

**Geographic Notion**  
Vol. 22. Autumn & winter 2020  
Zanjan University  
No 155

**انديشه جغرافيايي**  
سال يازدهم، شماره بيست و دوم، پاييز و زمستان ۱۳۹۸  
دانشگاه زنجان  
مقاله شماره ۱۵۵

## ارزيابي روند توسعه فيزيكي شهر صحنه با استفاده از مدل LCM و زنجيره مارکوف

ميلاد نوروزي<sup>۱</sup>، کامران نوري<sup>۲</sup>

### چکیده

توسعه فيزيكي شهرها منجر به استفاده گسترده از اراضي و در برخي موارد منجر به مخاطرات محيطي و تهديد براي جوامع انساني در ابعاد مختلف و در گذر زمان مي شود. بر اين اساس در تحقيق حاضر به پايش ميزان توسعه فيزيكي شهر صحنه با استفاده از تصاوير ماهواره اي پرداخته شده است و همچنين عوامل مختلف تاثيرگذار بر ميزان توسعه آن مورد ارزيابي قرار گرفته شده است که براي اين منظور از تصاوير ماهواره اي سال هاي ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۸ استفاده شده است. روند کلي تحقيق به اين صورت است که ابتدا نقشه کاربري اراضي محدوده مطالعاتي در طی بازه هاي زماني مورد مطالعه تهيه شده است و سپس با استفاده از مدل LCM (Change ModelerLand) به ارزيابي روند تغييرات کاربري اراضي و روند توسعه کاربري اراضي شهري و مسکوني در محدوده مطالعاتي پرداخته شده است. پس از ارزيابي تغييرات بر اساس مدل زنجيره مارکوف توسعه کاربري اراضي شهري و مسکوني براي سال ۲۰۳۰ پيش بيني شده است. نتايج تحقيق حاضر بيانگر اين است که کاربري اراضي شهري و مسکوني از ۲/۵ کيلومتر مربع در سال ۱۹۹۰ به ۵/۷ کيلومتر مربع در سال

<sup>۱</sup> - کارشناسي ارشد جغرافيا و برنامه ريزي شهري، دانشگاه آزاد اسلامي، واحد کرمانشاه

Email: [milad\\_68n@yahoo.com](mailto:milad_68n@yahoo.com)

<sup>۲</sup> - استاديار گروه جغرافيا، دانشگاه پيام نور، واحد کرمانشاه

۲۰۱۸ افزایش یافته است و همچنین بر اساس پیش‌بینی صورت گرفته تا سال ۲۰۳۰ این اراضی به ۷/۱ کیلومتر مربع افزایش خواهد یافت. همچنین نتایج تحقیق حاضر بیانگر این است که در جهات توسعه فیزیکی شهر محنه عوامل ژئومورفولوژی اصلی‌ترین عامل بوده است به طوری که تحت تاثیر واحد کوهستان در شمال محدوده شهری، روند توسعه فیزیکی شهر محنه به سمت مناطق شرقی و غربی بوده است و این روند نیز برای سال ۲۰۳۰ نیز پیش‌بینی شده است.

**کلمات کلیدی:** توسعه فیزیکی، LCM، زنجیره مارکوف، محنه، کاربری اراضی

## مقدمه

شهرها همواره تحت تاثیر نیروها و عوامل گوناگون قرار گرفته و توسعه می‌یابند (هوشیار، ۱۳۸۵: 213). میزان رشد و توسعه در مناطق مختلف دنیا متفاوت است، به طوری که در کشورهای در حال توسعه به ویژه کشورهای کم‌تر توسعه یافته سرعت بیش‌تری دارد (توالد و کابرال، ۲۰۱۱: ۲۱۴۹) و این توسعه سبب پراکندگی، گسترش فیزیکی مناطق شهری، تغییر سریع در کاربری زمین و افزایش تخریب زیست محیطی می‌شود (دووان و یاماگوچی، ۲، ۲۰۰۹، ۳۹۰). توسعه فیزیکی شهرها در قالب فعالیت‌های انسانی یا تغییرات کاربری اراضی در شهرها و روستاها نمایان می‌سازد (آمواتنگ و همکاران، ۳، ۲۰۱۳: ۹۸) و این موضوع منجر به استفاده گسترده از اراضی و اثرات نامطلوب زیست محیطی می‌شود (شن، ۴، ۲۰۱۲: ۲۷). همچنین در برخی موارد گسترش فضاهای شهری منجر به مخاطرات محیطی و تهدید برای جوامع انسانی می‌شود (صفاری و همکاران، ۱۳۹۷: ۲۰). این مسئله به این معنا است که مناطق شهری به مکان اصلی بسیاری از بلایای احتمالی تبدیل خواهند شد (لئون و مارچ، ۵، ۲۰۱۴: ۲۵۱). بنابراین باید روند تغییرات نواحی سکونتگاهی بخصوص نواحی شهری مورد توجه برنامه‌ریزان قرار گیرد و مسیرهای مناسب جهت توسعه این مناطق متناسب با شرایط حاکم بر منطقه شناسایی شود. در حال حاضر یکی از بهترین ابزارها جهت پایش توسعه فیزیکی شهرها و استخراج کاربری‌ها استفاده از روش‌های سنجش از دوری است (آرخی و همکاران، ۱۳۹۴: ۲۱) تکنولوژی سنجش از راه دور یک ابزار ضروری و با ارزش در ارزیابی تغییرات به دلیل پوشش مکرر و تکراری کره زمین است (لو و همکاران، ۶، ۲۰۰۴: ۲۳۶۶). با توجه به موارد مذکور در این تحقیق به پایش

1. Tewolde & Cabral
2. Dewan & Yamaguchi
3. Amoateng et al
4. Shen
5. León & March
6. Lu et al

ميزان توسعه فزيكي شهر صحنه با استفاده از تصاوير ماهواره‌اي پرداخته شده است و همچنين عوامل مختلف تاثيرگذار بر ميزان توسعه آن مورد ارزيابي قرار گرفته شده است

