International Conference on Civil Engineering
Architecture and urban infrastructure
29-30 July 2015, Tabriz , Iran

شبیه سازی تغییرات کاربری اراضی شهر رامسر با CA-Markov در GIS

نورالدین میثاق[1*]، عادل مردانه[2]، خانم دکتر نجمه نیسانی سامانی[3]

۱- دانشجوی رشته سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی دانشگاه تهران، nmisagh@ut.ac.ir
۲- دانشجوی رشته سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی دانشگاه تهران ،adelmardaneh@gmail.com
۳- استادیار رشته سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی دانشگاه تهران، nneysani@ut.ac.ir

چکیده

توسعهٔ روزافزون جامعهٔ شهری، تغییرات زیادی را در ساخت فضایی آن‌ها به‌وجود آورده است و ضمن تخریب زمین‌های زراعی، نابودی فضای سبز، ادغام سکونتگاه‌های روستایی در اندام کالبدی شهرها و حتی گسترش حاشیه‌نشینی، موجبات تغییرات و دگرگونی‌های قابل توجهی در کاربری اراضی می‌شود. در این تحقیق سعی شده است تا روند گسترش فیزیکی و تغییرات کلاس های کاربری اراضی شهر رامسر در استان مازندران با استفاده از تصاویر ماهواره ایی از سال ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۳ برآورد شود و با استفاده از مدل ترکیبی مارکوف- سلول های خودکار، نقشه کاربری اراضی سال ۱۴۰۸ شبیه سازی گردد. نتایج نشان داد در این مدت کلاس شهری، از ۵۴۵/۲ هکتار به ۱۲۷۴/۹ افزایش داشته است و همچنین با استفاده از مدل CA-Markov با دقت کلی ۰/۷۱۷۲، می توان گفت که این افزایش در ۱۵ سال آینده تا سال ۱۴۰۸ نیز ادامه خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: کاربری اراضی، رامسر، ماهواره لندست، GIS، مدل CA-Markov

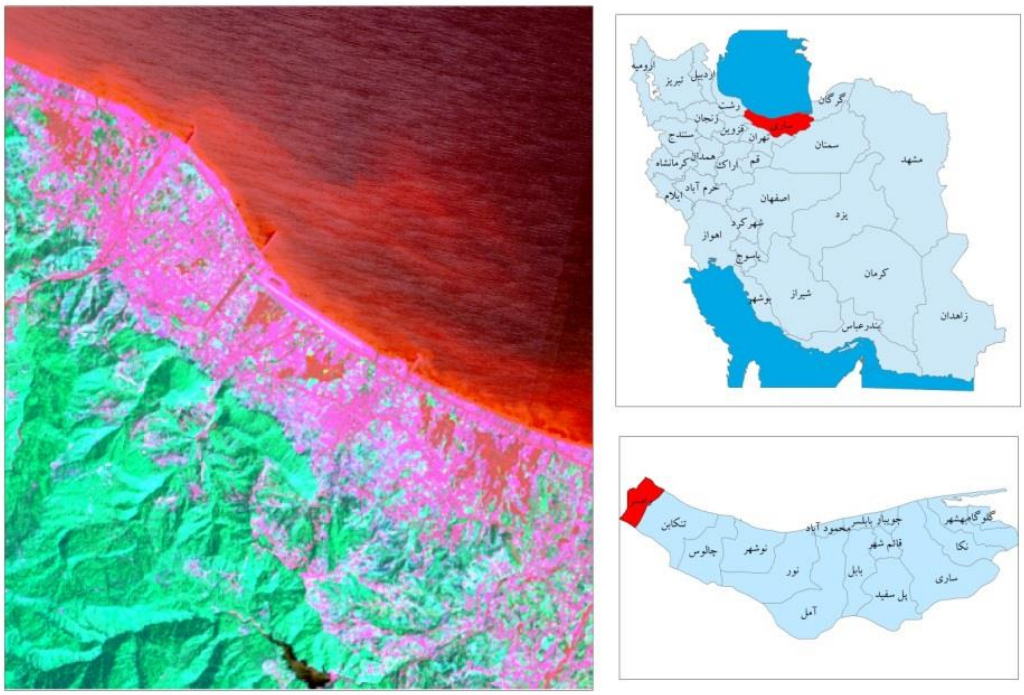
۱- مقدمه

آغاز قرن بیست و یکم با تکوین انقلاب‌های شهری نوینی در سطح جهان همراه بوده است. برای نخستین بار در تاریخ، بیش از نیمی از مردم دنیا در شهرها زندگی می‌کنند و پیش‌بینی می‌شود این روند در آینده نیز ادامه یابد. با در نظر گرفتن این روند، گسترش فضایی و تغییرات کاربری اراضی شهر، اهمیت ویژه‌ای می‌یابد. به همین دلیل متولیان و مدیران شهری باید از ابعاد مختلف رشد و توسعهٔ کالبد شهر و کاربری اراضی شهری، ماهیت مسایل و عواقب ناشی از آن آگاهی کامل داشته یاشند. گسترش فضایی شهر ضمن تخریب زمین‌های زراعی، نابودی فضای سبز، ادغام سکونتگاه‌های روستایی در اندام کالبدی شهرها و حتی گسترش حاشیه‌نشینی، موجبات تغییرات و دگرگونی‌های قابل توجهی در کاربری اراضی می‌شود [۱]. بنابراین، لازم است پژوهشی بنیادی و جامع در زمینهٔ چگونگی گسترش فیزیکی شهرها و تغییرات کاربری اراضی شهری صورت گیرد تا بتوان با شناسایی مهم‌ترین مسایل و مشکلات، در آینده به طور آگاهانه گام برداشت و در راستای توسعهٔ پایدار حرکت نمود .با توجه به این که امروزه شهرها هم از نظر جمعیت وهم از نظر گسترش فضایی شدت پیدا کرده اند و اطلاعات و نقشه های سالهای گذشته هم کم میباشد دامنه گسترش دانش عکس برداری هوایی وماهواره ای و تنوعی که در داده ها و تعبیر و تفسیر انها وجود دارد استفاده از این منابع و اطلاعات برای برنامه ریزان شهری ضروری میباشد. استفاده از تصاویر ماهواه ایی و تکنولوژی سنجش از دور و قابلیت های سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) بهترین وسیله برای پیش بینی تغییرات محیطی و استخراج کاربری های اراضی بوده که بیشترین سرعت و دقت را در بررسی تغییرات فضایی دارند [۲]. با استفاده از داده های چند زمانه سنجش از دور با کمترین زمان و هزینه می توان نسبت به استخراج کاربری های اراضی اقدام نموده و سپس با مقایسه آن در دوره های زمانی مختلف نسبت تغییرات را ارزیابی و برای سال های آتی رشد شهر را شبیه سازی و پیش بینی

