت. (Falahatkar et al,2008,47)

در حال حاضر حوزهٔ شمال حوزهٔ شمال اصفهان را دو منطقه ۷ و ۸ تشکیل می‌دهند .این دو منطقه دارای پتانسیل‌های قوی جذب جمعیت می‌باشند، به گونه‌ای که حاصل آن گسترش بی رویه و توسعهٔ فزاینده کالبدی بوده است که بخش وسیعی از این توسعه‌ها، توسعه غیر رسمی، خودرو و بی ضابطه می‌باشد. (Rahmati et al,2013,28)



شکل شماره ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه جمع آوری داده‌ها و طبقه‌بندی

Source: authors

تجزیه تحلیل داده‌ها

ورودی‌های اصلی مدل برآورد قوانین تبدیل

ورودی‌های اصلی مدل شامل چهار پارامتر لایه ارتفاع، شیب منطقه، فاصله از مرکز شهر و فاصله از جاده می‌باشد که در جدول ۲ مقادیر ان نشان داده شده است

جدول شماره ۲ مقادیر آستانه و نوع تابع فازی نقشه شاخص

معیار	شکل تابع	نوع تابع	نقاط کنترل
شیب	شکل S	خطی کاهشی	کمتر (در منطقه مرکزی و غربی شهر اصفهان) بیشتر (منطقه شمالی)
ارتفاع	شکل S	خطی کاهشی	ارتفاع کمتر (۱۱۱۰) ارتفاع بیشتر (۱۵۷۰)
فاصله از مرکز شهر	شکل S	خطی کاهشی	نقاط نزدیک (بیشترین اهمیت عدد ۱) نقاط دور (کمترین اهمیت عدد ۰)
فاصله از جاده	شکل S	خطی کاهشی	نقاط نزدیک (بیشترین اهمیت عدد ۱) نقاط دور (کمترین اهمیت عدد ۰)

Source: (Jafari et al, 2012: 135)

وزن‌دهی به داده‌ها

برای شناسایی اراضی مناسب توسعه شهر در کلان‌شهر حوزهٔ شمال اصفهان با استناد به تحقیقات انجام‌گرفته از متغیرهای زمین‌شناسی: درصد شیب، ارتفاع، فاصله از مرکز شهر و فاصله از جاده استفاده شد، برای تهیه و آماده سازی بانک اطلاعاتی لایه‌های یادشده از نرم‌افزار ArcGIS10 استفاده شد.

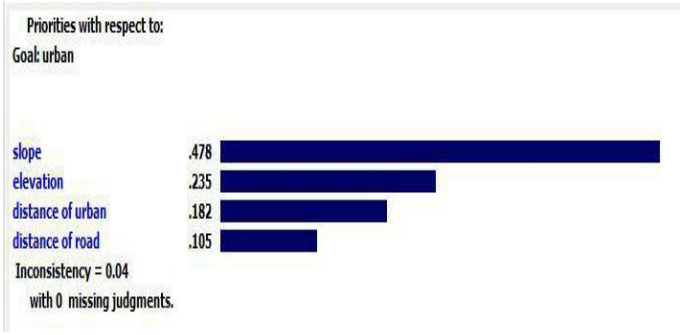
همچنین برای وزن دهی در این مرحله از تحقیق با توجه به تشکیل پرسشنامه و مشخص کردن تعداد ۱۰ کارشناس، پرسشنامه تکمیل شد که با توجه به جدول زیر ارجح بودن هر یک از لایه‌ها نسبت به دیگر لایه با عدد خاصی مشخص شد و سپس از نظر کارشناسان میانگین هندسی گرفته شد و بعد میانگین به دست آمده ورودی نرم‌افزار Expert Choise قرار داده شد و سپس وزن هر لایه به دست آمد (شکل ۲). برای رسیدن به این هدف لایه‌ها را با استفاده از دستور fuzzy membership نرمال کرده و وزن‌های به دست آمده از روش AHP[1] با ابزار Raster Calculator بر روی لایه‌ها اعمال شد (جدول ۳).

جدول شماره ۳ جدول ارجحیت لایه‌ها

عبارت زبانی برای تعیین ارجحیت	مقدار عددی
ارجحیت یا اهمیت کامل و منطبق[2]	۹
ارجحیت یا اهمیت خیلی قوی[3]	۷
ارجحیت یا اهمیت قوی[4]	۵
ارجحیت یا اهمیت کم[5]	۳
ارجحیت یا اهمیت برابر[6]	۱
برای ترجیحات مابین عبارات زبانی فوق	۲،۴،۶،۸

Source: Zebardast, 2010, 23

بعد از این مرحله تصاویر فازی را برای ورود به مدل رستر گروپ کرده و آماده ورود به مدل شد.



شکل شماره ۲ تصویر وزن پارامترها

Source: authors

شبیه‌سازی MARKOV

زنجیره‌های مارکوف کاربردهای گسترده‌ای در مدل کردن تغییرات کاربری و پوشش اراضی برای مناطق شهری و غیرشهری داشته‌اند. (Wu, Qiong,2006,33) در بیشتر پژوهش‌اند ها درجه مارکوف برابر با یک و حالت ایستایی با

[1] Analytical Hierarchy process
[2] Extremely Preferred
[3] Very Strongly Preferred
[4] Strongly Preferred
[5] Moderately Preferred
[6] Equally Preferred

زمان را برای مدل مارکوف قائل بوده‌اند (Houil, 1997: 35). و فقط تعداد محدودی از آنها ایستایی یا درجه مارکوف را برای منطقه مطالعاتی آزمایش کرده‌اند (Bell,1974,61).