### پيشينه تحقيق

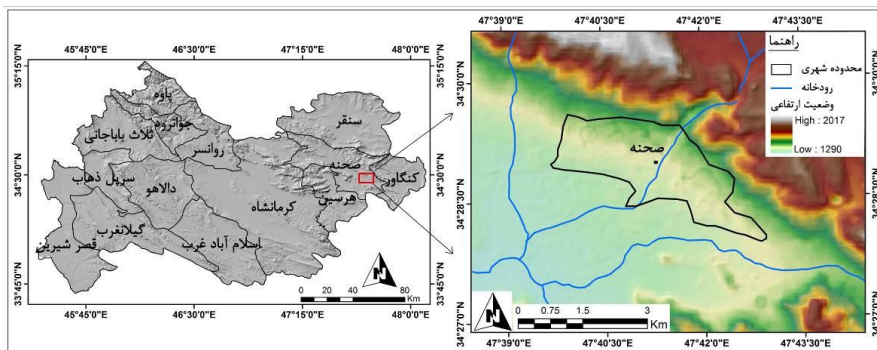
در مورد رشد نواحی سکونتگاهی و تغییرات کاربری اراضی تحقیقات مختلفی صورت گرفته است که در ادامه به تشریح پاره‌ای از آن‌ها پرداخته شده است. سادھیرا و همکاران (۲۰۰۴) پویایی و مدلسازی گسترش شهری را با کمک GIS در شهر منگاور هند بررسی نمودند و نوع گسترش آینده شهر را پیش‌بینی کردند. مایثانی و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهشی با هدف پیش‌بینی تغییرات مکانی شهر ساراهانپور در دوره ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۱، مدلی بر اساس شبکه‌های مصنوعی ایجاد کردند. در این پژوهش از سنجش‌ازدور برای دستیابی به تغییرات کاربری شهری، از GIS برای تهیه نقشه تغییرات کاربری شهری و متغیرهای ورودی برای وارد کردن به مدل ANN استفاده شده است. نتایج ارزیابی‌ها بیانگر این است که مدل با صحت کلی ۶۶/۵۶ درصد قادر به پیش‌بینی رشد مناطق شهری است. روی و همکاران (۲۰۱۴) به پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در مقیاس‌های زمانی مختلف در حوضه آبریز دریای مدیترانه در جنوب شرقی فرانسه پرداختند. نتایج حاکی از رشد بالای نواحی شهری و به تبع آن کاهش اراضی کشاورزی بوده است. آنان استفاده از روش مدلسازی تغییرات زمین را یکی از کاربردی‌ترین مدل‌های پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی می‌دانند. کایا و همکاران (۲۰۱۴) به پایش رشد شهر در قسمت‌های اروپایی استانبول با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۹۸۷، ۱۹۹۲، ۱۹۹۷ و ۲۰۰۱ پرداختند. در این تحقیق میزان رشد و توسعه رشد شهری در دو دهه اخیر در منطقه به صورت کمی نشان داده شده است. احدنژاد روشتی و حسینی (۱۳۹۰) به ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات و پراکنش افقی شهر تبریز با استفاده از تصاویر چند زمانه و GIS در بازه زمانی ۱۳۶۳ تا ۱۳۸۹ پرداختند. نتایج این تحقیق بیانگر این است که توسعه فیزیکی شهر تبریز در طول این سال‌های دارای امتداد شرقی-غربی بوده است. عطا و همکاران (۱۳۹۴) به ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات و پراکنش افقی شهرها با استفاده از تصاویر چند زمانه و مدل CA\_MARKOV در شهر گنبد کاووس پرداختند. برای این منظور از تصاویر سال‌های ۱۳۶۶، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۹ استفاده

- 
- 1 Sudhira
  - 2 . Maithani et al
  3. Roy et al
  - 4 . Kaya et al

شده است. پس از تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از مدل CA\_MARKOV پیش‌بینی تغییرات شهر گنبد کاووس برای سال‌های آینده صورت گرفته است. نتایج بیانگر این است که رشد شهر گنبد کاووس طی سال‌های آینده به سمت زمین‌های زراعی آبی در پیرامون جنوب، جنوب شرقی و شرق پیش خواهد رفت. ایمانی و همکاران (۱۳۹۶) روند تغییرات پوشش/کاربری اراضی استان همدان را با استفاده از تصاویر ماهواره ای سال ۱۹۸۹ و سال ۲۰۰۸ میلادی مورد ارزیابی قرار دادند. در این پژوهش نقشه پوشش اراضی سال ۱۴۰۷ برای استان همدان به دست آمده و نتایج نشان دهنده روند کاهشی پوشش کاربری اراضی طبیعی و تبدیل به کاربری های انسانی است. کریمی و همکاران (۱۳۹۶) به آشکارسازی تغییرات فیزیکی شهر اردبیل با استفاده از روش زنجیره مارکوف پرداختند. در این تحقیق میزان توسعه فیزیکی شهر اردبیل از سال ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۰ مورد ارزیابی قرار گرفته شده است. نتایج تحقیق بیانگر این است که مساحت کاربری شهری و مناطق مسکونی از ۵۶۱ هکتار در سال ۱۳۶۸ با ۱۷۴۵ هکتار در سال ۱۳۹۰ افزایش یافته است. با توجه به موارد مذکور در این تحقیق به ارزیابی توسعه فیزیکی شهر صحنه پرداخته شده است و بر خلاف بسیاری از تحقیقات پیشین علاوه بر ارزیابی روند توسعه، با استفاده از مدل LCM به پیش‌بینی میزان توسعه آن تا سال ۲۰۳۰ پرداخته شده است.