نمود [۳]. محققان زیادی با استفاده از تصاویر ماهواره ایی به بررسی تغییرات کاربری اراضی پراداخته اند، از جمله خسروی (۱۳۸۳) در پایان نامه کارشناسی ارشد خود با استفاده از تصاویر سنجنده TM در سال ۱۹۸۷ و ETM در سال ۲۰۰۲، توسعه فیزیکی شهر اندیمشک را بررسی کرده است [۴] و همچنین ظاهری (۱۳۸۷) با تصاویر ماهواره لندست به بررسی تغییرات شهر تبریز و علیمحمدی و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از مدل مارکوف و تصاویر لندست به مدل سازی تغییرات شهر تهران پرداختند [۵] [۶]. در این تحقیق تلاش شده است که با استفاده از تصاویر سنجده TM5 و OLI ماهواره لندست و قابلیت های نرم افزار های IDRISI و GIS با جزئیات بیشتری تغییرات کلاس های کاربری اراضی شهر رامسر در طول ۳۰ سال، از ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۳ برآورد کرده و با استفاده از مدل ترکیبی مارکوف و سلول های خودکار، چگونگی تغییرات کلاس های کاربری اراضی تا سال ۱۴۰۸ پیش بینی و شبیه سازی شود.

۲- موقعیت جغرافیایی شهر رامسر

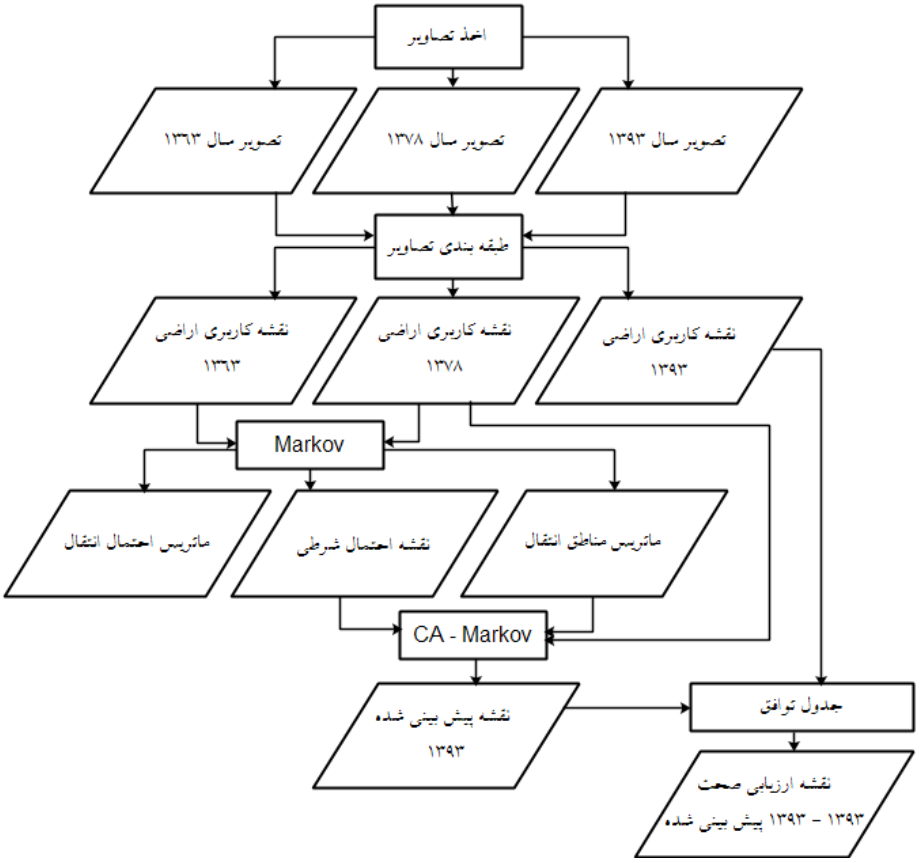
شهر رامسر در ۳۶ درجه و ۵۲ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی، از نصف النهار گرینویچ واقع شده است. رامسر که در دامنه جنگلی و ساحل دریای مازندران در فضایی سرسبز واقع شده از شهرهای قدیمی استان مازندران به شمار می رود. . رامسر از سمت شرق به تنکابن ازغرب به چابکسر (اولین شهر شرق گیلان)، ازجنوب به کوه‌های البرز و از سمت شمال به دریای مازندران محدود است. (شکل ۱). این شهر در گذشته جزئی از شهرستان تنکابن بوده که در سال ۱۳۶۴ طبق تقسیمات جدید کشوری از این شهرستان جدا شده است. مساحت محدوده قانونی شهر ۷۵۷ هکتار می‌باشد. به علت فاصله بسیار کم کوه و دریا در آن زمین‌های کشاورزی اندکی دارد و اکثریت مردم از راه‌های غیر کشاورزی نیز کسب درآمد می‌کنند در سرشماری سال ۱۳۹۰، جمعیت این شهر ۳۲۲۹۴ نفر بوده است [۷].



شکل۱: موقعیت شهر رامسر و استان مازندران در ایران – مأخذ: نگارنده

۳- مواد و روش ها

در این پژوهش از ابزاهای موجود در نرم افزار IDRISI SELVA برای شبیه سازی تغییرات کاربری اراضی در شهر رامسر استفاده شده است. بدین منظور، نقشه های کاربری اراضی سالهای ۱۳۶۳ و ۱۳۷۸ برای پیش بینی کاربری های اراضی در سال ۱۳۹۳، نقشه‌های کاربری اراضی سال های ۱۳۷۸ و ۱۳۹۳ برای پیش بینی سال ۱۴۰۸ کاربری اراضی در شهر رامسر بکار گرفته شده است. مراحل انجام کار در شکل ۲، بصورت کلی آورده شده است.



