

تحلیل و پیش‌بینی روند رشد شهری و تأثیر آن بر کاربری اراضی با استفاده از سنجش‌از دور و مدل CA-Markov مطالعه موردی: شهرهای مریوان، بانه و سقز

شادمان درویشی^۱

کریم سلیمانی^۲

مرتضی شعبانی^۳

تاریخ دریافت مقاله: ۹۸/۰۵/۱۵

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۹/۰۲/۱۲

چکیده

امروزه رشد مناطق شهری و تأثیر آن بر کاربری اراضی در جهان و بخصوص در کشورهای در حال توسعه به یک مسئله مهم زیست‌محیطی در علوم محیطی و برنامه‌ریزی شهری تبدیل شده است. هدف مطالعه حاضر تحلیل و پیش‌بینی رشد شهرهای بانه، مریوان و سقز بر کاربری اراضی در یک دوره ۴۵ سال (۱۹۸۷ تا ۲۰۳۲) با استفاده از مدل CA-Markov است. در مطالعه حاضر بررسی و مدل‌سازی نقشه‌های کاربری اراضی و رشد نواحی شهری با استفاده از تصاویر لندست و با اعمال الگوریتم Maximum Likelihood و مدل CA-Markov در نرم‌افزارهای ENVI5.3 و IDRISI TerrSet انجام شد. نتایج این مطالعه با دقت بالای ۸۰ درصد نشان می‌دهد در دوره ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۷ حدود ۸۹۷/۳۹ و ۷۹۰/۳۸ هکتار (در شهر مریوان) و ۸۰۱ و ۷۷۲/۲۹ هکتار (در شهر بانه) به ترتیب از اراضی پوشش گیاهی و زمین‌های کشاورزی به نواحی شهری تبدیل شده است اما این روند برای شهر سقز کمتر بوده و رشد این شهر بیشتر نواحی بایر را به میزان ۱۲۴۹/۲۹ هکتار تحت تأثیر قرار داده است. همچنین نتایج مدل CA-Markov برای سال ۲۰۳۲ نشان داد در دوره ۲۰۱۷ تا ۲۰۳۲ همانند دوره قبل رشد شهر بانه در جهت شمال شرق، شهر مریوان در جهت شرق و شهر سقز در چهار جهت خواهد بود. در این دوره رشد نواحی شهری منجر به تخریب ۵۱۱/۲۹ و ۷۲۲/۷۰ هکتار (در شهر بانه) و ۱۰۸۰ و ۲۴۰۲/۰۱ هکتار (در شهر مریوان) به ترتیب از اراضی زمین‌های کشاورزی و نواحی بایر خواهد شد. از طرف دیگر رشد شهر سقز بیشتر اراضی بایر را به میزان ۱۵۱۱/۴۶ هکتار تخریب خواهد کرد. بدیهی است یافته‌های این مطالعه نقش مؤثری در برنامه‌ریزی‌های آینده دارد چراکه با آگاهی از روند رشد این نواحی می‌توان جهات توسعه شهر را به جهات بهینه هدایت نمود و تخریب اراضی ناشی از رشد شهر و در نتیجه تأثیرات منفی تغییرات کاربری اراضی را به حداقل رساند.

واژه‌های کلیدی: رشد شهر، زنجیره مارکف، سلول خودکار، حداکثر احتمال، بانه، مریوان، سقز

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده علوم محیطی، مؤسسه آموزش عالی هراز، آمل، (نویسنده مسئول)، SH_darvishi@yahoo.com

۲- استاد گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، K.solaimani@sanru.ac.ir

۳- دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، SHabani@sanru.ac.ir

۱- مقدمه

شهرنشینی یک فرآیند مداوم است و الگوی رشد فضایی مناطق شهری نقش مهمی را در تغییر شکل جوامع انسانی در طول تاریخ ایفا کرده است (Bhat et al., 2017: 515; Siddiqui et al., 2017: 231).

این پدیده یک روند اجتماعی و اقتصادی مهم در سرتاسر جهان است که پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ حدود ۶۸٪ از جمعیت جهان در مناطق شهری زندگی کنند (Shafizadeh Moghadam et al., 2013: 145; United Nations., 2012: 280). شهرها دارای دو بعد جمعیت‌شناختی و مکانی است، بدین معنی که با افزایش جمعیت در شهرها نیاز برای سکونتگاه افزایش می‌یابد و شهرها با رشد مکانی مواجه می‌شوند (Shi et al., 2012: 428). در بسیاری از موارد پدیده رشد شهر با عنوان توسعه پراکنده شهری شناخته می‌شود. توسعه پراکنده شهری به توسعه بی‌رویه و بی‌برنامه شهرها اطلاق حادث می‌شود که نه تنها باعث تخریب فضای پیرامون شده بلکه موجب توسعه نامتوازن شهرها می‌شود (Bhat et al., 2017: 516; Sun et al., 2013: 411; بورائی و همکاران، ۱۳۹۱: ۸۲). تبعات متعددی از گسترش شهرها در ابعاد مکانی- فضایی شامل تغییر در کاربری و پوشش اراضی محدوده‌های اطراف شهرها می‌شود که در عصر حاضر بر اساس رویکرد زیست‌محیطی تغییرات کاربری اراضی از عمده نگرانی‌هایی است که مورد توجه جدی قرار گرفته است. چراکه تغییر در کاربری اراضی اطراف شهرها سبب تحول در ساختار اقتصادی شهرها و از بین رفتن پوشش گیاهی و اراضی کشاورزی به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین بنیان‌های تولید در این فضاها می‌شود و همچنین موجب آسیب جدی به سایر منابع آب، زیستگاه‌های حیات وحش، منابع خاک به لحاظ کاهش مواد آلی، تغییر در رطوبت و شور شدن آن، افزایش مصرف انرژی، تشدید پدیده جزایر حرارت شهری، تغییر اقلیم و همچنین اثرات منفی بر سلامت روحی و جسمی ساکنان شهرها می‌گردد (Frumkin., 2002: 203; Rafiee et al., 2013: 433; Thapa et al., 2012: 143; Celik., 2005: 273; Bowen et al., 1991: 45; Wagrowski et al., 1997: 280). به‌طور کلی در بیشتر موارد،

برخورد شهر با زمین‌های کشاورزی به‌طور مستقیم صورت می‌گیرد، مثل زیرپوشش قرار گرفتن بخشی از زمین‌های کشاورزی روستایی برای حمل‌ونقل، لوله‌کشی آب، جاده‌ها، انبارها، واحدهای مسکونی، پایانه‌های مسافربری، کاربری‌های مختلف شهری، پیدا شدن نیازهای جدید و گاهی نیز این برخوردها در کشورهای در حال توسعه مانند ایران به‌طور غیرمستقیم انجام می‌شود که معاملات زمین از آن جمله است (Shafizadeh Moghadam et al., 2013: 143; Goldblatt et al., 2016: 5). امروزه رشد سریع در فناوری‌های سنسور و سیستم اطلاعات جغرافیایی و همچنین پیشرفت در علم رایانه و کاربرد آن در علوم محیطی و برنامه‌ریزی شهری سبب به وجود آمدن روش‌های مدل‌سازی مکانی چون زنجیره مارکوف، سلول خودکار^۱ (Clarke et al., 1997: 250)، شبکه‌های عصبی هوشمند (Pijanowskia et al., 2002: 555) و مدل‌های آماری (Cheng et al., 2003: 210) شده است. در این میان، ترکیب زنجیره مارکوف با سلول خودکار به دلیل داشتن ماهیت دینامیک، توانایی توزیع مکانی تغییرات کاربری اراضی و همچنین خصوصیات منحصر به فرد آن در مدل‌سازی عوارض طبیعی و فیزیکی سطح زمین و انطباق ساده‌تر با داده‌های سنسور از دور و GIS به‌عنوان یکی از ابزارهای حامی تصمیم‌گیری در زمینه‌های برنامه‌ریزی شهری و علوم محیطی در سالیان اخیر در مطالعات زیادی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Herold et al., 2003: 287; Yeh et al., 2002: 454). تاکنون مطالعات زیادی در رابطه با مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی و رشد شهری با زنجیره مارکوف و سلول خودکار انجام شده است که می‌توان به مطالعه Deep و همکاران (۲۰۱۴) اشاره کرد. این محققین به مدل‌سازی رشد شهری با استفاده از زنجیره مارکوف پرداختند. نتایج به‌وضوح نشان می‌دهد که تغییرات عمده بین دوره‌های ۲۰۰۴ و ۲۰۰۹ در کلاس‌های نواحی ساخته‌شده (حدود ۲۷٪) و سپس کشاورزی (۱۷/۷٪) و زمین‌های فرعی (۱۰/۲٪) رخ داده است. در این مطالعه ضریب کاپا مدل مارکوف ۹۱٪ محاسبه

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سرم)
تحلیل و پیش‌بینی روند رشد شهری و تأثیر آن بر کاربری ... / ۱۴۹

سلمی و همکاران (۱۳۹۷) در مطالعه‌ای به ارزیابی پوشش اراضی شهرکرد و پیش‌بینی آینده آن با بهره‌گیری از داده‌های دور سنجی و مدل CA-Markov پرداختند. نتایج نشان داد که اراضی فضای سبز و نواحی شهری در طی دوره مورد مطالعه افزایش یافته و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۱۴۰۵ نواحی شهری ۱۰/۶ درصد افزایش یابد. صالحی و همکاران (۱۳۹۸) روند تغییرات کاربری اراضی را در حوضه آبریز صفا رود رامسر با استفاده از مدل CA-Markov پیش‌بینی کردند. نتایج نشان داد که در فاصله زمانی ۲۰۲۸-۲۰۱۴، اراضی جنگلی و مراتع به ترتیب به میزان ۴/۹۲ و ۱/۷ درصد کاهش خواهند یافت. کاربری مسکونی ۸/۰۴ درصد افزایش و اراضی کشاورزی به مقدار ناچیزی تغییر خواهد داشت که بیانگر تغییرات کاربری به سمت اراضی مسکونی است. بیشتر کشورهای دنیا از جمله ایران سیاست‌های برنامه‌ریزی را برای فائق آمدن بر مشکلات رشد شهری به کار بسته‌اند که این سیاست‌ها شامل پیش‌بینی تغییرات با گرایش به سمت توسعه و گسترش در آینده با استفاده از مدل‌سازی شهری است (خوش‌گفتار و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۹). در طول چند دهه گذشته جمعیت ایران از ۲۷ میلیون نفر در سال ۱۳۳۴ به ۷۹ میلیون در سال ۱۳۹۵ رسیده است (Rajaei *et al.*, 2017: 589 مرکز آمار، ۱۳۹۵). طبق سرشماری سال ۱۳۹۵، ۷۴ درصد از این جمعیت در نقاط شهری زندگی می‌کنند. در سالیان اخیر استان کردستان با متوسط رشد سالانه ۱/۴۲ درصد (۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵) در مقایسه با متوسط رشد سالانه کشور (۱/۲۴ درصد) حدود ۰/۱۸ درصد بیشتر بوده است (مرکز آمار، ۱۳۹۵). که این امر در شهرهای بانه، مریوان و سقز بیشتر نمود پیدا کرده است. بررسی آمار سرشماری نشان می‌دهد که رشد شهری در شهرهای بانه، مریوان و سقز بیشتر از دیگر نواحی بوده است که این امر ضرورت بررسی و پیش‌بینی رشد این نواحی را در ارتباط با تأثیرات منفی آن بر کاربری‌های اراضی اطراف دوچندان می‌کند. از بین رفتن پوشش گیاهی و زمین‌های کشاورزی علاوه بر اینکه تغییرات اقلیمی را به همراه دارد، بر زندگی ساکنان

