

# مدل سازی و پیش بینی رشد فیزیکی شهر ساری با استفاده از رگرسیون لجستیک و زنجیره مارکف

سجاد روزبه\*<sup>۱</sup>، حمید دارابی<sup>۱</sup>، عبدالله پیرنیا<sup>۱</sup>، سید حسین روشن<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری - دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری  
{\*rozbeh.koshahi, hamid.darabi2010, abd.god62, h.roshun2011}@gmail.com

(تاریخ دریافت بهمن ۱۳۹۵، تاریخ تصویب آبان ۱۳۹۶)

## چکیده

رشد و توسعه بی رویه مناطق شهری و تبدیل اراضی در دهه های اخیر موجب تغییراتی در سیمای محیط زیست طبیعی شده که یکی از اثرات مهم آن ایجاد رواناب بیشتر و وقوع سیلاب های مخرب می باشد. از روش های مورد استفاده مدیران و برنامه ریزان جهت بررسی تغییرات کاربری، مدل سازی آن می باشد. از اینرو پژوهش حاضر با هدف پیش بینی تغییرات کاربری اراضی با تاکید بر توسعه فیزیکی شهر ساری با استفاده از رگرسیون لجستیک و زنجیره مارکوف انجام شد. برای این منظور از تصاویر سنجنده های TM و OLI مربوط به سال های ۱۳۶۶، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۴ استفاده گردید. ابتدا بر روی تصاویر، پیش پردازش های لازم، سپس با استفاده از طبقه بندی نظارت شده و الگوریتم حداکثر احتمال نقشه های کاربری اراضی تهیه گردید. پیش بینی کاربری اراضی و مدل سازی پتانسیل انتقال با استفاده از رگرسیون لجستیک در نرم افزار IDRISI انجام شد. در این روش ۶ متغیر و ۳ زیر مدل در طی دوره های ۱۳۸۰-۱۳۹۴، ۱۳۶۶-۱۳۸۰ و ۱۳۹۴-۱۳۶۶ مورد استفاده قرار گرفت. ارزیابی دوره های واسنجی با استفاده از روش GEOMOD و آماره های کاپا تعیین شد. به منظور پیش بینی کاربری اراضی سال ۱۳۹۴ از دوره ۱۳۹۴-۱۳۶۶ با استفاده از زنجیره مارکوف و مدل پیش بینی سخت استفاده شد. در نهایت از نقشه تغییرات کاربری اراضی دوره ۱۳۹۴-۱۳۶۶ به منظور پیش بینی کاربری اراضی سال ۱۴۰۴ و ۱۴۱۸ استفاده شد. نتایج نشان داد که طی سال های ۱۳۹۴-۱۳۶۶، تغییرات کاربری اراضی شامل افزایش ۴/۴۹ و کاهش ۴/۱۳ درصدی اراضی مسکونی و اراضی کشاورزی بودند. همچنین نتایج مدل سازی پتانسیل انتقال در تمام سناریوها صحت بالایی (۰/۷۲ تا ۰/۹۲) را نشان داد. ضریب کاپا در مدل سازی کاربری اراضی برای سال ۱۳۹۴ با دوره واسنجی ۱۳۹۴-۱۳۶۶ و نقشه واقعیت سال ۱۳۹۴ از سایر سناریوها بیشتر بود. نتایج مدل سازی برای سال ۱۴۰۴ و ۱۴۱۸ نشان داد توسعه فیزیکی شهر ساری در جهات غرب، جنوب، شمال و شرق به ترتیب ۸/۰۲، ۶/۴۷، ۶/۳۷ و ۴/۴۱ درصد بیشترین مقادیر را به خود اختصاص داده بودند.

**واژگان کلیدی:** مدل سازی، شهر ساری، ماهواره لندست، رگرسیون لجستیک، زنجیره مارکف

\* نویسنده رابط

## ۱- مقدمه

توسعه پایدار از جمله مفاهیمی است که در دهه اخیر موضوع بسیاری از مطالعات در حوزه‌های گوناگون قرار گرفته است. این مفهوم چشم‌اندازی مهم و جدید در مدیریت و سیاستگذاری عمومی است و باید موتور محرکه پیشرفت متعادل، متناسب و هماهنگ اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی تمامی جوامع، به‌ویژه کشورهای در حال توسعه باشد. رشد شهرها در تمام جهان باعث از بین رفتن منابع زمینی و تخریب مناطق وسیعی از اراضی مناسب و تبدیل آنها به سطوح غیر قابل نفوذ شده است. در خیلی از موارد این تغییرات بدون درک پیامدهای آنها رخ داده است [۱].

به منظور تجزیه و تحلیل اراضی در شهرها، مدل‌سازی می‌تواند به عنوان ابزاری مناسب برای هدایت طراحی فضای شهری در جهت توسعه پایدار استفاده شوند. با استفاده از روش‌های آشکارسازی تغییرات و مدل‌سازی می‌توان تغییرات گذشته و پیش‌بینی رشد آینده شهر را نشان داد [۲].

سنجش از دور، آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی و نقشه‌های موضوعی پوشش زمین فاکتورهای کلیدی در محاسبه توسعه و رشد کاربری مسکونی و شهرها هستند [۳، ۴]. آشکارسازی فرایندی است که وضعیت تغییرات پدیده‌ها را از روی تصاویر بدست آمده در زمان‌های مختلف مشخص می‌کند [۵]. این تکنیک در بسیاری از موارد برای مطالعه تغییرات محیط‌زیست به کار می‌رود [۶]. در رابطه با شناسایی تغییرات کاربری اراضی و مدل‌سازی توسعه شهری مطالعات مختلفی در داخل و خارج از کشور انجام شده است. ضیائی‌ان فیروزآبادی و همکاران [۷] با استفاده از مدل سلول‌های خودکار، GIS و RS، تغییرات کاربری اراضی شهرکرد را شبیه‌سازی کردند و نشان دادند که بهترین نتایج در استفاده از ترکیب روش مارکف و روش رگرسیون لجستیک با گامای ۰/۵ برای استخراج قوانین تبدیل حاصل شد. همچنین آن‌ها کاربردی بودن آتی مدل برای شبیه‌سازی روند رشد شهرهای ایران و سایر نقاط جهان ثابت کردند. حسینعلی و همکاران [۸] با استفاده از روش مدل‌سازی ایجاد گزینه‌ها همراه با در نظر گرفتن شرط پیوستگی و تراکم (DBDC) به شناسایی گزینه‌های مناسب توسعه آتی کاربری اراضی شهری در قزوین پرداختند و دریافته‌اند که علاوه بر پیشنهاد یک گزینه

بهبوده، ۱۰ گزینه نیز با مطلوبیت ۹۷/۵٪ گزینه اولیه تولید گردید. آن‌ها بیان کردند که با اعمال اندکی رواداری در جواب مطلوب به دست آمده می‌توان به پاسخ‌های مناسب دیگری دست یافت که به فراخور مساله دارای تفاوت قابل قبولی با پاسخ اولیه هستند. محمدی و دلاور [۹] مدل‌سازی توسعه شهرستان سنندج را با روش رگرسیون لجستیک مورد مطالعه قرار دادند و نتایج آن‌ها حاکی از آن بود که فاصله از راه اصلی و مناطق توسعه‌یافته به ترتیب موثرترین عوامل در توسعه شهری سنندج در بازه ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۶ بودند و از طرف دیگر فاصله از گسل و ارتفاع به ترتیب کم‌ترین تاثیر در توسعه شهر به حساب می‌آیند. حیدریان و همکاران [۱۰] با تلفیق تکنیک‌های سنجش از دور، GIS و مدل LCM، به مدل‌سازی توسعه شهری کلان شهر تهران پرداختند و نشان دادند که بیشترین میزان توسعه در سال ۹۶ به ترتیب در بخش‌های غرب و شرق کلان شهر تهران رخ می‌دهد. کاظم و همکاران [۱۱] با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای متوسط مقیاس و مبتنی بر روش خودکارهای سلولی، رشد شهری تهران را مدل‌سازی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که مدل مورد استفاده با دقت نسبی برآورد مساحت ۰/۹۳ و ضریب کاپای ۰/۸۷ یک مدل موفق بوده است. آن‌ها بیان کردند که به ترتیب فاصله از نواحی بایر، فاصله از پوشش گیاهی، فاصله از نواحی مسکونی و فاصله از نواحی شهری دارای بیشترین نقش در توسعه شهری بودند. وارثی و همکاران [۱۲] با ارائه روشی و با استفاده از شاخص‌های تغییرات طیفی-مکانی و داده‌های سنجش از دوری، به شناسایی تغییرات شهری شیراز پرداختند. آن‌ها نشان دادند که نقشه تغییرات حاصله با طبقه‌بندی بیشینه شباهت و شاخص‌های تغییرات طیفی-مکانی از صحت بالاتری برخوردار است.