شکل ۲: نمایش مراحل انجام مدل - CA-Markov – مأخذ: نگارنده

۳-۱) داده های مورد استفاده

در این تحقیق، تصاویر سنجنده ی TM5 ماهواره لندست با قدرت تفکیک ۳۰ متر سال ۱۳۶۳ در ماه تیر و سال های ۱۳۷۸ و سنجنده OLI در سال ۱۳۹۳ مربوط به ماه مرداد از سایت زمین شناسی آمریکا (USGS) گرفته شد (جدول ۱). گفتنی است هنگام انتخاب تصاویر سعی شده است تا میزان ابرناکی تصاویر به حداقل برسد. در ادامه با استفاده از نرم افزار GIS، محدوده ی شهر رامسر از تصاویر ماهواره ایی مورد نظر جدا گردید.

جدول ۱: مشخصات تصاویر ماهواره ایی اخذ شده از سایت زمین شناسی آمریکا

سنجنده	روز / ماه	سال	قدرت تفکیک مکانی	ردیف / گذر
Landsat TM	۴/۲۹	۱۳۶۳	۳۰	۱۶۵/۳۴
Landsat TM	۵/۱۲	۱۳۷۸	۳۰	۱۶۵/۳۴
Landsat OLI	۵/۱۰	۱۳۹۳	۳۰	۱۶۵/۳۴

۲-۳) مدل زنجیره های مارکوف:

مدل مارکوف در سال ۱۹۰۷ توسط فردی روسی با نام "آندری آندریچ مارکوف" ارائه شده است. زنجیره مارکوف، دنباله ایی از فرایندهای تصادفی است که در آن نتیجه هر فرایند در هر زمان، تنها به نتیجه فرایند در زمان مجاور آن بستگی دارد [۸] . هر زنجیره مارکوف به وسیله تعدادی از وضعیت ها[1] (S) و احتمالات تغییر بین وضعیت ها[2] مشخص می شود. به بیان دیگر اگر مجموعه ایی از وضعیت های زیر را داشته باشیم:

(۱)

$$S = \{S_1, S_2, S_3, \dots \dots, S_r\}$$

رابطه ذیل چگونگی به دست آوردن p_{ij} را نشان می دهد:

(۲)

$$P_{ij}^{(n)} = \sum_{k=1}^{r} p_{ik} p_{kj}$$

در معادله فوق، p_{ij} احتمال رفتن از وضعیت i به وضعیت j را پس از n گام نشان می دهد. معمولا p_{ij} را باتوجه به وضعیت های یک سیستم با یک آرایش مربعی مرتب می کنند و نتیجه آن متریس مربع p_{ij} است که ماتریس تغییر وضعیت زنجیره مارکوف نامیده می شود:

(۳)

$$p_{ij} = \begin{bmatrix} p_{..} & p_{.1} & p_{.n} \\ p_{1.} & p_{11} & p_{1n} \\ p_{n.} & p_{n1} & p_{nn} \end{bmatrix}$$

مدل های مبتنی بر زنجیره مارکوف قادرند اطلاعات پیچیده را در قالب ماتریس تغییر وضعیت گردآوری کنند. از این رو با کمک زنجیره مارکوف می توان سیستم های بسیار پیچیده و مرکب را که در آن فرایندهای زیربنای قابل شناسایی نیستند را مدل سازی نمود [۸]. خروجی روش زنجیره های مارکوف به شکل ماتریس احتمالی تغییر و یک تصویر خروجی از ماتریس احتمال تغییر برای سال افق می باشد. در مطالعات تغییر کاربری اراضی روش مارکوف این امکان را فراهم می آورد تا توزیع مساحتی کاربری زمین در انتهای یک دوره زمانی را با استفاده از توزیع کاربری در ابتدای دوره و همچنین یک ماتریس تغیر وضعیت، پیش بینی نمود. ماتریس احتمال تغییر کاربری‌ها با توجه به تغییرات مشاهده شده در گذشته محاسبه می گردد و نشان می‌دهد که به احتمال هرکلاس از کاربری اراضی طبقه بندی شده در آینده به کاربری دیگری تغییر خواهد یافت در پیش بینی تغییرات کاربری برای آینده بکار می‌رود.

۳-۳) سلول‌های خودکار:

روش سلول های خود کار موسوم به CA یک مکانیزم پردازشی است دارای یک فضای سلولی است که این سلول ها دارای ارتباط متقابل هستند. هریک از این سلول ها دارای یک ارزش (وضعیت) هستند و این وضعیت در دوره زمانی بعدی،

[1] states
[2] Transition probablities

تحت تاثیر وضعیت سلول های همسایه و یک سری قوانین، ممکن است تغییر کند و وضعیت جدیدی پیدا کنند. عناصر تشکیل دهنده CA عبارتند از: شبکه سلولی، وضعیت سلولی، همسایگی، زمان و قوانین انتقال [۹].

۴-۳) روش CA-Markov

مدل CA-Markov تلفیقی از سلول‌های خودکار، زنجیره مارکوف و تخصیص چند منظوره اراضی است که برای پیش بینی تغییرات آینده پوشش و کاربری اراضی بکار می رود. در ابتدا با بکارگیری مدل زنجیره مارکوف، احتمال تغییر طبقات نقشه کاربری به یکدیگر در قالب ماتریس احتمال تغییر وضعیت کاربری‌ها و بر مبنای تغییرات مساحتی به وقوع پیوسته بین زمان T_0 و T_1 محاسبه می‌گردد. خروجی مدل مارکوف (ماتریس تغییر وضعیت کاربریها) به لحاظ ماهیت، غیر مکانی است یعنی در آن هیچ دانش و آگاهی از موقعیت جغرافیایی کاربری‌های زمین وجود ندارد. برای پیش بینی موقعیت مکانی کاربری‌ها در زمان T_{+1} تکنیک سلول‌های خودکار به همراه این مدل به کار گرفته می‌شود. در حقیقت مدل CA-Markov مولفه‌های مجاورت مکانی و دانش کاربر نسبت به توزیع مکانی احتمال تبدیل کاربری ها را به مدل زنجیره مارکوف اضافه می‌کند.

