

## بررسی و مدل‌سازی تغییرات کاربری زمین شهر خرم آباد تا سال ۱۴۰۴ با استفاده از مدل‌های MLP، MARKOV و CA-MARCOV

فیروز دولت آبادی - استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران غرب، تهران، ایران.

نبی مرادپور\* - دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

### Investigation and modeling of land use changes in Khorramabad city by 1404 using MLP, MARKOV and CA-MARCOV models

#### Abstract

The purpose of this study was to survey and model the land use change in Khorramabad city. For this purpose, using three Landsat satellite images of years 1986, 2001 and 2016, the cover and land cover classes have been extracted from Khorramabad city and around it. Overall classification accuracy for image corresponding to the year 1365, 93/89, 1380, and 34/91 of 1395, 62/95 percent is obtained. In order to model the land use changes in Khorramabad, the input layers of elevation, slope, shadow, distance from the road, distance from the built area, distance from the agricultural land, distance from the forestland and the distance from the mountainous terrain were used. In the following, neural network models and CA-MARKOV are used to model and predict land use changes by the year 1404. The results show a high accuracy of 65% for modeling land use change in Khorramabad city. It should be noted that this precision is reasonable for predicting and modeling land-use changes that is dynamic, because in addition to the variables considered in this research and other studies, other factors such as municipal regulations, The land stock exchange, state-owned large-scale housing policies, and so on, will have an impact on land use change.

**Keywords:** Land Use Change, Modeling Land Use Change, CA-MARKOV, MLP, Khorramabad.

#### چکیده

هدف پژوهش حاضر، بررسی و مدل‌سازی تغییرات کاربری زمین شهر خرم آباد است. بدین منظور با استفاده از سه تصویر ماهواره لندست سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ طبقات پوشش و کاربری زمین شهر خرم آباد و اطراف آن استخراج شده است. صحت کلی طبقه‌بندی برای تصویر مربوط به سال ۱۳۶۵، ۸۹/۹۳، سال ۱۳۸۰، ۹۱/۳۴ و سال ۱۳۹۵، ۶۲/۹۵ درصد به دست آمده است. به منظور مدل‌سازی تغییرات کاربری زمین شهر خرم آباد از لایه‌های ورودی ارتفاع، شیب، سایه روشن، فاصله از جاده، فاصله از اراضی ساخته شده، فاصله از اراضی کشاورزی، فاصله از اراضی جنگلی تنک و فاصله از اراضی کوهستانی استفاده شد. در ادامه از مدل‌های شبکه عصبی و CA-MARKOV برای مدل‌سازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین تا سال ۱۴۰۴ استفاده شده است. نتایج نشان دهنده این است که مدل‌سازی تغییرات کاربری زمین شهر خرم آباد با دقت بالای ۶۵ درصد صورت گرفته است. لازم به ذکر است که این مقدار دقت برای پیش‌بینی و مدل‌سازی تغییرات کاربری زمین که پویا می‌باشد منطقی و مناسب می‌باشد؛ چرا که علاوه بر متغیرهای که در این پژوهش و سایر پژوهش‌ها در نظر گرفته می‌شود عوامل دیگری مانند قوانین مقررات شهرداری، بورس بازی زمین، سیاست‌های کلان دولتی در امر مسکن و غیره در تغییرات کاربری/پوشش زمین تاثیرگذار خواهد بود.

**کلمات کلیدی:** تغییرات کاربری/پوشش زمین، مدل‌سازی تغییرات کاربری/پوشش زمین، MLP، MARKOV، CA-MARKOV، خرم آباد.

## مقدمه

هدایت کرد، آگاهی از چگونگی رشد و گسترش شهر در دوره های مختلف الزامی است (زنگنه شهرکی و همکاران، ۱۳۹۳، ص ۴۸۴). مدیریت اصولی کاربری اراضی مستلزم در اختیار داشتن اطلاعات دقیق و به هنگام در قالب نقشه است. با توجه به تغییرات گسترده و غیر اصولی کاربری زمین در سال های اخیر، بررسی چگونگی تغییرات پوشش اراضی طی دوره های زمانی با استفاده از تصاویر ماهواره ای ضروری است. از طرفی داده های ماهواره ای تکرار پذیر و به هنگام است و همچنین سطح وسیعی را پوشش می دهد و همین خصوصیات، کاربرد آنها را افزایش داده است. در سال های اخیر به دلیل کارایی مناسب داده های ماهواره ای و قابلیت های سیستم جغرافیایی، بررسی تغییرات کاربری زمین، مدلسازی و پیش بینی این تغییرات برای آینده مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است (Lo & Quattrochi, ۲۰۰۳, Russell-smith et al, ۲۰۰۳, Fraser et al, ۲۰۰۵).

پژوهشگران در سال های اخیر به مدلسازی تغییرات کاربری/ پوشش زمین به منظور برنامه ریزی دقیق تر و آینده نگرتر توجه نشان داده اند. فانگ و همکاران (۲۰۰۵) رشد شهر Peoria در آمریکا را در دوره زمانی هفت ساله با ترکیب رگرسیون لجستیک و سلول خودکار شبیه سازی کردند. وو و همکاران (۲۰۰۶) از ترکیب مدل رگرسیون و مارکوف برای بررسی و مدلسازی تغییرات کاربری زمین در Beijing چین استفاده کردند. نتایج آنها نشان دهنده رشد چشمگیر کاربری شهری و کاهش مراتع طی سال های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۱ بوده است. این تغییرات بیش از همه در مناطق شهری و حومه آنها رخ داده است. هیو و لو (۲۰۰۷) از رگرسیون لجستیک برای مدلسازی رشد در آتلانتا طی دوره زمانی ۱۹۹۷-۱۹۸۷ استفاده کردند و دو گروه عامل اثرگذار شامل تراکم جمعیت، دسترسی به جاده ها و مراکز شهری با نسبت امتیاز کوچکتر از یک و فاصله از مراکز بزرگ فروشگاهی، جنگل ها

شهر یک پدیده پویاست و دارای ماهیتی زمانی - مکانی بوده که در طول زمان تحت تاثیر فعالیت های انسانی دچار تغییر و تحول می شود و گسترش می یابد (زنگنه شهرکی و همکاران، ۱۳۹۳، ص ۴۸۴). از جمله آثار این تغییر و تحول، گسترش در حاشیه شهر یا منطقه دهشرها و آن سوی مرزهای اداری شهرها است (محمودزاده، ۱۳۹۴، ص ۲۲۲). این توسعه شهری به سوی مناطق بیرونی پیش رفته و موجب تغییراتی در کاربری اراضی پیرامونی آن می شود (شیعه، ۱۳۷۷، ص ۶۵). به طور کلی، رشد و گسترش شهر تابعی از عوامل مختلف طبیعی و انسانی است که میزان، ابعاد و جهات گسترش آن را تحت تأثیر قرار می دهد (زنگنه شهرکی و همکاران، ۱۳۹۳، ص ۴۸۴). یکی از نخستین پیامدهایی که با گسترش شهر ظاهر می شود و از مباحث اساسی در دنیا است تغییرات کاربری اراضی اطراف شهرها است (مهدوی و برنجکار، ۱۳۹۳، ص ۲). این تغییرات کاربری زمین بیانگر برخی از تغییرات مهم زیست محیطی در سطوح جهانی تا محلی است (لامین و گیست، ۲۰۰۶، ص ۲۰۶) بطوریکه از یک طرف تغییر پوشش و کاربری زمین به سبب از بین بردن پوشش طبیعی و قطعه قطعه کردن نواحی طبیعی، می تواند تهدیدی جدی برای تنوع زیستی باشد (Verburg et al, ۲۰۰۶: ۱۵۴) و از طرف دیگر تغییر کاربری زمین به همراه گسترش افقی و ساخت و سازهای جدید در اطراف شهر منجر به آسیب های اجتماعی - اقتصادی و تخریب منابع زیست محیطی در شهرها و اطراف آنها خواهد شد. علاوه بر این با توسعه شهر ممکن است بسیاری از زمین های قابل کشت مجاور شهرها برای ساختمان سازی استفاده شود. در چنین موقعیت هایی، کشاورزان اطراف شهر بر اثر چند برابر شدن قیمت زمین ها، به تولید محصول علاقه ای نشان نمی دهند (شکوئی، ۱۳۷۳، ص ۳۰۴ - ۳۰۳). بنابراین برای آنکه بتوان رشد آینده شهر را به صورت برنامه ریزی شده و در جهات مناسب

مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری  
Urban Management  
شماره ۵۳ زمستان ۹۷  
No.53 Winter 2019