شد که نشان‌دهنده اعتبار مدل برای پیش‌بینی‌های آینده است. Siddiqui و همکاران (۲۰۱۷) به دینامیک رشد شهری با استفاده از مدل‌های CA-Markov و رگرسیون لجستیک پرداختند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که یکپارچگی سنجش‌ازدور، GIS و مدل‌های رشد، اطلاعات مهمی را در رابطه با فرآیند توسعه شهری برای برنامه‌ریزان شهرها فراهم می‌کند. Aburas و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی توانایی مدل CA-Markov برای شبیه‌سازی روند رشد فضایی موقت شهر با استفاده از یک فرآیند سلسله‌مراتبی تحلیلی پرداختند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که رشد شهر سربان^۱ در کشور نیجریه در آینده افزایش خواهد یافت. و بر اساس مدل مارکف پیش‌بینی می‌شود که مساحت شهر سربان در سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۳۰ به ترتیب حدود ۲۴۲/۱ و ۲۷۸/۱ کیلومتر مربع افزایش یابد. Abdullahi و همکاران (۲۰۱۸) به مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل‌های سلول خودکار و weights-of-evidence در شهر کاجانگ^۲ در مالزی پرداختند. نتایج نشان داد استفاده از این روش‌ها برای مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی نتایج قابل قبولی ارائه می‌کند. Jazouli و همکاران (۲۰۱۹) کاربرد سنجش‌ازدور و GIS را در مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی و تأثیر آن بر فرسایش خاک را در حوضه اوم^۳ رودخانه اریبا^۴ در مراکش را بررسی کردند. نتایج نشان داد استفاده از CA-Markov و RUSLE در ترکیب با سنجش‌ازدور و GIS یک روش مناسب برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و اندازه‌گیری دقیق مقدار فرسایش خاک در آینده است. شمسی‌پور و همکاران (۱۳۹۶) در تحقیقی به پایش روند تغییرات پوشش زمین در شهر کرمانشاه با استفاده از مدل CA-Markov پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که مقدار زیادی از مساحت کلاس‌های مناطق کوهستانی، پوشش گیاهی، صخره‌ای و سطوح آبی به کاربری شهری تبدیل خواهند شد. کیانی

1 - Sermban

2 - Kajang

3 - Oum

4- Er Rbia

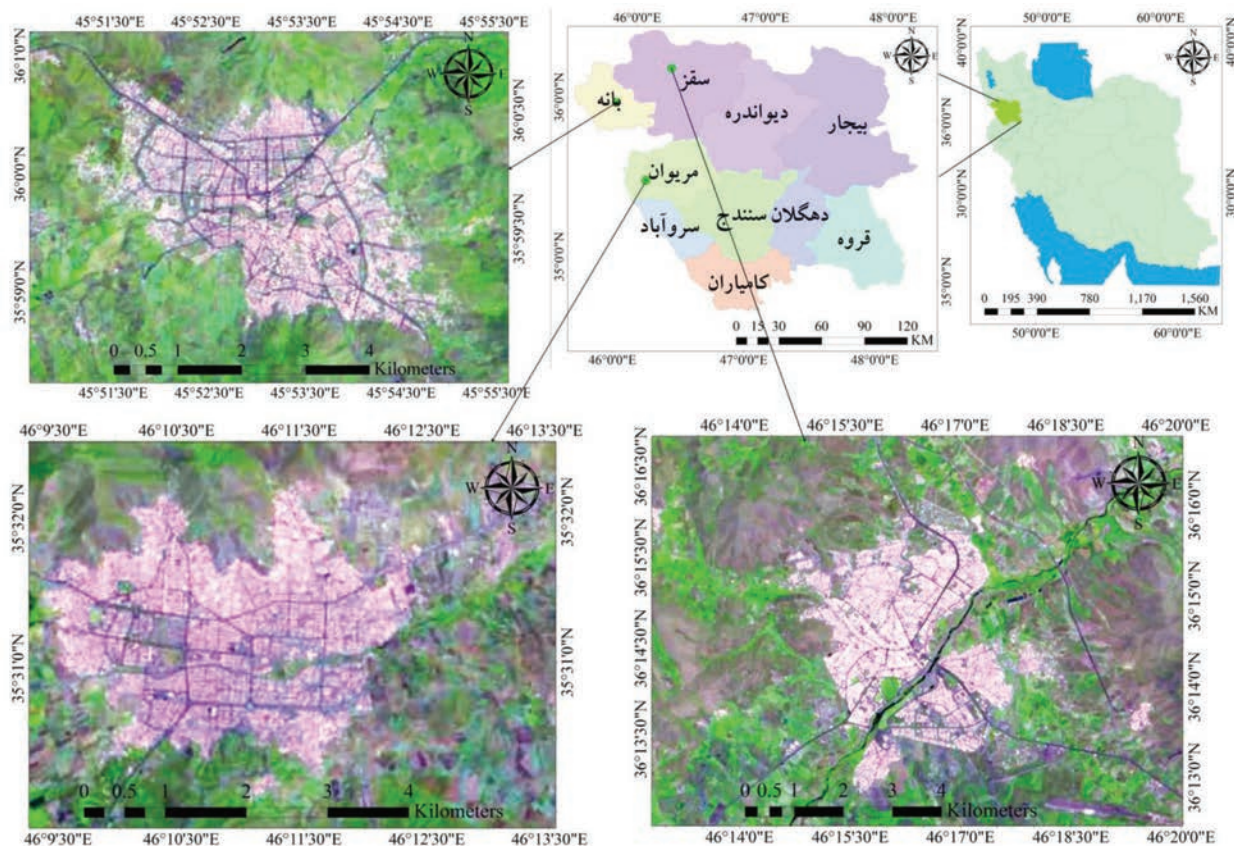
جغرافیایی و جمعیت این نواحی در جدول ۱ و نگاره ۱ نشان داده شده است. در نگاره ۱ موقعیت جغرافیایی نواحی شهری به صورت بصری نشان داده شده است و در جدول ۱ اطلاعات طول و عرض جغرافیایی و جمعیت نواحی شهری طی دوره‌های سرشماری ارائه شده است. بررسی آمار جمعیتی این نواحی نشان می‌دهد که از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۶ حدود ۹۸۳۹۲، ۱۴۶۱۴۹ و ۸۷۰۴۴ نفر به ترتیب به جمعیت شهرهای بانه، مریوان و سقز افزوده شده است (مرکز آمار، ۱۳۹۵). رشد جمعیت موجب افزایش ساخت‌وساز در یک ناحیه می‌شود و این مسئله باگذشت زمان توسعه فیزیکی نواحی شهری را موجب می‌شود. رشد مکانی نواحی شهری چنانچه بدون برنامه‌ریزی باشد موجب تخریب کاربری اراضی اطراف شهرها می‌شود (Shi et al., 2000:573; Grimm et al., 2012:427). بنابراین به منظور برنامه‌ریزی صحیح در این

یک ناحیه تأثیرات مستقیم می‌گذارد لذا ضرورت ارزیابی و پیش‌بینی رشد شهرها و آگاهی از جهت رشد این نواحی به منظور برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح لازم و ضروری است. در راستای همین امر اهداف مطالعه حاضر عبارت است از: ۱- بررسی و ارزیابی تغییرات رشد شهرهای بانه، مریوان و سقز در بازه‌ی زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۷. ۲- پیش‌بینی رشد این شهرها تا سال ۲۰۳۲. ۳- بررسی میزان تأثیر رشد این شهرها بر کاربری اراضی اطراف در بازه‌ی زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۳۲ است.

۲- داده‌ها و روش‌شناسی

۲-۱- مناطق مورد مطالعه

نواحی مورد مطالعه در این پژوهش شهرهای بانه، مریوان و سقز در استان کردستان هستند که موقعیت



نگاره ۱: موقعیت جغرافیایی نواحی مورد مطالعه

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سیر)
تحلیل و پیش‌بینی روند رشد شهری و تأثیر آن بر کاربری ... / ۱۵۱

جدول ۱: مشخصات نواحی مورد مطالعه

شهر	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	جمعیت			
			۱۹۸۶	۱۹۹۶	۲۰۰۶	۲۰۱۶
بانه	۴۵° ۵۲'E	۳۵° ۵۹' N	۱۶۹۳۳	۵۵۴۳۳	۶۹۶۳۵	۱۱۵۳۲۵
مریوان	۴۶° ۱۰'E	۳۵° ۳۱' N	۵۰۳۹	۶۰۴۵۹	۹۱۶۶۴	۱۵۱۱۸۸
سقز	۴۶° ۱۶'E	۳۶° ۱۴' N	۸۱۳۱۵	۱۱۵۳۹۴	۱۳۱۳۴۹	۱۶۸۳۵۹

(منبع: نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ مرکز آمار ایران)

جدول ۲: مشخصات داده‌های مورد استفاده در پژوهش

تاریخ	ردیف/گذر	منبع	داده
۱۹۸۷/۰۵/۱۶ ۲۰۰۲/۰۶/۱۰ ۲۰۱۷/۰۵/۲۶	۳۵/۱۶۸	سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده	تصاویر لندست ۵، ۷ و ۸
۱۹۸۷، ۲۰۰۲ ۲۰۱۷	-	سرشماری عمومی نفوس و مسکن مرکز آمار ایران	داده‌های جمعیتی
۱۹۸۷، ۲۰۰۲ ۲۰۱۷	-	تهیه‌شده در اداره منابع طبیعی استان کردستان و سازمان نقشه‌برداری کشور	نقشه‌های کاربری اراضی
۱۹۸۷، ۲۰۰۲ ۲۰۱۷	-	سازمان نقشه‌برداری کشور	نقشه‌ی توپوگرافی
۱۹۸۷، ۲۰۰۲ ۲۰۱۷	-	گوگل ارث	تصاویر گوگل ارث
۲۰۱۷	-	سازمان نقشه‌برداری	داده‌های کنترل زمینی

نواحی لازم است که رشد نواحی شهری و تأثیر آن بر کاربری اراضی مورد مطالعه قرار گیرند و همچنین به منظور کاهش اثرات مخرب رشد شهری بر کاربری اراضی و ظهور پیامدهای اجتماعی و اقتصادی نواحی شهری در برنامه‌ریزی‌های آینده لازم است رشد این نواحی مدل‌سازی شده تا برنامه‌ریزان بتوانند با استفاده از آن جهات توسعه شهر را به مسیرهای بهینه و مناسب هدایت نموده و تخریب اراضی ناشی از رشد شهر را به حداقل برسانند.