یافته‌های پژوهش

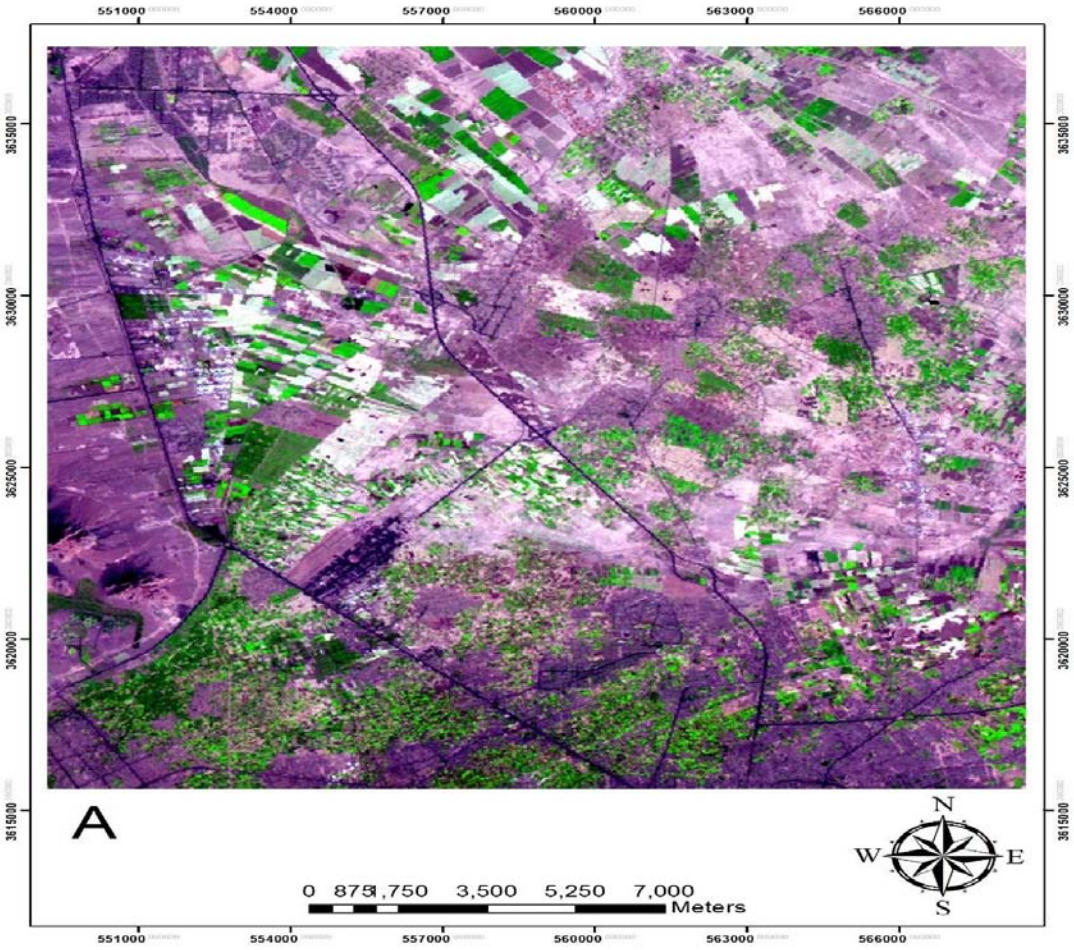
طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

جهت طبقه‌بندی نظارت شده، الگوریتم‌های مختلفی وجود دارد که در تحقیق بسته به هدف، وضعیت کلاس طیفی و دقت مورد نظر از الگوریتم‌های گوناگونی استفاده می‌شود (Shojaeeian,2013,24)

برای استفاده مطلوب از داده‌های سنجش از دور در مدل‌های CA، در این مطالعه برای طبقه‌بندی از روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده و الگوریتم طبقه‌بندی حداکثر احتمال (MLC)[1] استفاده شد. برای ترکیبات رنگی در تصاویر TM ترکیب باندی RGB:741 انتخاب گردید. کلاس‌های اولیه که از تصاویر استخراج شد عبارت‌اند از:

۱- اراضی ساخته‌شده (شهری)، ۲- اراضی کوهستانی، ۳- اراضی کشاورزی و اراضی پارک و فضای سبز (شکل ۳).