### محدوده مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی شامل محدوده شهری صحنه است که از نظر تقسیمات سیاسی در شهرستان صحنه و استان کرمانشاه قرار دارد (شکل ۱). از نظر ژئومورفولوژی مناطق شمالی محدوده را واحد کوهستان و مناطق جنوبی را واحد دشت دربر گرفته است.



شکل ۱: نقشه موقعیت محدوده مورد مطالعه

اين منطقه از نظر پهنه‌هاي رسوبي-ساختاري در محدوده زاگرس چين خورده قرار دارد و به دليل وجود گسل‌هاي اصلي و فرعي فراوان يک منطقه تکتونيزه محسوب مي‌شود(صفاري و همکاران، ۱۳۹۷: ۹۸). حوضه قره‌سو از نظر آب و هوايي نيز با توجه به قرارگيري در مسير بادهاي غربي داري بارش قابل توجهي است.

## مواد و روش‌ها

تحقيق حاضر به طور کلي در ۴ مرحله انجام شده است که در ادامه به تشریح هر کدام از اين مراحل پرداخته شده است:

الف) **تهيه و پيش پردازش تصاوير:** در اين تحقيق از تصاوير چند زمانه ماهواره لندست (لندست ۵، ۷ و ۸، سنجده‌هاي TM، ETM، OLI) مربوط به سال‌هاي ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۸ استفاده شده است و به منظور جلوگيري از اختلاف پوشش در فصول مختلف، تمامي تصاوير از ماه ژوئيه تهيه شده است. پس از تهيه تصاوير، قبل از هرگونه تجزيه و تحليل و پردازش، داده‌ها از نظر وجود خطاي هندسي (تصحیح کلي ۱) و راديومتری (خطوط جا افتاده ۲ و نوار نوار شدن ۳) بررسی شد. با توجه با اينکه تفکيک و شناسايي پديده‌ها به لحاظ رنگ نتايج بهتري ارائه مي‌دهد(ميرزايي زاده و همکاران، ۱۳۹۴: ۴۵) و نمايش داده‌هاي حاصل از اسکنرها در تک باندها با استفاده از گام‌هاي خاکستري است (نگهبان و همکاران، ۱۳۹۸: ۴۳)، تصوير رنگي کاذب تهيه شده است. براي تهيه تصاوير رنگي کاذب براي سال ۱۹۹۰ از ترکيب (R:3- G:2-B:1)، براي سال ۲۰۰۰ از ترکيب (R:3- G:2-B:1)، براي سال ۲۰۱۰ از ترکيب (R:3- G:2-B:1) و براي سال ۲۰۱۸ از ترکيب (R:4- G:3-B:2) استفاده شده است.

ب) **تهيه نقشه کاربري اراضي:** براي تهيه نقشه‌هاي پوشش اراضي محدوده مورد مطالعه از روش طبقه‌بندي نظارت شده حداکثر احتمال استفاده شد. از آنجا که اولين گام در انجام دادن يک طبقه‌بندي نظارت شده تعريف مناطقي است که به مثابه نمونه‌هاي تعليمي براي هر کلاس استفاده مي‌شوند (صالحی و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۱۰). نمونه‌هاي تعليمي در چهار کلاس کشاورزي (آبي و ديم)، باغات، مراتع و اراضي شهري و مسکوني تعريف شدند. سپس نمونه‌هاي تعليمي به شيوه رقومي کردن روی صفحه توليد و تفکيک شدند. در ادامه با تعيين نمونه‌هاي تعليمي با استفاده از روش حداکثر احتمال، نقشه‌هاي کاربري اراضي محدوده مورد مطالعه

1. Bulk correction
2. Dropped lines
3. Stripping

سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۸ تهیه شده است. نتایج برآورد صحت نقشه‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است که بیانگر صحت قابل قبول نقشه‌های تهیه شده است.

جدول ۱: ارزیابی صحت نقشه‌های تولید شده

ارزیابی صحت	نقشه سال ۱۹۹۰	نقشه سال ۲۰۰۰	نقشه سال ۲۰۱۰	نقشه سال ۲۰۱۸
صحت کلی	۸۷ درصد	۸۸ درصد	۹۰	۹۱
ضریب کاپا	۸۶ درصد	۸۶ درصد	۸۷	۸۹

ج) **ارزیابی تغییرات کاربری اراضی:** پس از اینکه نقشه کاربری اراضی تهیه شد، با استفاده از مدل LCM (Change ModelerLand) به ارزیابی میزان تغییرات کاربری اراضی محدوده مطالعاتی پرداخته شد. با توجه به اهداف مورد نظر، در این پژوهش تغییرات به وجود آمده در کاربری اراضی شهری و مسکونی مورد توجه قرار گرفته و میزان تغییر هر کدام از کاربری‌ها به کاربری اراضی شهری و مسکونی در طی دوره‌های زمانی ۲۰۰۰-۱۹۹۰، ۲۰۱۰ تا ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸ تا ۲۰۱۰ مورد ارزیابی قرار گرفته شده است.

د) **پیش بینی تغییرات با استفاده از LCM و مدل زنجیره مارکوف:** زنجیره مارکف یک ابزار مناسب برای مدل سازی تغییرات کاربری زمین در جایی است که توصیف تغییرات و فرآیندهای سیمای سرزمین مشکل باشد (میرزایی زاده و همکاران، ۱۳۹۴: ۴۵) هر فرآیند مارکف در جایی استفاده می‌شود که وضعیت آینده یک سیستم را بتوان به صورت کلی براساس وضعیت پیش از آن سیستم مدل‌سازی کرد (عزیزی قلاتی و همکاران، ۱۳۹۳: ۵۸۹). در این تحقیق پس از ارزیابی تغییرات، به منظور پیش بینی روند توسعه فیزیکی محدوده مطالعاتی بر اساس مدل زنجیره مارکوف<sup>۱</sup>، میزان پتانسیل تغییر هر کاربری به کاربری سکونتگاهی سنجیده شده است. به این مفهوم که هر پیکسل از تصویر برای تغییر از یک کاربری به نوع دیگر چقدر قابلیت دارد (رهنما و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۵۳). سپس، بر مبنای تغییرات عمده رویداده در منطقه مورد مطالعه، ۳ زیر مدل انتقال تغییر کاربری که عبارت‌اند از تبدیل کاربری مراتع به کاربری اراضی شهری و مسکونی، تبدیل کاربری کشاورزی به کاربری اراضی شهری و مسکونی و همچنین تبدیل کاربری باغات به کاربری اراضی شهری و مسکونی مشخص شده است. برای ساخت هر یک از زیر مدل‌های مذکور، از متغیرهای توصیفی مختلف استفاده شد که با استفاده