نواحی لازم است که رشد نواحی شهری و تأثیر آن بر کاربری اراضی مورد مطالعه قرار گیرند و همچنین به منظور کاهش اثرات مخرب رشد شهری بر کاربری اراضی و ظهور پیامدهای اجتماعی و اقتصادی نواحی شهری در برنامه‌ریزی‌های آینده لازم است رشد این نواحی مدل‌سازی شده تا برنامه‌ریزان بتوانند با استفاده از آن جهات توسعه شهر را به مسیرهای بهینه و مناسب هدایت نموده و تخریب اراضی ناشی از رشد شهر را به حداقل برسانند.

نواحی لازم است که رشد نواحی شهری و تأثیر آن بر کاربری اراضی مورد مطالعه قرار گیرند و همچنین به منظور کاهش اثرات مخرب رشد شهری بر کاربری اراضی و ظهور پیامدهای اجتماعی و اقتصادی نواحی شهری در برنامه‌ریزی‌های آینده لازم است رشد این نواحی مدل‌سازی شده تا برنامه‌ریزان بتوانند با استفاده از آن جهات توسعه شهر را به مسیرهای بهینه و مناسب هدایت نموده و تخریب اراضی ناشی از رشد شهر را به حداقل برسانند.

۲-۲- داده‌ها و نرم‌افزارهای مورد استفاده

در جدول (۲) مشخصات داده‌های مورد استفاده در این مطالعه ذکر شده است. تصاویر ماهواره‌ی لندست به منظور ارزیابی نحوی استفاده از زمین مفیدند لذا به منظور طبقه‌بندی و استخراج تغییرات کاربری اراضی و پیش‌بینی رشد شهرهای مورد مطالعه از تصاویر سنجنده‌های TM، ETM+ و TIRS/OLI ماهواره‌ی لندست مربوط به سال‌های ۱۹۸۷،

همچنین با شناخت کامل از مناطق مورد مطالعه و با رعایت همپوشانی در سراسر مناطق مورد مطالعه جمع آوری شدند و در ادامه با اعمال الگوریتم حداکثر احتمال تصاویر لندست در پنج کلاس طبقه‌بندی شدند (جدول ۳). استفاده از بازدیدهای میدانی و داده‌های جانبی مانند نقشه‌های کاربری اراضی و تصاویر گوگل ارث در طبقه‌بندی تصاویر موجب می‌شود درصد خطا در فرایند طبقه‌بندی کاهش یابد و نتایج با دقت بیشتری ارائه شود، (Tilahun et al, 2015:194; Wibowo et al, 2016:4; Malarvizhi et al, 2016:1839; Tilahun, et al. 2015:87; Sophia, et al. 2017:617; Megahed, et al, 2015:1755; al: کیانی و همکاران، 1393: 55).

جدول ۳: کاربری‌های طبقه‌بندی شده در تصاویر

کلاس	کاربری
پهنه‌های آب	آب‌های سطحی (دریاچه، رودخانه، مخازن سد، تالاب‌ها و غیره)
نواحی شهری	نواحی شهری
پوشش گیاهی	مراعت، جنگل و پوشش‌های سبز
زمین‌های کشاورزی	شامل اراضی کشاورزی اعم از اراضی آبی، دیم و باغات و...
نواحی بایر	زمین‌ها بایر، صخره‌ها، کوه‌ها و نواحی بدون پوشش اطراف شهرها

بعد از استخراج نقشه‌های کاربری اراضی به منظور آشکارسازی تغییرات کاربری زمین که یک فرایند شناسایی تغییرات ایجاد شده در کاربری‌های زمین در یک بازه زمانی مشخص است، عملیات آشکارسازی تغییرات با استفاده از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی انجام شد (Galdavi et al., 2013:341; گلدای و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۰۱).

۲-۳-۲- ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر شهرهای بانه، مریوان و سقز

بررسی صحت طبقه‌بندی تصاویر در این مطالعه با استفاده نقاط کنترل زمینی (جمع‌آوری شده با استفاده از GPS) انجام گرفت. این داده‌ها از سازمان نقشه‌برداری کشور

به منظور تشخیص طبقات مختلف کاربری اراضی به شمار می‌رود. نقشه‌های توپوگرافی و داده‌های کنترل زمین نیز با توجه به اینکه بیشتر از طریق مطالعات میدانی تهیه می‌شوند استفاده از این داده‌ها برای پیش‌پردازش تصاویر و ارزیابی نتایج گامی مؤثر به شمار می‌رود و باعث می‌شود که نتایج با دقت بیشتری ارائه گردد.

۲-۳-۲- روش تحقیق

۲-۳-۲-۱- طبقه‌بندی تصاویر شهرهای بانه، مریوان و سقز و آشکارسازی تغییرات

اولین گام در پردازش تصاویر تصحیح خطاهای رادیومتریکی، هندسی و اتمسفری تصاویر است (Richards et al, 2006: 442). در این مطالعه به منظور تصحیح هندسی تصاویر و رفع خطاهای احتمالی ابتدا با استفاده از ۲۰ نقطه کنترل جمع‌آوری شده از نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ تصویر سال ۲۰۱۷ در نرم‌افزار ARCGIS10.4 با خطای میانگین مربعات (RMSE) کمتر از ۰/۵ پیکسل زمین مرجع گردید. سپس با استفاده از تصویر سال ۲۰۱۷ تصاویر سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۲ نیز با استفاده از روش image to image در نرم‌افزار ENVI5.3 زمین مرجع شدند و مختصات تصاویر به مختصات واقعی زمین (WGS_1984_UTM_) Zone_38N تبدیل شدند (Amini Parsa et al., 2016:4; Pal et al., 2017:132). همچنین به منظور تصحیح رادیومتریکی ابتدا تصاویر به رادیانس^۱ تبدیل شدند و با اعمال الگوریتم FLAASH^۲ تصحیح اتمسفری تصاویر در محیط نرم‌افزار ENVI5.3 انجام گرفت. این الگوریتم برای ارزیابی مقادیر بازتابی از رادیانس تصاویر چند طیفی توصیه شده است (Dube et al, 2014; 83). بعد از تصحیحات لازم، جهت انجام عملیات طبقه‌بندی لازم است که داده‌های آموزشی جمع‌آوری شود. در این مطالعه داده‌های آموزشی با استفاده از بازدیدهای میدانی، نقشه‌های کاربری اراضی، تصاویر گوگل ارث و

1 -Radiance

2 - Fast Line of sight Atmospheric Analysis of Hypercube

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (۱۳۸۳)
تحلیل و پیش‌بینی روند رشد شهری و تأثیر آن بر کاربری ... / ۱۵۳

در این مطالعه ابتدا نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۷ با استفاده از ماتریس احتمال انتقال نقشه‌های کاربری‌های اراضی در سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۲ شبیه‌سازی شد و سپس نقشه شبیه‌سازی شده با نقشه واقعی کاربری اراضی سال ۲۰۱۷ اعتبارسنجی شد و در ادامه از ماتریس احتمال انتقال تصاویر سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۱۷ برای مدل‌سازی نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۳۲ استفاده شد و همچنین برای تعیین وزن مناسب پیکسل‌ها از فیلتر ۵*۵ استفاده شد (Yang et al., 2017:25; Goldblatt et al., 2016:15)

۲-۳-۴- اعتبارسنجی مدل پیش‌بینی

پیرو مطالعات پیشین (Surabuddin Mondal et al., 2016:263; Memarian et al., 2012:248; Omar et al., 2014:10; Hendrik Prinz et al., 2011:14) در این مطالعه اعتبارسنجی مدل CA-Markov در نرم‌افزار IDRISI TerrSet و با استفاده از ماژول Validate انجام شد. ماژول Validate یک تحلیل جامع آماری را ارائه می‌دهد و در واقع درصد انطباق کمیت و مکان سلول‌ها را در هر کلاس از نقشه‌های کاربری اراضی ارزیابی می‌کند و میزان شباهت نقشه شبیه‌سازی شده را با نقشه واقعی از لحاظ مساحت کاربری‌ها، نوع کاربری‌ها و مکان کاربری‌ها مورد بررسی قرار می‌دهد و نتایج بررسی را در قالب چهار ضریب کاپا K standard, K location Strata, K location, Kno ارائه می‌کند. در این آزمون K no نسبت طبقه‌بندی صحیح نسبی را به طبقه‌بندی صحیح پیش‌بینی شده توسط شبیه‌سازی بدون توجه به یک دقت ویژه بیان می‌کند، K location نشان می‌دهد که چقدر از سلول‌های شبکه در موقعیت‌های صحیح خود قرار گرفته‌اند، K location strata بیان‌کننده‌ی میزان سلول‌هایی از شبکه است که به درستی طبقه‌بندی شده‌اند، K standard نسبت صحت واقعیت زمینی یک رویداد را به صحت پیش‌بینی مورد انتظار نشان می‌دهد، (Pointius et al., 2000:1012)

در این مطالعه بعد از ارزیابی دقت نقشه کاربری اراضی در سال ۲۰۱۷ با استفاده از داده‌های کنترل زمین (جمع‌آوری شده با استفاده از GPS) و اطمینان از معتبر

دریافت گردیدند و بر اساس روابط (۱ و ۲) صحت کلی، صحت کاربری، صحت تولید شده و ضرایب کاپای نقشه‌های طبقه‌بندی شده استخراج گردیدند (درویشی و همکاران، ۱۳۹۱:۲۳).

$$OA = \frac{1}{N(\sum P_{ij})} \quad (1)$$

$$k = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ji} - \sum_{i=1}^r (x_i + x+i)}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_i + x+i)} \quad (2)$$

در رابطه (۱)، OA صحت کلی، N تعداد کل پیکسل‌ها و $\sum P_{ij}$ مجموع پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده و در رابطه ۲، r تعداد سطرها و ستون‌ها در ماتریس ابهام، x_iz ماتریس ابهام، x_i+ و x_i+ به ترتیب مجموع کل سطر i و ستون z و N تعداد کل پیکسل‌ها است (Mather et al., 2009: 320; Smith et al., 1999:1464).

۲-۳-۳- مدل‌های زنجیره‌ی مارکوف و سلول خودکار

زنجیره مارکوف یک مدل فرآیند تصادفی است که احتمال تغییر در یک حالت را به دیگری، یعنی از یک نوع کاربری زمین به دیگری را با استفاده از یک ماتریس احتمالی گذار توصیف می‌کند و هر تغییر حالت به عنوان یک گام تعریف می‌شود (Glenn, et al, 1993:323; Cabral, et al, 2009:194; Zhang et al. 2011:928) ادغام حالت‌های همسایه از طریق ترکیبی از رویکردهای Markov و Cellular Automata (CA-Markov) می‌تواند مدل‌هایی را که الگوهای پیچیده طبیعی را توصیف می‌کنند، بهبود دهد (Guan et al., 2011:3767; Wassenaar et al., 2007:88; Berberoglu et al., 2016:18)

$$\sum_{i=1}^m P_{ij} = 1_i = 2, \dots, m$$

$$P = (P_{ij}) = P \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{1m} \\ P_{21} & P_{22} & P_{2m} \\ P_{m1} & P_{n2} & P_{mm} \end{pmatrix}$$

در رابطه (۳)، P_{ij} = احتمال انتقال یک پیکسل از یک کاربری به کاربری دیگر، m = نوع کاربری در منطقه است مقادیر ارزش P_{ij} بین ۰-۱ است (Quintero et al., 2016:5).