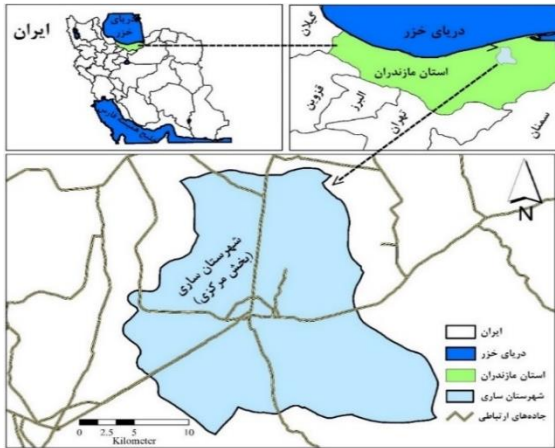
روی و همکاران [۱۳] به پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در مقیاس‌های مختلف زمانی در حوزه آبریز دریای مدیترانه در جنوب شرقی فرانسه پرداختند و نتایج آن‌ها حاکی از رشد بالای شهری و به تبع آن کاهش اراضی کشاورزی بوده است. ماهر و همکاران [۱۴] به ارزیابی پدیده توسعه شهری در Seremban در کشور مالزی با استفاده از رگرسیون خطی و GIS پرداختند و نتایج آن‌ها حاکی از آن بود که مساحت شهر از ۳۴/۹۴ کیلومتر مربع در سال ۱۹۸۴ به ۱۹۰/۴۸ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۰

مارکف یک سیستم ریاضی است که در آن انتقال از یک حالت به حالت دیگر صورت می‌گیرد که البته تعداد این حالات قابل شمارش است و یک فرایند تصادفی بدون حافظه است بدین معنی که توزیع احتمال شرطی حالت بعد تنها به حالت فعلی بستگی دارد و به وقایع قبل از آن وابسته نیست. این نوع بدون حافظه بودن خاصیت مارکف نام دارد. روش GEOMOD نیز به منظور ارزیابی صحت نقشه‌های پیش‌بینی شده مورد استفاده قرار می‌گیرد. و این روش تنها برای شرایطی که تغییرات اتفاق افتاده است مورد استفاده قرار می‌گیرد (پادول و یوان، ۲۰۱۲).

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- محدوده مورد مطالعه

شهر ساری با مساحت بالغ بر ۴۱/۹۶ کیلومترمربع در جلگه پهناوری قرار دارد که از سوی شمال در ۳۸ کیلومتری دریای مازندران و از سوی جنوب در ۲۵ کیلومتری کوه‌های البرز واقع است. دارای طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۵۶ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۵۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی می‌باشد. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی محدوده شهر ساری را نشان می‌دهد.



شکل ۱- محدوده شهر ساری در استان و ایران

### ۲-۲- روش تحقیق

نوع پژوهش حاضر کاربردی و روش بررسی آن تحلیلی- توصیفی است. تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در پژوهش حاضر مربوط به سنجنده TM و OLI ماهواره لندست ۵ و ۸ می‌باشند. در گام اول ۳ تصویر مربوط به

افزایش یافته است. یاسمینه و همکاران [۱۵] با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور، به مدل‌سازی توسعه شهری و پوشش زمین پرداختند و نشان دادند که ۱۴ درصد از پوشش گیاهی و ۴ درصد از بیابان در سال ۲۰۲۵ به شهر تبدیل خواهند شد.

مدل‌سازی رشد و توسعه شهری که در این پژوهش به انجام می‌رسد یکی از آشکارترین تغییرات جهانی است که نواحی مسکونی و طبیعی را تحت تأثیر قرار داده و ساختار و نقش اکوسیستم را تغییر می‌دهد [۱۶]. با رشد سریع، شهرها تخریب زیادی در اراضی و منابع پیرامونشان ایجاد می‌شود چرا که معمولاً گسترش اراضی شهری در جهت تخریب اراضی جنگلی، کشاورزی و سایر عرصه‌های طبیعی اتفاق می‌افتد. در فرایند تصمیم‌گیری مدیران بایستی با دقت، تغییراتی را که توسط رشد شهر ایجاد می‌شود در نظر بگیرند [۱۷]. از آنجا که مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی ابزار مفیدی برای تحلیل، تشخیص و پیش‌بینی تغییرات پوشش زمین و پیامدهای آنها هستند [۱۸]، بنابراین با توجه به اهمیت موضوع مورد بررسی هدف از پژوهش حاضر بررسی رشد شهر ساری و مدل‌سازی توسعه آن در آینده با استفاده از مدل LCM می‌باشد.

### مدلساز تغییر سرزمین LCM<sup>۱</sup>

مدلساز تغییر سرزمین از تخصیص زمین برای تعیین سناریو در تاریخ معین شده و زنجیره مارکوف استفاده می‌کند. وقتی نقشه کاربری اراضی با مدل‌های پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی تولید می‌شوند، می‌توان روند تغییرات سیمای سرزمین را از حال حاضر تا آینده نیز با متریک‌ها به صورت کمی محاسبه کرد و برنامه ریزی مناسبی جهت مدیریت سرزمین در سال‌های آتی ارائه داد. هنگامی که متغیرهای مدل LCM انتخاب شدند، هر انتقال با استفاده از رگرسیون لجستیک مدل‌سازی می‌شود. رگرسیون لجستیک یک روش آماری برای ارزیابی ارتباط بین مجموعه متغیرهای مستقل و متغیر وابسته است. در رگرسیون لجستیک متغیر وابسته باید دوگانه باشد و می‌تواند فقط دو مقدار ۰ و ۱ را بگیرد. ارزش ۱ نشان‌دهنده وقوع یک رویداد و ارزش صفر نشان‌دهنده عدم وقوع رویداد است. همچنین در مدلساز تغییر سرزمین، زنجیره

<sup>۱</sup> Land Change Modeler

صورت جداگانه فراهم شد. دلیل انتخاب تصاویر مورد استفاده در پژوهش حاضر عاری بودن تصاویر از پوشش ابری، در دسترس بودن تصاویر و هدف پژوهش می باشد.