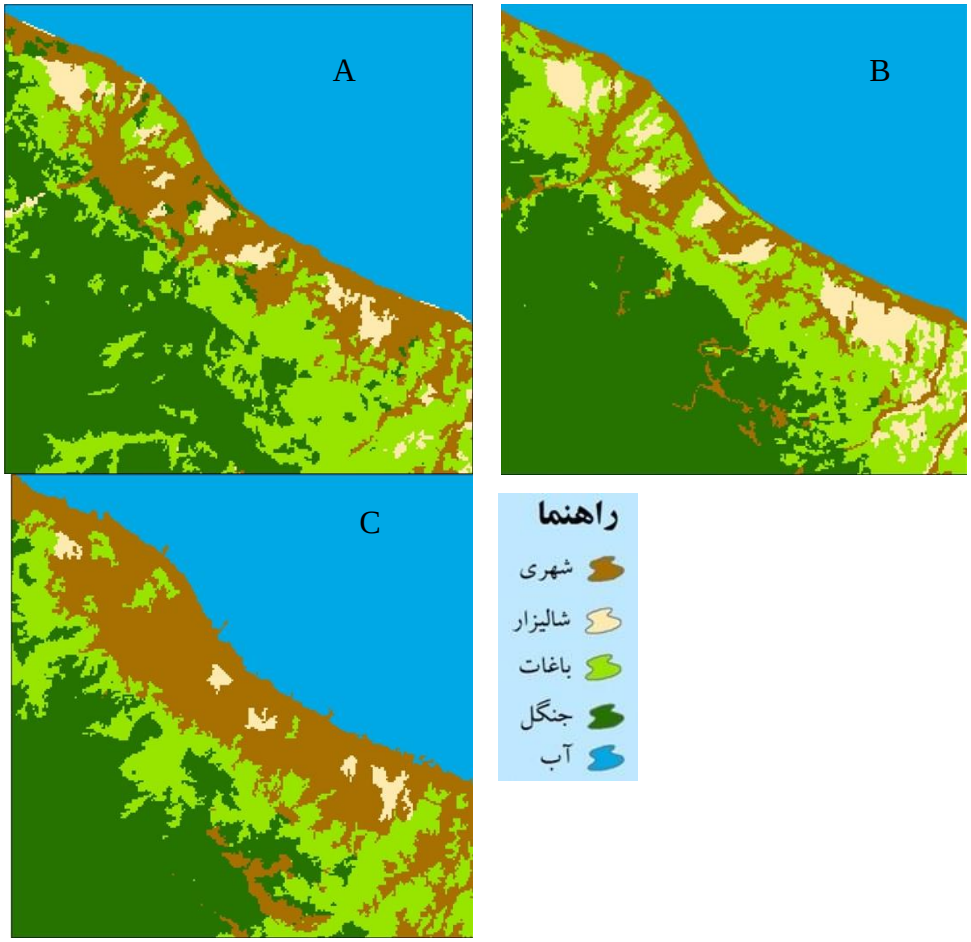
۴- یافته های تحقیق

۴-۱) استخراج کاربری های اراضی از تصاویر ماهواره ایی

برای اینکه بتوان با دقت بالایی کلاس های کاربری را از تصاویر ماهواره ایی استخراج کرد، لازم است تا خطاهای هندسی و اتمسفری را در تصاویر رفع کرد. به منظور تصحیح اتمسفری از روش نسبی استفاده شد که در آن مقدار عددی پهنه های آبی را در باند مادون قرمز را از کل تصویر کم می کنند، این بدان علت است که مقدار DN یا میزان بازتاب باند مادون قرمز در آب‌ها نزدیک صفر است، چون آب به علت خاصیتی که دارد اشعه های مادون قرمز را جذب می کند. در نتیجه مقدار DN آب در این باند از تصویر از اثرات جو و .. ناشی می شود، این روش به تصحیح اتمسفری با عوارض تاریک معروف است. تصحیح هندسی تصاویر سال های ۱۳۶۳ و ۱۳۷۸ با استفاده از تصویر سال ۱۳۹۳ زمین مرجع شده انجام گرفت. این کار با روش تصویر به تصویر[3] در نرم افزار ENVI صورت گرفت. مقدار ریشه متوسط مربع خطا (RMSE) به ترتیب برای سال های ۱۳۶۳ و ۱۳۷۸ با ۰/۳۵ و ۰/۲۸ بدست آمد و تصاویر بر یکدیگر منطبق شدند. لازم به ذکر است که در تصحیح هندسی، مقدار ریشه متوسط مربع خطای قابل قبول، کمتر از ۰/۵ پیکسل می باشد [۱۰].

برای استخراج کاربری های اراضی از تصاویر ماهواره ایی از هر دو روش طبقه بندی نظارت شده و نظارت نشده استفاده گردید. بدین صورت که ابتدا به روش نظارت نشده کلاس ها به پنج کلاس طیفی تقسیم شدند و در ادامه با استفاده از روش حداکثر احتمال از روش های نظارت شده اقدام به طبقه بندی تصاویر به پنج کلاس کاربری اراضی، شهری، شالیزار، باغات، جنگل و آب شد (شکل ۳).

[3] image to image



شکل ۳: نقشه های کاربری اراضی شهر رامسر A: ۱۳۶۳ – B: ۱۳۷۸ – C: ۱۳۹۳

به منظور ارزیابی دقت نقشه‌های تولید شده، از شاخص کاپا و دقت کلی استفاده شد. هرچه مقدار آنها به عدد یک و بصورت درصدی به ۱۰۰ نزدیک باشد میزان دقت و توافق نقشه تولید شده با نقشه واقعی زیاد خواهد بود. بدین ترتیب با در اختیار داشتن ۳۰۰ نمونه تعلیمی ودر نظر گرفتن کلاس های کاربری اراضی، از روش ماتریس خطا و ضریب کاپا در نرم افزار ENVI استفاده گردید و صحت نقشه‌های تولید شده برآورد گردید. میزان دقت کلی برای سال های ۱۳۶۳، ۱۳۷۸ و ۱۳۹۳ به ترتیب ۰/۸۶، ۰/۹۲ و ۰/۹۴ بوده و ضریب کاپا نیز به ترتیب ۰/۷، ۰/۸۱ و ۰/۸۶ بدست آمد (جدول ۲). گفتنی است دقت نسبتا کمتر سال ۱۳۶۳ به دلیل فاصله زمانی بیشر آن نسبت به نقشه مرجع می باشد.