جدول ۴: گزارش صحت طبقه‌بندی تصاویر (درصد)

شهر	سال	صحت کلی	صحت کاربر					صحت تولیدکننده					ضریب کاپا
			۱	۲	۳	۴	۵	۱	۲	۳	۴	۵	
بانه	۱۹۸۷	۹۰	۸۰	۸۵	۱۰۰	۸۵	۹۰	۱۰۰	۸۴	۸۵	۱۰۰	۸۶	۸۶
	۲۰۰۲	۸۶	۷۵	۸۵	۹۱	۸۵	۸۷	۱۰۰	۸۴	۷۵	۹۰	۸۱	۸۱
	۲۰۱۷	۹۶	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۸۸	۱۰۰	۱۰۰	۸۸	۱۰۰	۱۰۰	۹۵	۹۵
مریوان	۱۹۸۷	۹۰	۱۰۰	۸۷	۹۰	۸۷	۸۱	۸۷	۸۳	۸۷	۸۳	۸۵	۸۵
	۲۰۰۲	۹۳	۱۰۰	۸۷	۸۷	۸۰	۸۹	۸۰	۸۷	۱۰۰	۱۰۰	۹۰	۹۰
	۲۰۱۷	۹۳	۱۰۰	۸۷	۸۸	۱۰۰	۸۸	۱۰۰	۸۸	۸۸	۱۰۰	۹۰	۹۰
سقز	۱۹۸۷	۹۳	۸۵	۱۰۰	۸۷	۹۰	۹۰	۱۰۰	۸۷	۱۰۰	۸۵	۹۱	۹۱
	۲۰۰۲	۹۰	۸۳	۹۰	۱۰۰	۸۸	۸۵	۸۸	۱۰۰	۹۰	۸۳	۸۶	۸۶
	۲۰۱۷	۸۶	۸۰	۸۸	۸۷	۸۷	۱۰۰	۸۷	۸۷	۱۰۰	۸۷	۸۳	۸۳

راهنمای جدول: ۱ = پهنه‌های آبی، ۲ = نواحی شهری، ۳ = پوشش گیاهی، ۴ = زمین‌های کشاورزی، ۵ = نواحی بایر

جدول ۵: مساحت و تغییرات کاربری‌های اراضی در شهر بانه (هکتار)

سال / کلاس کاربری	پهنه‌های آبی	درصد	نواحی شهری	درصد	پوشش گیاهی	درصد	زمین‌های کشاورزی	درصد	نواحی بایر	درصد
۱۹۸۷	۴/۷۹	۰/۰۰۳	۱۴۸/۹۳	۰/۰۹	۸۲۰۹۶/۲	۵۲/۵۷	۴۶۷۹۷/۲	۲۹/۹۶	۲۷۱۰۲	۱۷/۳۵
۲۰۰۲	۴۴/۲۰	۰/۰۲	۲۳۰/۹۷	۰/۱۴	۷۱۱۰۶/۳	۴۵/۵۳	۵۲۰۵۶/۶۵	۳۳/۳۳	۳۲۷۱۱	۲۰/۹۴
۲۰۱۷	۶۹/۷۳	۰/۰۴	۱۸۸۲/۵۹	۱/۲۰	۵۵۰۶۶/۲	۳۵/۲۶	۶۲۹۶۵/۴	۴۰/۳۲	۳۶۱۶۵/۲	۲۳/۱۶
تغییرات (۱۹۸۷ تا ۲۰۱۷)	۶۴/۹۴	۰/۰۳	۱۷۳۳/۶۶	۱/۱۱	-۲۷۰۳۰	-۱۷/۳۱	۱۶۱۷۳/۲	۱۰/۳۶	۹۰۶۳۲/۲	۵/۸۱

جدول ۶: مساحت و تغییرات کاربری‌های اراضی در شهر مریوان (هکتار)

سال / کلاس کاربری	پهنه‌های آبی	درصد	نواحی شهری	درصد	پوشش گیاهی	درصد	زمین‌های کشاورزی	درصد	نواحی بایر	درصد
۱۹۸۷	۸۰۸/۷۸	۰/۳۴	۳۷/۳۰	۰/۰۱	۱۳۰۱۴۶	۵۶/۱۶	۶۵۷۶۹	۲۸/۳۸	۳۴۹۴۹/۹	۱۵/۰۸
۲۰۰۲	۸۵۶/۵۶	۰/۳۶	۳۲۲/۶۲	۰/۱۳	۱۲۵۷۱۱	۵۴/۲۵	۶۲۷۴۳/۳	۲۷/۰۷	۴۲۰۷۷/۵	۱۸/۱۵
۲۰۱۷	۱۴۲۶/۵۵	۰/۶۱	۲۳۷۸/۰۳	۱/۰۲	۵۱۲۱۱/۹	۲۲/۱۰	۶۶۰۵۶/۵	۲۸/۵۰	۱۱۰۶۳۸	۴۷/۷۴
تغییرات (۱۹۸۷ تا ۲۰۱۷)	۶۱۷/۷۷	۰/۲۷	۲۳۴۰/۷۳	۱/۰۱	-۷۸۹۳۴/۱	-۳۴/۰۶	۲۸۷/۵	۰/۱۲	۷۵۶۸۸/۱	۳۲/۶۶

جدول ۷: مساحت و تغییرات کاربری‌های اراضی در شهر سقز (هکتار)

سال / کلاس کاربری	پهنه‌های آبی	درصد	نواحی شهری	درصد	پوشش گیاهی	درصد	زمین‌های کشاورزی	درصد	نواحی بایر	درصد
۱۹۸۷	۲۸۱۰/۹۱	۰/۶۲	۳۵۸/۲۵	۰/۰۸	۲۱۰۶۷۱	۴۷/۱۳	۱۲۹۶۷۴	۲۹/۰۱	۱۰۳۴۲۳/۳	۲۳/۱۴
۲۰۰۲	۲۵۸۸/۶	۰/۵۷	۵۱۱/۵۵	۰/۱۱	۱۷۳۷۱۵/۷۱	۳۸/۸۶	۱۸۹۵۲۲	۴۲/۴۰	۸۰۵۹۹/۶	۱۸/۰۳
۲۰۱۷	۳۵۷۳/۵	۰/۷۹	۲۱۴۰/۰۶	۰/۴۷	۶۹۳۹۵/۹	۱۵/۵۲	۲۵۹۴۴۱	۵۸/۰۴	۱۱۲۳۸۷	۲۵/۱۴
تغییرات (۱۹۸۷ تا ۲۰۱۷)	۷۶۲/۵۹	۰/۱۷	۱۷۸۱/۸۱	۰/۳۹	-۱۴۱۲۷۵/۵	-۳۱/۶۱	۱۲۹۷۶۷	۲۹/۰۳	۸۹۶۳/۷	۲

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (SID)
 تحلیل و پیش‌بینی روند رشد شهری و تأثیر آن بر کاربری ... / ۱۵۵

می‌دهد که اراضی پوشش گیاهی طی دوره‌ی ۳۰ ساله (۱۹۸۷ تا ۲۰۱۷) حدود ۱۷/۳۱ درصد کاهش و اراضی زمین‌های کشاورزی، نواحی شهری، زمین‌های بایر و پهنه‌های آبی در همین بازه‌ی زمانی به ترتیب ۱۰/۳۶، ۵/۸۱، ۱/۱۱ و ۰/۰۳ درصد افزایش یافته است (جدول ۵). آمار تغییرات کاهشی و افزایشی کاربری اراضی در شهرهای مریوان و سقز با توجه به مساحت بیشتر این نواحی نسبت به شهر بانه، بیشتر است و بررسی تغییرات کاربری‌ها در شهر مریوان نشان می‌دهد که همانند شهر بانه کاربری پوشش گیاهی تغییرات کاهشی و کاربری‌های زمین‌های کشاورزی، نواحی شهری، نواحی بایر و پهنه‌های آب روند افزایشی داشته است و این روند در شهر سقز نیز مشاهده می‌شود. تغییرات کاهشی پوشش گیاهی در شهرهای مریوان و سقز در بازه‌ی زمانی ۳۰ سال (۱۹۸۷ تا ۲۰۱۷) به ترتیب ۳۴/۰۶ و ۳۱/۶۱ درصد بوده است. همچنین میزان تغییرات افزایشی کاربری‌های زمین‌های کشاورزی، نواحی شهری، نواحی بایر و پهنه‌های آب در شهر مریوان به ترتیب ۱۲/۰۱، ۱/۰۱، ۳۲/۶۶ و ۰/۲۷ درصد و در شهر سقز ۲۹/۰۳، ۰/۳۹، ۲ و ۰/۱۷ درصد بوده است (جدول ۶ و ۷).

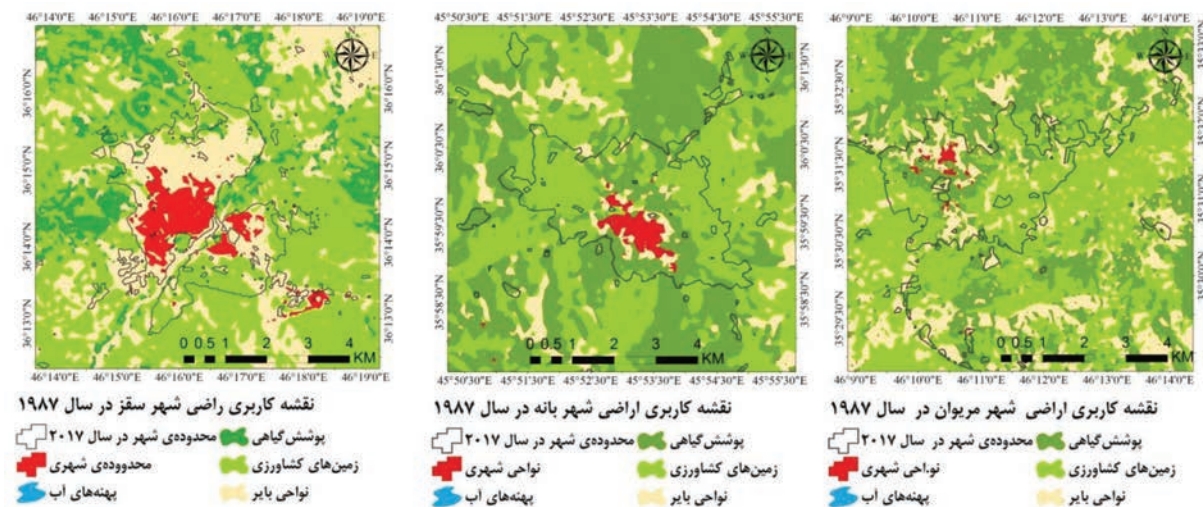
ارزیابی و مشخص نمودن تبدیل کاربری‌های اراضی به نواحی شهری در نرم‌افزار IDRISI TerrSet با محاسبه ضریب کاپای تبدیلات انجام شد (Shalaby et al., 2007:32).