سال های ۱۳۶۶-۱۳۸۰-۱۳۹۴ (جدول ۱) از سایت سازمان زمین شناسی ایالات متحده آمریکا (USGS) با فرمت GeoTIFF با سیستم مختصات WGS84 UTM به

جدول ۱- مشخصات تصاویر ماهواره ای مورد استفاده

ردیف ماهواره سنجنده	تاریخ شمسی	تاریخ میلادی	قدرت تفکیک مکانی (متر) گذر و ردیف	شماره	محل اخذ
۱ لندست ۵ TM	۱۳۶۶/۰۳/۲۴	۱۹۸۵/۰۶/۱۴	۳۰	۱۶۳-۰۳۵	سازمان زمین شناسی آمریکا
۲ لندست ۵ TM	۱۳۸۰/۰۴/۲۹	۲۰۰۱/۰۷/۱۹	۳۰	۱۶۳-۰۳۵	سازمان زمین شناسی آمریکا
۳ لندست ۸ OLI	۱۳۹۴/۰۵/۰۸	۲۰۱۵/۰۷/۳۰	۳۰	۱۶۳-۰۳۵	سازمان زمین شناسی آمریکا

## ۲-۲-۱- پیش پردازش اطلاعات

عملیات های میدانی و نقشه های توپوگرافی و پرس و جوی محلی ارزیابی شده و پس از تشکیل ماتریس خطا<sup>۲</sup>، ارزیابی صحت نتایج طبقه بندی بر اساس معیارهای صحت کلی<sup>۳</sup>، ضریب کاپا<sup>۴</sup>، صحت تولید کننده<sup>۵</sup> و صحت کاربر<sup>۶</sup> صورت گرفت [۲۳ و ۲۴].

پس از تهیه تصاویر ماهواره ای پیش پردازش ها و پردازش ها و در نهایت پس پردازش هایی بر روی این تصاویر به منظور استخراج نقشه کاربری اراضی انجام شد. بنابراین در مرحله پیش پردازش فقط از تصحیحات رادیومتریک برای رفع خطای اتمسفری از ماژول تصحیح اتمسفری QUAC<sup>۱</sup> در نرم افزار ENVI 5.1 استفاده شد [۱۹، ۲۰ و ۲۱].

## ۲-۲-۲- آشکارسازی و پیش بینی تغییرات با استفاده از مدل LCM

### ۲-۲-۲- طبقه بندی تصاویر (Image Classification)

پس از تهیه نقشه های کاربری اراضی مربوط به سال های ۱۳۶۶، ۱۳۸۰، ۱۳۹۴ اقدام به آشکارسازی تغییرات و بررسی تغییرات اتفاق افتاده در طی دوره زمانی مورد مطالعه شد. در این تحقیق نقشه های کاربری اراضی سال های ۱۳۸۰-۱۳۶۶، ۱۳۹۴-۱۳۸۰ و ۱۳۹۴-۱۳۶۶ جهت آنالیز و آشکارسازی تغییرات منطقه وارد مدل LCM شدند [۲۵، ۲۶ و ۲۷]. در تحقیق حاضر هر کدام از دوره های زمانی را به عنوان یک سناریو در نظر گرفته شد که به ترتیب دوره های ۱۳۸۰-۱۳۶۶، ۱۳۹۴-۱۳۸۰ و ۱۳۹۴-۱۳۶۶ را سناریو A، B و C نام گذاری شدند.

تعریف کلاس ها اولین اقدامی است که در انجام طبقه بندی موثر خواهد بود. فاکتورهای مختلفی با تاثیر بر روند طبقه بندی، لیست نهایی کلاس ها را تغییر می دهند. از مهمترین این عوامل می توان به خواست کاربر، وضعیت منطقه و روش طبقه بندی اشاره کرد. با توجه به وضعیت منطقه سه کلاس اراضی کشاورزی، جنگل و اراضی مسکونی تعریف شد [۲۲]. مرحله بعد انتخاب الگوریتم مناسب برای طبقه بندی می باشد. در این تحقیق از الگوریتم حداکثر احتمال استفاده شد. تعداد نمونه های تعلیمی برای هر کدام از تصاویر ماهواره ای مربوط به سال های ۱۳۶۶، ۱۳۸۰، ۱۳۹۴ ۱۸۲ نمونه بودند، که ۷۰ درصد داده ها را برای مرحله واسنجی و ۳۰ درصد آنها برای اعتبارسنجی مدل استفاده شد.

### ۲-۲-۳- مدل سازی پتانسیل انتقال

### ۲-۲-۳- ارزیابی نتایج طبقه بندی

برای انتخاب متغیرهای مناسب برای ورود به مدل بایستی ابتدا متغیرهایی که گمان می رود می توانند ارتباط بین تغییرات را به خوبی توضیح دهند تست شوند و در نهایت با توجه به ضریب کرامر بدست آمده از هر یک از متغیرها مناسب ترین متغیرها انتخاب شود. هنگامی که متغیرهای مدل

صحت نقشه کاربری اراضی بدست آمده مربوط به سال های ۱۳۶۶، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۴ با نقشه واقعیت زمینی و

<sup>۲</sup> Confusion Matrix

<sup>۳</sup> Overall Accuracy

<sup>۴</sup> Kappa coefficient

<sup>۵</sup> Producers Accuracy

<sup>۶</sup> User Accuracy

<sup>۱</sup> QUick Atmospheric Correction

تغییرات کاربری اراضی سال‌های ۱۴۰۴ و ۱۴۱۸ از سناریو C (۱۳۹۴-۱۳۶۶) استفاده شد.

### ۲-۲-۷- صحت‌سنجی مدل پیش‌بینی کننده برای سناریوهای مختلف

برای ارزیابی صحت مدل پیش‌بینی کننده از پارامترهای  $N(m), N(n), H(m), M(m), K(m), P(m)$  و  $P(p)$  استفاده شد. همچنین آماره‌های کاپا  $Kno, Klocation$  و  $Kstandard$  به ترتیب مربوط به مقادیر کاپای کلی، کاپای مطابق با مکان، کاپای مطابق با مقدار) نیز به منظور ارزیابی صحت مدل استفاده شدند. خطا و صحت پیش‌بینی مدل بر اساس نقشه‌های پوشش اراضی ۱۳۹۴ واقعیت زمینی، و ۱۳۹۴ حاصل از پیش‌بینی برای سناریوهای A، B و C محاسبه شد. در نهایت سناریوی که بالاترین ضرایب مورد نظر را ارائه داد به عنوان سناریوی مورد نظر جهت پیش‌بینی کاربری اراضی آینده انتخاب شد [۳۳ و ۳۴].

### ۳- نتایج

#### ۳-۱- نقشه کاربری اراضی

برای تهیه لایه‌های اطلاعاتی شامل: کاربری‌های اراضی مسکونی، اراضی کشاورزی و اراضی جنگلی در محدوده مرکزی شهرستان ساری در سال‌های ۱۳۶۶، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۴ از روش طبقه‌بندی نظارت شده و الگوریتم حداکثر احتمال استفاده شد. به منظور ارزیابی صحت نقشه‌های تولید شده از معیارهای ضریب کاپا و ضریب صحت کلی استفاده شد. نتایج صحت‌سنجی نقشه‌ها در جدول (۲) ارائه شده داد.

جدول ۲- ضریب کاپا و دقت کلی مربوط به نقشه تولید شده

نام سنجنده	سال	باند‌های مورد استفاده	الگوریتم طبقه بندی کننده	ضریب کاپا	صحت کلی (درصد)
TM	۱۳۶۶	۱-۷	حداکثر احتمال	۰/۸۸	۸۶/۷۸
TM	۱۳۸۰	۱-۷	حداکثر احتمال	۰/۸۹	۸۷/۴۲
OLI	۱۳۹۴	۱-۷	حداکثر احتمال	۰/۹۰	۸۸/۱۸