جدول ۲: دقت کلی و میزان شاخص کاپا برای سال های ۱۳۹۳، ۱۳۷۸ و ۱۳۶۳ – مآخذ: نگارنده

	۱۳۶۳	۱۳۷۸	۱۳۹۳
شاخص کاپا	۰/۷۰	۰/۸۱	۰/۸۶
دقت کلی	۰/۸۶	۰/۹۲	۰/۹۴

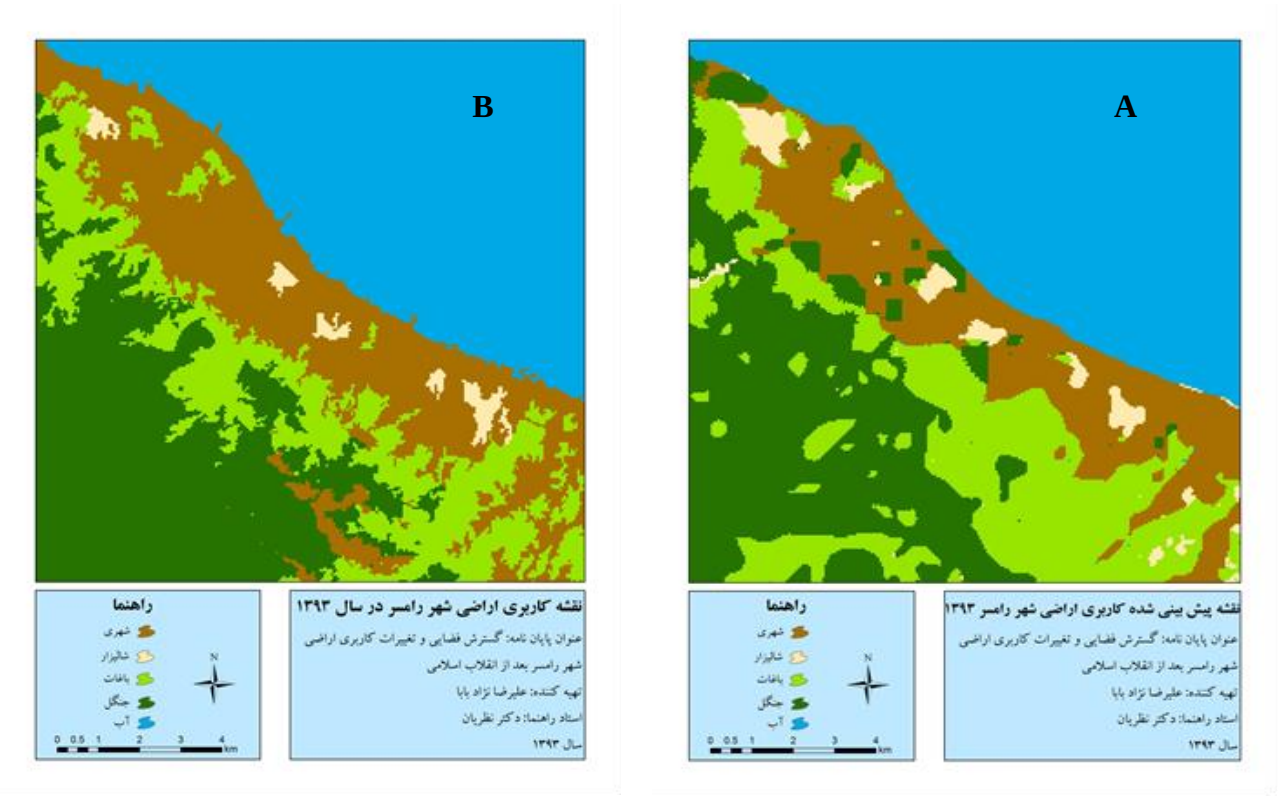
۲-۴) ایجاد نقشه پیش بینی سال ۱۳۹۳

برای انجام روش زنجیره‌های مارکوف و بدست آوردن احتمال تبدیل کلی کلاس‌های کاربری اراضی به یکدیگر، کاربری اراضی سال ۱۳۶۳ به عنوان نقشه پایه و نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۷۸ به عنوان نقشه پیرو به صورت ورودی‌های مدل در نظر گرفته شد، فاصله زمانی هر دو تصویر ۱۵ سال بود که همین بازه‌ی زمانی نیز برای پیش بینی تغییر کاربری استفاده شد و

نقشه کاربری سال ۱۳۹۳ شهر رامسر پیش بینی گردید (شکل ۴). با توجه به ماتریس بدست آمده در فاصله زمانی ۱۳۹۳-۱۳۷۸ می‌توان گفت که ۷۴/۴۶ درصد شهری، ۴۰/۷۶ درصد شالیزار، ۶۳/۸۵ درصد باغات، ۷۷/۳۶ درصد جنگل و حدود ۱۰۰ درصد کلاس آب بدون تغییر خواهند بود. همچنین ۰/۰۳ از شالیزار، ۶/۳۴ درصد از باغات، ۱۰/۵۶ درصد از جنگل و ۵/۶۳ درصد از آب به کلاس شهری تغییر خواهند کرد (جدول ۳).