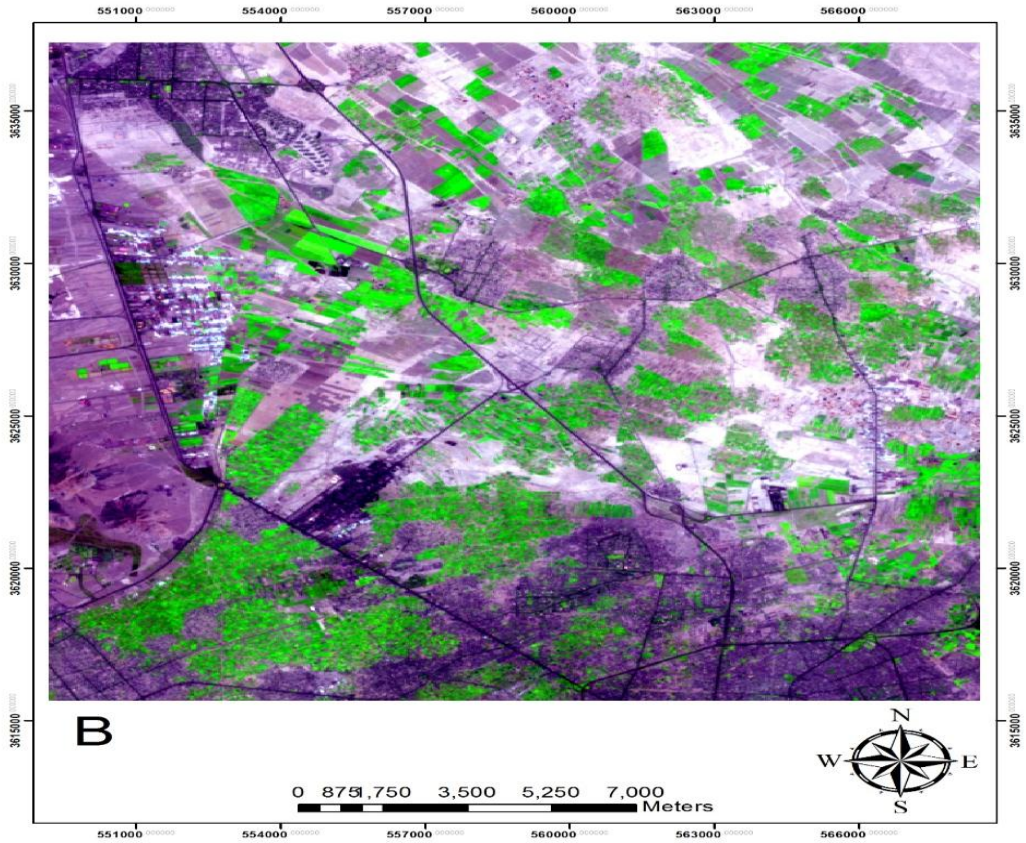
برای انتخاب نمونه‌های آموزشی از تصویر، برای هر کلاس تعداد N+1 نمونه و با پراکندگی مناسب بر روی تصویر، با کمک داده‌های جانبی، انتخاب گردید.



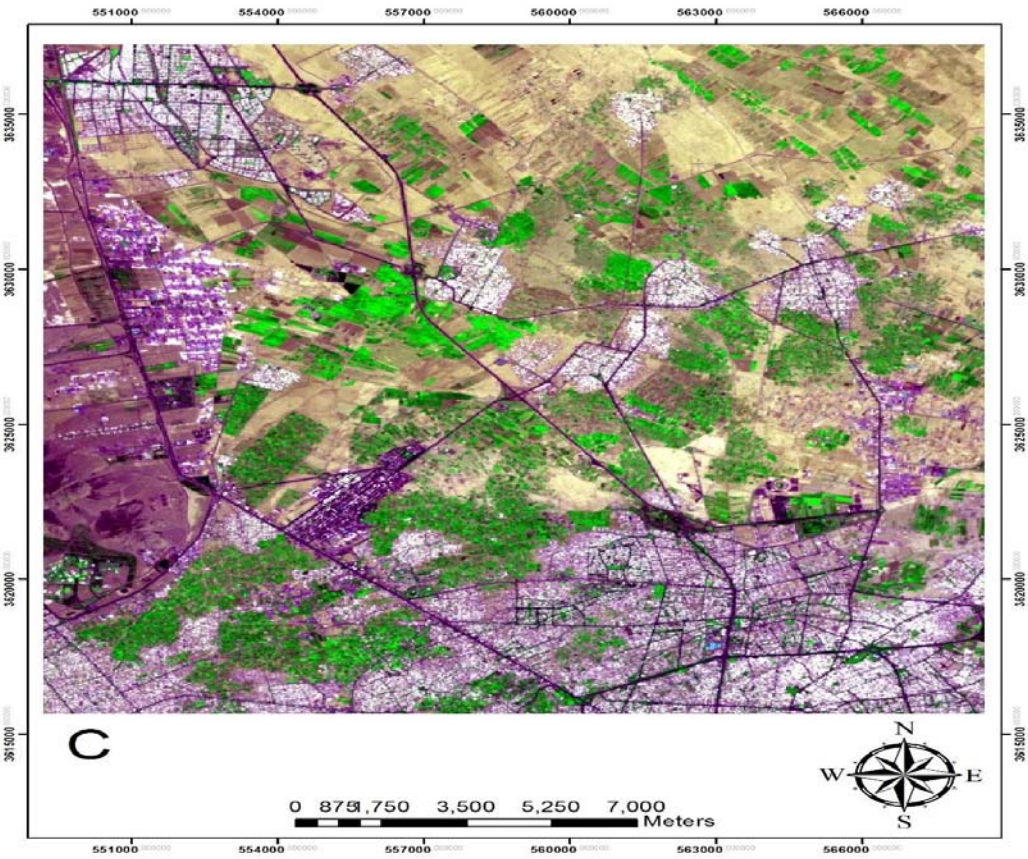
شکل شماره ۳ کلاس‌های اولیه‌ی تصاویرماهواره ای در سال ۱۹۹۱

Source: (USGS)

[1]- maximum likelihood classification



شکل شماره ۴ کلاس‌های اولیه‌ی تصاویرماهواره ای در سال ۲۰۰۱ Source: (USGS)



شکل شماره ۳ کلاس‌های اولیه‌ی تصاویرماهواره ای در سال ۲۰۱۷ Source: (USGS)

در این پژوهش برای ارزیابی صحت تحقیق از دقت کلی طبقه‌بندی و ضریب کاپا استفاده شده است؛ به این صورت که پس از طبقه‌بندی تصاویر با استفاده از نمونه‌های تعلیمی از هر روش یک نقشه طبقه‌بندی به دست آمد. سپس برای ارزیابی دقت تعدادی از نمونه‌ها برای خطایابی تصویر ماهوارهای گرفته شد و سپس برای هر خروجی مورد ارزیابی قرار گرفت.