<sup>۱</sup> . MARKOV

از روش MLP مدل‌سازی شده و در نهایت به تولید نقشه‌های پتانسیل انتقال انجامیده است. متغیرهای توصیفی که در پژوهش حاضر به کار رفته عبارت‌اند از: شیب، ارتفاع، فاصله از جاده و فاصله از نواحی سکونتگاهی. در ادامه پس از محاسبه پتانسیل انتقال هر کاربری به کاربری سکونتگاهی با استفاده از داده‌های توصیفی موردنظر، نقشه پیش‌بینی سخت کاربری اراضی برای سال ۲۰۳۰ تهیه شده است.

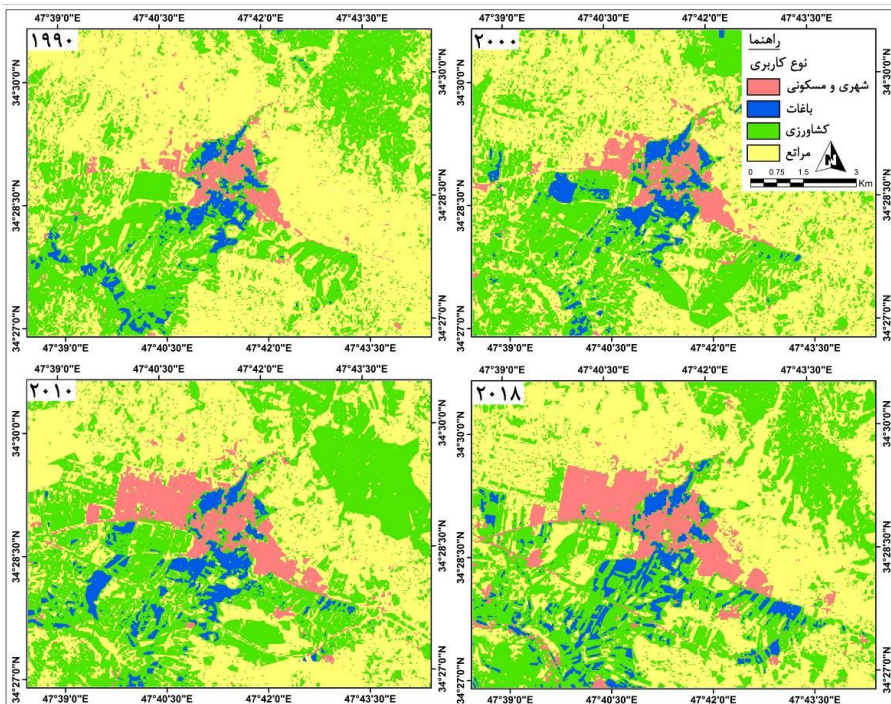
## بحث و نتایج

کاربری اراضی محدوده مطالعاتی: با گذشت زمان و روند شتابان افزایش جمعیت و به تبع آن افزایش نواحی سکونتگاهی، اراضی شهری و مسکونی افزایش و سایر اراضی بخصوص مراتع کاهش پیدا می‌کند. در این تحقیق روند تغییرات کاربری اراضی محدوده مطالعاتی با استفاده از تصاویر لندست ۵، ۷ و ۸ و در ۴ بازه زمانی ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۸ مورد ارزیابی قرار گرفته شده است. نتایج حاصل از محاسبه مساحت هر کدام از کاربری‌های اراضی در جدول ۲ نشان داده شده است که بر اساس آن اراضی شهری و مسکونی از ۲/۵ کیلومترمربع در سال ۱۹۹۰ به ۳/۱ کیلومترمربع در سال ۲۰۰۰ افزایش یافته است که بیانگر این است که روند رو به رشد کندی داشته است. این کاربری در حدفواصل سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ بیش‌ترین رشد را داشته است به طوری که در این دوره ده ساله با ۱/۸ کیلومترمربع رشد فیزیکی از ۳/۱ به ۴/۹ کیلومترمربع افزایش داشته است. همچنین در طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۸ نیز با حدود ۰/۸ کیلومترمربع رشد فیزیکی از ۴/۹ به ۵/۷ کیلومترمربع افزایش یافته است. در مجموع روند تغییرات کاربری اراضی شهری و مسکونی بیان‌کننده این است که در بازه زمانی ۲۸ ساله از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ این کاربری ۳/۲ کیلومترمربع افزایش یافته است که رشد قابل توجهی می‌باشد. در کنار روند افزایشی کاربری اراضی شهری و مسکونی، کاربری باغات نیز افزایش یافته است به طوری که در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ کاربری باغات از ۲ کیلومترمربع به حدود ۳/۶ کیلومترمربع افزایش یافته است. بر خلاف این دو کاربری، کاربری مراتع در طول این سال‌های با کاهش مواجه شده است به طوری که در طی باز زمانی ۲۸ ساله از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ کاربری مراتع از ۳۶/۴ کیلومترمربع به ۳۰/۷ کیلومترمربع کاهش یافته است. بر خلاف سه نوع کاربری دیگر، کاربری اراضی کشاورزی شامل اراضی کشاورزی آبی و دیم دارای روند یکنواخت نبوده است به طوری که در باز زمانی سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ روند افزایشی داشته است و از ۲۱/۷ کیلومترمربع به ۲۵/۱ کیلومترمربع رسیده است ولی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ روند کاهشی داشته

است و از ۲۵/۱ به ۲۳ کیلومتر مربع رسیده است. در شکل ۲ نقشه کاربری اراضی محدوده مطالعاتی در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ نشان داده شده است.