۳۵۲

## مدیریت شهری

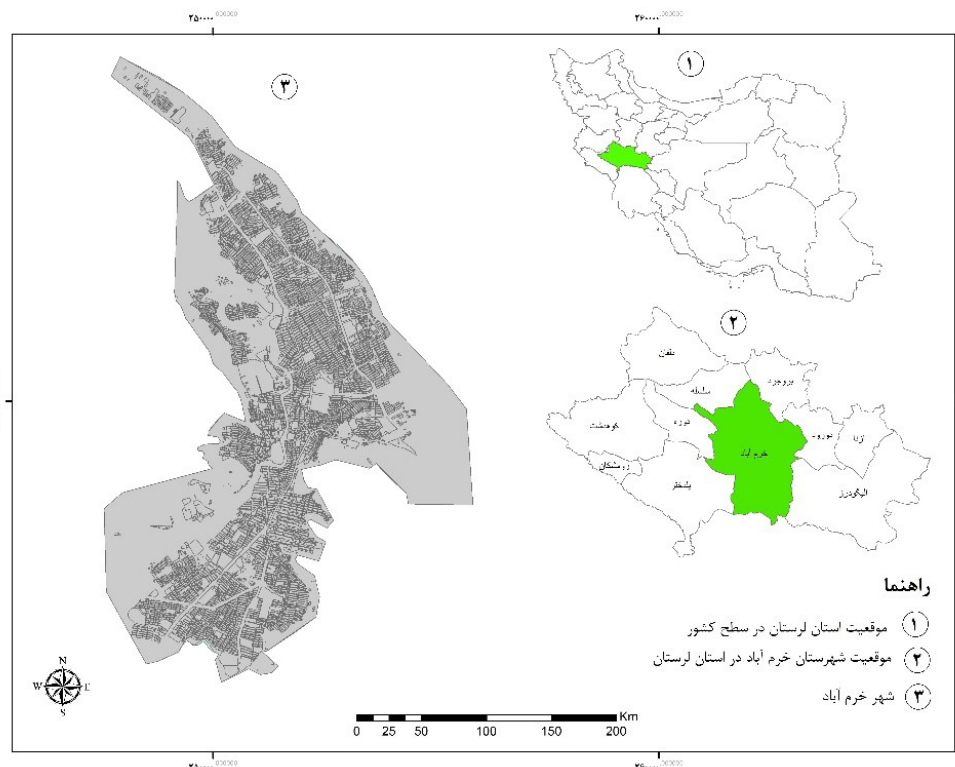
فصلنامه مدیریت شهری  
Urban Management  
شماره ۵۳ زمستان ۹۷  
No.53 Winter 2019

۳۵۳

کردند. نتایج آنها نشان داد که مدل استفاده شده در پیش بینی رشد مرزهای شهری موفق عمل کرده است. امینی پارسا و نژادی (۱۳۹۵) با استفاده از مدل CA-MARKOV اقدام به پیش بینی پویایی ساختار سرزمین منطقه حفاظت شده دیزماز کردند که نتایج آن نشان دهنده این بود که از سال ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۳ مساحت جنگل ها ۱۱۱۷۳,۳۶ هکتار کاهش یافته اما مساحت زمین های بایر (مرتع) و کساوری به ترتیب ۱۰۲۰۰,۸ و ۹۷۲,۵۵ هکتار افزایش داشته است.

شهر خرم آباد در دره ای میان رشته کوه های زاگرس غربی قرار گرفته است. ارتفاعات سفیدکوه، مخمل کوه و شیرکشان محدوده غربی و شرقی شهر را در بر گرفته است. با توجه به وجود موانع و محدودیت های مختلف گسترش شهر خرم آباد، تحلیل روند تغییرات کاربری زمین و مدلسازی آن برای آینده ضروری به نظر می رسد. مدلسازی تغییرات کاربری زمین می تواند اطلاعات مفیدی درباره تغییرات

و علفزارها را با نسبت امتیاز بزرگتر از یک تشخیص دادند. پرز وگا و همکاران (۲۰۱۱) از مدلساز تغییر زمین (LCM) برای مدلسازی تخریب و احیای جنگل های خزان کننده گرمسیری مکزیک بهره جستند. آنها مدلسازی نیروی انتقال را با شبکه عصبی مصنوعی انجام دادند و در زیر مدل احیاء، زیر مدل جنگل زدایی و زیر مدل اختلال به ترتیب با صحت ۵۹/۲، ۳۵/۲ و ۵۹/۶ درصد دست یافتند. احد نژاد و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهش خودشان با استفاده از روش ترکیبی زنجیره های مارکوف و سلول های خودکار به ارزیابی و پیش بینی گسترش فیزیکی شهر اردبیل پرداختند. نتایج آنها نشان داد که در طی ۲۷ سال جمعیت منطقه حدود یک و نیم برابر افزایش یافته و در حدود ۳۴ درصد تغییر کاربری صورت گرفته است. جمعه زاده و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی به منظور پیش بینی رشد شهر تهران با شبکه عصبی از مدل مدلسازی پرسپترون چند لایه با الگوریتم یادگیری پس از انتشار استفاده



شکل ۱. نقشه محدوده مورد مطالعه

کاربری زمین در طول زمان و همچنین معیارهای

مؤثر بر آن فراهم آورد و در تصمیم گیری درباره

نحوه استفاده از اراضی کمک کند. بنابراین هدف از این پژوهش استخراج تغییرات کاربری/ پوشش زمین شهر خرم آباد و اطراف آن از سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ و سپس مدلسازی رشد و توسعه شهر خرم آباد با استفاده از مدل های MIP، MARKOV و CA-MARCOV تا سال ۱۴۰۴ می باشد.

سنجنده	تاریخ
TM	۱۳۶۵/۳/۱۰
ETM	۱۳۸۰/۲/۳۱
OLI	۱۳۹۵/۳/۱۰

منطقه مورد مطالعه

### طبقه بندی تصاویر

برای طبقه بندی تصویر از الگوریتم حداکثر احتمال استفاده شد. ماهیت طبقه بندی حداکثر احتمال اختصاص یک پیکسل به طبقه ای است که احتمال طبقه بندی بر اساس اطلاعات موجود از داده های آموزشی در آن حداکثر میزان خود باشد. در این روش ابتدا میزان احتمال هر پیکسل به هر کلاس از قبل تعریف شده و محاسبه می شود و کلاسی که بیشترین میزان احتمال را داشته باشد، پیکسل تست را به خود اختصاص می دهد. فرض روش حداکثر احتمال این است که آمارهای داده های آموزشی برای هر کلاس و در هر باند به صورت نرمال (گوسین) توزیع شده اند. اولین مرحله این طبقه محاسبه  $P(X|W_i)$  است. به این معنی که کلاسی به پیکسل مورد نظر انتساب داده می شود که بیشترین احتمال تعلق پیکسل به آن کلاس وجود دارد (معادله ۱).

معادله (۱).

$$\hat{p}(x|w_i) = \frac{1}{(\sqrt{2\pi})^2 \hat{\sigma}_i^2} \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{(x - \hat{\mu}_i)^T}{\hat{\sigma}_i^2}\right]$$

در این فرمول  $X$  بردار مقادیر طیفی و  $W_i$  کلاس طیفی  $i$  است.  $P$  احتمال وجود پیکسل  $i$  در یک طبقه خاص است. بنابراین برای اختصاص دادن یک پیکسل به یک کلاس بعد از محاسبه احتمال قرار گرفتن پیکسل تست در هر کلاس، کلاسی که بیشترین میزان احتمال را دارد، پیکسل تحت نظر را به خود اختصاص می دهد (Jensen, ۲۰۰۵: ۳۷۴-۳۷۵).

پیشینه شهر خرم آباد، حداقل به عصر ساسانی می رسد؛ البته نه با این نام بلکه با عنوان شاپورخواست. خرم آباد امروزی، به احتمال همان شاپورخواست عصر ساسانی است که شاپور اول آن را بنا نموده و ذکر آن در متون کهن اسلامی نیز آمده است (مجموعه التواریخ و القصص، ۱۳۱۸، ص ۶۳-۴۶ و ابن بلخی، ۱۳۶۳، ص ۶۳؛ حمزه اصفهانی، ۱۳۶۷، ص ۴۶). شهر خرم آباد به عنوان مرکز استان لرستان با موقعیت جغرافیایی به طول ۴۸ درجه و ۲۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی در ارتفاع ۱۱۷۱ متری ز سطح دریا قرار دارد. در شکل ۱ موقعیت شهر خرم آباد نشان داده شده است.

### روش تحقیق

برای مقایسه و بررسی تصاویر ماهواره ای چند زمانه در حالت ایده آل داشتن تصاویر مربوط به یک روز در سال های مختلف مناسب است. اما با توجه به مشکلاتی از قبیل در دسترس نبودن تصویر، دوره زمانی عبور ماهواره از منطقه، پوشش ابر و ... استفاده از تصاویر نزدیک به هم ارجحیت دارد. بنابراین در این تحقیق از تصاویر سنجنده TM (۱۳۶۵/۰۳/۱۰)، سنجنده ETM+ (۱۳۸۰/۰۲/۳۱) و سنجنده OLI (۱۳۹۵/۰۳/۱۰) استفاده شده است (جدول ۱). از آنجا که در طبقه بندی تصاویر از الگوریتم حداکثر احتمال استفاده شده و کلاس های آموزشی به صورت جداگانه از هر تصویر به دست آمده است نیازی به تصحیح اتمسفری وجود ندارد (Jensen, ۲۰۰۵، ۴۹۲). و سپس دیگر تبدیلات روی تصاویر

مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری  
Urban Management  
شماره ۵۳ زمستان ۹۷  
No.53 Winter 2019

۳۵۴

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}$$

در این معادله  $N$  تعداد کل پیکسل های واقعیت زمینی (پیکسل های نمونه تعلیمی)،  $r$  تعداد ردیف های جدول خطا،  $X_{ii}$  تعداد مشاهدات مربوط به ردیف  $i$  و ستون  $i$  (در روی قطر بزرگ)،  $X_{i+}$  مشاهدات در ردیف  $i$  و  $X_{+i}$  کل مشاهدات در ستون  $i$  است. ضریب کاپا علاوه بر عناصر قطری ماتریس خطا از عناصر غیر قطری نیز برای محاسبه دقت استفاده می کند. مقادیر این ضریب بین صفر و یک قرار می گیرد. مقدار صفر به این معناست که طبقه بندی کاملاً تصادفی انجام گرفته است. مقدار یک به معنای یک طبقه بندی کاملاً صحیح بر اساس نمونه های تعلیمی است.