جهت صحت‌سنجی تصاویر طبقه‌بندی شده به طور جداگانه برای هر یک از تصاویر ماتریس خطا تشکیل داده‌شده و برای ارزیابی دقت طبقه‌بندی از ضرایب دقت کلی و شاخص کاپا استفاده گردید. ماتریس خطا که ماتریس ابهام نیز نامیده می‌شود حاصل مقایسه پیکسل به پیکسل، پیکسل‌های معلوم (در واقعیت زمینی) با پیکسل‌های متناظر در نتایج طبقه‌بندی است.

جدول شماره ۴ ماتریس خطای طبقه‌بندی سال ۱۹۹۱

کلاس	شهر	پوشش گیاهی	کوهستان	مجموع پیکسل‌های طبقه‌بندی
شهر	56	3	12	71
پوشش گیاهی	0	139	0	139
کوهستان	20	0	97	117
مجموع پیکسل‌های کنترل	76	142	109	327

Source: Research findings

جدول شماره ۵ ماتریس خطای طبقه‌بندی سال ۲۰۰۱

کلاس	شهر	پوشش گیاهی	کوهستان	مجموع پیکسل‌های طبقه‌بندی
شهر	۱۵۳	۱	۴	۱۵۸
پوشش گیاهی	۰	۲۱۵	۰	۲۱۵
کوهستان	۷	۰	۲۱۵	۲۲۲
مجموع پیکسل‌های کنترل	۱۶۰	۲۱۶	۲۱۹	۵۹۵

Source: Research findings

عنصرهای قطری در این ماتریس بیانگر تعداد پیکسل‌هایی هستند که به طور صحیح طبقه‌بندی شده‌اند و در مقابل، المان‌های غیر قطری بیانگر پیکسل‌هایی هستند که به طور صحیح طبقه‌بندی نشده‌اند.

جدول شماره ۶ ماتریس خطای طبقه‌بندی سال ۲۰۱۷

کلاس	شهر	پوشش گیاهی	کوهستان	مجموع پیکسل‌های طبقه‌بندی
شهر	۲۰۶	۰	۷	۲۱۳
پوشش گیاهی	۰	۷۹	۰	۷۹
کوهستان	۵	۱	۲۳۲	۲۳۸
مجموع پیکسل‌های کنترل	۲۱۱	۸۰	۲۳۹	۵۳۰

Source: Research findings

با توجه به نتایج بدست‌آمده (جدول شماره ۷) و بر اساس استانداردهای سازمان زمین‌شناسی آمریکا، دقت‌های بدست‌آمده از طبقه‌بندی مورد پذیرش قرار گرفت.

جدول شماره ۷ ارزیابی طبقه‌بندی

تصویر	دقت کلی	شاخص کاپا
TM-1991	۸۹/۳۰	۸۹.۳۰
2001	۹۸/۹۷	۹۶/۰
2017	۹۷/۵۵	۹۶/۰

Source: Research findings

صحت کلی میانگینی از طبقه‌بندی است که نسبت پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده به جمع کل پیکسل‌های معلوم را نشان می‌دهد. دیگر پارامتر صحت که از ماتریس خطا استخراج می‌شود ضریب کاپا است. ضریب کاپا صحت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی محاسبه می‌کند. به این معنی که مقدار کاپا صحت طبقه‌بندی را نسبت به حالتی که یک تصویر کاملاً به صورت تصادفی طبقه‌بندی شود به دست می‌دهد.

شبیه‌سازی MARKOV

در این مدل احتمال تغییر از یک طبقه پوشش اراضی به طبقه دیگر در جدولی تحت عنوان ماتریس انتقال محاسبه می‌شود. سپس با توجه به این ماتریس و فاصله زمانی مورد نظر نقشه پوشش اراضی سال‌های آتی قابل پیش‌بینی خواهد بود. در این مدل از نقشه پوشش اراضی سال ۱۹۹۱، ۲۰۰۱، ۲۰۱۷ استفاده شد تا ماتریس انتقال به دست آمد.

جداول ۷ و ۶ ماتریس احتمال انتقال نشان می‌دهد که در سال ۲۰۱۷ بیشترین احتمال تغییر مربوط به پوشش گیاهی می‌باشد و ماتریس احتمال انتقال تا سال ۲۰۲۵ نشان می‌دهد بیشترین تغییرات مربوط به پوشش گیاهی می‌باشد.

جدول شماره ۸ ماتریس تبدیل وضعیت کاربری‌های سال ۲۰۰۱-۱۹۹۱

نام کلاس	شهر	کوهستان	پوشش گیاهی
شهر	۰.۶۲۷۱	۰.۶۲۰۷	۰.۱۱۲۳
کوهستان	۰.۱۹۶۹	۰.۷۲۹۶	۰.۰۷۳۵
پوشش گیاهی	۰.۱۷۶۰	۰.۲۹۴۲	۰.۵۲۹۸