جدول ۲: مساحت کاربری‌های اراضی محدوده مطالعاتی در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ (بر حسب کیلومتر مربع)

سال	اراضی شهری و مسکونی	مراغ	باغ	کشاورزی
۱۹۹۰	۲/۵	۳۶/۴	۲	۲۱/۷
۲۰۰۰	۳/۱	۳۲/۲	۲/۵	۲۵/۱
۲۰۱۰	۴/۹	۳۱	۲/۸	۲۴/۴
۲۰۱۸	۵/۷	۳۰/۷	۳/۶	۲۳



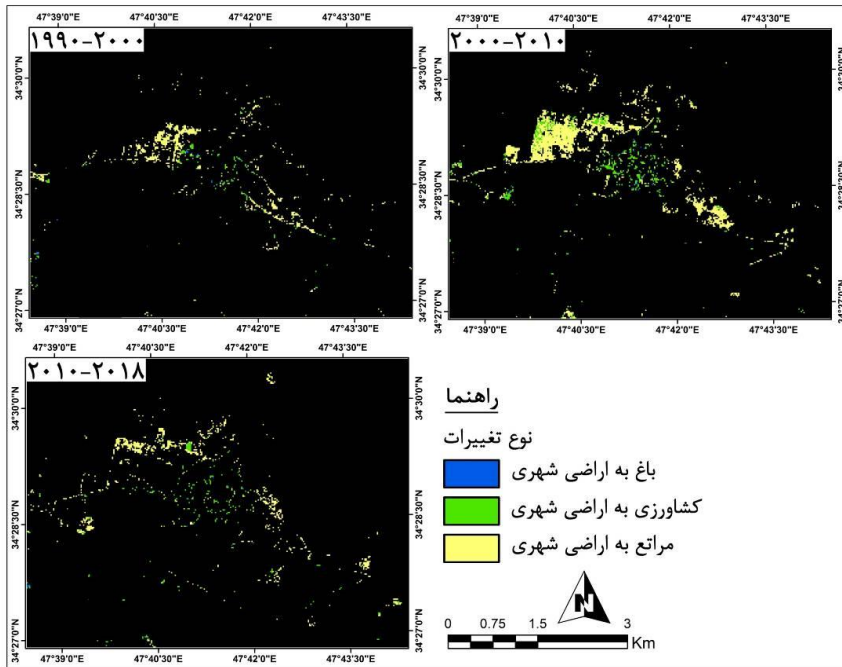
شکل ۲: نقشه کاربری اراضی محدوده مطالعاتی در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸



**ارزیابی تغییرات کاربری اراضی:** با توجه به اهداف مورد نظر، به منظور ارزیابی تغییرات کاربری اراضی، تغییرات سایر کاربری‌ها به کاربری اراضی شهری و مسکونی مورد ارزیابی قرار گرفته شده و به سایر تغییرات مثلاً تغییر کاربری مراتع به کشاورزی و یا باغ به کشاورزی به دلیل فاصله داشتن و دور بودن از هدف پژوهش توجهی نشده است. در جدول ۳ میزان تغییرات صورت گرفته از هر کاربری به کاربری اراضی شهری و مسکونی نشان داده شده است. بر اساس جدول مذکور همان طور که در قسمت قبلی نیز اشاره شد کم‌ترین میزان تغییرات در بازه زمانی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ بوده است. در این بازه حدود ۰/۴ از مراتع، ۰/۱ از اراضی کشاورزی و ۰/۱ از باغات به کاربری اراضی شهری و مسکونی تبدیل شده است. در طی باز زمانی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ نیز بیش‌ترین میزان تغییر کاربری به کاربری اراضی شهری و مسکونی مربوط به کاربری مراتع است که حدود ۱/۴ کیلومترمربع می‌باشد و از کاربری اراضی کشاورزی و باغات نیز به ترتیب ۰/۳ و ۰/۱ کیلومترمربع به کاربری اراضی مسکونی و شهری تبدیل شده است. همچنین در بازه زمانی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۸ میزان تغییر سایر کاربری‌ها به کاربری اراضی شهری و مسکونی به ترتیب مراتع با ۰/۵، اراضی کشاورزی با ۰/۳ و باغات با ۰/۱ کیلومترمربع بوده است. روند کلی تغییرات بیانگر این است که در طی دوره زمانی ۲۸ ساله از سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ بخش قابل توجهی از مراتع به میزان ۲/۳ کیلومترمربع به اراضی شهری و مسکونی تبدیل شده است که بیش‌ترین میزان آن در مناطق شرقی محدوده شهری صحنه بوده است. همچنین میزان تغییر کاربری اراضی کشاورزی و باغات به اراضی شهری و مسکونی به ترتیب حدود ۰/۶ و ۰/۳ کیلومترمربع بوده است. در شکل ۳ نحوه تغییرات سایر کاربری‌ها به کاربری اراضی شهری و مسکونی نشان داده شده است.