#### پیش بینی تغییرات کاربری / پوشش زمین

در این مطالعه با استفاده از مدل ترکیبی CA\_Markov\_ANN(MLP) وضعیت لندکاور در سال ۱۳۹۵ بر اساس داده های ۱۳۶۵ و ۱۳۸۰ شبیه سازی شده است. خروجی زنجیره مارکف و شبکه عصبی به عنوان ورودی های مدل cellular automata به منظور مدلسازی تغییرات زمین مورد استفاده قرار می گیرند. داده های اولیه مورد نیاز برای مدلسازی تغییرات زمین عبارتند از: نقشه های لندکاور و متغیرهای موثر بر تغییرات زمین. بدین منظور ابتدا نقشه های لندکاور (۱۳۶۵، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵) از تصاویر ماهواره ای سری لندست استخراج گردید. همچنین متغیرهای موثر بر تغییرات زمین تهیه گردید. برای مدلسازی تغییرات کاربری / پوشش زمین می بایست دو نوع اطلاعات از داده های اولیه تولید کرد. ۱- مقادیر تغییر کلاس ها (quantity of changes) و ۲- نقشه های پتانسیل تغییر یا نقشه های تناسب. به منظور تولید مقادیر تغییر (کلاس ها) از زنجیره های مارکف استفاده گردید. در واقع بر اساس تغییرات اتفاق افتاده در دوره ۱۳۶۵

#### ارزیابی صحت طبقه بندی

معمولاً برای بیان و ارزیابی صحت طبقه بندی از ماتریس خطا استفاده می شود. جدول خطا روابط میان داده های یک منبع مشخص با نتایج مربوط به طبقه بندی خودکار را به صورت طبقه به طبقه مقایسه می کند. این جدول مربع شکل بوده و تعداد سطر و ستون آن با تعداد طبقاتی که صحت طبقه بندی آنها ارزیابی می شود، برابر است (توماس م. لیلسند و رالف و. کیفیر، ۱۳۸۷، ص ۶۸۲). در این جدول میزان صحت طبقه بندی پیکسل هایی که به عنوان نمونه آموزشی تعریف شده اند، تعیین می گردد. خواننده با مشاهده جدول خطا می تواند از انواع خطاهای حذف و اضافه آگاه شود. تفسیر این جداول بدین شرح است: پیکسل های نمونه آموزشی که به صورت صحیح و مطابق با پوشش زمین طبقه بندی شده اند، در امتداد قطر بزرگ ماتریس خطا قرار دارند. همه عناصر غیرقطری ماتریس، نشان دهنده خطاهای حذف و اضافه اند. خطای حذف به عناصری که در ستون عمودی غیر از قطر بزرگ قرار دادند، مربوط می شود و خطای اضافه نیز به وسیله عناصری که در سطر افقی غیر از قطر بزرگ واقع شده اند نشان داده می شوند (توماس م. لیلسند و رالف و. کیفیر، ۱۳۸۷، ص ۶۸۳). با استفاده از اطلاعات این جدول می توان دقت های زیر را برای طبقه بندی به دست آورد:

**صحت کلی:** با تقسیم تعداد کل پیکسل های درست طبقه بندی شده بر تعداد کل پیکسل های تحت طبقه بندی، صحت کلی به دست می آید. **ضریب کاپا** یکی دیگر از پارامترهای دقت است که از ماتریس خطا استخراج می شود و دقت طبقه بندی را نسبت به یک طبقه بندی کاملاً تصادفی محاسبه می کند (فاطمی و باقری، ۱۳۸۹، ص ۲۴۰ به نقل از Richard, ۱۹۹۵) این ضریب با استفاده از معادله ۲ به دست می آید.

مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری  
Urban Management  
شماره ۵۳ زمستان ۹۷  
No.53 Winter 2019

۳۵۵



با احتمال انتقال پویایی های فضایی انواع کاربری زمین را معین می کند (Balzter, 2000: 140). برای اجرای این مدل، نخست مدل زنجیره مارکوف اجرا شد. سپس با استفاده از خروجی های این مدل و نقشه های کاربری و پوشش زمین، مدل Idrisi TerrSet در نرم افزار CA-MARCOV اجرا شده. در ادامه به منظور بررسی میزان دقت پیش بینی صورت گرفته به وسیله مدل یا به عبارت دیگر اعتبار سنجی مدل، نقشه کاربری زمین برای یک دوره زمانی سپری شده مدلسازی شد. برای تحقق این بخش از کار، نقشه کاربری زمین شبیه سازی شده سال ۱۳۹۵ به مدل CA-MARCOV با نقشه واقعی همان سال از طریق محاسبه مقادیر درست پیش بینی شده مقایسه شد.

### MARCOV

احتمال انتقال محاسبه شده از هر کاربری به کاربری دیگر با استفاده از زنجیره مارکوف محاسبه شد. در مدل مارکوف حالت سیستم در زمان ۲، می تواند بر اساس حالت سیستم در زمان ۱ پیش بینی شود و در نتیجه آن ماتریس احتمالات انتقال به مثابه پایه مدلسازی پیش بینی تغییرات کاربری/ پوشش زمین ارائه شود (Eastman, 2006).

### شبکه عصبی پرسپترون چند لایه (MLP)

پرسپترون چند لایه با استفاده از یک الگوریتم یادگیری پس از انتشار (BP) یکی از پر استفاده ترین مدل های شبکه عصبی است. یک شبکه معمولی MLP شامل یک لایه ورودی، یک لایه خروجی و یک یا چند لایه پنهان می باشد. MLP از طریق تجزیه و تحلیل رگرسیون ناپارامتری بین متغیرهای ورودی و یک متغیر وابسته با خروجی حاوی یک نورون خروجی، پیش بینی انجام می دهد (Hsieh, 2009). عملکرد MLP برای انجام اصلاح و تغییر وزن های مرتبط با هر نورون، شامل دو مرحله عمده است: انتشار رو به جلو و انتشار رو به عقب. در طول آموزش، هر نمونه لایه ورودی را تغذیه می کند و گره دریافت کننده سیگنال های

تا ۱۳۸۰، میزان تغییرات محتمل در دوره ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۵ برآورد گردید. جهت تولید نقشه های پتانسیل تغییر از الگوریتم شبکه عصبی پرسپترون چند لایه (MLP) استفاده گردید.

### CA-MARKOV

برای پیش بینی کاربری و پوشش آینده زمین در شهر خرم آباد و اطراف آن از مدل تلفیقی زنجیره مارکوف و اتوماتای سلولی (CA-MARCOV) استفاده شده. مدل مارکوف حالت های پیشین را برای پیش بینی نحوه تغییر یک متغیر مشخص در طی زمان در نظر می گیرد و توانایی کمی سازی حالت های تبدیل بین انواع کاربری ها و کمی سازی نرخ تبدیل را داراست (سنگ و همکاران، ۲۰۱۱، ص ۹۳۹). مدل مارکوف همگن برای پیش بینی تغییر کاربری زمین را می توان به صورت معادله ۳ نشان داد (سودی و همکاران، ۲۰۱۳، ص ۱۲۸).

معادله (۳)

$$L_{(t+1)} = P_{ij} * L_{(t)} \quad \text{و} \quad P_{ij} = \begin{matrix} P_{11} & P_{12} & P_{1\emptyset} \\ P_{21} & P_{22} & P_{2\emptyset} \\ P_{m1} & P_{m2} & P_{nm} \end{matrix}$$

در این رابطه  $L_{((t))}$  و  $L_{((t+1))}$  به ترتیب حالت های کاربری زمین در زمان  $t+1$  و  $t$  است.

اتوماتای سلولی وضعیت یک پیکسل را بر مبنای وضعیت اولیه اش، شرایط در پیکسل های پیرامونش، و برخی از قوانین انتقال محاسبه می کند (کومن و بوردن، ۲۰۱۱، ص ۴۲). زنجیره مارکوف هیچ دانش و آگاهی از توزیع مکانی تصادفی درون هر گروه کاربردی زمین ایجاد نمی کند. به عبارتی، هیچ مولفه مکانی در خروجی مدلسازی وجود ندارد، به همین دلیل، از اتوماتای سلولی می توان به عنوان مکمل این مدل استفاده کرد. به بیان دیگر در حالی که فرایند مارکوف پویایی زمانی بین کلاس های کاربری و پوشش زمین را به وسیله احتمالات انتقال کنترل می کند (امینی پارسا و نژادی، ۱۳۹۴، ص ۶۶۶) مکانیسم اتوماتای سلولی به قوانین محلی مرتبط با پیکربندی همسایگی می پردازد و همگام



فصلنامه مدیریت شهری  
Urban Management  
شماره ۵۳ زمستان ۹۷  
No.53 Winter 2019

۳۵۶

در این تحقیق از یک پرسپترون چند لایه با الگوریتم یادگیری پس انتشار (BP) و لایه های ورودی ارتفاع، شیب، سایه روشن، فاصله از مناطق ساخته شده، فاصله از جاده، فاصله از اراضی کشاورزی، فاصله از اراضی جنگلی تنک و فاصله از اراضی کوهستانی استفاده شده است. فرآیند انجام پژوهش در شکل ۲ نشان داده شده است.