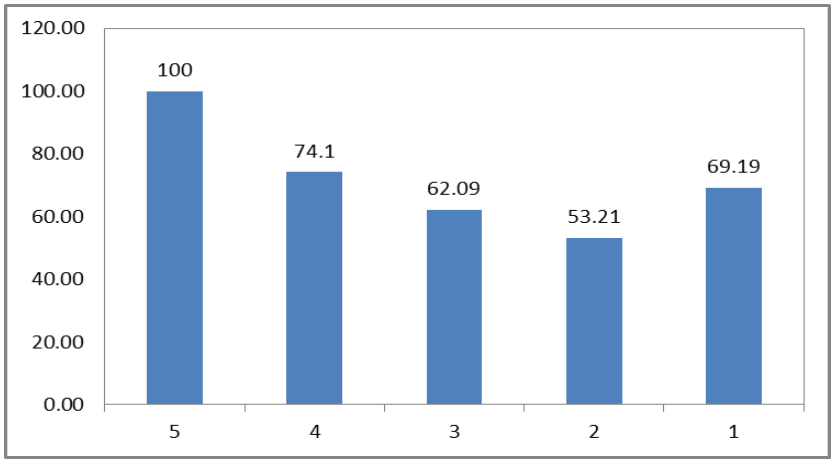
جدول ۳: ماتریس احتمال انتقال: پیش بینی احتمال تبدیل کلاس های مختلف کاربری اراضی تا سال ۱۳۹۳

	۱۳۹۳ پیش بینی شده				
۱۳۷۸	شهری	شالیزار	باغات	جنگل	آب
شهری	۰/۷۴۴۶	۰/۰۳	۰/۰۶۳۴	۰/۱۰۵۶	۰/۰۵۶۳
شالیزار	۰/۳۹۶۱	۰/۴۰۷۶	۰/۱۸۸۸	۰/۰۰۷۵	۰
باغات	۰/۲۲۷۷	۰/۰۲۵۹	۰/۶۳۸۵	۰/۱۰۴۸	۰/۰۰۳۱
جنگل	۰/۰۰۴۲	۰/۰۰۲	۰/۲۲۰۲	۰/۷۷۳۶	۰
آب	۰/۰۰۰۱	۰	۰	۰	۰/۹۹۹۹



شکل ۴: A) نقشه پیش بینی شده کاربری اراضی ۱۳۹۳، B) نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۹۳

برای ارزیابی دقت و صحت نقشه پیش بینی شده با CA-Markov، ازعمل تلفیق در نرم افزار ادریسی استفاده شد که میزان توافق بین دو تصویر طبقه بندی شده و پیش بینی شده مربوط به یکسال را، به صورت جدولی و تصویری نشان داده و شاخص کاپا و دقت کلی بین آن‌ها را محاسبه می‌کند. هر چه مقدار شاخص کاپا و دقت کلی به عدد یک یا برحسب درصد به صد نزدیک‌تر باشد نشان دهنده اعتبار زیاد مدل CA مارکوف در پیش بینی نقشه مورد نظر است. با توجه به ماتریس خطا، صحت کلی برای نقشه پیش بینی شده سال ۱۳۹۳ برابر با ۰/۷۱۷۲ و شاخص کاپا نیز برابر ۰/۷۰۵۲ بدست آمد.



شکل ۵: مقدار دقت هریک از کلاس های کاربری اراضی نقشه پیش بینی سال ۱۳۹۳ – مأخذ: نگارنده

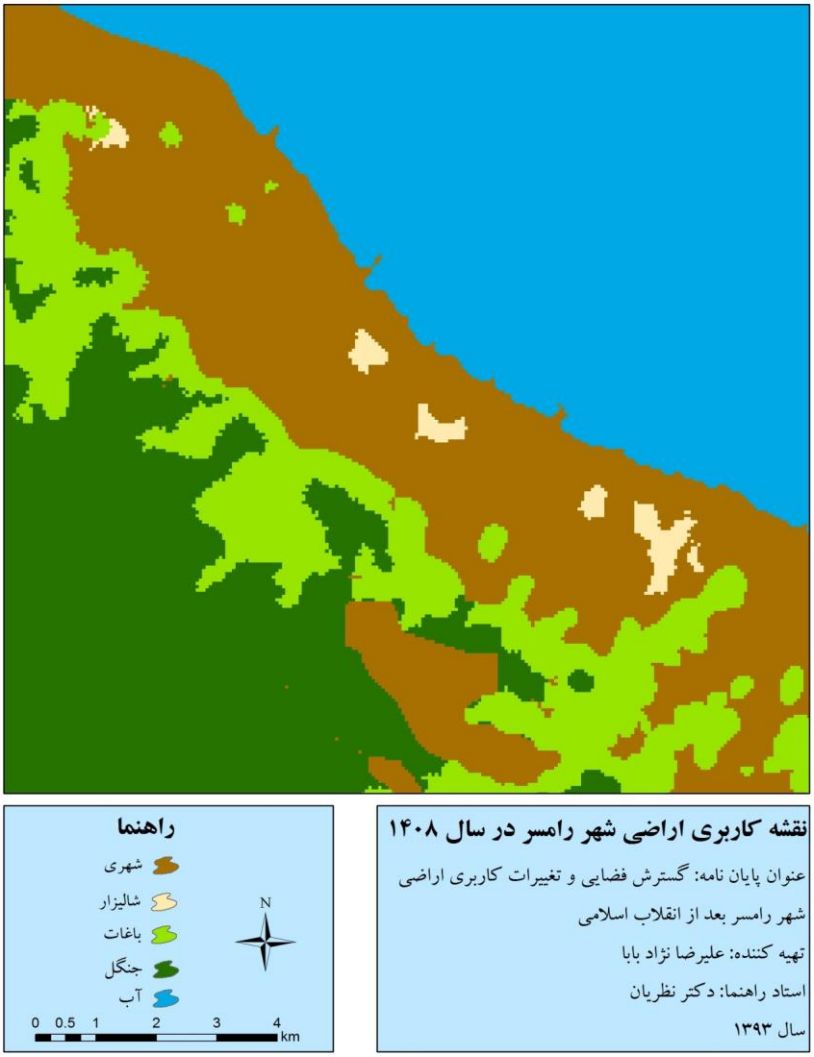
با توجه به نمودار شکل ۵، می‌توان گفت که کلاس آب با ۱۰۰ درصد دقت، نسبت به سایر کلاس ها با دقت بیشتری پیش بینی شده و کلاس شالیزار با دقت ۵۳/۲۱ درصد، کمترین دقت پیش بینی را نشان می‌دهد.