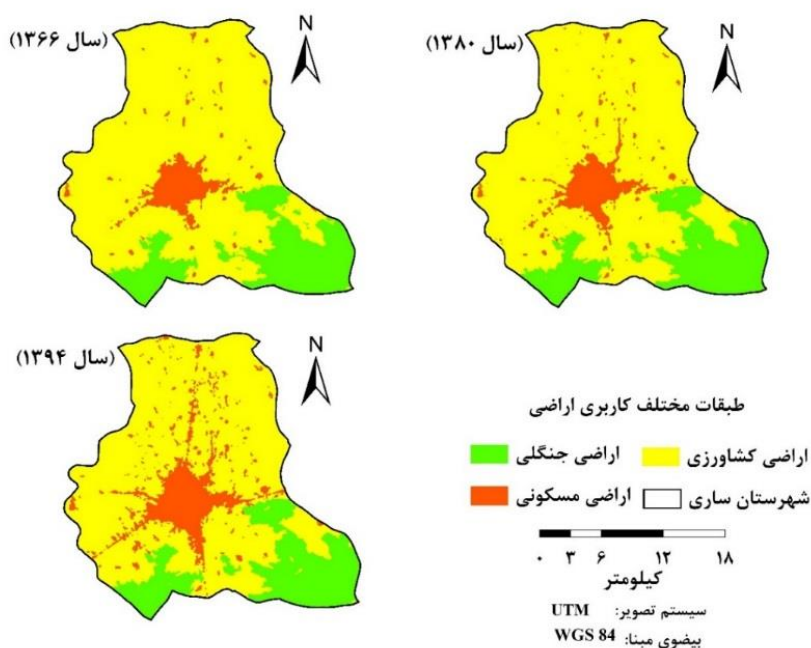
ترتیب در شکل (۲) آورده شده است. همچنین مساحت انواع کاربری‌ها مربوط به سال‌های مورد مطالعه در جدول (۳) ارائه شده است. با توجه به جدول (۳) مشخص می‌شود که در هر سه دوره مورد مطالعه بیشتر مساحت منطقه مورد مطالعه را اراضی کشاورزی به خود اختصاص داده است. همچنین نگاه کلی به نقشه‌های کاربری اراضی شکل ۲ نیز به خوبی مبین این مطلب می‌باشد.

انتخاب شدند، هر انتقال با استفاده از رگرسیون لجستیک مدل‌سازی شد. در این مرحله سه سناریو طی دوره‌ها، متغیرها و همچنین نقشه‌های پتانسیل‌های مختلف در نظر گرفته شد. این سناریوها دارای شش متغیر (مدل رقومی ارتفاعی، شیب، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از جنگل، فاصله از جاده و فاصله از رودخانه) و همچنین دارای ۳ نقشه پتانسیل‌های انتقال (اراضی کشاورزی به اراضی مسکونی، اراضی جنگلی به اراضی کشاورزی، اراضی کشاورزی به اراضی جنگلی) می‌باشند. در نهایت، خروجی این قسمت یک نقشه پتانسیل تغییرات برای هر تغییر به عنوان بیانی از پتانسیل وابسته به زمان برای تغییرات می‌باشد. همچنین جدولی را بدست می‌دهد که شامل ضرایب تمام متغیرها و مقدار (ROC) است. مقدار ROC بین ۰/۵ تا ۱ است و همبستگی بین انتقال‌ها و متغیرها را نشان می‌دهد [۲۸].

#### ۲-۲-۶- پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی

خروجی‌های مرحله پتانسیل انتقال به‌عنوان ورودی‌های مرحله پیش‌بینی تغییرات به کار می‌روند. مقدار تغییرات هر انتقال با استفاده از زنجیره مارکوف پیش‌بینی می‌شود و نقشه کل تغییرات کاربری اراضی با استفاده از ۲ مدل پیش‌بینی سخت و نرم در مدل LCM تهیه خواهد شد [۲۹، ۳۰، ۳۱ و ۳۲]. بنابراین در تحقیق حاضر احتمال انتقال محاسبه شده از هر کاربری به کاربری دیگر با استفاده از زنجیره مارکوف محاسبه شد سپس مدل‌سازی برای سال ۱۳۹۴ با استفاده از مدل پیش‌بینی سخت انجام شد [۲۴]. در نهایت برای پیش‌بینی

با توجه به جدول (۲) مشخص می‌شود که بیشترین ضرایب مربوط به صحت‌سنجی مربوط به تصویر سال ۱۳۹۴ می‌باشد. به طوریکه ضریب کاپا و صحت کلی برای سال ۱۳۹۴ به ترتیب برابر با ۰/۹۰ و ۸۸/۱۸ درصد می‌باشد. این در حالی است که تصویر سال ۱۳۶۶ دارای ضرایب متناظر کمتری می‌باشد. نقشه کاربری اراضی محدوده مرکزی شهرستان ساری برای سال‌های ۱۳۶۶، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۴ به



شکل ۲- نقشه های کاربری اراضی سال ۱۳۶۶، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۴

جدول ۳- مساحت طبقات کاربری های اراضی

سال	۱۳۶۶	۱۳۸۰	۱۳۹۴
نام کاربری	کیلومترمربع	کیلومترمربع	کیلومترمربع
اراضی کشاورزی	۳۸۰/۵۷	۳۷۶/۵۵	۳۵۹/۹۲
اراضی جنگلی	۸۹/۳۳	۸۸/۴۵	۸۷/۵۳
اراضی مسکونی	۲۸/۳۰	۳۲/۹۴	۵۰/۶۴
کلی	۴۹۸/۲۰	۴۹۸/۲۰	۴۹۸/۲۰
درصد	درصد	درصد	درصد
اراضی کشاورزی	۷۶/۳۹	۷۵/۶۲	۷۲/۲۶
اراضی جنگلی	۱۷/۹۳	۱۷/۷۶	۱۷/۵۷
اراضی مسکونی	۵/۶۸	۶/۶۲	۱۰/۱۷
کلی	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰

### ۲-۳- ارزیابی صحت نقشه های کاربری اراضی

با توجه به جدول (۴) مشخص می شود که بیشترین مقادیر صحت و پیرو آن کمترین مقادیر خطا مربوط به

تصویر سال ۱۳۹۴ می باشد. به طوریکه پارامترهای صحت سنجی برای تک تک کاربری های نسبت به سال های دیگر در کاربری های متناظر مقادیر بهتری را نشان می دهند.

جدول ۴- نتایج حاصل از ارزیابی صحت طبقه بندی کننده الگوریتم حداکثر احتمال

سال	کاربری	دقت کاربر	دقت تولید کننده	خطای حذف شده	خطای گمماشته شده
۱۹۸۷	اراضی مسکونی	۹۱/۱۶	۸۹/۰۰	۸/۸۴	۱۱/۰۰
	اراضی کشاورزی	۹۲/۳۷	۸۸/۱۳	۷/۶۳	۱۱/۸۷
۲۰۰۱	اراضی جنگلی	۹۲/۰۰	۸۹/۳۸	۸/۰۰	۱۰/۶۲
	اراضی مسکونی	۸۷/۱۲	۸۸/۷۴	۱۲/۸۸	۱۱/۲۶
۲۰۱۵	اراضی کشاورزی	۸۸/۹۸	۸۹/۲۱	۱۱/۰۲	۱۰/۷۹
	اراضی جنگلی	۹۰/۰۹	۹۰/۳۱	۹/۹۱	۹/۶۹
۲۰۱۵	اراضی مسکونی	۹۲/۱۴	۸۷/۰۰	۷/۸۶	۱۳/۰۰
	اراضی کشاورزی	۹۱/۸۰	۸۹/۱۳	۸/۲۰	۱۰/۸۷
	اراضی جنگلی	۹۱/۰۰	۹۱/۶۵	۹/۰۰	۸/۳۵

کشاورزی به اراضی مسکونی، اراضی جنگلی به اراضی کشاورزی و اراضی کشاورزی به اراضی جنگلی بود، استفاده شد. پس از انتخاب زیر مدل‌ها، تعداد شش متغیر شامل چهار متغیر به صورت ایستا: ۱- فاصله از رودخانه ۲- مدل رقومی ارتفاع ۳- شیب و ۴- فاصله از جاده و دو متغیر به صورت پویا شامل ۱- فاصله از مناطق مسکونی و ۲- فاصله از مناطق جنگلی با توجه به ضرایب کرامر مورد بررسی قرار گرفته است (جدول ۵). با توجه به جدول مشخص می‌شود که به طور متوسط در بین دوره‌های مختلف زمانی بیشترین ضریب کرامر مربوط به متغیر فاصله از اراضی مسکونی می‌باشد.