Source: Research findings

جدول شماره ۹ ماتریس تبدیل وضعیت کاربری‌های سال ۲۰۱۷-۲۰۰۱

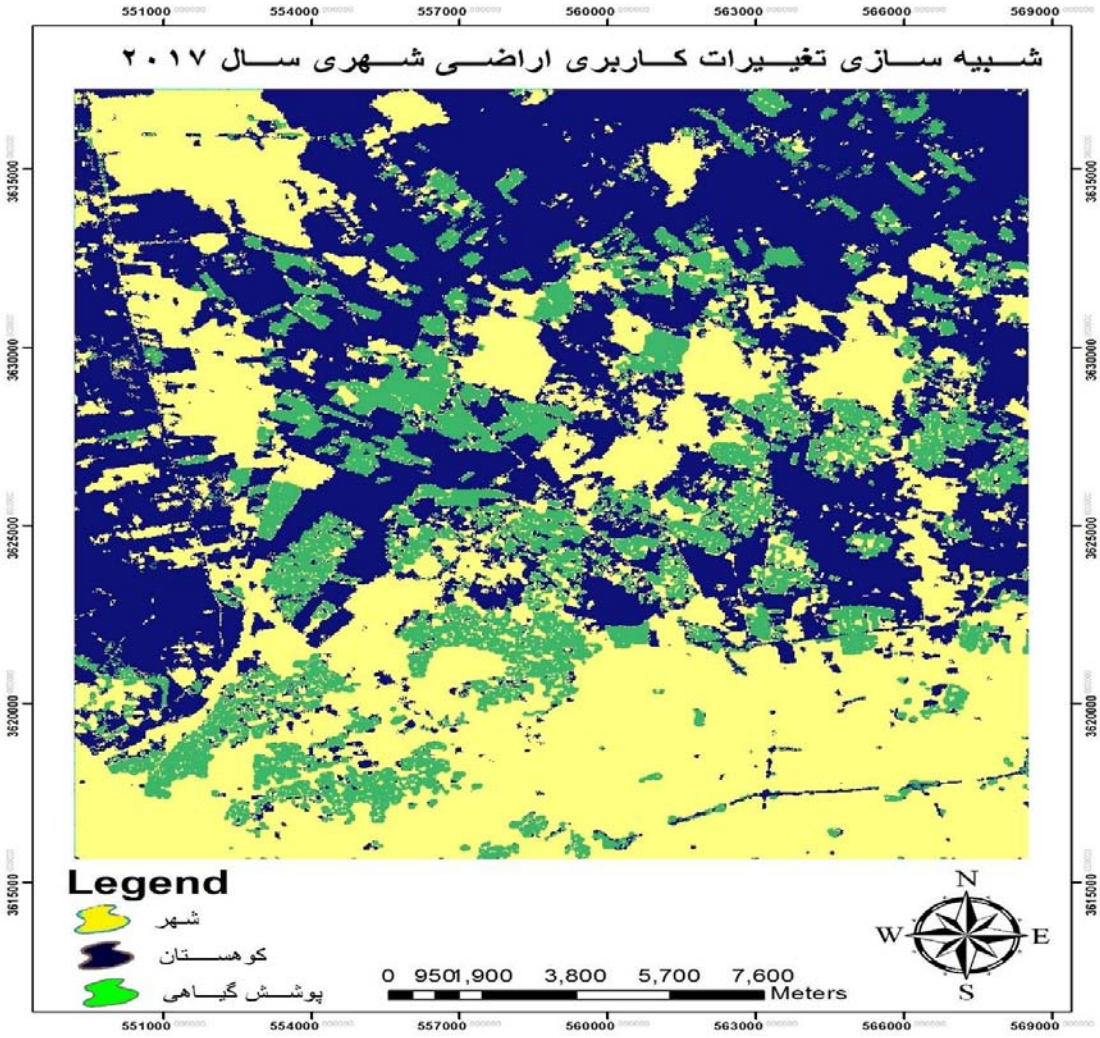
نام کلاس	شهر	کوهستان	پوشش گیاهی
شهر	۰.۹۳۷۵	۰.۰۵۷۵	۰.۰۰۵۰
کوهستان	۰.۲۲۵۵	۰.۷۴۳۳	۰.۰۳۱۲
پوشش گیاهی	۰.۱۷۷۱	۰.۴۵۹۵	۰.۳۶۳۵

Source: Research findings

این ماتریس‌ها حاوی اطلاعات درصد تبدیل هر کلاس به سایر کلاس‌ها هستند، بر اساس نتایج جدول شماره ۹ و ۸ میزان تغییر در کاربری منطقه قابل مشاهده می‌باشد. به این صورت که اعدادی که در قطر ماتریس مشاهده می‌شود بدون تغییر باقی مانده‌اند و اعداد غیر قطری بیانگر کاربری‌هایی هستند که دچار تغییر شده‌اند.

شبیه‌سازی CA-MARKOV سال ۲۰۱۷-۲۰۰۱

در شبیه سازی این سال در گام نخست از زنجیره مارکوف استفاده شد، به این صورت که ابتدا تصویر طبقه‌بندی شده سال ۱۹۹۱ و بعد تصویر طبقه‌بندی شده سال ۲۰۰۱ به مدل معرفی گردید که از این طریق ماتریس تبدیلات به دست آمد، به بیان دیگر سیستم آموزش دید و برای پیش‌بینی سال ۲۰۱۷ آماده گردید، که بعد از این مرحله تصویر سال ۲۰۰۱ را همراه با ماتریس تبدیلات به دست آمده از دور قبل و لایه محدودیت‌های رشد به مدل معرفی گردید و شبیه‌سازی سال ۲۰۱۷ با استفاده از این ماتریس به دست آمد (شکل ۴).



شکل شماره ۴ نقشه شبیه‌سازی تغییر کاربری اراضی سال ۲۰۱۷

Source: authors

ارزیابی مدل تغییرات کاربری اراضی شهری

برای ارزیابی مدل‌های به‌کاربرده شده از شاخص کاپا استفاده شد. که نتایج ارزیابی در جدول (۴-۱۱) آورده شده است.