**یافته های تحقیق  
طبقه بندی تصاویر**

همانطور که در بخش روش تحقیق اشاره شده برای طبقه بندی تصاویر از روش طبقه بندی حداکثر احتمال استفاده شد. در این روش طبقه بندی، هر پیکسل به کلاسی انتساب داده می شود که بیشترین احتمال تعلق به آن کلاس را دارد (فاطمی و رضایی، ۱۳۸۹، ص ۲۱۵). نتایج حاصل از طبقه بندی در شکل ۳ نشان داده شده است.

**ارزیابی دقت طبقه بندی**

صحت کلی طبقه بندی برای تصویر مربوط به سال ۱۳۶۵، ۸۹/۹۳، سال ۱۳۸۰، ۹۱/۳۴ و سال ۱۳۹۵، ۹۵/۶۲ درصد به دست آمده است. ضریب کاپای به

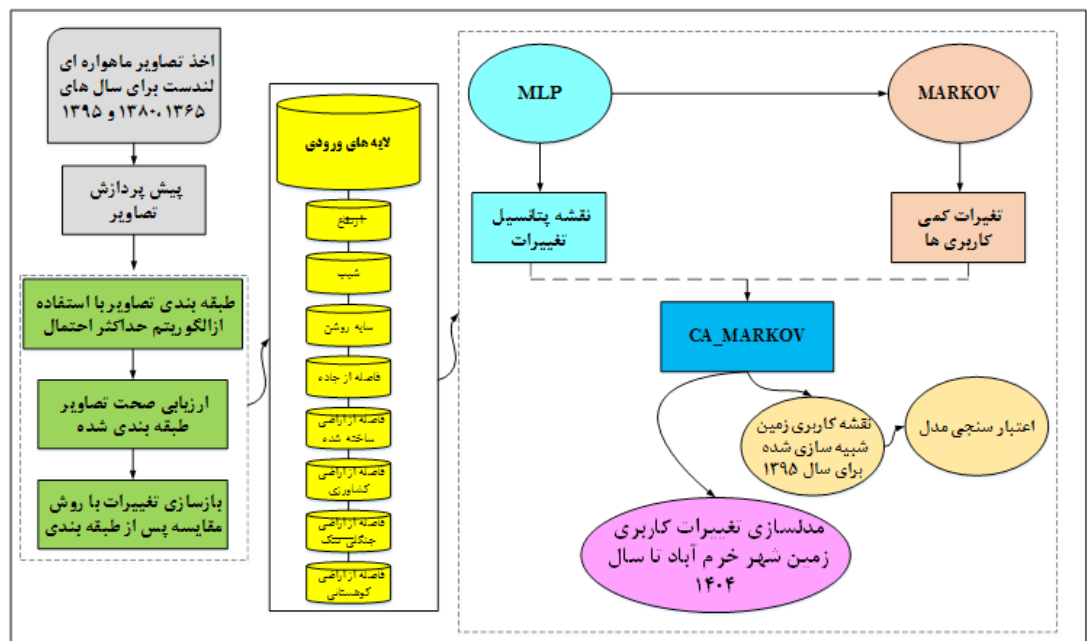
وزن دار شده از تمام گره های متصل به آن در لایه پیشین را جمع می کند. به عبارت دیگر، ورودی ای که یک تک گره دریافت می کند با توجه به معادله ۴ وزن دارد می شود:  
معادله (۴).

$$net_j = \sum_{i=1}^m W_{ij} O_i$$

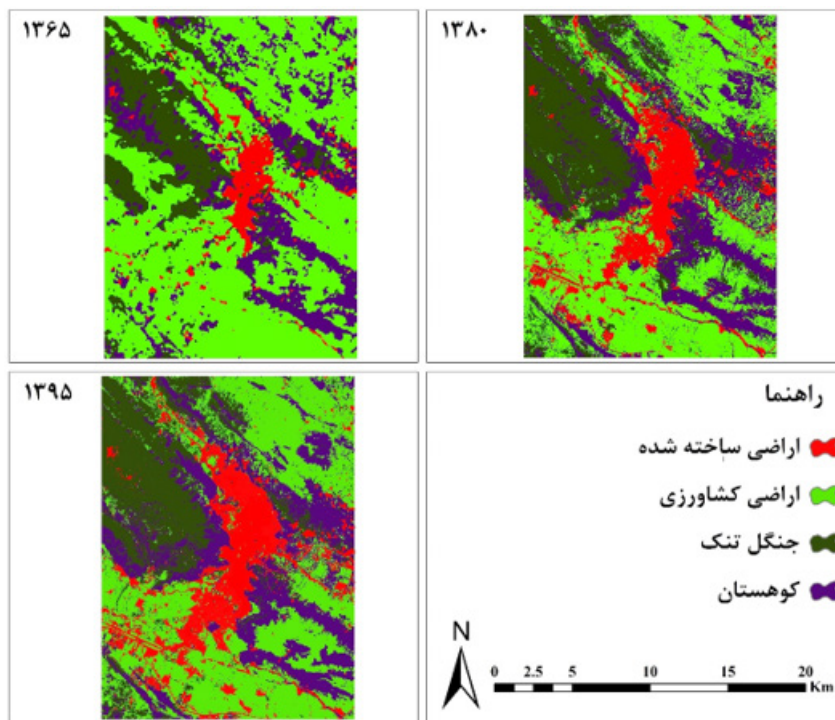
که در آن نشان دهنده وزن بین گره وزن بین گره  $i$  و گره  $j$  می باشد و  $O_i$  خروجی گره  $i$  می باشد. خروجی یک گره مانند  $j$  از معادله ۵ به دست می آید:

$$O_j = f(net_j)$$

تابع  $f$  در معادله ۵ معمولاً یک تابع غیر خطی سیگموئیدی است که بر روی مجموع وزند دار ورودی ها، قبل از این که سیگنال به لایه بعدی انتقال یابد، اعمال می شود. هنگامی که انتشار رو به جلو به پایان می رسد، فعالیت های گره های خروجی با فعالیت های مورد انتظار آنها مقایسه می شود. هر گره در لایه خروجی با یک کلاس متناظر است.



شکل ۲. فرآیند انجام پژوهش



شکل ۳. نقشه طبقه بندی شده پوشش و کاربری زمین شهر خرم آباد در سال های ۱۳۶۵، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵

دست آمده برای تصاویر طبقه بندی شده مربوط به سال های ۱۳۶۵، ۸۰ و ۹۵ به ترتیب ۰/۸۶، ۰/۶۳ و ۰/۹۳ است. این بدان معناست که برای مثال، نتایج طبقه بندی برای تصویر سال ۱۳۹۵، ۹۳ درصد بهتر از موقعی است که پیکسل ها به طور تصادفی بر چسب دهی شوند. اعداد به دست آمده دقت طبقه بندی (نمونه های تعلیمی) را در سطح مطلوبی نشان می دهند.

جدول ۲. ارزیابی دقت طبقه بندی تصاویر برای سال های ۱۳۶۵، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵

سال	صحت کلی	ضریب کاپا
۱۳۶۵	۸۹/۹۳	۰/۸۳
۱۳۸۰	۹۱/۳۴	۰/۸۶
۱۳۹۵	۹۵/۶۲	۰/۹۳

**مدلسازی تغییرات کاربری / پوشش زمین**  
در این تحقیق ابتدا با استفاده از مدل های زنجیره مارکوف و شبکه عصبی، احتمال تغییر کاربری ها و نقشه پتانسیل تغییر محاسبه شده است. خروجی مدل های مذکور به مدل اتوماتای سلولی وارد شده و مدلسازی تغییرات کاربری زمین در شهر خرم آباد صورت گرفته است.

**محاسبه احتمال تغییر در سال ۱۳۹۵ با استفاده از زنجیره های مارکوف**

مدلسازی تغییرات کاربری زمین شهر خرم آباد برای سال ۱۳۹۵ با استفاده از تصاویر ۱۳۶۵ و ۱۳۸۰ اجرا شده است. و برای مدلسازی تغییرات کاربری / پوشش زمین سال ۱۴۰۴ از تصاویر ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ استفاده شده است. جدول ۳ احتمال تغییر کاربری ها با استفاده از زنجیره مارکوف در سال ۱۳۹۵ را نشان می دهد. ارزش های واقع در سلول های مورب نشان دهنده احتمالی است که یک کاربری تحت همان کلاس یا کاربری باقی خواهد ماند. همانطور که



## جدول ۳. ماتریس احتمال انتقال حاصل از زنجیره مارکوف در سال ۱۳۹۵

کاربری / پوشش زمین	اراضی ساخته شده	اراضی کشاورزی	اراضی جنگلی	اراضی کوهستان
اراضی ساخته شده	۰/۷۰	۰/۰۸	۰/۰۳	۰/۱۶
اراضی کشاورزی	۰/۰۹	۰/۵۹	۰/۱۴	۰/۱۶
اراضی جنگلی	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۶۹	۰/۲۱
اراضی کوهستان	۰/۰۶	۰/۱۷	۰/۲۰	۰/۵۶

نتایج نشان می دهد بالاترین احتمال تغییر مربوط به کلاس جنگل به اراضی کوهستانی با ارزش ۰/۲۱ و سپس اراضی کوهستانی به اراضی جنگلی با ۰/۲۰ است. بیشترین احتمال انتقال در کلاس اراضی ساخته شده انتقال کلاس کشاورزی با اراضی ساخته شده با ۰/۰۹ بوده است.