### ۳-۳- آسکارسازی و پیش‌بینی تغییرات با استفاده از LCM

پس از تهیه نقشه‌های کاربری اراضی اقدام به آسکارسازی تغییرات و بررسی تغییرات اتفاق افتاده در طی دوره زمانی مورد مطالعه با استفاده از مدل‌ساز تغییر زمین شد.

#### ۳-۳-۱- پتانسیل انتقال

#### ۳-۳-۱-۱- انتخاب زیر مدل‌ها و انتخاب متغیرها

برای مدل‌سازی پتانسیل انتقال از سناریوی C با دوره واسنجی ۱۳۶۶-۱۳۹۴ که شامل انتقال از اراضی

جدول ۵- ضرایب کرامر برای کاربری‌های مختلف در سناریو های مختلف

سناریو A با دوره ۱۳۶۶-۱۳۸۰						
مدل رقومی ارتفاع	شیب	فاصله از رودخانه	فاصله از جاده	فاصله از اراضی جنگلی	فاصله از اراضی مسکونی	
۰/۷۶	۰/۵۴	۰/۱۸	۰/۵۷	۰/۷۶	۰/۸۸	اراضی مسکونی
۰/۵۹	۰/۴۱	۰/۱۵	۰/۴۲	۰/۶۶	۰/۶۷	اراضی جنگلی
۰/۰۴	۰/۰۸	۰/۰۱۷	۰/۰۴۹	۰/۰۲۴	۰/۰۶	اراضی کشاورزی
۰/۴۴	۰/۳۴	۰/۰۸	۰/۳۹	۰/۵۵	۰/۶۵	کلی
سناریو B با دوره ۱۳۸۰-۱۳۹۴						
مدل رقومی ارتفاع	شیب	فاصله از رودخانه	فاصله از جاده	فاصله از اراضی جنگلی	فاصله از اراضی مسکونی	
۰/۷۵	۰/۵۲	۰/۲۴	۰/۶۳	۰/۴۷	۰/۸۱	اراضی مسکونی
۰/۵۱	۰/۵۱	۰/۱۳	۰/۵۶	۰/۶۹	۰/۶۰	اراضی جنگلی
۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۰۶	۰/۰۶	۰/۰۱۵	۰/۰۶	اراضی کشاورزی
۰/۵۴	۰/۴۶	۰/۰۷	۰/۵۶	۰/۶۶	۰/۴۹	کلی
سناریو C با دوره ۱۳۶۶-۱۳۹۴						
مدل رقومی ارتفاع	شیب	فاصله از رودخانه	فاصله از جاده	فاصله از اراضی جنگلی	فاصله از اراضی مسکونی	
۰/۷۸	۰/۶۲	۰/۱۴	۰/۶۷	۰/۶۷	۰/۹۱	اراضی مسکونی
۰/۶۱	۰/۴۱	۰/۱۳	۰/۵۱	۰/۶۶	۰/۷۰	اراضی جنگلی
۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۰۰۷	۰/۰۶۹	۰/۰۰۵	۰/۰۶۷	اراضی کشاورزی
۰/۵۶	۰/۳۶	۰/۰۹	۰/۴۶	۰/۵۶	۰/۵۹	کلی

مختلف زمانی در جدول (۶) نشان داده شده است. مطابق این جدول همبستگی بین انتقال‌ها و متغیرها در دامنه ۰/۸۳۰۵ تا ۰/۸۶۹۲ برای سناریو اول، ۰/۷۲۱۲ تا ۰/۸۸۳۴ برای سناریو دوم و برای سناریو سوم بین ۰/۷۰۱۰ تا ۰/۸۸۷۱ به دست آمد که نشان دهنده ارتباط بالا بین انتقال‌ها و متغیرهاست.

#### ۳-۳-۱-۲- مدل‌سازی پتانسیل انتقال با رگرسیون لجستیک

پس از انتخاب زیرمدل‌ها و متغیرهای مناسب، برای مدل‌سازی پتانسیل انتقال از رگرسیون لجستیک استفاده شد. نتایج مدل‌سازی پتانسیل انتقال کاربری‌های گوناگون به یکدیگر با استفاده از روش رگرسیون لجستیک در طی سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۴ و برای دوره‌ها و یا سناریوهای

جدول ۶- نتایج رگرسیون لجستیک برای پیش بینی پتانسیل انتقال در دوره های مختلف

سناریو	انتقال	مقدار ROC
۱۳۶۶-۱۳۸۰	اراضی کشاورزی به اراضی مسکونی	۰/۸۶۹۲
	اراضی جنگلی به اراضی کشاورزی	۰/۸۳۰۵
	اراضی کشاورزی به اراضی جنگلی	۰/۸۴۵۵
۱۳۸۰-۱۳۹۴	اراضی کشاورزی به اراضی مسکونی	۰/۸۸۳۴
	اراضی جنگلی به اراضی کشاورزی	۰/۷۷۳۵
	اراضی کشاورزی به اراضی جنگلی	۰/۷۲۱۲
۱۳۶۶-۱۳۹۴	اراضی کشاورزی به اراضی مسکونی	۰/۸۸۷۱
	اراضی جنگلی به اراضی کشاورزی	۰/۷۰۱۰
	اراضی کشاورزی به اراضی جنگلی	۰/۷۱۱۱

## ۳-۳-۱-۳-۳- ارزیابی صحت مدل

داشت که سناریوی C با دوره واسنجی ۱۳۶۷-۱۳۹۲ با توجه صحت بالاتر، برای مدل سازی پتانسیل انتقال استفاده شد.

نتایج حاصل از ارزیابی و صحت سنجی مدل برای سناریوهای مختلف با استفاده از روش GEOMOD در جدول ۷ ارائه شدند. با توجه به این جدول می توان بیان

جدول ۷- نتایج ارزیابی صحت با استفاده از GEOMOD در دوره های واسنجی مختلف

پارامترهای صحت سنجی	مقادیر		
	سناریوی A	سناریوی B	سناریوی C
N(n)	۰/۱۲۵	۰/۱۲۵	۰/۱۲۵
N(m), H(m)	۰/۳۸۳۳	۰/۳۶۱۷	۰/۳۶۵۵
M(m)	۰/۸۷۶۶	۰/۹۲۶۵	۰/۹۶۱۱
K(m), P(m)	۰/۹۶۱۸	۰/۹۳۷۱	۰/۹۴۶۱
P(p)	۱/۰۰۰۰	۱/۰۰۰۰	۱/۰۰۰۰
Kno	۰/۷۵	۰/۸۱	۰/۹۱
Klocation	۰/۸۰	۰/۸۷	۰/۸۴
Kstandard	۰/۷۲	۰/۸۴	۰/۹۲

{N(n)}: تطابق ناشی از شانس - {N(m)}: تطابق بین نقشه واقعیت و نقشه مقایسه اصلاح شده در مناطقی که اصلاحات به طور تصادفی برای پیکسل های معیوب برای کل نقشه مقایسه انجام شده است - {H(m)}: تطابق بین نقشه واقعیت و نقشه مقایسه اصلاح شده در مناطقی که اصلاحات به طور تصادفی برای پیکسل های معیوب برای هر لایه یا کاربری نقشه مقایسه انجام شده است - {M(m)}: تطابق بین پیکس های می باشد که به صورت صحیح طبقه بندی شده اند و عموماً جهت ارزیابی بین نقشه های واقعیت و مقایسه استفاده می شود - {K(m)}: تطابق بین نقشه واقعیت و نقشه مقایسه اصلاح شده در مناطقی که اصلاحات به منظور به حداقل رساندن تطابق برای پیکسل های معیوب برای هر لایه یا کاربری نقشه مقایسه انجام شده است - {P(m)}: تطابق بین نقشه واقعیت و نقشه مقایسه اصلاح شده در مناطقی که اصلاحات به منظور به حداقل رساندن تطابق برای پیکسل های معیوب برای کل نقشه مقایسه انجام شده است - {P(p)}: تطابق کامل و عالی که نشان دهنده نقشه واقعیت و نقشه مقایسه که به لحاظ مقدار و مکان دارای اطلاعات کاملاً صحیح می باشد، بنابراین این پارامتر همیشه برابر ۱ می باشد - {Kno}: تطابق کلی - {Klocation}: تطابق ناشی از مکان بین دو کلاس در نقشه های واقعیت و مقایسه - {Kstandard}: تطابق ناشی از مقدار بین دو کلاس در نقشه های واقعیت و مقایسه