جدول شماره ۱۰ ارزیابی مدل

مدل	CA-MARKOV
Kappa	۸۸/۱۳

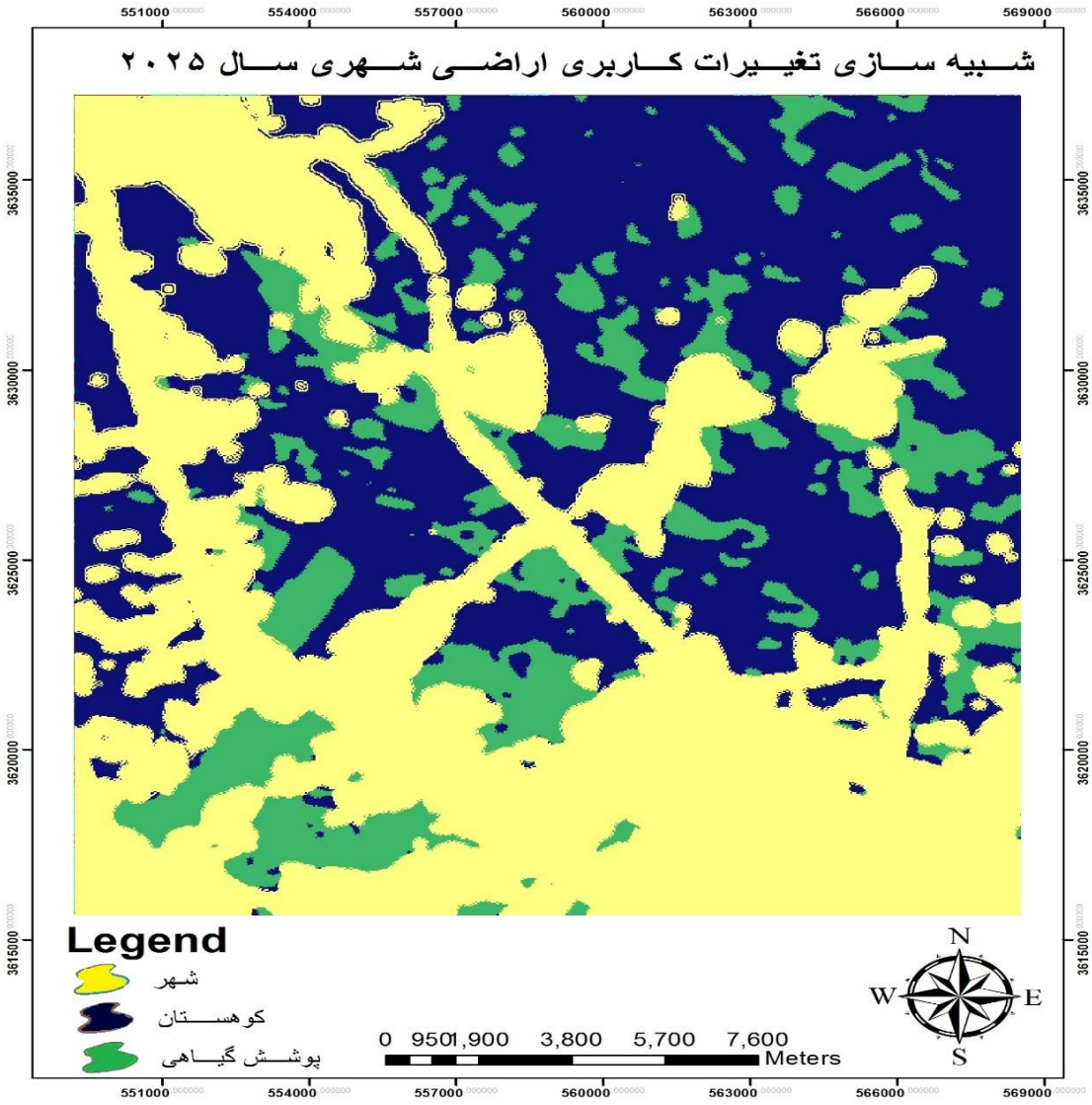
Source: Research findings

جهت ارزیابی از تعداد نقاط یکسان برای خروجی مدل استفاده شد که نشان می‌دهد مدل CA-MARKOV دارای شاخص کاپای ۸۸/۱۳ می‌باشد.

پیش‌بینی رشد شهری تا سال ۲۰۲۵ در منطقه ۷ و ۸

در پیش‌بینی سال ۲۰۲۵ در گام نخست از زنجیره مارکوف استفاده شد، به این صورت که ابتدا تصویر طبقه‌بندی شده سال ۲۰۰۱ و بعد تصویر طبقه‌بندی شده سال ۲۰۱۷ به مدل معرفی گردید که از این طریق ماتریس تبدیلات به دست آمد، به بیان دیگر سیستم آموزش دید و آماده شد برای پیش‌بینی سال ۲۰۲۵، که بعد از این مرحله، تصویر

سال ۲۰۱۷ را همراه با ماتریس تبدیلات به دست آمده از دوره قبل و لایه‌های محدودیت رشد به مدل معرفی گردید و پیش‌بینی سال ۲۰۲۵ به دست آمد. (شکل ۵)



شکل شماره ۵ پیش‌بینی تغییر کاربری اراضی شهری تا سال ۲۰۲۵ در منطقه ۷ و ۸

Source: authors

نتیجه گیری

در حال حاضر حوزهٔ شمال اصفهان را دو منطقه ۷ و ۸ تشکیل می دهندکه این دو منطقه دارای پتانسیل‌های قوی جذب جمعیت می‌باشند، به گونه‌ای که حاصل آن گسترش بی رویه و توسعهٔ فزاینده کالبدی بوده است که بخش وسیعی از این توسعه‌ها، توسعه غیر رسمی، خودرو و بی ضابطه می‌باشد. در این پژوهش با استفاده از نقشه‌های پوشش، کاربری زمین که از تصاویر ماهواره‌ای (سال‌های ۱۹۹۱، ۲۰۰۱، ۲۰۱۷) دست آمد، داده‌های فیزیکی، سلول‌های خودکار – مارکوف و همچنین، رشد شهری و تغییرات کاربری زمین در شمال شهر حوزهٔ شمال اصفهان شبیه سازی شد. بر اساس سناریوی کالیبراسیون شدهٔ سال ۲۰۱۷، مدل CA Markov رشد شهری و تغییرات کاربری زمین تا سال ۲۰۲۵ پیش بینی شد.