جدول ۳: میزان تغییرات کاربری‌ها به کاربری اراضی شهری و مسکونی (کیلومترمربع)

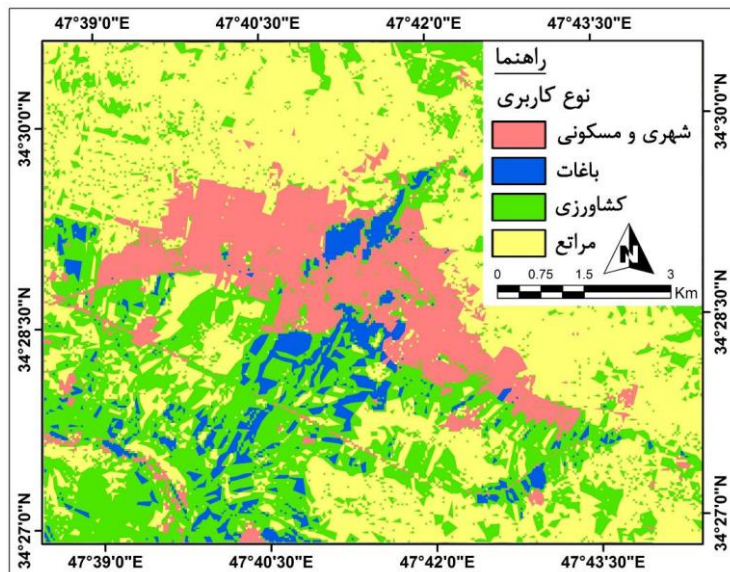
بازه زمانی	مراتع	کشاورزی	باغ
۱۹۹۰-۲۰۰۰	۰/۴	۰/۱	۰/۱
۲۰۰۰-۲۰۱۰	۱/۴	۰/۳	۰/۱
۲۰۱۰-۲۰۱۸	۰/۵	۰/۲	۰/۱



شکل ۳: تغییرات سایر کاربری ها به کاربری اراضی شهری و مسکونی

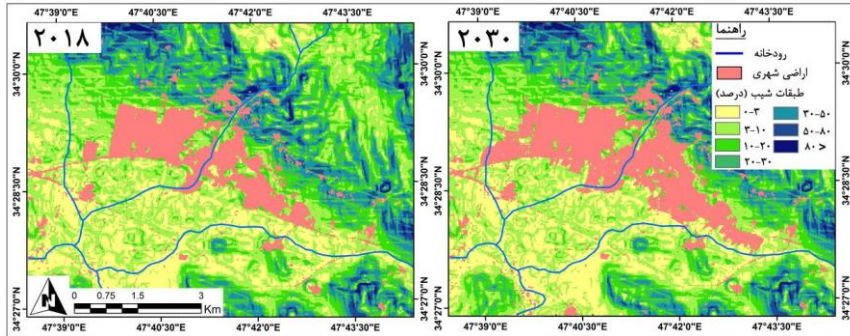
پیش بینی گسترش فیزیکی شهر صحنه تا سال ۲۰۳۰: در این تحقیق پس از ارزیابی تغییرات صورت گرفته و تهیه نقشه تغییرات سایر کاربری ها به کاربری اراضی شهری و مسکونی با استفاده از مدل LCM بر اساس مدل زنجیره مارکوف میزان پتانسیل تغییر هر کاربری به کاربری سکونتگاهی سنجیده شده است. به این معنی که هر پیکسل از تصویر برای تغییر از یک کاربری به نوع دیگر چقدر قابلیت دارد (رهنما و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۵۳). سپس، بر مبنای تغییرات عمده روی داده در منطقه مورد مطالعه، ۳ زیر مدل انتقال تغییر کاربری که عبارت اند از تبدیل کاربری مراتع به کاربری اراضی شهری و مسکونی، تبدیل کاربری کشاورزی به کاربری اراضی شهری و مسکونی و همچنین تبدیل کاربری باغات به کاربری اراضی شهری و مسکونی مشخص شده است. پس از محاسبه پتانسیل انتقال هر کاربری به کاربری در نهایت بر مبنای داده های توصیفی (شیب، ارتفاع، فاصله از جاده و فاصله از نواحی سکونتگاهی) و پتانسیل انتقال، نقشه پیش بینی گسترش نواحی سکونتگاهی برای سال ۲۰۳۰ تهیه شده است. مطابق نقشه مذکور، اراضی شهری و مسکونی در سال ۲۰۳۰ به حدود ۷/۱ کیلومتر مربع خواهد رسید. در شکل ۴ نقشه پیش بینی توسعه فیزیکی شهر صحنه تا سال ۲۰۳۰ نشان داده شده است. مطابق نقشه مذکور بیشترین امکان توسعه و در واقع پتانسیل توسعه فیزیکی به سمت مناطق شرقی و

غربي محدوده شهري صحنه خواهد بود، در واقع مي توان گفت که همانند دوره هاي قبلي تا سال ۲۰۳۰ گسترش فيزيكي شهري صحنه داراي روند شرقي غربي خواهد بود.



شکل ۴: نقشه پيش بيني توسعه فيزيكي شهر صحنه تا سال ۲۰۳۰

**پراکنش نواحی سکونتگاهی در ارتباط با وضعیت ژئومورفولوژیکی منطقه مورد مطالعه:**  
 وضعیت ژئومورفولوژیکی هر منطقه تعیین کننده نوع پراکنش فيزيكي نواحی سکونتگاهی است، در واقع مي توان گفت که کاربری اراضي شهري و مسكونی منطبق بر وضعیت ژئومورفولوژیکی منطقه توسعه می یابند. شهر صحنه از سمت شمال به واحد کوهستان منتهی شده است که همین امر سبب شده است تا توسعه نواحی سکونتگاهی به این قسمت با محدودیت همراه باشد. ارزیابی روند توسعه در طی دوره های زمانی مورد مطالعه بیانگر این است که بیشترین میزان توسعه نواحی سکونتگاهی شهر صحنه به سمت مناطق شرقي و غربي محدوده شهري بوده است و این روند مطابق پيش بيني صورت گرفته تا سال ۲۰۳۰ ادامه می یابد. بنابراین می توان گفت که روند شرقي-غربي توسعه فيزيكي شهر صحنه به طور مستقیم تحت تاثیر وضعیت ژئومورفولوژیکی حاکم بر منطقه قرار دارد. در شکل ۵ نقشه پراکنش اراضي شهري و مسكونی بر روی نقشه شیب محدوده مطالعاتی نشان داده شده است که مطابق شکل مذکور مناطق پرشیب به عنوان یکی محدودیت جدی، روند توسعه فيزيكي شهر صحنه را به سمت مناطق شمالی با محدودیت مواجه کرده است.