## ۳-۳-۱-۳-۳- پیش بینی تغییرات کاربری اراضی

در دوره های واسنجی مختلف (۱۳۶۶-۱۳۹۴، ۱۳۶۶، ۱۴۰۴-۱۳۹۴ و ۱۴۱۸-۱۳۹۴) محاسبه شد که نتایج آن در جدول (۸) آمده است. با توجه به جدول ۸ مشخص می شود که احتمال انتقال از هر کاربری به سایر کاربری ها خیلی کمتر از احتمال انتقال هر کاربری به خود می باشد.

در این مرحله احتمال انتقال هر کاربری به سایر کاربری ها از سال مبدا (سال های مربوط به ابتدای هر دوره یا سناریو، که شامل سال ۱۳۶۶ و ۱۳۸۰ می باشند) به سال پیش بینی (سال ۱۳۹۴) با استفاده از زنجیره مارکوف

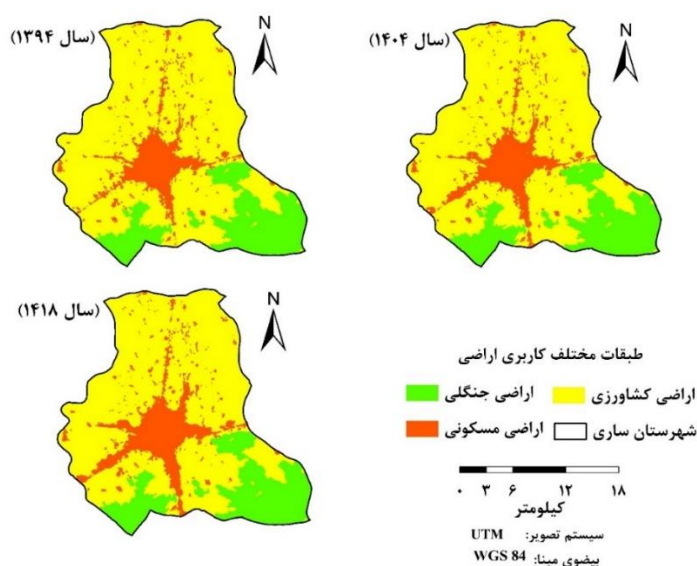


جدول ۸- احتمال انتقال محاسبه شده با زنجیره مارکوف برای دوره های مختلف

دوره ۱۳۶۶-۱۳۹۴			
اراضی کشاورزی	اراضی جنگلی	اراضی مسکونی	
۰/۹۹۷۳	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۲۷	اراضی کشاورزی
۰/۰۰۰۸	۰/۹۹۹۲	۰/۰۰۰۰	اراضی جنگلی
۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۱/۰۰۰۰	اراضی مسکونی
دوره ۱۳۹۴-۱۴۰۴			
اراضی کشاورزی	اراضی جنگلی	اراضی مسکونی	
۰/۹۶۵۳	۰/۰۰۰۰	۰/۰۳۴۷	اراضی کشاورزی
۰/۰۱۱۶	۰/۹۸۸۴	۰/۰۰۰۰	اراضی جنگلی
۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۱/۰۰۰۰	اراضی مسکونی
دوره ۱۳۹۴-۱۴۱۸			
اراضی کشاورزی	اراضی جنگلی	اراضی مسکونی	
۰/۹۳۱۷	۰/۰۰۰۰	۰/۰۶۸۳	اراضی کشاورزی
۰/۰۲۳۰	۰/۹۷۷۰	۰/۰۰۰۱	اراضی جنگلی
۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۱/۰۰۰۰	اراضی مسکونی

کاربری های موجود در دوره های مختلف زمانی را نشان می دهد. با توجه به شکل (۳) مشخص می شود که در طی سال های ۱۳۹۴ تا ۱۴۱۸ روند افزایش در کاربری مسکونی و روند کاهش در کاربری کشاورزی رخ خواهد داد.

نتایج مدل سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل پیش بینی سخت برای سال ۱۳۹۴، ۱۴۰۴ و ۱۴۱۸ در شکل (۳) نشان داده شده است. همچنین جدول (۹) نتایج حاصل از مساحت و درصد مساحت هرکدام از



شکل ۳- نقشه های کاربری اراضی پیش بینی شده مربوط به سال ۱۳۹۴، ۱۴۰۴ و ۱۴۱۸

جدول ۹- مساحت کاربری های مختلف اراضی در دوره های مختلف آینده

سال	۱۳۹۴*	۱۴۰۴	۱۴۱۸	نام کاربری
کیلومتر مربع	۳۵۸/۷۲	۷۱/۰۴	۳۴۶/۸۸	اراضی مسکونی
درصد	۷۲/۲۱	۳۵۲/۹۰	۶۹/۸۳	اراضی مسکونی
کیلومتر مربع	۸۷/۲۸	۱۷/۵۷	۸۷/۲۸	اراضی جنگلی
درصد	۱۷/۵۷	۸۷/۲۸	۱۷/۵۷	اراضی جنگلی
کیلومتر مربع	۵۰/۷۸	۱۱/۳۹	۶۲/۶۲	اراضی کشاورزی
درصد	۱۰/۲۲	۵۶/۵۹	۱۲/۶۰	اراضی کشاورزی
کیلومتر مربع	۴۹۸/۲۰	۱۰۰/۰۰	۴۹۸/۲۰	کلی
درصد	۱۰۰/۰۰	۴۹۸/۲۰	۱۰۰/۰۰	کلی

\* کاربری این سال مربوط به کاربری پیش بینی شده با استفاده از مدل LCM می باشد.

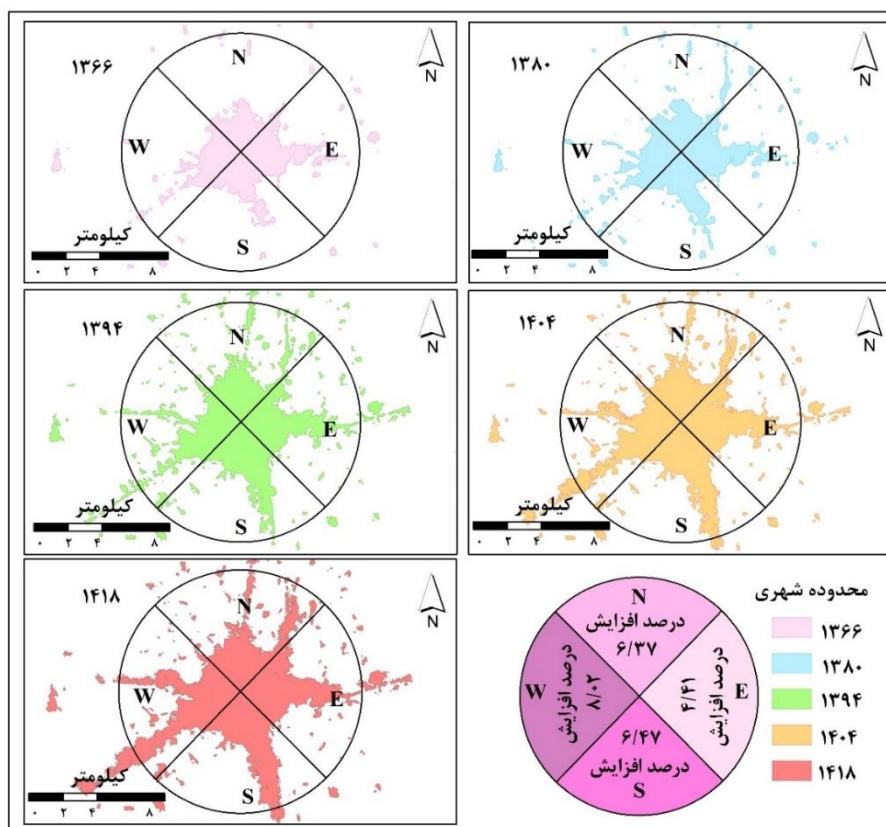
شکل (۴) حداکثر توسعه فیزیکی شهر در محدوده جهت غربی با رشد ۸/۰۲ درصد اتفاق افتاده است. همچنین حداقل توسعه فیزیکی نیز در محدوده جغرافیایی جهت شرق با رشد ۴/۴۱ اتفاق افتاده است. همچنین در جدول (۱۰) مقادیر مختلف رشد و توسعه فیزیکی شهر ساری در جهات اصلی جغرافیایی ارائه شده است.