علاوه بر آن، محدودیت‌ها و فاکتورهایی همچون شیب، ارتفاع، توپوگرافی، زمین‌های کشاورزی و... نیز با ضرایب متفاوت در پیش بینی مسیر و مکان بهینه در نظر گرفته شد. نقشهٔ شبیه سازی شده در این مطالعه بر اساس مفاهیم تصمیم سازی چندمعیاره، راه‌های استراتژی مناسبی برای برنامه ریزان شهری مهیا می‌کند. حوزهٔ شمال جغرافیایی شهر اصفهان به عنوان قسمتی از شهر، در چهار دههٔ اخیر دارای رشد افقی نامتوازن و غیرهوشمندی بوده است که در اثر افزایش جمعیت، مهاجرت‌های درون شهری و برون شهری و تخصیص کاربری‌های بدون برنامه و خودرو و فاقد خدمات مورد نیاز و ضروری، طی سه دههٔ گذشته به شدت در معرض توسعه قرار گرفته است. ساختار این منطقه مورد مطالعه تحت تأثیر عوامل مختلف و متفاوتی شکل گرفته که وجود تنوع بیش از حد این عوامل موجب آشفتگی و ناخوانایی شخصیت کالبدی در این منطقه شده است.

می‌توان گفت مسائل دیگری مانند اراضی کشاورزی و مادی‌ها، روستاها، شهرک‌های طراحی شده و وجود اقشاری از طبقات مختلف در سازمان تقسیمات کالبدی این مناطق مؤثر می‌باشد .وجود اراضی کشاورزی فراوان در این مناطق باعث پراکندگی نواحی شهری و حتی در برخی موارد پراکندگی محلات و عدم پیوستگی آنها شده است.

در یک جمع بندی کلی می‌توان توانمندی‌ها و امکانات توسعه در حوزه شمال شهر را به شرح زیر دسته بندی کرد:

۱- وجود مجموعه‌های شهری طراحی شده مانند خانه حوزهٔ شمال اصفهان و ملک شهر که زمینه را در شرایط عدم برنامه ریزی برای گسترش رسمی و غیر رسمی (محله امیر عرب، غرب نوبهار و...) به وجود آورده است.

۲- وجود اراضی کشاورزی پراکنده و جزیر های در درون بافت‌های شهری و مابین محلات که به دلیل نزدیک بودن به مرکز شهر، وجود تأسیسات شهری و شبکهٔ معابر باعث گردیده اراضی مذکور به عنوان پتانسیل‌های توسعه به حساب آیند.

۳- وجود محورهای قوی و مرتبط با مرکز شهر (کاوه، زینبیه، امام خمینی، رباط و..) که این مناطق را به عنوان یکی از جاذبه‌های سکونت در شمال حوزهٔ شمال اصفهان مطرح نموده است.

۴- با مشخص نمودن حریم برای شهر اصفهان می‌توان تا حدود زیادی از تخریب اراضی‌کشاورزی و باغات موجود در حومه شهر جلوگیری‌نمود.

۵- تلاش برای تعیین نیروهای محرک و عوامل تأثیر بر روی رشد شهری و استخراج پارامترها و قوانین تبدیل برای تغییرات کاربری اراضی در شهرها و بویژه در کلان‌شهرهای ایران و شهرهای کشورهای درحال توسعه که دارای الگوی رشد شهری مشابه با شهرهای کشور ما هستند.

از مجموعه مطالب گفته شده می‌توان چنین دریافت که روند پراکنده رویی در منطقهٔ شهری هفت و هشت شهر اصفهان تأثیر بسزایی بر تخریب اراضی کشاورزی داشته است. دلیل این امر را می‌توان در گرایش افراد به سکونت در اراضی پیرامون شهر و همچنین امکان احداث مسکن دوم یا الگوهای تک خانواری (ویلایی) به دلیل قیمت پایین اراضی دانست. اما آنچه اهمیت دارد تأکید بر روند گرایش توسعهٔ فضایی پراکنده در اراضی کشاورزی و جنگلی این منطقهٔ شهری است که می‌تواند در آینده خسارت‌های جبران ناپذیری را بر این منطقه و حتی سطوح بالاتر (استان اصفهان) وارد آورد. برای بهبود روند و جلوگیری از تخریب روزافزون اراضی طبیعی با ارزش که در این منطقهٔ شهری وجود دارند، لازم است جهت گیری‌های حال حاضر برنامه‌ریزی و مدیریت متحول

گردد. بدین ترتیب، مجموعه‌ای از توصیه‌ها و راهبردهای اجرایی برای بهبود و حتی کاهش سرعت روند تخریب اراضی کشاورزی ارائه می‌گردد:

- تدوین برنامه‌ای مدون و به روزرسانی شده از کاربری اراضی منطقهٔ شهری
- اعمال خط مشی‌ها و سیاست‌های دقیق برای عدم ترویج سوداگری زمین در منطقهٔ شهری مورد نظر
- عدم ارائهٔ مجوز ساخت و پروانهٔ ساختمانی در اراضی منطقهٔ شهری (با تأکید بر عدم جانمایی در کاربری‌های کشاورزی، بابی و زارعی)
- پهنه‌بندی و منطقه‌بندی اراضی طبیعی و اولویت دهی به توسعه‌های آتی در اراضی با ارزش کمتر استفاده از رویکردهای توسعهٔ درون زا، توسعه در اراضی قهوه‌ای، توسعهٔ میان افزا و... برای پاس گویی به نیاز جمعیت درحال رشد منطقه
- اتخاذ دیدگاه جامع و راهبردی در اراضی کشاورزی و مزارع منطقهٔ شهری
- تأکید بر اختلاط کاربری و استفاده از الگوهای توسعهٔ شهر فشرده برای کاهش تأثیراد پراکنده رویی بر کاربری زمین

به دلیل اهمیت فراوان این منطقهٔ شهری در شکل گیری الگوهای فضایی، جمعیتی، اقتصادی و... می‌توان پژوهشهایی را با جهت گیری به سمت و سویی نوین مطرح کرد. به طور مثال پیشنهاد می‌شود با بررسی نقش جریان‌های سیاسی– مدیریتی، جریا نهای فضایی جمعیتی و فعالیتی، روند پراکنده رویی در این منطقه شهری دقیق بررسی شود.

با توجه به اینکه در بیشتر مدلهای پیش بینی اساس بر ثابت بودن روابط متقابل تغییرات و علت‌های آن در طول زمان است ولی فرآیندهای تغییرات استفاده از زمین پویا هستند از این گونه مدل سازی ها را در دوره های‌کوتاه مدت‌اجرا شوند. در نهایت تصاویر مورد استفاده در این تحقیق به دلیل محدودیت دسترسی به تصاویر با قدرت تفکیک بالا، دارای قدرت تفکیک ۳۰ متری بودند، که پیشنهاد می‌شود در تحقیق‌های بعدی از تصاویری با قدرت تفکیک بهتر استفاده شود.

Reference

Antrop, M., (2000), Changing patterns in the urbanized countryside of Western Europe. Landscape Ecol. 15, 257˚270.

Abd El-kawy,O. R., et al. Land use land cover change detection in the western Nile delta of Egypt using remote sensing data. Applied Geography,.2011,31(2), 483-494

Bell, K. P., Irwin, E. G., (2002), Spatially explicit micro-level modelling of land use change at the rural˚urban interface. Agricultural Economics 27T 217˚232.

Chapin, Francis. Stuart(1972), Urban land use planning, Second edition, University of Ill inois

Fallahtakar, Samareh, Safiyanian, Alireza, Khajeeddin, Seyyed Jamaloddin, Ziaei Hamid Reza (2008), Investigating the trend of land cover changes in Isfahan during the last four decades using remote sensing, Journal of Agricultural Science and Technology, 13th, No.47, A), Spring 1

Jafari, Hamid Reza, Yousef Rafiee, Ramezani Mehrin, Majid Nasiri, Hossein, 2012, Locating Urban Waste Disposal Using AHP, SAW in GIS Environment Case Study of Kohkilouyeh and Boiz Ahmad, 2001, pp. 131 to 140

Khoshgoftar,Mahmoud Mahdi, Talei, Mohammad, Malekpour, Peyman (2010) Time-spatial modeling of urban growth A method based on the integration of Markov Automata, National Geosciences Conference, National Surveying Organization

Keyvanlou, Keyvan, 2012, Modeling of urban landslide using urban cell modeling model of Isfahan city, The fourth urban planning and management conference, Holy Mashhad

Latifovic R, Fytas K, Chen J, Paraszczak J. (2005), Assessing land cover change resulting from large surface mining development. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation,, 7(1): 29-48.

Mirbagheri, B. (2006). Urban Landuse Change Simulation Using Remote Sensing Data And Cellular Automata Model. MSc. Thesis. Shahid Beheshti University. Iran.

Pauleit, S., Ennos, R., Golding, Y., (2005), Modeling the environmental impacts of urban land use and land cover changeˇa study in Merseyside, UK. Landscape and Urban Planning 71, 295˚310.

Rasool, R (1999) ”Univers calturel des migrantset la planification urbane lecas des villes nourelles” These du doctorat, Alain Iarrius, universte du Toulouse ll le Mirail T. Ioulouse. pp.3

Rahmati, Safar Ghaed, Heydarinejad, Nasim (2013) Physical expansion of cities and the necessity of determining the safe urban environment (sample: Isfahan city), Geography Magazine and Environmental Studies

Shojaein, Ali, Mokhtari Chalcheh, Sadegh, Soleimanirad, Ismail, Keshtkar, Leila, 2015 Comparison of the Performance of Parametric and Nonparametric Methods in Land Coverage Classification Using Landsat Satellite Images (Case Study: Part of Dezful City) Quarterly Journal of Geographic Information Systems Volume 24, Issue 93, Spring 94

Shalin, Claude, (1993) Urban Dynamics or Dynamics, Cities, Translated by Asghar Nazarian, Mashhad, Astan Quds Razavi Publishing.

Wu. Q., Li, H.Q., Wang, R.S., Paulussen, J., He, Y., Wang, M., Wang, B.H., Wang, Z., "Monitoring and predicting land use change in Bijing using remote sensing and GIS" Landscape and urban planning., Vol. 78, pp. 322-333, 2006

Zaybardast, Esfandiar, 2010, Application of Analytical Hierarchy Process in Urban and Regional Planning, Ziba Magazine, No. 10, Tehran.

Zayari, Keramatollah (1999) Principles and Methods of Regional Planning of Yazd University Press