بودن نقشه واقعی کاربری اراضی سال ۲۰۱۷، از این نقشه برای اعتبارسنجی نقشه شبیه‌سازی شده که با استفاده از مدل CA-Markov برای سال ۲۰۱۷ تهیه گردیده است، استفاده شد. بدین صورت که از نقشه واقعی کاربری اراضی سال ۲۰۱۷ به عنوان نقشه مرجع بهره گرفته شد و از طریق مقایسه نقشه شبیه‌سازی شده سال ۲۰۱۷ با نقشه واقعی اعتبارسنجی انجام گرفت.

۳ - نتایج و بحث

قبل از ارائه نتایج لازم است نتایج دقت طبقه‌بندی تصاویر مورد بررسی قرار گیرد. مطابق نتایج به دست آمده، دقت تصاویر طبقه‌بندی شده شامل صحت کلی، صحت کاربر، صحت تولید شده و ضرایب کاپای نقشه‌های کاربری اراضی بالای ۸۰ درصد بوده که این نتایج گویای معتبر بودن نقشه‌های کاربری اراضی مناطق مورد مطالعه است (جدول ۴). بعد از بررسی صحت کلی نقشه‌های کاربری اراضی میزان تغییرات نواحی شهری و تأثیر آن بر تغییرات کاربری اراضی در طی دوره‌های مورد مطالعه بررسی شد.

۳-۱- بررسی تغییرات کاربری اراضی و تأثیر رشد نواحی شهری بر کاربری‌های اراضی در شهرهای بانه، مریوان و سقز
 بررسی نقشه‌های کاربری اراضی در شهر بانه نشان



نگاره ۲: نقشه کاربری اراضی مناطق مورد مطالعه در سال ۱۹۸۷ و محدوده‌ی شهرهای بانه، مریوان و سقز در سال ۲۰۱۷

بوده است و نتایج گویای تخریب بیشتر اراضی در این نواحی است.

توسعه فیزیکی بدون برنامه و در چند جهت خاص موجب تخریب بیشتر اراضی خواهد شد اما چنانچه رشد فیزیکی شهر با برنامه‌ریزی صحیح صورت گیرد تخریب اراضی به حداقل می‌رسد که این امر در شهر سقز بهتر از شهرهای بانه و مریوان مشاهده می‌شود (نگاره ۲) و زمانی که تخریب کاربری‌های اراضی در یک ناحیه کمتر باشد تأثیرات مخرب تغییرات کاربری اراضی مانند آلودگی منابع آب و خاک، افزایش دمای سطح زمین و تشدید پدیده جزایر حرارتی، تغییر اقلیم، از بین رفتن تنوع زیستی و بسیاری از مشکلات اجتماعی و اقتصادی دیگر نیز کمتر خواهد بود (درویشی و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۴۴).

جدول ۸: مساحت کاربری‌های تبدیل شده به نواحی شهری (هکتار)

دوره / شهرها	تبدیل پوشش گیاهی به نواحی شهری	تبدیل زمین‌های کشاورزی به نواحی شهری	تبدیل زمین‌های بایر به نواحی شهری
دوره ۱۹۸۷-۲۰۱۷	۸۰۱	۷۷۲/۲۹	۲۰۳/۷۶
بانه	۸۰۱	۷۷۲/۲۹	۲۰۳/۷۶
مریوان	۸۹۷/۳۹	۷۹۰/۳۸	۶۷۹/۹۵
سقز	۱۲۱/۵۰	۵۰۹/۰۴	۱۲۴۹/۲۹

۲-۳- مدل‌سازی رشد شهرهای بانه، مریوان و سقز
قبل از شروع فرایند مدل‌سازی لازم است با استفاده از نقشه واقعی کاربری اراضی سال ۲۰۱۷، نقشه شبیه‌سازی شده سال ۲۰۱۷ اعتبارسنجی شود و دقت مدل مورد بررسی قرار گیرد. اعتبارسنجی نتایج مدل در این مطالعه گویای معتبر بودن مدل با توجه به ضرایب کاپای بالای ۸۰ درصد است (جدول ۹).

جدول ۹: نتایج ضریب کاپا مدل زنجیره مارکوف

ضریب کاپا	بانه	مریوان	سقز
no K	%85	%87	%84
location K	%87	%86	%85
Strata location K	%87	%86	%85
standard K	%83	%84	%80

نتایج بررسی تبدیل کاربری‌ها به نواحی شهری با ضریب کاپای ۸۴، ۸۰ و ۸۹ به ترتیب برای شهرهای بانه مریوان و سقز نشان می‌دهد این رشد شهر در این نواحی بر کاربری‌های اراضی تأثیرات منفی گذاشته است (نگاره ۲). بررسی انجام شده حاکی از آن است که رشد شهرهای بانه و مریوان بیشترین تأثیر را بر کاربری‌ها پوشش گیاهی و زمین‌های کشاورزی داشته است و طی دوره ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۷ حدود ۸۰۱ و ۸۹۷/۳۹ هکتار از اراضی پوشش گیاهی به ترتیب در شهرهای بانه و مریوان به نواحی شهری تبدیل شده است همچنین میزان تبدیل اراضی کشاورزی به نواحی شهری در شهر بانه ۷۷۲/۲۹ هکتار در شهر مریوان حدود ۷۹۰/۳۸ هکتار بوده است و در این نواحی تخریب اراضی پوشش گیاهی و زمین‌های کشاورزی به نواحی شهری بیشتر از نواحی بایر بوده که این روند برای شهر سقز برعکس بوده است. به عبارت دیگر در منطقه مورد مطالعه نواحی بایر بیشتر از اراضی پوشش گیاهی و زمین‌های کشاورزی به نواحی شهری تبدیل شده است و حدود ۱۲۴۹/۲۹ هکتار از زمین‌های بایر به نواحی شهری تبدیل شده است که این میزان برای کاربری پوشش گیاهی، ۱۲۱/۵۰ هکتار و برای اراضی کشاورزی ۵۰۹/۰۴ هکتار بوده است (جدول ۸). وجود دریاچه زریبار در غرب و دامنه‌های پرشیب در جهات شمال و شمال شرق و به دلیل عدم برنامه‌ریزی صحیح در این ناحیه بسیاری از زمین‌های کشاورزی و اراضی پوشش گیاهی بخش‌های جنوب و شرق، به نواحی شهر تبدیل شود.

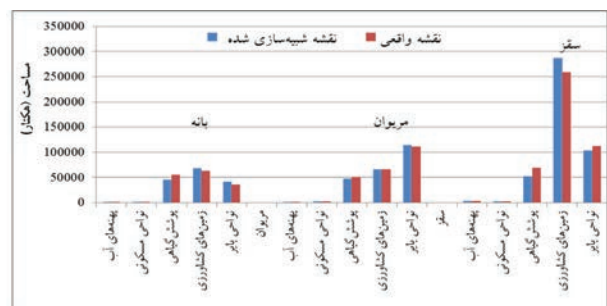
از طرفی شهر سقز کمترین میزان تخریب کاربری‌های پوشش گیاهی و زمین‌های کشاورزی را به نواحی شهری داشته که این به دلیل رشد شهر سقز در چهار جهت جغرافیایی بوده است. رشد این شهر از لحاظ تخریب اراضی پوشش گیاهی و زمین‌های کشاورزی بهتر از شهرهای مریوان و بانه صورت گرفته چرا که رشد شهر سقز بیشتر زمین‌های بایر را تحت تأثیر قرار داده است. رشد شهرهای بانه و مریوان به ترتیب بیشتر در جهات شمال شرق و شرق

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (SID)
 تحلیل و پیش‌بینی روند رشد شهری و تأثیر آن بر کاربری ... / ۱۵۷

به کاهش آب رودخانه‌ها و منابع آبی دیگر در این نواحی است و با خشک شدن منابع آبی، این منابع به نواحی بایر تبدیل شده‌اند و امر ضرورت برنامه‌ریزی را در منابع آبی این ناحیه نشان می‌دهد. رشد نواحی شهری در این دوره موجب رشد زمین‌های کشاورزی شده است. رشد جمعیت نیاز به مصرف مواد غذایی و محصولات کشاورزی دارد لذا این مسئله موجب تبدیل اراضی پوشش گیاهی و نواحی بایر به زمین‌های کشاورزی در سه شهر بانه، مریوان و سقز شده است که این امر در دو شهر بانه و سقز مشهودتر بوده است. در دوره‌ی پیش‌بینی شده (۲۰۱۷ تا ۲۰۳۲) نیز تبدیل اراضی پوشش گیاهی به زمین‌های کشاورزی در شهرهای سقز و مریوان به ترتیب ۰/۶۲۵۷ و ۰/۲۷۶۸ درصد خواهد بود که این میزان در مقایسه با دوره‌ی قبل (۱۹۸۷ تا ۲۰۰۲) بیشتر بوده است (جدول ۱۰، ۱۱ و ۱۲). همچنین تبدیل این اراضی برای شهر بانه حدود ۰/۲۱۱۲ درصد خواهد بود که نسبت به دوره‌ی قبل کمتر بوده است. از طرف دیگر روند تبدیل اراضی کشاورزی به پوشش گیاهی در سه شهر بانه، مریوان و سقز در مقایسه با دوره‌ی قبل کمتر خواهد بود. به‌طور کلی نقشه‌های کاربری اراضی در شهر بانه برای سال ۲۰۳۲ نشان‌دهنده‌ی روند رشد کاربری‌های شهری، نواحی بایر و زمین‌های کشاورزی و روند کاهش کاربری‌های آب و پوشش گیاهی است. به‌عبارت‌دیگر کاربری‌های نواحی شهری، بایر و زمین‌های کشاورزی نسبت به سال ۲۰۱۷ به ترتیب ۲۵/۱۰، ۰/۴۶ و ۴/۱۸ درصد رشد و از طرفی دیگر کاربری‌های پوشش گیاهی و پهنه‌های آب نیز به در همین دوره‌ی زمانی به ترتیب ۶/۸۵ و ۲۵/۸۸ درصد کاهش خواهند داشت (جدول ۱۳). همچنین این نتایج برای شهرهای مریوان و سقز نشان می‌دهد که اراضی پوشش گیاهی و زمین‌های کشاورزی روند کاهش و اراضی شهری و نواحی بایر روند افزایشی را نسبت به سال ۲۰۱۷ خواهند داشت. میزان تغییرات کاهش اراضی پوشش گیاهی و زمین‌های کشاورزی به ترتیب ۲۱۲۷۵/۳ و ۱۳۱۲۹/۳ هکتار (در شهر مریوان) و ۱۰۶۱۵/۹ و ۱۰۰۷۲ هکتار (در

۳-۲-۱- مساحت شهرهای بانه، مریوان و سقز در نقشه شبیه‌سازی و نقشه واقعی

مساحت شهرهای بانه، سقز و مریوان در نقشه‌های شبیه‌سازی شده و واقعی در سال ۲۰۱۷ نشان‌دهنده‌ی نزدیکی این نتایج به یکدیگر است (نگاره ۳) بدیهی است هرچه مساحت طبقات کاربری‌ها در نقشه‌ی شبیه‌سازی شده به نقشه‌ی واقعی نزدیک باشد گویای معتبر بودن مدل پیش‌بینی است.