مدلسازی پتانسیل انتقال تغییر با استفاده از شبکه عصبی و پیش بینی تغییرات کاربری / پوشش زمین برای پیش بینی تغییرات کاربری زمین در شهر خرم آباد از ۷ لایه پنهان برای آموزش شبکه و با شرایط توقف ده هزار تکرار، میزان RMS ۰/۰۱ و میزان صحت ۱۰۰ درصد استفاده شد. متغیرهای موثر بر تغییرات کاربری زمین مورد استفاده برای ورود به شبکه عصبی در این مطالعه شامل؛ (۱) لایه حداکثر احتمال تغییر بر اساس لایه تغییر کاربری ها به یکدیگر ساخته شده و لایه طبقه بندی سال پایه ساخته می شود و حداکثر احتمال تبدیل یک طبقه زمین به طبقه مورد نظر محاسبه می شود. (۲) لایه فاصله از مناطق ساخته شده؛ برای ایجاد این لایه از تصویر طبقه بندی شده سال ۱۳۸۰ طبقه ساخته شده جدا شد و لایه فاصله اقلیدوسی آن تا محدوده مورد مطالعه محاسبه گردید. لایه فاصله از مناطق ساخته شده از آن جهت می تواند مهم باشد که هر

اندازه سلولی به سول ساخته شده نزدیک تر باشد احتمال تبدیل آن سلول به سلول ساخته شده به علت وجود زیرساخت ها و دسترسی ها، بالاتر است. (۳) لایه فاصله از جاده؛ یکی از مهم ترین عوامل گسترش و ایجاد سکونتگاه های انسانی در ایران، جاده ها هستند. لایه جاده های شهر خرم آباد و محدوده آن از نقشه جاده های آزاد (OSM) تهیه شده و فاصله اقلیدوسی آن در محدوده مورد مطالعه محاسبه شد. (۴) لایه های ارتفاع، شیب و سایه روشن؛ برای ارتفاع از مدل رقومی ارتفاع محصول سنجنده تشعشع سنج بازتاب و تابش گرمایی هوابرد پیشرفته (ASTER) و با توان تفکیک ۳۰ متر از سازمان زمین شناسی آمریکا (USGS) تهیه گردید و لایه های شیب و لایه سایه روشن از آن به دست آمد (شکل ۴). در شکل ۵ کاربری / پوشش زمین شهر خرم آباد و اطراف آن در سال ۱۳۹۵ و شبیه سازی آن نشان داده شده است.

در جدول ۴ دوره تکرار، خطای آموزش، خطای تست، نرخ آموزش، دقت و اندازه مهارت پتانسیل تغییر کاربری زمین بر اساس تصاویر ۱۳۶۵ و ۱۳۸۰ برای سال ۱۳۹۵ نشان داده شده است. دقت و اندازه مهارت در اراضی ساخته شده پس از ۱۰۰۰۰ با تکرار به ترتیب به ۹۴/۰۵ و ۹۲/۲۱ درصد رسیده

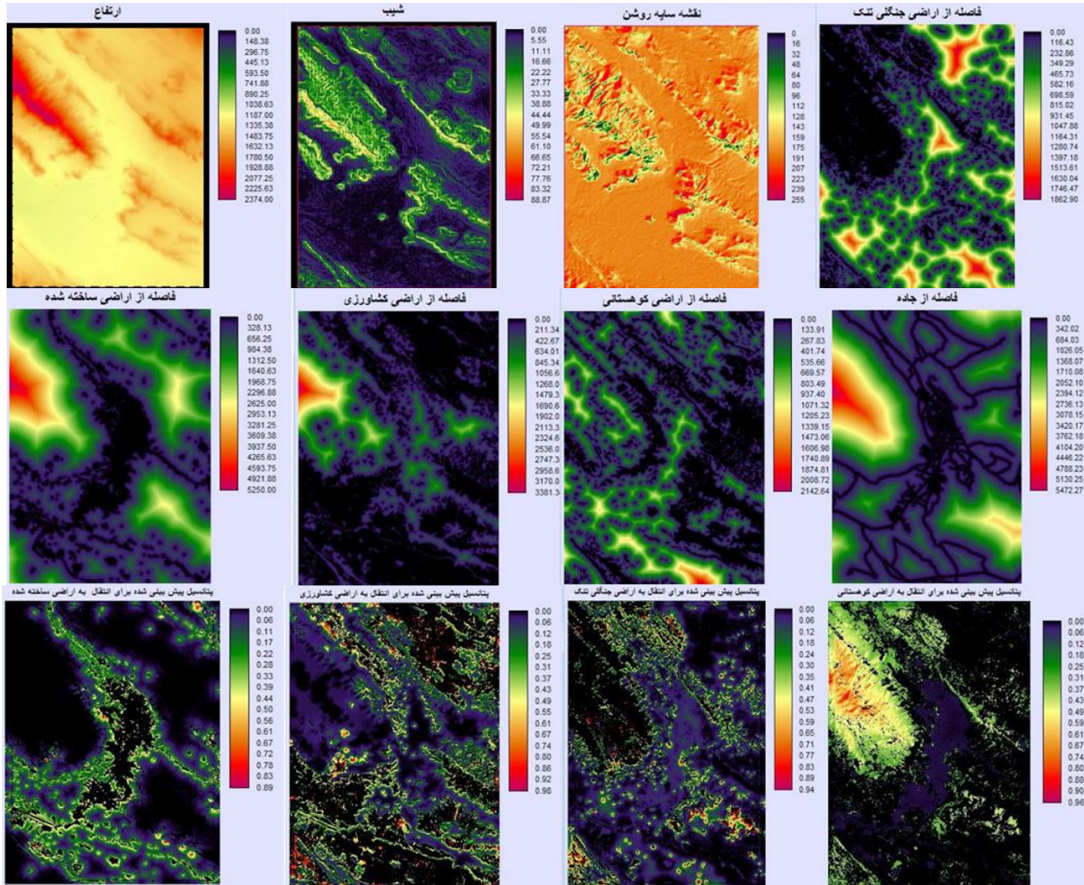
## جدول ۴. میزان صحت و پارامتر های دیگر حاصل از اجرای مدل شبکه عصبی

اندازه مهارت	دقت	نرخ آموزش	خطای تست	خطای آموزش	تکرار	کاربری / پوشش زمین
۹۲/۲۱	۹۴/۰۵	۰/۰۰۰۵	۰/۲۷	۰/۲۶	۱۰۰۰۰	اراضی ساخته شده
۸۸/۳	۹۰/۱۸	۰/۰۰۰۵	۰/۲۶	۰/۲۵	۱۰۰۰۰	اراضی کشاورزی
۸۹/۱۶	۹۱/۴۴	۰/۰۰۰۳	۰/۲۶	۰/۲۵	۱۰۰۰۰	اراضی جنگلی تنک
۹۱/۰۶	۹۲/۳۹	۰/۰۰۱۰	۰/۲۳	۰/۲۴	۱۰۰۰۰	اراضی کوهستانی

مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری  
Urban Management  
شماره ۵۳ زمستان ۹۷  
No.53 Winter 2019

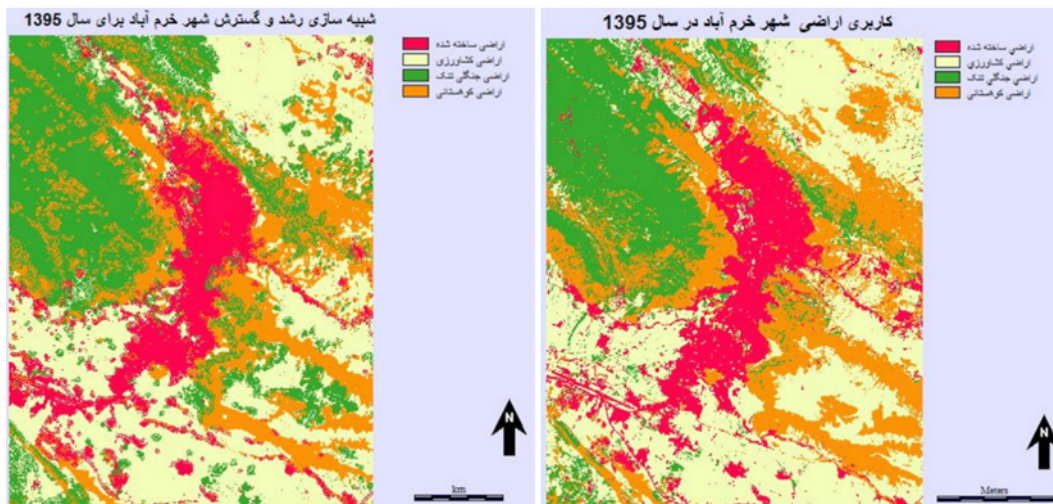
۳۵۹



شکل ۴. لایه های ورودی به مدل شبکه عصبی.

مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری  
Urban Management  
شماره ۵۳ زمستان ۹۷  
No.53 Winter 2019



شکل ۵. مدلسازی تغییرات کاربری زمین شهر خرم آباد در سال ۱۳۹۵ بر اساس تصاویر ۱۳۶۵ و ۱۳۸۰.