شکل ۵: نقشه اراضی شهری و مسکونی سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۱۸ بر روی نقشه شیب منطقه

### نتیجه‌گیری

تحت تاثیر روند افزایشی جمعیت، کاربری اراضی شهری و مسکونی در طول زمان افزایش می‌یابد. یکی از چالش‌هایی که در برنامه‌ریزی شهری مورد توجه قرار می‌گیرد توجه به روند رو به رشد توسعه فیزیکی نواحی سکونتگاهی است که در این تحقیق این روند با استفاده از تصاویر چند زمانه ماهواره‌ای مورد ارزیابی قرار گرفته شده است. در بسیاری از تحقیقات پیشین که به ارزیابی توسعه فیزیکی شهرها پرداخته شده است، فقط به ارزیابی روند توسعه فیزیکی شهرها در یک بازه زمانی پرداخته شده و در بسیاری از تحقیقات نیز فقط روند توسعه فیزیکی شهرها تا زمان حاضر مورد ارزیابی قرار گرفته شده است، در حالی که در تحقیق حاضر علاوه بر اینکه روند توسعه فیزیکی شهر صحنه در ۴ دوره مربوط به سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۸ ارزیابی شده است، با استفاده از روش LCM و مدل زنجیره مارکوف به پیش بینی میزان توسعه آن تا سال ۲۰۳۰ نیز پرداخته شده است و همچنین نحوه توسعه فیزیکی محدوده مطالعاتی در ارتباط با وضعیت ژئومورفولوژیکی منطقه مورد ارزیابی قرار گرفته شده است. نتایج تحقیق حاضر بیانگر این است که اراضی شهری و مسکونی شهر صحنه با روند قابل توجهی در حال رشد است. بر اساس نتایج بدست آمده در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ کاربری اراضی شهری و مسکونی ۳/۲ کیلومترمربع افزایش یافته است که بیش‌ترین میزان توسعه در طی دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ بوده است به طوری که در طی این دوره ۱۰ ساله کاربری اراضی شهری و مسکونی ۱/۸ کیلومترمربع افزایش یافته است. افزایش کاربری اراضی شهری و مسکونی در طی بازه زمانی مورد مطالعه با کاهش کاربری مراتع و اراضی کشاورزی همراه بوده است. ارزیابی تغییرات کاربری‌های اراضی بیانگر این است که در طی دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ حدود ۲/۳ از مراتع به اراضی شهری و مسکونی تبدیل شده است که عمدتاً در مناطق شرقی محدوده شهری صحنه

بوده است و همچنین حدود ۰/۶ و ۰/۳ کیلومترمربع از اراضی کشاورزی و باغات در طی دوره زمانی ۲۸ ساله به کاربری اراضی شهری و مسکونی تبدیل شده است که عمدتاً در مناطق مرکزی و جنوبی محدوده شهری صحنه بوده است. همچنین بر اساس نتایج حاصل از پیش بینی تغییرات کاربری اراضی شهری و مسکونی شهر صحنه، این اراضی تا سال ۲۰۳۰ به ۱/۷ کیلومترمربع افزایش خواهد یافت که این افزایش بر اساس روند روبه رشد سابق و وضعیت ژئومورفولوژیکی حاکم بر منطقه صورت خواهد گرفت. با توجه به وضعیت پراکنش اراضی شهری و مسکونی در واحدهای ژئومورفولوژی، وضعیت ژئومورفولوژیکی منطقه اصلی ترین عامل در تعیین جهات توسعه فیزیکی شهر صحنه بوده است، به طوری تحت تاثیر واحد کوهستان در شمال محدوده شهری، روند توسعه فیزیکی شهر صحنه به سمت مناطق شرقی و غربی بوده است و این روند نیز برای سال ۲۰۳۰ نیز پیش بینی شده است. نتایج تحقیق حاضر بیانگر این است که شهر صحنه با روند رو به رشد قابل توجهی مواجه است و با توجه به وضعیت ژئومورفولوژیکی و تکنیکی حاکم بر منطقه باید بر روی این روند و جهات توسعه فیزیکی شهر، نظارت بیشتری صورت گیرد تا از حرکت نواحی جمعیتی به سمت مناطق مخاطره آفرین و خسارات احتمالی جلوگیری شود.

## منابع

۱. آرخی، صالح؛ موسی زاده، حسین؛ خداداد، مهدی؛ موسوی پارسایی سیدمحمد (۱۳۹۴)، ارزیابی و تحلیل توسعه فیزیکی شهرهای میانی با استفاده از RS و GIS (مطالعه موردی: شهر گنبد)، فصلنامه جغرافیا و برنامه ریزی شهری چشم انداز زاگرس، دوره هفتم، شماره ۲۶، صص ۱۷-۴۲
۲. احدنژاد روشتی، محسن؛ حسینی، سیداحمد (۱۳۹۰)، ارزیابی و پیش بینی تغییرات و پراکنش افقی شهرها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهر تبریز در مقطع زمانی ۱۳۸۹-۱۳۶۳)، مجله برنامه‌ریزی شهری مرودشت، دوره ۲، شماره ۴، صص ۱-۲۰
۳. رهنما، محمدرحیم؛ اجزاشکوهی، محمد؛ عطا، بهنام (۱۳۹۶)، فصلنامه علمی پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، سال ۱۳۹۶، دوره ۲۶، شماره ۱۰۳، ۱۶۰-۱۴۷