نگاره ۳: مساحت طبقات کاربری در نقشه واقعی و شبیه‌سازی شده

۳-۲-۲- مدل‌سازی رشد نواحی شهری بانه، مریوان و سقز و تأثیر آن بر کاربری‌های اراضی

ماتریس احتمال تبدیل کاربری‌ها در دوره‌ی ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۲ برای شهرهای بانه، مریوان و سقز نشان می‌دهد که تبدیل کاربری‌های پوشش گیاهی به زمین‌های کشاورزی و بالعکس در این نواحی زیاد بوده و در این دوره حدود ۰/۲۵۰۸، ۰/۳۰۹۰ و ۰/۱۴۷۳ درصد به ترتیب در شهرهای بانه، سقز و مریوان از اراضی پوشش گیاهی به زمین‌های کشاورزی تبدیل شده است. همچنین ۰/۲۰۷۲، ۰/۳۵۶۸ و ۰/۱۵۰۰ درصد به ترتیب در شهرهای بانه، مریوان و سقز از اراضی کشاورزی به پوشش گیاهی تبدیل شده است که این تبدیلات باعث رشد زمین‌های کشاورزی و کاهش پوشش گیاهی در این نواحی شده است. از طرف دیگر تبدیل پهنه‌های آب به نواحی بایر در این دوره نیز قابل توجه بوده است که بیشترین میزان آن ۰/۳۲۵۰ و ۰/۲۰۴۹ درصد به ترتیب در شهرهای بانه و سقز بوده است که این مورد اشاره

جدول ۱۰: ماتریس احتمال در دوره‌های مورد مطالعه در شهر بانه

دوره	کاربری	آب‌های سطحی	نواحی شهری	پوشش گیاهی	زمین‌های کشاورزی	نواحی بایر
۱۹۸۷-۲۰۰۲	آب‌های سطحی	۰/۶۷۵۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۳۲۵۰
	نواحی شهری	۰/۰۰۰۰	۰/۵۲۳۴	۰/۰۴۸۱	۰/۰۱۴۷	۰/۴۱۳۸
	پوشش گیاهی	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱۱	۰/۶۹۰۶	۰/۲۵۰۸	۰/۰۵۷۵
	زمین‌های کشاورزی	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۳	۰/۲۰۷۲	۰/۶۶۱۸	۰/۱۳۰۴
	نواحی بایر	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۴۲	۰/۰۳۷۴	۰/۱۴۹۶	۰/۸۰۷۲
۲۰۰۲-۲۰۱۷	آب‌های سطحی	۰/۳۳۸۷	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۴۰	۰/۰۲۴۰	۰/۶۳۳۳
	نواحی شهری	۰/۰۰۰۰	۰/۹۴۴۲	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۷۷	۰/۰۴۷۷
	پوشش گیاهی	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۷۰	۰/۶۰۸۶	۰/۲۱۱۲	۰/۱۷۳۰
	زمین‌های کشاورزی	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۹۹	۰/۲۰۶۰	۰/۷۱۶۰	۰/۰۶۷۵
	نواحی بایر	۰/۰۰۰۴	۰/۰۱۹۹	۰/۰۳۲۶	۰/۳۲۴۱	۰/۶۲۲۹

جدول ۱۱: ماتریس احتمال تبدیل کاربری‌ها در دوره‌های مورد مطالعه در شهر مریوان

دوره	کاربری	آب‌های سطحی	نواحی شهری	پوشش گیاهی	زمین‌های کشاورزی	نواحی بایر
۱۹۸۷-۲۰۰۲	آب‌های سطحی	۰/۹۹۸۲	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰
	نواحی شهری	۰/۰۰۰۰	۰/۵۹۶۵	۰/۰۰۲۲	۰/۱۷۰۷	۰/۲۳۰۶
	پوشش گیاهی	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۹	۰/۷۶۲۴	۰/۱۴۷۳	۰/۰۸۹۳
	زمین‌های کشاورزی	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۴	۰/۳۵۶۸	۰/۵۴۲۱	۰/۱۰۰۵
	نواحی بایر	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۳۰	۰/۰۸۳۱	۰/۲۳۰۱	۰/۶۸۳۲
۲۰۰۲-۲۰۱۷	آب‌های سطحی	۰/۹۳۱۸	۰/۰۰۰۱	۰/۰۳۷۳	۰/۰۰۱۷	۰/۰۲۹۱
	نواحی شهری	۰/۰۰۰۰	۰/۹۰۱۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۱۹۵	۰/۰۷۹۵
	پوشش گیاهی	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۱۲	۰/۳۵۶۷	۰/۲۷۶۸	۰/۳۶۴۰
	زمین‌های کشاورزی	۰/۰۰۴۵	۰/۰۱۵۶	۰/۰۸۷۱	۰/۴۴۷۲	۰/۴۴۵۶
	نواحی بایر	۰/۰۰۴۳	۰/۰۲۴۳	۰/۰۲۳۷	۰/۰۷۹۹	۰/۸۶۷۷

جدول ۱۲- ماتریس احتمال تبدیل کاربری‌ها در دوره‌های مورد مطالعه در شهر سقز

دوره	کاربری	آب‌های سطحی	نواحی شهری	پوشش گیاهی	زمین‌های کشاورزی	نواحی بایر
۱۹۸۷-۲۰۰۲	آب‌های سطحی	۰/۷۸۶۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۲۰۴۹
	نواحی شهری	۰/۰۰۰۰	۰/۶۲۶۰	۰/۰۰۱۵	۰/۰۲۳۹	۰/۳۴۸۶
	پوشش گیاهی	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۶۳۱۵	۰/۳۰۹۰	۰/۰۵۹۴
	زمین‌های کشاورزی	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۱	۰/۱۵۰۰	۰/۷۶۹۸	۰/۰۸۰۱
	نواحی بایر	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۲۶	۰/۲۰۶۴	۰/۲۳۵۰	۰/۵۵۲۴
۲۰۰۲-۲۰۱۷	آب‌های سطحی	۰/۹۶۴۶	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۲۷	۰/۰۳۱۵
	نواحی شهری	۰/۰۰۰۳	۰/۸۵۳۵	۰/۰۰۵۴	۰/۰۰۹۹	۰/۱۳۰۹
	پوشش گیاهی	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۵	۰/۲۲۴۳	۰/۶۲۵۷	۰/۱۴۸۹
	زمین‌های کشاورزی	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۱۹	۰/۱۱۵۱	۰/۷۳۲۸	۰/۱۴۹۸
	نواحی بایر	۰/۰۱۱۰	۰/۰۱۵۸	۰/۱۱۹۶	۰/۱۳۳۰	۰/۷۲۰۷

جدول ۱۳: مساحت و تغییرات کاربری‌های اراضی در شهر بانه (هکتار)

سال / کلاس کاربری	پهنه‌های آبی	نواحی شهری	پوشش گیاهی	زمین‌های کشاورزی	نواحی بایر
۲۰۳۲	۴۱/۰۵	۳۱۴۴/۶۷	۴۸۰۰۰/۸	۶۸۴۶۱	۳۶۵۰۱/۶
تغییرات (۲۰۱۷ تا ۲۰۳۲)	-۲۸/۶۸	۱۲۶۲/۰۸	-۷۰۶۵/۴	۵۴۹۵/۶	۳۳۶/۴

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)
 تحلیل و پیش‌بینی روند رشد شهری و تأثیر آن بر کاربری ... / ۱۵۹

سقز ۱۵۱۱/۴۶ هکتار از نواحی بایر به محدوده‌ی شهر سقز تبدیل خواهد شد. به‌طورکلی در این دوره تخریب اراضی پوشش گیاهی به نواحی شهری در شهرهای بانه، مریوان و سقز نسبت به دوره‌های قبل کمتر خواهد بود و در این دوره بیشتر نواحی بایر و اراضی کشاورزی به نواحی شهر تبدیل خواهد شد. در شهرهای بانه، مریوان و سقز بیشترین میزان تخریب نواحی بایر به محدوده‌ی شهری در شهر مریوان به میزان ۲۴۰۲/۰۱ هکتار خواهد بود (جدول ۱۶). این تغییرات و تبدیلات کاربری اراضی به نواحی شهری باعث خواهد شد که تا سال ۲۰۳۲ محدوده‌ی شهرهای بانه، مریوان و سقز به ترتیب به ۳۱۴۴/۶۷، ۴۳۵۴/۵۸ و ۳۶۴۹/۱ هکتار برسد.

۴- نتیجه‌گیری

این مطالعه باهدف بررسی و پیش‌بینی تأثیرات رشد شهر بر تغییرات کاربری اراضی در شهرهای بانه، مریوان و سقز با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور و مدل CA-Markov انجام گرفت. در این مطالعه تصاویر لندست مربوط به سال‌های

شهر سقز) و تغییرات افزایشی اراضی شهری و نواحی بایر نیز در این نواحی به ترتیب ۱۹۷۶/۵۵ و ۳۲۴۳۴/۳ هکتار (در شهر مریوان) و ۱۵۰۹/۰۴ و ۱۸۳۴۴ هکتار (در شهر سقز) خواهند بود (جداول ۱۴ و ۱۵).

بررسی نتایج تبدیل کاربری اراضی به نواحی شهری با ضرایب کاپای ۸۷، ۸۴ و ۸۹ درصد به ترتیب برای شهرهای بانه، مریوان و سقز نشان می‌دهد که در دوره‌ی ۲۰۱۷ تا ۲۰۳۲ تبدیل اراضی به نواحی شهری همانند دوره‌ی قبل ادامه‌دار خواهد بود و این تخریب اراضی بیشتر زمین‌های کشاورزی و نواحی بایر را شامل خواهد شد و تخریب اراضی پوشش گیاهی به نواحی شهری در این دوره (۲۰۱۷ تا ۲۰۳۲) کمتر خواهد بود (نگاره ۴).

