



جغرافیا و روابط انسانی، پاییز ۱۴۰۲، دوره ۶، شماره ۲، صص ۴۲۴-۴۱۱

## ارزیابی روند توسعه فیزیکی شهر ایذه با استفاده از مدل LCM

مجید گودرزی<sup>۱</sup>، اعظم ابراهیمی<sup>۲\*</sup>

۱-دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- دانشجوی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید چمران اهواز

(Email: ebrahimi.amm@gmail.com)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۱۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۰۵

### چکیده

روند افزایشی جمعیت نقش مهمی در روند توسعه فیزیکی نواحی سکونتگاهی و همچنین تغییرات کاربری اراضی دارد. شهر ایذه از جمله شهرهایی است که در طی سال‌های اخیر با رشد جمعیتی زیادی مواجه شده است. با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش به ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی و توسعه فیزیکی نواحی سکونتگاهی محدوده شهری و حاشیه شهری ایذه پرداخته شده است. در این پژوهش از مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر، تصاویر ماهواره لندست و لایه‌های رقومی اطلاعاتی به‌عنوان داده‌های تحقیق استفاده شده است. مهم‌ترین نرم‌افزارهای تحقیق ENVI (به‌منظور پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای و تهیه نقشه‌های کاربری اراضی)، IDRISI (به‌منظور اجرای مدل LCM) و ArcGIS (به‌منظور تهیه نقشه‌های نهایی) بوده است. در این تحقیق، ابتدا نقشه‌های کاربری اراضی محدوده مطالعاتی تهیه شده و سپس روند توسعه فیزیکی نواحی سکونتگاهی محدوده ارزیابی شده است و در ادامه، این روند برای سال ۲۰۳۵ پیش‌بینی شده است. بر اساس نتایج حاصله، وسعت نواحی سکونتگاهی محدوده مطالعاتی به میزان قابل توجهی افزایش یافته است به طوری که این کاربری در سال ۱۹۹۳، ۴/۳ کیلومترمربع وسعت داشته است که این میزان در طی سال‌های ۲۰۰۲، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۰ به ترتیب به ۵/۶، ۸/۸ و ۱۱/۵ کیلومترمربع افزایش یافته است. همچنین روند توسعه فیزیکی محدوده مطالعاتی برای سال ۲۰۳۵ پیش‌بینی شده است که بر اساس نتایج حاصله، وسعت نواحی سکونتگاهی محدوده شهری و حاشیه شهری ایذه تا سال ۲۰۳۵ به ۱۷/۷ کیلومترمربع افزایش خواهد یافت.