۴. صفاری، امیر؛ گنجائیان، حمید؛ حیدری، زهرا، فریدونی کردستانی، مژده (۱۳۹۷)، تعیین مناطق کارست توسعه یافته با استفاده از مدل های منطق فازی و OWA در حوزه قره سو، نشریه هیدروژئومورفولوژی، شماره ۱۵، صص ۹۵-۱۱۴
۵. صفاری، امیر؛ گنجائیان، حمید؛ فریدونی کردستانی، مژده؛ حیدری، زهرا (۱۳۹۷)، تعیین جهت های مناسب توسعه شهری بر اساس مناطق ممنوعه ژئومورفولوژیکی مطالعه موردی: شهرستان فارس، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال یازدهم شماره ۳۹، صص ۱۹-۳۲
۶. صالحی، ناهید؛ اختصاصی، محمدرضا؛ طالبی، علی (۱۳۹۸)، پیش بینی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره مارکوف CA-Markov، سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، سال دهم، شماره اول، صص ۱۰۶-۱۲۰
۷. عطا، بهنام؛ رهنما، محمدرحیم؛ آرخی، صالح (۱۳۹۴)، ارزیابی و پیش بینی تغییرات پراکنش افقی شهرها با استفاده از تصاویر چند زمانه و مدل CA\_MARKOV (مطالعه موردی: شهر گنبد کاووس)، مجله آمایش جغرافیایی فضا، سال ۷، شماره ۲۳
۸. عزیزی قلاتی، سارا؛ رنگزن، کاظم؛ تقی زاده، ایوب؛ احمدی، شهرام (۱۳۹۳)، مدل سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش رگرسیون لجستیک در مدل LCM (پژوهش موردی: منطقه کوهمره سرخی استان فارس)، فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، جلد ۲۲، شماره ۴، صص ۵۸۵-۵۹۶
۹. کریمی، شیمان؛ میزاعلی، محمد؛ موسی زاده، حسین؛ قیاسی، سمیرا؛ تبریز، امید (۱۳۹۶)، آشکارسازی تغییرات فیزیکی شهر با استفاده از تصاویر Landsat ETM و مدل زنجیره MARKOV (مطالعه موردی: شهر اردبیل)، فصلنامه جغرافیا (برنامه ریزی منطقه ای)، سال ۷، شماره ۲، صص ۱۷۵-۱۸۹
۱۰. میرزایی زاده، وحید؛ مهدوی، علی؛ کرشاهی، عبدالعلی، جعفرزاده، علی اکبر (۱۳۹۴)، کاربرد مدل تلفیقی سلول های خودکار و زنجیره مارکوف در شبیه سازی الگوی مکانی- زمانی تغییر پوشش جنگلی (مطالعه موردی: شهرستان ملکشاهی- استان ایلام، بوم شناسی جنگل های ایران، سال سوم، شماره پنجم، صص ۴۲-۵۲
۱۱. نگهبان، سعید؛ گنجائیان، حمید؛ فریدونی کردستانی، مژده؛ چشمه سفیدی، زیبا (۱۳۹۸)، ارزیابی توسعه فیزیکی شهرها و گسترش به سمت مناطق ممنوعه ژئومورفولوژیکی با استفاده از مدل LCM (مطالعه موردی: شهر سنندج)، مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هشتم، شماره بیستم، صص ۳۹-۵۲

۱۲. هوشیار، حسن؛ حسین زاده دلیر (۱۳۸۵)، دیدگاه‌ها، عوامل و عناصر موثر در توسعه فیزیکی شهرهای ایران. مجله جغرافیا و توسعه ناحیه ای، سال ۱۳۸۵، شماره ششم
۱۳. ایمانی هرسینی، جلیل؛ کابلی، محمد؛ فقهی، جهانگیر؛ طاهرزاده؛ علی (۱۳۹۶)، مدل‌سازی روند تغییرات پوشش/کاربری اراضی با استفاده از زنجیره مارکوف و شبکه خودکار (مطالعه موردی استان همدان)، علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره نوزدهم، بهار ۹۶، شماره یک، صص ۱۲۹-۱۱۹
14. Amoateng, P., Cobbinah, P.B., Adade, K.O. 2013, Managing physical development in peri-urban areas of Kumasi, Ghana: A case of Abuakwa. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, Vol. 7, No. 1, Pp. 96-109
  15. Dewan, A.M., and Y. Yamaguchi, 2009. Land use and land cover change in Greater Dhaka, Bangladesh: Using remote sensing to promote sustainable urbanization, *Applied Geography* 29: 390-401
  16. Kaya, S., Curran, P.J., (2014), Modeling Spatial Changes in Suburban Areas of Istanbul Using Landsat 5 TM Data, FIG Congress 2014 Engaging the Challenges - Enhancing the Relevance Kuala Lumpur, Malaysia 16 – 21
  17. León, J., March, A. 2014, Urban morphology as a tool for supporting tsunami rapid resilience: A case study of Talcahuano, Chile, *Habitat International*, Volume 43, Pages 250-262
  18. Lu, D., Mausel, P., Brondi'zio, E., Moran, E., 2004. Change detection techniques. *INT. J. Remote Sensing*, 20 June, 2004, VOL 25 NO 12: 2365-2407.
  19. Maithani, S., R.K. Jain & M.K. Arora, 2007. An Artificial Neural Network based approach for modelling urban spatial growth, *ITPI Journal*, 4: 43-51
  20. 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, pp: 315-330, [doi: 10.1007/978-3-319-09147-1\_23].
  21. Shen, Z. 2012, *Geospatial Techniques in Urban Planning*. Springer. 393 p
  22. Sudhira, h.s , Ramachandra , T.V, and jagadish, k.s .2004, urban sprawl: metrics, dynamics using GIS, *international jornalif applied earth observation and Geoinformation* 5: ۳۹-۲۹
  23. Tewolde, M.G., and P. Cabral, 2011. Urban Sprawl Analysis and Modeling in Asmara, Eritrea, *Remote Sensing* 3: 2148-2165.