میزان تخریب زمین‌های کشاورزی و تبدیل آنها به نواحی شهری در شهرهای بانه و مریوان در این دوره به ترتیب حدود ۵۱۱/۲۹، ۱۰۸۰ هکتار خواهد بود و تبدیل این نوع از اراضی به محدوده‌ی شهری در شهر سقز وجود نخواهد داشت و در این شهر همانند دوره‌ی قبل بیشتر زمین‌های بایر به نواحی شهری تبدیل خواهد شد. به‌عبارت‌دیگر در شهر

جدول ۱۴: مساحت و تغییرات کاربری‌های اراضی در شهر مریوان (هکتار)

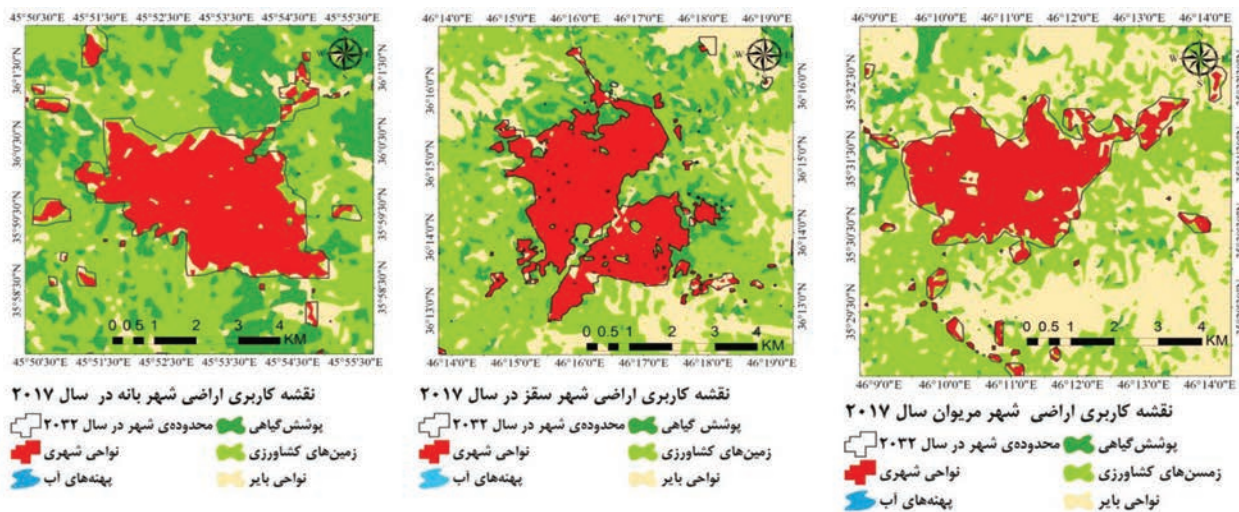
سال / کلاس کاربری	پهنه‌های آبی	نواحی شهری	پوشش گیاهی	زمین‌های کشاورزی	نواحی بایر
۲۰۳۲	۱۴۲۰/۳	۴۳۵۴/۵۸	۲۹۹۳۶/۶	۵۲۹۲۷/۲	۱۴۳۰۷۲/۳
تغییرات (۲۰۳۲ تا ۲۰۱۷)	-۶/۲۵	۱۹۷۶/۵۵	-۲۱۲۷۵/۳	-۱۳۱۲۹/۳	۳۲۴۳۴/۳

جدول ۱۵: مساحت و تغییرات کاربری‌های اراضی در شهر سقز (هکتار)

سال / کلاس کاربری	پهنه‌های آبی	نواحی شهری	پوشش گیاهی	زمین‌های کشاورزی	نواحی بایر
۲۰۳۲	۴۷۰۸/۳۶	۳۶۴۹/۱	۵۸۷۸۰	۲۴۹۳۶۹	۱۳۰۴۳۱
تغییرات (۲۰۳۲ تا ۲۰۱۷)	۱۱۳۴/۸۶	۱۵۰۹/۰۴	-۱۰۶۱۵/۹	-۱۰۰۷۲	۱۸۳۴۴

جدول ۱۶: مساحت پیش‌بینی‌شده‌ی اراضی تبدیل‌شده به نواحی شهری (هکتار)

دوره / شهرها		تبدیل پوشش گیاهی به نواحی شهری	تبدیل زمین‌های کشاورزی به نواحی شهری	تبدیل زمین‌های بایر به نواحی شهری
دوره‌ی ۲۰۱۷-۲۰۳۲	بانه	۳۵/۲۸	۵۱۱/۲۹	۷۲۲/۷۰
	مریوان	-	۱۰۸۰	۲۴۰۲/۰۱
	سقز	-	-	۱۵۱۱/۴۶



نگاره ۴: نقشه کاربری اراضی نواحی مورد مطالعه در سال ۲۰۱۷ و محدوده‌ی پیش‌بینی‌شده‌ی نواحی شهری بر سال ۲۰۳۲

Deep و همکاران (۲۰۱۴)، Siddiqui و همکاران (۲۰۱۷)، Aburas و همکاران (۲۰۱۷) و Jazouli و همکاران (۲۰۱۹) همانند مطالعه حاضر بررسی و ارزیابی شده است.

۵- راهکار و پیشنهادات

- استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور بخصوص تصاویر لندست و مدل CA-Markov برای بررسی و مدل‌سازی تأثیرات رشد نواحی شهری بر تغییرات کاربری اراضی؛
 - بررسی و پیش‌بینی رشد نواحی شهری و هدایت روند رشد این نواحی به مسیرهای بهینه و مناسب در جهت کاهش اثرات نامطلوب رشد نواحی شهری بر تغییرات کاربری اراضی در برنامه‌ریزی‌های آینده.

۶- منابع و مآخذ

- ۱- خوش‌گفتار، م، م، طالعی، م. ۱۳۸۹. شبیه‌سازی رشد شهری در تهران با استفاده از مدل مارکف، نشریه سنجش‌ازدور و GIS ایران، ۲(۲): ۳۴-۱۷.
- ۲- درویشی، ش، سلیمانی، ک، رشیدپور، م. ۱۳۹۸. تأثیر شاخص‌های گیاهی و خصوصیات سطح شهری بر تغییرات دمای سطح زمین (مطالعه موردی: شهرستان سنندج)، نشریه سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱(۳۴): ۳۵-۱۷.

۱۹۸۷، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۷ با اعمال الگوریتم حداکثر احتمال در نرم‌افزار ENVI5.3 طبقه‌بندی گردیدند و همچنین از نرم‌افزار IDRISI Terrset برای مدل‌سازی و مشخص نمودن میزان تخریب کاربری اراضی به نواحی شهری استفاده شد. نتایج این مطالعه نشان داد مقادیر قابل توجهی از کاربری‌های پوشش گیاهی و زمین‌های کشاورزی به نواحی شهری در شهرهای بانه و مریوان تبدیل شده است.

بنابراین برنامه‌ریزی رشد شهر در این نواحی باید در جهت حفظ کاربری‌های پوشش گیاهی و زمین‌های کشاورزی باشد. تخریب کاربری‌های پوشش گیاهی و زمین‌های کشاورزی به نواحی شهری در شهرهای بانه و مریوان بیشتر از شهر سقز رخ داده است چرا که رشد شهرهای بانه و مریوان به ترتیب بیشتر در جهات شمال شرق و شرق بوده اما رشد شهر سقز بیشتر در چهار جهت بوده و همین مسئله تخریب کاربری‌های پوشش گیاهی و زمین‌های کشاورزی را کمتر کرده است. به‌طورکلی نتایج این مطالعه گویای تأثیر رشد نواحی شهری بر تغییرات کاربری اراضی است و استفاده مدل زنجیره مارکف و ترکیب آن با سلول خودکار یکی از روش‌های دقیق برای پیش‌بینی روند تغییرات کاربری اراضی و رشد نواحی شهری است و این امر در مطالعات مرتبط مانند مطالعات شمسی‌پور (۱۳۹۶)، سلمی و همکاران (۱۳۹۷) و صالحی و همکاران (۱۳۹۸)،

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سیر)
تحلیل و پیش‌بینی روند رشد شهری و تأثیر آن بر کاربری ... / ۱۶۱

- 11- Abdullahi, S., Pradhan, B. 2018. Land use change modeling and the effect of compact city paradigms: integration of GIS-based cellular automata and weights-of-evidence techniques, *Environmental Earth Sciences*, 77 (251): 2-15.
- 12-Aburas, M. M., Ming, HO. Y., Ramli, M. F., Ash'aari, Z. H. 2017. Improving The capability of an integrated CA-Markov model to simulate spatio-temporal urban growth trends using an Analytical Hierarchy Process and Frequency Ratio, *International Journal of Applied Earth Observation and Geo information*, 59: 65-78.
- 13- Amini Parsa, V., Yavari, A. Nejadi, A. 2016. Spatio-temporal analysis of land use/land cover pattern changes in Arasbaran Biosphere Reserve: Iran, *Modeling Earth Systems and Environment*, 2(4): 1-13,
- 14- Berberoglu, S., Akin, A., Clarke, K. C. 2016. Cellular automata modeling approaches to forecast urban growth for Adana, Turkey: A comparative approach, *Landscape and Urban Planning*, 153:11-27.
- 15- Bhat, P. A., Shafiq, M., Mir, A. A., Ahmed, A. 2017. Urban sprawl and its impact on landuse/land cover dynamics of Dehradun City, India, *International Journal of Sustainable Built Environment*, 6(2): 513-521.
- 16- Bowen, L., Cox, L. J., Fox, M. 1991. The Interface between Tourism and Agriculture. *Journal of Tourism Studies*, 2(2):43-54.
- 17- Cabral, P., Zamyatin, A. 2009. Markov Processes in Modeling Land Use and Land Cover Changes in Sintra-Cascais, Portugal, *Dyna (Medellin, Colombia)*, 76(158): 191-198.
- 18- Celik, I. 2005. Land-use effects on organic matter and physical properties of soil in a southern Mediterranean highland of Turkey, *Soil and Tillage Research*, 83(2): 270-277
- 19- Cheng, J., Masser, I. 2003. Urban Growth Pattern Modeling: A Case Study of Wuhan City, PR China, *Landscape and Urban Planning* 62(4):199-217.
- 20-Clarke, K.C., Hoppen, S., Gaydos, L. 1997. A Self modifying Cellular Automaton Model of Historical Urbanization in the San Francisco Bay Area, *Environment and Planning B: Planning & Design*, 24(2):247-261.
- 21- Deep, Sh., Saklani, A. 2014. Urban sprawl modeling using cellular automata, *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 17(2):179-187.
- 22- Dube, T., Gumindoga, W., Chawira, M., 2014,