### ۳-۳-۱-۴- آشکارسازی توسعه فیزیکی شهر ساری در جهات مختلف جغرافیایی

با توجه به شکل (۴) توسعه و رشد فیزیکی شهر ساری در دوره‌های مختلف زمانی (شامل: دوره ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۰، ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۴، ۱۳۹۴ تا ۱۴۰۴ و ۱۴۰۴ تا ۱۴۱۸) در جهات اصلی جغرافیایی نشان داده شده است. با توجه به

جدول ۱۰- درصد افزایش و رشد فیزیکی شهر در جهات و دوره‌های مختلف زمانی

دوره	جهت جغرافیایی شمال (N)	جهت جغرافیایی شرقی (E)	جهت جغرافیایی جنوب (S)	جهت جغرافیایی غرب (W)
۱۳۶۶-۱۳۸۰	۱/۳۸	۰/۵۵	۱/۵۴	۰/۷۲
۱۳۸۰-۱۳۹۴	۳/۲۲	۲/۳۶	۳/۳۷	۳/۵۲
۱۳۹۴-۱۴۰۴	۰/۶۳	۰/۷۵	۰/۹۶	۱/۹۱
۱۴۰۴-۱۴۱۸	۱/۱۴	۰/۷۵	۰/۶	۱/۸۷
کل	۶/۳۷	۴/۴۱	۶/۴۷	۸/۰۲



شکل ۴- توسعه فیزیکی شهری ساری در سال‌های مختلف و در جهات مختلف جغرافیایی

و تنگاتنگ وجود دارد. ولی متأسفانه در زمان‌های گذشته و حتی در عصر حاضر کمترین توجه به مؤلفه‌های جغرافیایی و بستر محیط طبیعی در الگوهای توسعه شهری شده است. در همین راستا در پژوهش حاضر چگونگی تاثیرگذاری پدیده‌های مختلف طبیعی و انسانی بر روی رشد و توسعه فیزیکی شهری

### ۴- بحث و نتیجه‌گیری

به طور کلی همواره در مطالعات و طرح‌های توسعه شهری و مسائل مختلف جغرافیایی در راستای تحقق توسعه کالبدی موزون شهری یا همان توسعه پایدار شهری یک ارتباط منطقی

توسعه فیزیکی شهرها دارای ارتباط مستقیم با بستر طبیعی و عوارض ژئومورفولوژی می‌باشد و بسیاری از شهرهای ایران از نظر توسعه فیزیکی با محدودیت‌های ژئومورفولوژیکی مواجه‌اند. به طوریکه اکثر شهرهای ایران در مراحل اولیه شکل‌گیری، با هدف استفاده از خاک‌های مرغوب برای زراعت در کنار و یا در میان اراضی مرغوب زراعی استقرار یافته‌اند و به مرور زمان همراه با گسترش روستاها و تبدیل آنها به شهر و سپس توسعه شهرها، اراضی مرغوب زیر پیکر شهرها مدفون شده و فعالیت‌های زراعی ناگزیر به سمت اراضی نامرغوب عقب نشسته است. شهر ساری و اراضی کشاورزی آن نیز از این قاعده کلی مستثنا نبوده و شرایط افزایش محدوده شهری سبب از بین رفتن اراضی کشاورزی اطراف آن شده است. به طوریکه آشکارسازی تغییرات در طی دوره ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۴ و مدل‌سازی آن برای سال‌های آتی به خوبی مبین این مطلب بود. همچنین با توجه به نتایج حاصل از توسعه فیزیکی شهر ساری مشخص شد که بیشترین رشد فیزیکی شهر مربوط به محدوده غربی منطقه شهری ساری می‌باشد. به طوریکه میزان رشد فیزیکی شهر ساری در این محدوده برابر با ۸/۰۲ درصد می‌باشد. مناطق جنوبی و شمالی به ترتیب هرکدام ۶/۴۷ و ۶/۳۷ درصد رشد فیزیکی در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. همچنین حداقل توسعه فیزیکی نیز در محدوده جغرافیایی جهت شرق با رشد ۴/۴۱ اتفاق افتاده است.

مورد بررسی قرار داده شده است. در پژوهش حاضر از سه دوره (۱۳۸۰-۱۳۶۶، ۱۳۹۴-۱۳۸۰، ۱۳۹۴-۱۳۶۶) جهت مدل‌سازی تغییرات و پیش‌بینی کاربری اراضی سال‌های ۱۴۰۴ و ۱۴۱۸ استفاده شد. روند تغییرات در کاربری‌های اراضی مسکونی، اراضی کشاورزی و اراضی جنگلی در هر سه دوره یکسان و روند رو به رشدی داشته است. در کاربری جنگل و اراضی کشاورزی در هر سه دوره واسنجی در جهت کاهش این کلاس‌های کاربری بوده است. اما در مورد اراضی مسکونی در هر سه دوره روند تغییرات افزایشی بوده است. در نتیجه وجود تصویر آخر و آگهی از این روند تغییر به مدل در پیش‌بینی دقیق‌تر تغییرات کمک می‌کند و از آنجایی که تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده در این مطالعه همگی از سری ماهواره لندست بود و قدرت تفکیک مشابهی را دارا بودند، لذا از نظر بررسی تغییرات مکانی و حتی زمانی بسیار مناسب بودند. آشکارسازی تغییرات در سال‌های ۱۴۰۴ و ۱۴۱۸ نسبت به سال ۱۳۹۴ نشان داد که مساحت اراضی کشاورزی به ترتیب ۱۲۴۶/۸۵ و ۱۲۲۷/۱۷ هکتار کاهش و به وسعت مناطق مسکونی به همین مقدار اضافه خواهد شد. برخی مطالعات نیز در مناطق مختلف نتایج مشابهی را گزارش کرده اند [۱۳، ۱۴، ۱۵، ۳۵ و ۳۶]. به طور کلی شرایط حاکم بر منطقه نشان دهنده تخریب اراضی کشاورزی و جنگلی (البته با شدت کمتر نسبت به اراضی کشاورزی) و تبدیل آنها به اراضی مسکونی می‌باشد. بنابراین آنچه از آشکارسازی تغییرات به راحتی قابل ملموس است، روند توسعه فیزیکی شهر ساری در طی دوره‌های مختلف زمانی می‌باشد.