جدول ۵. صحت پیش‌بینی رشد و توسعه شهر خرم آباد

در سال ۱۳۹۵

کاربری های ساخته شده	مساحت (هکتار)	درصد صحت
درست	۸۸۵٫۶	۶۵٫۹
اشتباه	۴۵۸٫۸۲	۳۴٫۱
مجموع	۱۳۴۴٫۴۲	-

### مدلسازی تغییرات کاربری / پوشش زمین شهر خرم آباد تا سال ۱۴۰۴

برای مدلسازی تغییرات کاربری / پوشش زمین در شهر خرم آباد از مدل CA-MARKOV استفاده شده است. ابتدا تصویر طبقه بندی شده سال ۱۳۶۵ و خروجی مارکوف مربوط به سال های ۱۳۸۰-۱۳۶۵ به مدل معرفی کرده و نقشه خروجی پیش بینی برای سال ۱۳۹۵ دریافت گردید. و سپس دقت محاسباتی مدل با استفاده از پارامتر Validation و با کمک تصاویر طبقه بندی شد واقعی سال ۱۳۹۵ محاسبه گردید. همانطور که اشاره شده دقت مدل ۶۵/۹ درصد برآورد گردید. در نهایت بر اساس نقشه پیش بینی و نقشه کاربری زمین و با استفاده از اطلاعات کاربری زمین سال های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ اقدام به مدلسازی تغییرات کاربری زمین شهر خرم آباد برای سال ۱۴۰۴ گردید که خروجی آن در شکل ۶ نمایش داده شده است. در جدول ۶ مساحت، مقدار افزایش، کاهش و تغییر خالص هر کدام از کاربری ها از سال ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۴ نشان داده شده است. طی دوره ۱۴۰۴-۱۳۹۵، ۱۳۳۶ هکتار به اراضی ساخته شده اضافه و ۳۹۳ هکتار کم می شود. تغییر خالص اراضی ساخته ۹۴۳ هکتار می باشد. مقدار تغییر خالص در اراضی ساخته شده، کشاورزی، جنگلی تنک و کوهستانی به ترتیب ۲۷۹-، ۵۹۴- و ۶۹- به دست آمده است. همانطور که محلاظه می شود تغییر خالص در تغییرات کاربری زمین تنها در اراضی ساخت شده مثبت است، یعنی

است و خطای آموزش و تست آن به ترتیب ۰/۲۶ و ۰/۲۷ می باشد. بر اساس پژوهش استمان (۲۰۰۹) دقت بالاتر از ۸۰ درصد در مدلسازی، بیانگر دقت مناسب و تایید کننده فرآیند انجام پژوهش است. **اعتبار سنجی پیش بینی تغییرات کاربری / پوشش زمین**

برای اعتبار سنجی مدل های پیش بینی کننده، باید مدل را با استفاده از داده های موجود در گذشته اجرا کرد و با داده های موجود در زمان حال مقایسه کرد تا صحت مدل در پیش بینی محاسبه گردد. در این پژوهش ابتدا با استفاده از مدل CA-MARKOV با توجه به رشد و توسعه شهر خرم آباد طی دوره ۸۰-۱۳۶۵ توسعه شهر از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۵ مورد پیش بینی قرار گرفته است. این فرایند به این دلیل انجام شده است تا از صحت مدل برای پیش بینی رشد و گسترش شهر از سال ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۴ اطمینان حاصل کنیم. نتایج حاصل از پیش بینی رشد شهر خرم آباد از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۵ بیانگر این است که ۱۳۴۴٫۴۲ هکتار از اراضی به زیر ساخت و ساخت رفته است که در این بین ۸۸۵٫۶ هکتار یعنی ۶۵٫۹ درصد به طور صحیح پیش بینی شده است. لازم به ذکر است که این میزان صحت برای تغییرات کاربری / پوشش زمین مناسب است؛ چرا که علاوه بر متغیرهای که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است (ارتفاع، شیب، فاصله از جاده ها، فاصله از زمین های کشاورزی، فاصله از اراضی جنگلی، فاصله از کوهستان، فاصله کاربری های ساخته شده) سایر پارامتر های مانند قوانین و مقررات شهرداری، بورس بازی زمین، سیاست های کلان دولتی در امر مسکن و ... نیز بر توسعه شهر تاثیر گذار خواهد بود. بنابراین می توان نتایج مدل CA-MARKOV برای پیش بینی رشد و گسترش شهر خرم آباد را منطقی و قابل قبول دانست (جدول ۵).

مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری  
Urban Management  
شماره ۵۳ زمستان ۹۷  
No.53 Winter 2019

۳۶۱



جدول ۶. تغییرات کاربری / پوشش زمین شهر خرم آباد تا سال ۱۴۰۴

تغییر خالص	کاهش(به هکتار)	افزایش (به هکتار)	مساحت پیش بینی شده در سال ۱۴۰۴	مساحت در سال ۱۳۹۵	کاربری / پوشش زمین
۹۴۳	۳۹۳	۱۳۳۶	۶۲۶۲,۲	۵۳۱۹,۶۳	اراضی ساخته شده
-۲۷۹	۲۲۱۱	۱۹۳۱	۱۳۵۹۹,۰۹	۱۳۸۷۸,۵۴	اراضی کشاورزی
-۵۹۴	۱۷۵۴	۱۱۶۰	۶۸۹۹,۴	۷۴۹۳,۴	اراضی جنگلی تنک
-۶۹	۱۹۸۸	۱۹۱۹	۹۰۴۳,۸۳	۹۱۱۲,۹۵	اراضی کوهستانی

ترتیب ۷۰۲، ۱۳۳، ۲۸۹ هکتار بوده است. مقدار تغییر خالص از اراضی جنگلی تنک به اراضی ساخته شده، کشاورزی و کوهستان به ترتیب ۲۶، ۱۳۳ و ۴۳۵ هکتار بوده است. مقدار تغییر خالص از اراضی کوهستانی به اراضی ساخته شده، کشاورزی و جنگلی تنک به ترتیب ۲۱۵، ۲۸۹ و ۴۳۵ هکتار به دست آمده است.

#### بحث

داشتن آمار و اطلاعات بهنگام از روند تغییرات کاربری زمین لازمه برنامه ریزی و مدیریت شهری است. یکی از منابع مدیریت کاربری اراضی، اطلاعات مربوط به تغییرات کاربری زمین است. تغییرات کاربری زمین و روند گسترش شهر خرم آباد از سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ و سپس مدلسازی توسعه آن تا سال ۱۴۰۴ از مهمترین اهدافی بود که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت. در این راستا ابتدا با استفاده از مدل های CA-MARKOV و شبکه عصبی اقدام به پیش بینی تغییرات کاربری زمین شهر خرم آباد تا سال ۱۳۹۵ شده است تا عملیات صحت سنجی توسط این خروجی ها صورت گیرد و نهایتاً مدلسازی تغییرات کاربری زمین تا سال ۱۴۰۴ برای آینده شهر خرم آباد استخراج گردید. نتایج

اینکه مقدار زمین های که به زیر ساخت و ساز می رود بیش از مقدار زمینی است که از زمین ساخته شده به سایر کاربری ها تبدیل می شود. اراضی کشاورزی، اراضی جنگلی تنک و اراضی کوهستانی با تغییر خالص منفی روبه رو هستیم یعنی اینکه در این کاربری ها ما شاهد تغییر کاربری به سایر کاربری ها هستیم.

نتایج مدلسازی تغییرات کاربری زمین در شهر خرم آباد از سال ۱۴۰۴-۱۳۹۵ بیانگر این بود که ۹۴۳ هکتار زیر ساخت و ساز خواهد رفت که در این بین سهم اراضی کشاورزی ۲۷۹ هکتار، اراضی جنگلی تنک ۵۹۴ هکتار و اراضی کوهستانی ۶۹ هکتار خواهد بود.