۳-۴) ایجاد نقشه پیش بینی سال ۱۴۰۸

نقشه پیش بینی سال ۱۴۰۸ با استفاده از ماتریس انتقال ایجاد شده از تغییرات سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۷۸ با فاصله زمانی ۱۵ سال و نقشه واقعی سال ۱۳۹۳ با مدل CA-Markov ایجاد شد (شکل ۶). با توجه به ماتریس بدست آمده در فاصله زمانی ۱۴۰۸-۱۳۹۳، ۹۱/۶۱ درصد کلاس شهری، ۲۳/۶۳ درصد شالیزار، ۴۸/۶۳ درصد باغات،۷۴/۳۸ درصد جنگل و ۹۷/۱۴ درصد از کلاس آب بدون تغییر خواهند بود که کلاس آب و شهری پایداری بالاتری از سایر کلاس ها دارند و کمترین جابه جایی را به کلاس های دیگر خواهند داشت (جدول ۴).

جدول ۴) ماتریس احتمال انتقال: پیش بینی احتمال تبدیل کلاس های مختلف تا سال ۱۴۰۸

	۱۴۰۸				
۱۳۹۳	شهری	شالیزار	باغات	جنگل	آب
شهری	۰/۹۱۶۱	۰/۰۲۸۵	۰/۰۵۴۷	۰/۰۰۰۷	۰
شالیزار	۰/۶۰۰۷	۰/۲۳۶۳	۰/۱۵۸۶	۰/۰۰۴۴	۰
باغات	۰/۲۷۴۸	۰/۰۰۰۷	۰/۴۸۶۳	۰/۲۳۸۲	۰
جنگل	۰/۰۵۶۹	۰/۰۰۰۲	۰/۱۹۹۱	۰/۷۴۳۸	۰
آب	۰/۰۲۸۶	۰	۰	۰	۰/۹۷۱۴



شکل ۶: نقشه کاربری اراضی شهر رامسر در سال ۱۴۰۸ - مأخذ: نگارنده

۴-۴) بررسی تغییرات فضای سبز در طول ۱۴۰۸-۱۳۹۳

با توجه به جدول ۵، از سال ۱۳۹۳ تا ۱۴۰۸، کلاس شهری حدود ۳۸۸/۹ هکتار افزایش خواهد داشت و کلاس های شالیزار، باغات، جنگل و آب به ترتیب ۹/۵، ۱۱۴/۸، ۱۵۲/۶ و ۶۲/۲ هکتار کاهش خواهند داشت.

جدول ۵) تغییرات وسعت کلاس های فضای سبز ۱۴۱۰ – ۱۳۸۸ - مأخذ: نگارنده

	وسعت (هکتار) ۱۳۹۳	وسعت (هکتار) ۱۴۰۸	اختلاف وسعت (هکتار)
شهری	۱۲۷۴/۹	۱۶۱۳/۸	۳۸۸/۹
شالیزار	۶۱/۷	۵۲/۳	-۹/۵
باغات	۹۶۰/۱	۸۴۵/۴	-۱۱۴/۸
جنگل	۱۴۹۴/۵	۱۳۴۱/۹	-۱۵۲/۶
آب	۲۱۵۱	۲۰۸۸/۸	-۶۲/۲

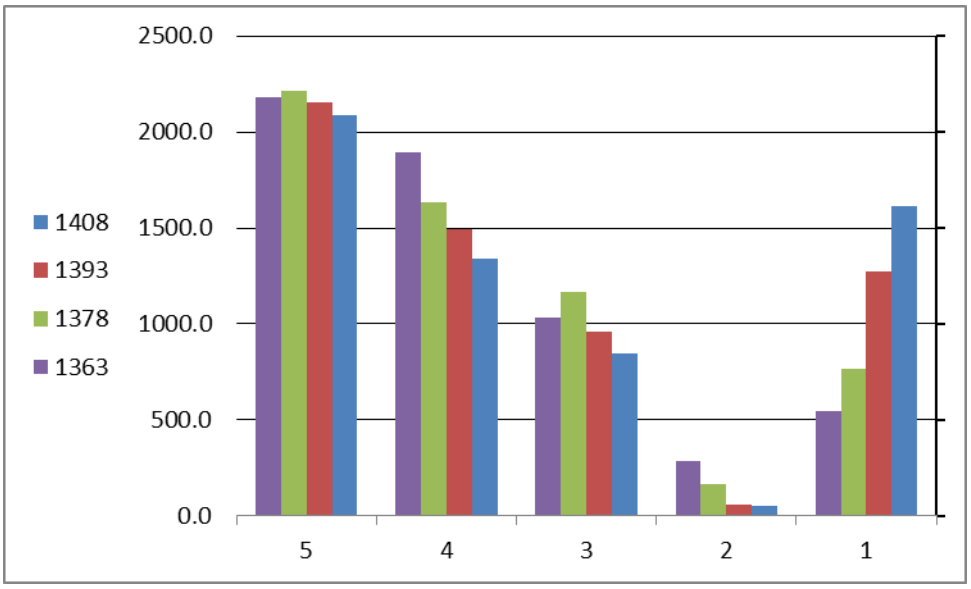
با توجه به جدول ۶، نیز مشخص می‌گردد که در طول این دوره، همه کلاس‌ها پایداری بالایی داشته و تغییرات بین کلاس‌ها کمتر خواهد بود. هرچند که ۱۱/۵۲ درصد از کلاس شالیزار، ۱۹/۷۷ درصد از باغات، ۵/۵ درصد از جنگل و ۲/۸۹ درصد از کلاس آب به شهر تبدیل خواهد شد.