## مراجع

- [1] Kamyab, H.R., Salman Mahini, A.R., Hosseini, S.M. and Gholamalifard, M. (2010). A data-driven approach using logistic regression method to urban development modeling in Gorgan city. *Journal of Ecology*, 36, 89-96.
- [2] Rafie R., Salman Mahiny A., Khorasani N., Darvishsefat A.A. and Danekar A. (2009). Simulating urban growth in Mashad City, Iran through the SLEUTH model (UGM). *Cities* 26 (1):19-26.
- [3] Alavipanah, S.K., Amirhooshang, E. and Omid, P. (2007). Investigate Damghan playa desertification and land use changes using multi-temporal and multi-spectral satellite data. *Journal desert*. 9 (1), 143-154.
- [4] Bonian, A. and Hajghaderi, T. (2007). Natural forests mapping in the Zanjan province, using data from Landsat 7, ETM + sensor. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*. 42 (11), 627-638.
- [5] Singh, A. (1989). Digital change detection techniques using remotely-sensed data, *International Journal of Remote Sensing*, 10, 989-1003.
- [6] Zhang L., Chen X., Cai X. and Salim H. (2010). Spatial-temporal changes of NDVI and their relations with precipitation and temperature in yangtze River basin from 1981 to 2001. *Geo-spatial Information Science*, 13(3); 186-190.
- [7] Zeaian Firouzabadi, P, Shakiba A, Matkan A, Sadeghi A. (2009). Remote Sensing (RS), Geographic Information System (GIS) and Cellular Automata Model (CA) as Tools for the Simulation of Urban Land Use Change – A Case Study of Shahr-e-Kord. *Environmental sciences*, 7 (1), 133-148.

- [8] Hosseinali F, Alesheikh A. A, Nourian F. (2013). Determining the proper sites for urban land-use development in Qazvin using MGA method. *Journal of Geomatics Science and Technology (JGST)*, 3 (2):101-115
- [9] Mohammady S, Delavar M. R. (2014). Urban Expansion Modeling with Logistic Regression. *Journal of Geomatics Science and Technology (JGST)*, 4 (2):77-86
- [10] Heydarian P, Rangzan K, Maleki S, Taghi Zadeh A. (2014). Application of remote sensing and GIS techniques and LCM model in modeling urban development (The case of Tehran metropolitan). *Arid Regions Geographic Studies*, 5 (17):87-100
- [11] Kazem, A., Hosseinali, F., Ale-sheikh, A. (2015). Urban expansion modeling using medium resolution satellite imagery based on cellular automata (Case study: Tehran city). *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 24(94): 45-58.
- [12] Varesi A, Mohammadzade A, Janalipour M. (2017). Presentation of a Method for Detecting Urban Growth using Spectral- Spatial Variation Indicators and Remote Sensing Data. *Journal of Geomatics Science And Technology (JGST)*, 6 (4): 57-74
- [13] Roy, H.G. Fox, D.M. and. Emsellem, K. (2014). Predicting Land Cover Change in a Mediterranean Catchment at Different Time Scales. *Lect Notes Comput Sc Springer*. 5: 315-330.
- [14] Maher A, Sabrina A, Mohamed R, Zulfa A. (2015). Evaluating Urban Growth Phenomena in Seremban, Malaysia, Using Land-Use Change-Detection Technique. *Advances in Environmental Biology*, 9 (27), 317-325.
- [15] Yasmine M, Pedro C, Joel S, Mario C. (2015). Land Cover Mapping Analysis and Urban Growth Modelling Using Remote Sensing Techniques in Greater Cairo Region-Egypt. *International Journal of Geo-Information*, 4: 1750-1769.
- [16] Rafie R., Salman Mahiny A. and Khorasani N. (2009). Assessment of changes in urban green spaces of Mashad city using satellite data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 11: 431-438.
- [17] Ahad nezhad roshani, M. and Hosseini, S.A. (2011). Assessment and prediction of urban changes using multi-temporal satellite images and geographic information system. *Journal of Research and Urban Planning*. 4, 1-20.
- [18] Abd El-Kawy, O.R., J.K. Rød., H.A. Ismail., and Suliman, A.S. (2011). Land use and land cover change detection in the western Nile delta of Egypt using remote sensing data. *Applied Geography*, 31, 483-494.
- [19] Alimohammadi, A., Mousivan, A. and Shayan, S. (2009). Land use and land cover changes prediction using satellite images and Markov Chain Model. *Spatial planning*. 14, (3): 118-130.
- [20] Olaniyi A.O., Abdullah A.M., Ramli M.F. and Alias M.S. (2012). Assessment of drivers of coastal land use change in Malaysia. *Journal of Ocean & Coastal Management*, 67: 113-123.
- [21] Teferi E., Bewket W., Uhlenbrook S. And Wenninger, J. (2013). Understanding recent land use and land cover dynamics in the source region of the Upper Blue Nile. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 165 (15): 98-117.
- [22] Fatemi, S.B. and Rezaei, Y. (2006). Principles of Remote Sensing. Azadeh publication. 257 pp.
- [23] Bradley, A.P. (1997). The use of the area under the ROC Curve in the evaluation of machine learning algorithms. *Pattern Recognition*, 30, 1145-1159.
- [24] Jorabian Shoostari, Sh. Esmaeli, A., Hosseini, S.M. and Gholamali, M. (2013). Using logistic regression and Markov chain to predict the land use changes in the East of Mazandaran province. *Journal of the natural environment. Iranian Journal of Natural Resources*. 66 (4), 301-366.
- [25] Chen H., Pontius Jr, R.G. (2013). Diagnostic tools to evaluate a spatial land change projection along a gradient of an explanatory variable. *Landscape Ecology*, 25 (9), 1319-1331.
- [26] Eastman, J. R. (2006). IDRISI Andes. Guide to GIS and Image Processing. Clark Labs, Clark University, Worcester, MA.
- [27] Khoi, D. and Y. Murayama. (2010). Forecasting Areas Vulnerable to Forest Conversion in the Tam Dao National Park Region, Vietnam. *Remote Sensing*, 2, 1249-1272.
- [28] Onate-vadiieso, F. and sendra, J.B. (2010). Application of GIS and Remote sensing technques in generation of landuse scenario for hidrological modeling. *Jorurnal of hydrology*. 395. (3-4), 256-264.
- [29] Fang, S., Gertner, G. Z.Z. and Anderson, A. (2005). The impact of interactions in spatial simulation of the dynamics of urban sprawl. *Landscape and Urban Planning*, 73 (4), 294-306.
- [30] Sun H., Forsythe W. and Waters N. (2007). Modeling Urban Land Use Change and Urban Sprawl: Calgary, Alberta, Canada. *Networks and Spatial Economics*, 7 (4): 353-376.

- [31] Coppedge B. R., Engle D. M., Fuhlendorf S. D. (2007). Markov models of land cover dynamics in a southern Great Plains grassland region. *Landscape Ecology*, 22 (9): 1382-1393.
- [32] Haibo Y., Longjiang D., Hengliang G. and Jie, Z. (2011). Tai'an land use Analysis and Prediction Based on RS and Markov Model. *Procedia Environmental Sciences* 10: 2625-2630.
- [33] Paudel, S., and Yuan, F. (2012). Assessing landscape changes and dynamics using patch analysis and GIS modeling. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 16: 66-76.
- [34] Yuan F., Sawaya K. E., Loeffelholz B. C. and Bauer Bauer M.E. (2005). Land cover multitemporal Landsat remot sensing. *Remot Sensing of Environment*, 98 (2-3): 317-328.
- [35] Gholamalifard, M., Mirzayi, M., Joorabian Shooshtari, S. (2014). 'Land use change modeling using artificial neural network and markov chain (Case study: Middle Coastal of Bushehr Province)', *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 5 (1): 61-74.
- [36] Taheri, M., Gholamalifard, M., Riahi Bakhtiari, A., Rahimoghli, S. (2014). Land Cover Changes Modeling of Tabriz Township Using Artificial Neural Network and Markov Chain. *Physical Geography Research Quarterly*, 45 (4): 97-121.