میزان سهم هر کاربری در تغییرات خالص دیگر کاربری های در جدول ۷ نشان داده شده است. از سال ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۴، ۹۴۳ هکتار زیر ساخت و ساز خواهد رفت که از این مقدار ۷۰۲ هکتار آن از اراضی کشاورزی به دست می آید و سهم اراضی کوهستانی و جنگلی در تبدیل به مناطق ساخت و ساز به ترتیب ۲۶ و ۲۱۵ هکتار خواهد بود. طی سال های ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۴، مقدار تغییر خالص از اراضی کشاورزی به اراضی ساخته شده، اراضی جنگلی و کوهستان به

جدول ۷. میزان سهم هر کاربری در تغییرات خالص دیگر کاربری ها از سال ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۴

مجموع	کوهستان	جنگل	کشاورزی	اراضی ساخته شده	کاربری / پوشش زمین
۹۴۳	۲۱۵	۲۶	۷۰۲	-	اراضی ساخته شده
-۲۷۹	۲۸۹	۱۳۳	-	-۷۰۲	کشاورزی
-۵۹۴	-۴۳۵	-	-۱۳۳	-۲۶	جنگل
-۶۹	-	-۴۳۵	-۲۸۹	-۲۱۵	کوهستان

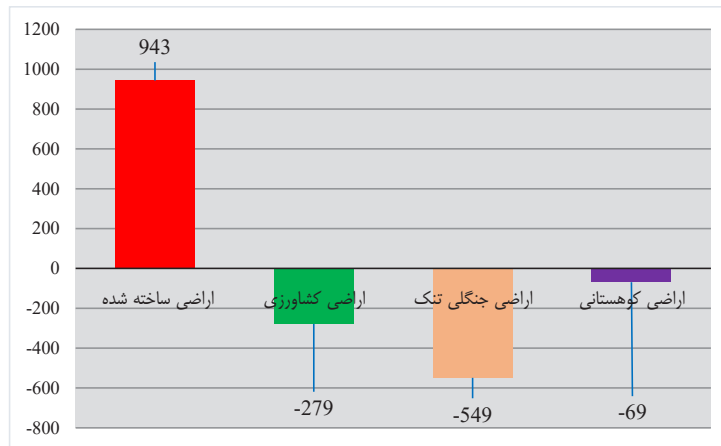
مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری  
Urban Management  
شماره ۵۳ زمستان ۹۷  
No.53 Winter 2019

۳۶۲



نمودار ۱. پیش بینی تغییرات کاربری / پوشش زمین شهر خرم آباد از سال ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۴

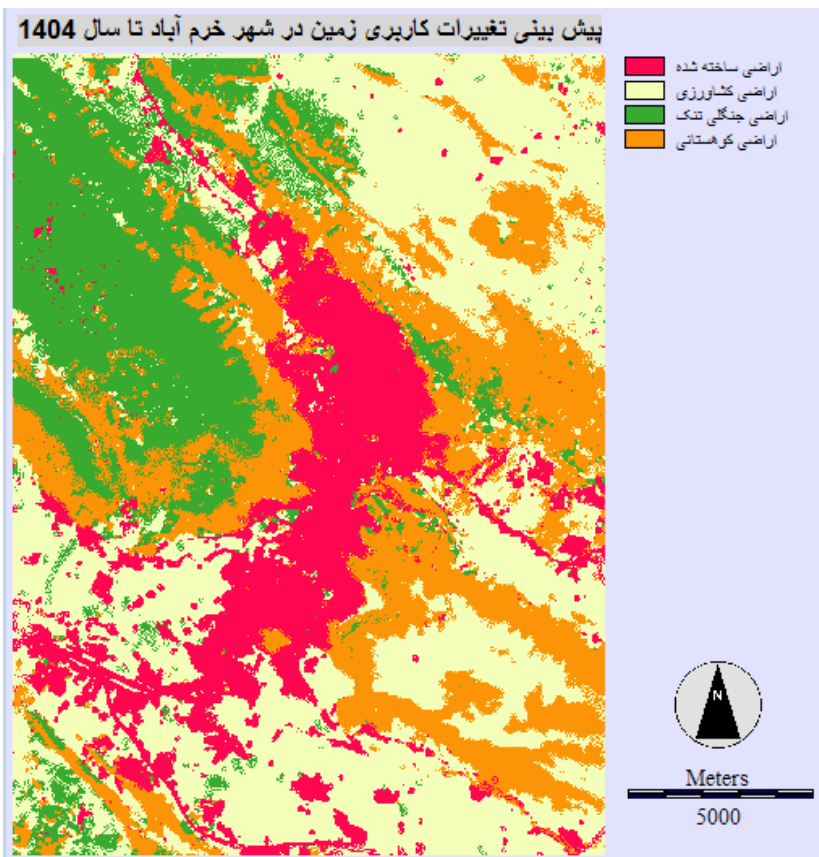


نمودار ۲. پیش بینی تغییرات خالص کاربری / پوشش زمین در شهر خرم آباد از سال ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۴ (هکتار)

کلی می توان گفت که، شهر خرم آباد در دره ای میان رشته کوه-های زاگرس غربی قرار گرفته است. ارتفاعات سفید کوه که دارای پوشش جنگلی تنک می باشد در قسمت غرب شهر و ارتفاعات مخمل کوه و شیرکشان محدوده شرقی شهر را در بر گرفته است. بخش شمالی شهر نیز منظره ای کوهستانی و ناهموار و جنوب آن چشم اندازی تقریباً جلگه ای دارد. توسعه شهر بعد از انقلاب تا اکنون گسترش شمالی - جنوبی داشته و این روند تا اکنون نیز ادامه یافته است. استنباط می شود که محور ارتباطی بسیار قوی به طرف اهواز، اراضی مسطح و شیب مناسب جهت ساخت و ساز، ارتفاع کمتر

حاصل از پیش بینی و صحت سنجی مدل CA-MARKOV و مقایسه با تصویر واقعی ۱۳۹۵ بیانگر ۶۵/۹ درصد دقت این روش بوده است و با همین دقت نیز اقدام به پیش بینی تغییرات کاربری زمین برای سال ۱۴۰۴ گردید. با توجه به نتایج این بخش از پژوهش و پژوهش های مشابه ای که توسط احد نژاد و همکاران، ۱۳۹۰، جمعه زاده و همکاران ۱۳۹۴، مشتاقیون و همکاران ۱۳۹۴، وو و همکاران ۲۰۰۶، هیو و لو ۲۰۰۷ انجام شد بیانگر نتایج قابل قبول در ارزیابی تغییرات کاربری زمین با استفاده از مدل CA-MARKOV در سال های آینده است. بطور





شکل ۶. مدلسازی تغییرات کاربری / پوشش زمین شهر خرم آباد تا سال ۱۴۰۴

#### نتیجه‌گیری

در این تحقیق به منظور مدلسازی تغییرات کاربری زمین شهر خرم آباد از لایه های ورودی ارتفاع، شیب، سایه روشن، فاصله از جاده، فاصله از اراضی ساخته شده، فاصله از اراضی کشاورزی، فاصله از اراضی جنگلی تنک و فاصله از اراضی کوهستانی استفاده شد و از مدل های شبکه عصبی و CA- MARCKV برای مدلسازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین تا سال ۱۴۰۴ استفاده شده است. بطوریکه ابتدا تصویر طبقه بندی شده سال ۱۳۶۵ و خروجی مارکوف مربوط به سال های ۱۳۸۰-۱۳۶۵ به مدل معرفی شد و نقشه خروجی پیش بینی برای سال ۱۳۹۵ دریافت گردید. و سپس دقت محاسباتی مدل با استفاده از پارامتر Validation و با کمک تصاویر طبقه بندی شد واقعی سال ۱۳۹۵ محاسبه شد که دقت مدل ۶۵/۹ درصد

نسبت به سایر جهات و وجود زمین های هموار کشاورزی از عوامل اصلی گسترش و توسعه شهر در جهت جنوبی بوده است. از طرف دیگر ارتفاعات سنگی و تپه های موجود در جهات شرقی و غربی از موانع توسعه فیزیکی شهر خرم آباد محسوب می گردند. در مجموع بررسی روند گسترش و مدلسازی تغییرات کاربری زمین شهر خرم آباد طی دوره های مورد بررسی (۱۴۰۴-۱۳۶۵) نشان دهنده این است که کالبد شهر خرم‌آباد متأثر و تابع طبیعت آن است، هر کجا دره، اندکی باز و شیب‌های کناری ملایم‌تر شده و اجازه‌ی زیست به انسان داده شده است، شهر به آن سو گسترش یافته و هر کجا دره تنگ شده، شهر باریک و کشیده شده است. بنابراین می توان گفت که شهر خرم آباد دارای شکل خطی باریک و کشیده، گاه پهن و متورم است.

## مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری  
Urban Management  
شماره ۵۳ زمستان ۹۷  
No.53 Winter 2019

۳۶۵

جمعه‌زاده، بهرام، هاشمی دره بادامی، سیروس، درویشی بلورانی، علی و کیاورز، مجید (۱۳۹۴)، کاربرد تجزیه و تحلیل طیف مخلوط نرمال شده (NSMA) جهت استخراج مناطق ساخته شده شهری و استفاده از آن در شبکه عصبی مصنوعی (MLP) برای پیش بینی رشد آتی شهر، اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، دروه ۲۴، شماره ۹۶، صص ۷۷-۶۶.

حمزه اصفهانی، حمزه بن الحسن (۱۳۶۷)، تاریخ پیامبران و شاهان (تاریخ سنی ملوک الارض و النبیا)، ترجمه جعفر شعار، تهران، امیر کبیر. زنگنه شهرکی، سعید، کاظم زاده، علی و هاشمی دره بادامی، سیروس (۱۳۹۳)، تحلیل زمانی مکانی گسترش کالبدی شهر مشهد و پایش تغییرات کاربری اراضی اطراف، پژوهش های جغرافیای برنامه ریزی شهری، دوره ۲، شماره ۴، صص ۴۹۹-۴۸۳. شکوئی، حسین (۱۳۷۳)، دیدگاه های نو در جغرافیای شهری، انتشارات سمت.

شبیعه، اسماعیل (۱۳۷۷)، مقدمه ای بر برنامه ریزی شهری، انتشارات دانشگاه علم و صنعت.

مجممل التواریخ و القصص (۱۳۸۸)، به تصحیح، ملک الشعرا بهار و به همت محمد رضانی، تهران، کلاله خاور.