جدول ۶: درصد تغییرات هریک از کلاس فضای سبز ۱۴۱۰ – ۱۳۸۸ نسبت به یکدیگر - مأخذ: نگارنده

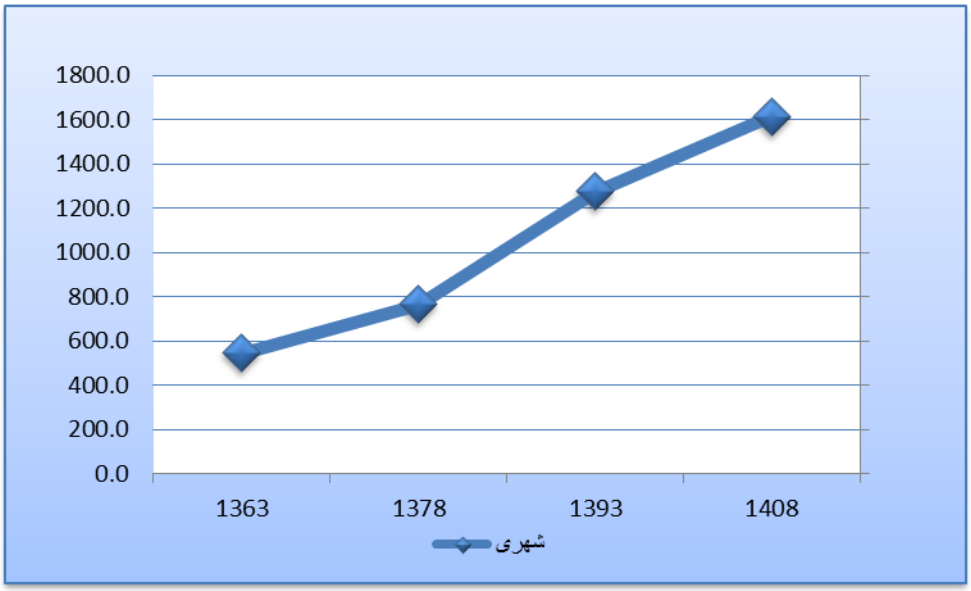
	۱۳۹۳				
۱۴۰۸	شهری	شالیزار	باغات	جنگل	آب
شهری	۹۹/۸۲	۱۱/۵۲	۱۹/۷۷	۵/۵	۲/۸۹
شالیزار	۰/۱۵	۸۱/۶۳	۰	۰	۰
باغات	۰/۰۴	۶/۸۵	۸۰/۰۶	۴/۸۲	۰
جنگل	۰	۰	۰/۱۷	۸۹/۶۸	۰
آب	۰	۰	۰	۰	۹۷/۱۱
مجموع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

۵- نتیجه گیری

در این مقاله سعی شد تا با استفاده از تصاویر ماهواره ایی و قابلیت های سیستم اطلاعات جغرافیایی و با بکارگیری مدل ترکیبی CA-Markov، تغییرات کلاس های کاربری اراضی شهر رامسر در طول سال های ۱۳۶۳ تا ۱۴۰۸ مورد بررسی قرار گیرد. باتوجه به شکل های ۷ و ۸، مشخص می شود که تقریبا همه کلاس های کاربری اراضی مورد مطالعه به جز کلاس شهری، از سال ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۳ روند کاهشی داشته اند و از وسعت آنها کاسته شده است اما کلاس شهری از ۵۴۵/۲ هکتار به ۱۲۷۴/۹ افزایش یافته است که افزایشی حدودا دو برابری داشته است، همچنین این افزایش تا ۱۵ سال آینده تا سال ۱۴۰۸ نیز ادامه خواهد داشت.



شکل ۷: نمودار تغییرات کاربری های اراضی به هکتار از سال ۱۳۶۳ تا ۱۴۰۸



شکل ۸: نمودار رشد کلاس کاربری شهری به هکتار از سال ۱۳۶۳ تا ۱۴۰۸

۶- پیشنهادات

با توجه اثرات زیان بار توسعه فیزیکی و افقی شهر ها به دلایل گوناگون از جمله فشارهای جمعیتی، لازم است تا تغییرات کاربری های اراضی شهر به طور مستمر مورد نظارت قرار گیرد تا کمترین خسارت به کاربریهای ضروری شهرها از جمله مزارع کشاورزی و باغات و جنگل وارد شود. باتوجه با اینکه تصاویر استفاده شده در این تحقیق، قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر داشتند، پیشنهاد می شود در تحقیقات دیگر از تصاویر با قدرت تفکیک بهتر مثل تصاویر ایکونوس و اسپات استفاده گردد، هرچند که دسترسی به این تصاویر نیاز به صرف هزینه بالاتر می باشد. تغییرات بوجود آمده ناشی از توسعه شهرها می تواند بسیار زیان بار باشد، در نتیجه به مدیران و سیاستگذاران شهری رامسر پیشنهاد می شود تا نتایج تحقیق حاضر و سایر تحقیقات صورت گرفته را در برنامه ریزی های توسعه ای شهری را لحاظ کنند تا در آینده کمترین زیان و خسارت را از توسعه افقی شهر رامسر شاهد باشیم.

منابع

[1] Glaeser, Edward L., and Matthew E. Kahn. "Sprawl and urban growth." Handbook of regional and urban economics 4 (2004): 2481-2527.

[۲]علوی پناه، س .ک. و همکاران. ۱۳۸۵، بررسی تغییر پذیری طیفی پدیده های مختلف پوشش گیاهی و آب با استفاده از سنجش از دور، پژوهش های جغرافیا،

[۳]فیضی زاده، بختیار و همکاران، ۱۳۸۷، آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش طبقه بندی شی گرا، همایش ملی ژئوماتیک، سازمان نقشه برداری کشور

[۴]خسروی، مریم، ۱۳۸۳، تعیین جهت توسعه فیزیکی شهر اندیمشک با استفاده از داده های سنجش از دور و gis، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت معلم

[۵]ظاهری، محمد، ۱۳۸۷، سنجش گستردگی شهری و تاثیر آن بر تغییر کاربری اراضی سواحل جنوبی دریای مازندران با GIS، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه زنجان

[۶]علیمحمدی، ع. ۱۳۸۹، پیش بینی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین با استفاده از تصاویر ماهواره ای و مدل زنجیره ای مارکوف، نشریه برنامه ریزی و آمایش فضا

[۷] پورتال شهرداری رامسر، http://sh-ramsar.ir

[8] Norris, J. R. "Markov chains. Reprint of 1997 original. Cambridge Series in Statistical and Probabilistic Mathematics, 2." (1998).

[9] Wolfram, Stephen. *Theory and applications of cellular automata*. Vol. 1. Singapore: World Scientific, 1986.

[10] Shalaby, A., & Tateishi, R. Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern coastal zone of Egypt. Applied Geography, 2007