- ۳- درویشی، ش، رشیدپور، م، سلیمانی، ک. ۱۳۹۸. بررسی ارتباط تغییرات کاربری اراضی با دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مطالعه موردی: شهرستان مریوان، نشریه جغرافیا و توسعه، ۱۷(۵۴): ۱۶۲-۱۴۳.
- ۴- شمسی‌پور، ع، ا، حیدری، س، باقری، ک. ۱۳۹۶. پیش‌روند تغییرات پوشش زمین در شهر کرمانشاه با استفاده از مدل CA-Markov، نشریه پژوهش‌های جغرافیایی برنامه‌ریزی شهری، ۵(۳): ۵۱۴-۴۹۵.
- ۵- صالحی، ن، اختصاصی، م، ر، طالبی، ع. ۱۳۹۸. پیش‌بینی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره مارکوف CA-Markov (مطالعه موردی: حوضه آبخیز صفا رود رامسر)، نشریه سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۰(۱): ۱۲۰-۱۰۶
- ۶- کیانی سلمی، ا، ابراهیمی، ع. ۱۳۹۷. ارزیابی پوشش اراضی شهرکرد و پیش‌بینی آینده آن با بهره‌گیری از داده‌های دور‌سنجی و مدل CA-Markov، نشریه برنامه‌ریزی فضایی، ۸(۱): ۸۸-۷۱.
- ۷- کیانی، و، عزیززاده شعبانی، ا، نظری سامانی، ع، ا. ۱۳۹۳. ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصویر ماهواره IRS-P6 با استفاده از پایگاه اطلاعاتی Google Earth به‌منظور تهیه نقشه پوشش/ کاربری اراضی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز طالقان)، فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، ۲۳(۹۰): ۵۹-۵۱.
- ۸- گلدوی، س، محمدزاده، م، ماهینی، ع، ر، س، نجفی‌نژاد، ع. ۱۳۹۴. پیش‌بینی الگوی رشد شهری با به‌کارگیری مدل رگرسیون لجستیک در منطقه گرگان، نشریه آمایش سرزمین، ۷(۱): ۱۱۷-۹۵.
- ۹- مرکز آمار ایران، سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۷۵، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵، <https://www.amar.org.ir>
- ۱۰- وارثی، ح، ع، رجایی‌جزین و م. قنبری. ۱۳۹۱. تحلیلی بر عوامل خزش شهری و رشد فیزیکی شهر گناباد با استفاده از مدل‌های آنتروپی و هلدرن، نشریه آمایش سرزمین، ۴(۶): ۱۰۰-۷۹.

- for remotely sensed Data, Taylor & Francis publisher, 2nd Edition, London, 376 p.
- 34- Megahed, Y., Cabral, P., Silva, J., Caetano, M. 2015, Land Cover Mapping Analysis and Urban Growth Modelling Using Remote Sensing Techniques in Greater Cairo Region—Egypt, International Journal of Geo-Information, 4(3): 1750-1769.
- 35- Memarian, H., Balasundram, S. K., Bin Talib, J., Teh Boon Sung, Ch., Mohd Sood, A., Abbaspour, K. 2012. Validation of CA-Markov for Simulation of Land Use and Cover Change in the Langat Basin, Malaysia, Journal of Geographic Information System, 4(2): 542-554.
- 36- Omar, N. Q., Sanusi, S. A., M, Hussin, W. M.W., Samat, N., Mohammed, K. 2014. Markov-CA model using analytical hierarchy process and multi regression technique, 7th IGRSM International Remote Sensing & GIS Conference and Exhibition, 20: 1-17
- 37- Pal, S., Ziaul, S., 2017, Detection of land use and land cover change and land surface temperature in English Bazar urban centre, 20(1): 125-145
- 38- Pijanowskia, B.C., Brown, D.G., Shellitoc, B.A., Manikd, G.A. 2002. Using Neural Networks and GIS to Forecast Land Use Changes: A Land Transformation Model, Computers, Environment and Urban Systems, 26(6): 553-575.
- 39- Pointius, R. G., 2000. Quantification Error versus location Error in comparison of categorical Maps, Photogrammetric Engineering & Remote sensing, 66(8): 1011-1016
- 40- Quintero, G. V., Moreno, R. S., García, M. P., Guerrero, F. V., Alvarez, C. P., Alvarez, A. P. 2016. Detection and Projection of Forest Changes by Using the Markov Chain Model and Cellular Automata, Sustainability, 8(3):1-13.
- 41- Rafiee, R. A., Mahiny, A. S., Khorasani, N. 2009. Assessment of changes in urban green spaces of Mashhad city using satellite data, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 11(6): 431-438.
- 42- Rajaei, S. A., Mansourian, H. 2017. Urban Growth and Housing Quality in Iran, Social Indicators Research, 131(2): 587-605
- 43- Richards. J. A., Xiuping, J. 2006. Remote sensing Digital Image Analysis, An Introduction, 4th Edition Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 439 p.
- 44- Shafizadeh Moghadam, H., Helbich, M. 2013. Detection of land cover changes around Lake Mutirikwi, Zimbabwe, based on traditional remote sensing image classification techniques, African Journal of Aquatic Science, 39(1): 89-95
- 23- Frumkin, H. 2002. Urban sprawl and public health, Public Health Report, 117(3): 201-207.
- 24- Galdavi, S., Mohammadzade, M., Salman Mahiny, A., Nejafi Nejad, A. 2013. Urban Change Detection Using Multi-temporal Remotely Sensed imagery (Case study: Gorgan Area, Northern Iran), Environment & Urbanization ASIA, 4(2): 339-348.
- 25- Glenn, L. D. C., Peet, R. K., Veblen, T.T. 1993. Plant Succession: Theory and Prediction; 1st Edition, Springer Netherlands, London, 352 P.
- 26- Goldblatt, R., You, W., Hanson, H., Khandelwal, A. K. 2016. Detecting the Boundaries of Urban Areas in India: A Dataset for Pixel-Based Image Classification in Google Earth Engine, Remote Sensing, 8 (8):1-28.
- 27- Grimm, N. B., Grove, J. M., Pickett, S.T.A., Redman, C. L. 2000. Integrated approaches to long-term studies of urban ecological systems, Bioscience, 50 (7): 571-584
- 28- Guan, D. J., Li, H. F., Inohae, T., Su, W., Nagaie, T., Hokao, K. 2011. Modeling urban land use change by the integration of cellular automaton and Markov model, Ecological Modeling, 222 (20-22): 3761-3772
- 29- Hendrik Prinz, J., Wu, H., Sarich, M., Keller, B., Senne, M., Held, M., Chodera, J. D., Schütte, Ch., Noé, F. 2014. Markov models of molecular kinetics: Generation and validation, The Journal of chemical physics, 134(17):1-23.
- 30 - Herold, M., Goldstein, N.C., Clarke, K.C. 2003. the Spatiotemporal Form of Urban Growth: Measurement, Analysis and Modeling, Remote Sensing of Environment, 86(3): 286-302.
- 31- Jazouli, A. E., Barakat, A., Khellouk, R., Rais, J., El Baghdadi, M. 2019. Remote sensing and GIS techniques for prediction of land use land cover change effects on soil erosion in the high basin of the Oum Er Rbia River (Morocco), Remote Sensing Applications: Society and Environment, 13: 361-374
- 32- Malarvizhi, K., Vasantha Kuma, S., Porchelvan, P. 2016. Use of High Resolution Google Earth Satellite Imagery in Land use Map Preparation for Urban Related Applications, Procedia Technology, 24: 1835-1842.
- 33- Mather, P., Brandt, T. 2009 Classification methods

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سیر)
تحلیل و پیش‌بینی روند رشد شهری و تأثیر آن بر کاربری ... / ۱۶۳

- abbay sekela, west Gojjam, Amhara State, Ethiopia, International Journal of Advancement in Remote Sensing, GIS and Geography, 3(2): 80-87.
- 55- United Nations. 2012. World urbanization prospects. The 2011 Revision, Department of Economic and Social Affairs (UN DESA), New York, 302 p.
- 56- Wagrowski, D. M., Hites, R. A. 1997. Polycyclic aromatic hydrocarbon accumulation in urban, suburban and rural vegetation, Environmental Science & Technology, 31(1): 279- 282
- 57- Wassenaar, T., Gerber, P., Verburg, P. H., Rosales, M., Ibrahim, M., Steinfeld, H. 2007. Projecting land use changes in the Neotropics: The geography of pasture expansion into forest, Global Environmental Change, 17(1): 86-104.
- 58- Wibowo, A., Osman Salleh, Kh., Sitanala Frans, F. Th. R., Mulyo Semedi, J. 2016. Spatial Temporal Land Use Change Detection Using Google Earth Data, 2nd International Conference of Indonesian Society for Remote Sensing, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 47(1): 1-11.
- 59- Yang, I., Fu, CH., Chen, H. 2017. Design and Simulation of Gannan Forest Change Based on CA Markov Model, International Journal of Future Generation Communication and Networking. 10(3):.21-30.
- 60 -Yeh, A. G. O., Li, X. 2002. Urban Simulation Using Neural Networks and Cellular Automata for Land Use Planning, Advances in Spatial Data Handling, 451-464.
- 61- Zhang, R., Tang, Ch., Ma, S., Yuan, H., Gao, L., Fan, W. 2011. Using Markov chains to analyze changes in wetland trends in arid Yinchuan Plain, China. Mathematical and Computer Modeling, 54(3-4): 924-930.
- Spatiotemporal urbanization processes in the megacity of Mumbai, India: A Markov chains-cellular automata urban growth model, Applied Geography, 40(6): 140-149.
- 45 - Shalaby, A., Tateishi, R. 2007. Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern coastal zone of Egypt, Applied Geography, 27 (1):28-41.
- 46- Shi, Y., Sun, X., Zhu, X., Li, Y., Mei, L. 2012. characterizing growth types and analyzing growth density distribution in response to urban growth patterns in peri-urban areas of Lianyungang City, Landscape and Urban Planning 105(4): 425-433.
- 47- Siddiqui, A., Siddiqui, A., Maithani, S., Jha, A. K., Kumar, P., Srivastav, S. K. 2017. Urban growth dynamics of an Indian metropolitan using CA Markov and Logistic Regression, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, 21(3): 229-236.
- 48- Smits, P. C., Dellepiane, S. G., Schowengerdt, R. A. 1999. Quality assessment of image classification algorithms for land-cover mapping: a review and a proposal for a cost-based approach. International Journal of Remote Sensing, 20(8): 1461-1486.
- 49- Sophia, S, R., Ndambuki, J. M. 2017, Accuracy Assessment of Land Use/Land Cover Classification Using Remote Sensing and GIS, International Journal of Geosciences, 8(4): 611-622.
- 50- Sun, C., Wu, Z., Lv, Z., Yao, N., Wei, J. 2013. Quantifying different types of urban growth and the change dynamic in Guangzhou using multi-temporal remote sensing data, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 21: 409-417.
- 51- Surabuddin Mondal, M. D., Sharma, N., Garg, P. K., Kappas, M. 2016. Statistical independence test and validation of CA Markov land use land cover (LULC) prediction results, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences 19(2):259-272.
- 52- Thapa, R. B., Murayama, Y. 2012. Scenario based urban growth allocation in Kathmandu Valley, Nepal. Landscape and Urban Planning, 105(1-2): 140-148.
- 53- Tilahun, A., Teferie, B. 2015. Accuracy Assessment of Land Use Land Cover Classification using Google Earth, American Journal of Environmental Protection, 2015; 4(4): 193-198.
- 54- Tilahun, A., Islam, Z. 2015. Google Earth for land use land cover change detection in the case of gish