محمودزاده، حسن (۱۳۹۴)، کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در مدلسازی و پیش بینی تغییرات کاربری اراضی شهر سردرود (۱۳۶۳-۱۴۱۰)، نشریه جغرافیا و برنامه ریزی، سال ۲۱، شماره ۶۰، صص ۲۲۷-۲۲۱. مشتاقیون، مریم، المدرسی، سید علی و جمالی، علی اکبر (۱۳۹۴)، مدلسازی رشد و توسعه شهر بیابانی یزد با استفاده از تحلیل های پیشرفته فضایی، در بازه زمانی ۲۰۲۰-۱۹۹۹، کاوش های جغرافیایی مناطق بیابانی، سال سوم، شماره اول، صص ۴۷-۲۷. مهدوی، مسعود و برنجکار، افسانه (۱۳۹۳)، خزر شهر و تغییر کاربری اراضی روستایی (مطالعه موردی شهرستان بندر انزلی در ۴۵ سال اخیر)، چشم انداز جغرافیایی در مطالعات انسانی شماره ۲۷، صص ۱۷-

برآورد گردید که دقت مناسبی برای تغییرات کاربری زمین می باشد؛ زیرا علاوه بر متغیرهای که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است سایر پارامترهای مانند قوانین و مقررات شهرداری، بورس بازی زمین، سیاست های کلان دولتی در امر مسکن، عوامل اجتماعی - اقتصادی و غیره نیز بر تغییرات کاربری زمین تاثیر خواهد داشت. سپس بر اساس نقشه پیش بینی و نقشه کاربری زمین و با استفاده از اطلاعات کاربری زمین سال های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ اقدام به مدلسازی تغییرات کاربری زمین شهر خرم آباد برای سال ۱۴۰۴ گردید. نتایج مدلسازی تغییرات کاربری زمین در شهر خرم آباد از سال ۱۴۰۴-۱۳۹۵ بیانگر این بود مساحت اراضی ساخته شده افزایش خواهد یافت اما مساحت اراضی کشاورزی، جنگلی تنک و اراضی کوهستانی کاهش خواهد یافت. علاوه براین مشخص شد که طی دوره مذکور ۹۴۳ هکتار زیر ساخت و ساز خواهد رفت که در این بین سهم اراضی کشاورزی ۲۷۹ هکتار، اراضی جنگلی تنک ۵۹۴ هکتار و اراضی کوهستانی ۶۹ هکتار خواهد بود.

### منابع و مآخذ:

ابن بلخی (۱۳۶۳)، فارسنامه، به اهتمام و تصحیح: گای لسترنج و رینولد آلن نیکلسون، تهران: دنیای کتاب.

احد نژاد روشتی، محسن، زلفی، علی و شکری پور دیزج، حسین (۱۳۹۰) ارزیابی و پیش بینی گسترش فیزیکی شهرها با استفاده از تصاویر ماهواره ای چند زمانه و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی شهر اردبیل ۱۴۰۰-۱۳۶۳)، آمایش محیط، دوره ۴، شماره ۱۵، ۱۲۴-۱۰۷.

امینی پارسا، وحید و نژادی، اطهره (۱۳۹۵)، کاربرد مدل CA-MARCOV در پیش بینی پویایی ساختار سرزمین مناطق حفاظت شده (مطالعه موردی: منطقه حفاظت شده دیزمار)، پژوهش های جغرافیایی طبیعی، دروه ۴۸، شماره ۴، صص ۶۷۴-۶۶۱.

(1), 11-23.

Russell-Smith, J., Yates, C., Edwards, A., Allen, G.E., Cook, G.D., Cooke, P., Craig, R., Heath, B. and Smith, R., 2003. Contemporary fire regimes of northern Australia, 1997–1380: change since Aboriginal occupancy, challenges for sustainable management. *International Journal of Wild land Fire*, 12, 283-297.

Sang, L.; Zhang, C.; Yang, J.; Zhu, D. and Yun, W. (2011). Simulation of land use spatial pattern of towns and villages based on CA-Markov model, *Mathematical and Computer Modelling*, 54: 938-943.

Subedi, P.; Subedi, K. and Thapa, B. (2013). Application of a Hybrid Cellular Automaton – Markov (CA-Markov) Model in Land-Use Change Prediction: A Case Study of Saddle Creek Drainage Basin, Florida, *Applied Ecology and Environmental Sciences*, 16: 126-132

Verburg, P.H.; Overmars, K.P.; Huigen, M.G.A.; de Groot, W.T. and Veldkamp, A. (2006). Analysis of the effects of land use change on protected areas in the Philippines, *Applied Geography*, 26: 153-173.

#### منابع فارسی برگردان شده به لاتین

Ahad Nezaad Rushti, Mohsen, Zulfi, Ali and Shokri-poor Dizaj, Hussein (2011) Estimation and prediction of physical expansion of cities using multi-time satellite imagery and geographic information system (case study of Ardabil city, 1400-1363) *Environment*, Volume 4, No. 15, 124-107. [In Persian].

Amini Parsa, Vahid and Nejadi, Atherah (2016), Application of the CA-MARCOV model in predicting the dynamics of the territory structure of protected areas (case study: Dismayer Protected Area), *Natural Geographic Research*, Vol. 48, No. 4, pp. 674- 661. [In Persian].

Ebn Balkhi (1984), Farmed, to study and correct:

Balzter, H. (2000). Markov chain models for vegetation dynamics, *Ecological Modelling*, 126 (2-3): 139-154.

Eastman, J. R., 2006. *IDRISI Andes. Guide to GIS and Image Processing*. Clark Labs, Clark University, Worcester, MA

Fang, S., Gertner, G.Z., Sun, Z. and Anderson, A.A., 2005. The impact of interactions in spatial simulation of the dynamics of urban sprawl. *Landscape and Urban Planning*, 73, 294-306.

Fraser, R.H., Abuelgasim, A. and Latifovic, R., 2005. A method for detecting large-scale forest cover change using coarse spatial resolution imagery. *Remote Sensing of Environment*, 95, 414-427.

Hsieh, W. W. (2009). *Machine learning methods in the environmental sciences: neural networks and kernels*. Cambridge university press.

Hu, Z. and Lo, C.P., 2007. Modeling urban growth in Atlanta using logistic regression. *Computers, Environment and Urban Systems*, 31, 667-688.

Koomen, E. and Beurden, J.B.-V. (2011). *Land-use modelling in planning practice*, The GeoJournal Library, Springer.

Lambin, E.F. and Geist, H.J. (2006). *Land-use and land-cover change Local Processes and Global Impacts*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Lo, C.P. and Quattrochi, D.A., 2003. Land-use and land-cover change, urban heat island phenomenon, and health implications: A Remote Sensing Approach. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 69, 1053-1063.

Perez-Vega, A., Mas, J. and Ligmann - Zielinska A., 2012. Comparing two approaches to land use/cover change modeling and their implications for assessment of biodiversity loss in deciduous tropical forest. *Environmental Modeling and Software*, 29

مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری  
Urban Management  
شماره ۵۳ زمستان ۹۷  
No.53 Winter 2019

۳۶۶



فصلنامه مدیریت شهری  
Urban Management  
شماره ۵۳ زمستان ۹۷  
No.53 Winter 2019

■ ۳۶۷ ■

- Zanganeh Shirak, Saeed, Kazemzadeh, Ali and Hashemi Dareh Badami, Sirous (2014), Time-based analysis of the physical expansion of Mashhad city and monitoring of land use changes, *Geographic research of Urban Planning*, Volume 2, Issue 4, Pages 499- 483. [In Persian].
- Guy Lestrang and Reynold Alan Nicholson, Tehran: World of Books. [In Persian].
- Hamza Esfahani, Hamza bin Al-Hassan (1988), the history of the Prophets and the kings (the date of Sunni Muluk al-Raz and al-Nabiya), translated by Jafar Shahaar, Tehran, Amir Kabir. [In Persian].
- Jumazadeh, Bahram, Hashemi Dareh Badami, Sirous, Darvishi Blvourani, Ali and Kiavarz, Majid (2015), Application of Normalized Mixed Spectrometry Analysis (NSMA) to extract urban areas and use them in artificial neural network (MLP) For forecasting future city growth, geographic information (Sepehr), vol. 24, No. 96, pp. 77-66. [In Persian].
- Mahdavi, Masoud and Rangerkar, Afsaneh (1393), Khazar City and Rural Land Use Change (case study of Bandar Anzali in 45 years), *Geographic Perspectives in Human Studies* No. 27, pp. 17-1. [In Persian].
- Mahmoud Zadeh, Hasan (2015), Application of Artificial Neural Network in Modeling and Forecasting Land Use Change in Sardrood City (1410-1383), *Geography and Planning*, Vol. 21, No. 60, pp. 227-221. [In Persian].
- Majmal al-Tawarikh and al-Qass (2009), Correction, Malek al-Sha'ari Bahar and by the end of Mohammad Ramezani, Tehran, Kaleh Khavar. [In Persian].
- Moshtaghian, Maryam, Almdrassi, Seyyed Ali and Jamali, Ali Akbar (2015), Modeling the growth and development of the desert city of Yazd, using advanced spatial analysis, in the period of 2020-1999, *Geographic exploration of desert areas*, third year, first issue, pp. 47-27. [In Persian].
- Shia, Ismail (1998), *Introduction to Urban Planning*, Science and Technology University Press. [In Persian].
- Shokouee, Hossein (1994), *New Perspectives on Urban Geography*, Publications. [In Persian].

مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری  
Urban Management  
شماره ۵۳ زمستان ۹۷  
No.53 Winter 2019

■ ۳۶۸ ■