کلمات کلیدی: توسعه فیزیکی شهری، LCM، ایذه



## مقدمه

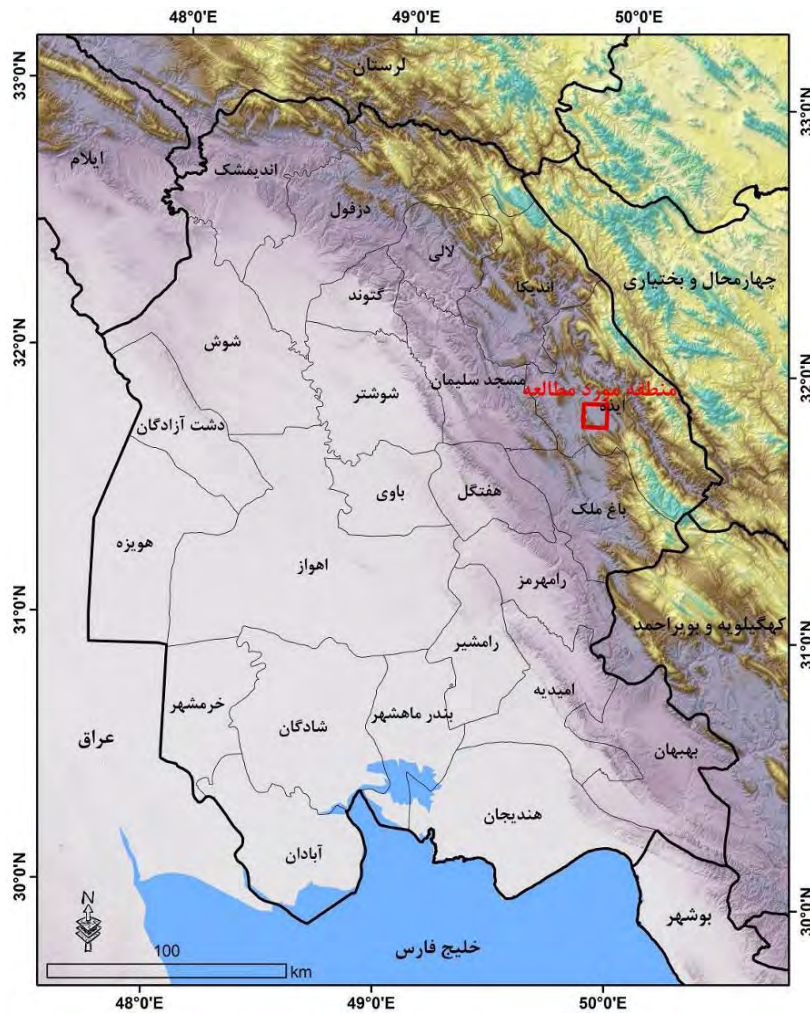
شهرها متأثر از عوامل مختلفی طبیعی و انسانی توسعه می‌یابند (موحد و همکاران، ۱۴۰۱). روند افزایشی شهرنشینی در کشورهای در حال توسعه نسبت به کشورهای توسعه‌یافته، بیش‌تر است (سیلورید و پنا<sup>۱</sup>، ۲۰۰۵). در ایران نیز، با شروع انقلاب صنعتی در غرب و قانون اصلاحات ارضی در ایران، روند شهرنشینی با رشد چشم‌گیری مواجه شده است (میرکتولی و همکاران، ۱۳۹۱). روند افزایشی شهرنشینی با تغییرات کاربری اراضی همراه است و این تغییرات از مهم‌ترین تأثیرات انسان در محیط‌زیست و همچنین تغییرات منطقه‌ای مانند تغییرات هیدروژئومورفولوژی هستند (لوئو<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۰). تغییرات بی‌برنامه کاربری اراضی با تأثیرات منفی زیست‌محیطی و بروز مخاطرات همراه است (ماس<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۴) و همچنین سبب تغییر در چشم‌اندازهای طبیعی می‌شود. از جمله مهم‌ترین تغییرات کاربری اراضی، توسعه فیزیکی نواحی سکونتگاهی است (گاتمن و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۰۴؛ باتی<sup>۵</sup>، ۲۰۰۵)، به طوری که افزایش جمعیت در صد سال گذشته حدود یک‌سوم از سطح زمین را تغییر داده است (یانگ و لی<sup>۶</sup>، ۲۰۱۳). بر اساس مطالعات صورت گرفته، روند افزایش جمعیت شهری و توسعه فیزیکی نواحی شهری ایران سبب دست‌اندازی به محیط‌های طبیعی و از بین بردن آن‌ها شده‌اند (جوادیان کوتنایی و همکاران، ۱۳۹۳). با توجه به موارد مذکور، بررسی روند تغییرات کاربری اراضی و توسعه فیزیکی شهرها بسیار حائز اهمیت است. یکی از شهرهایی که در طی سال‌های اخیر با توسعه فیزیکی قابل توجهی همراه بوده است، شهر ایذه در استان خوزستان است به همین دلیل در این پژوهش، به ارزیابی توسعه فیزیکی این شهر در طی سال‌های اخیر پرداخته شده است.

در ارتباط با موضوع مورد مطالعه تحقیقات مختلفی در سطح ایران و جهان صورت گرفته است که از جمله آن‌ها می‌توان به خوی و مارایاما<sup>۷</sup> (۲۰۱۰) اشاره کرد که از مدل‌ساز تغییر زمین و شبکه عصبی مصنوعی برای مدل‌سازی تغییرات جنگل در پارک ملی تام داو استفاده کردند. روی<sup>۸</sup> و همکاران (۲۰۱۴) به پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در مقیاس‌های زمانی مختلف در حوضه آبریز دریای مدیترانه در جنوب شرقی فرانسه پرداختند. محمدی و همکاران

- 
- 1 . Silveira & Penna
  - 2 . Luo
  - 3 .Mas
  - 4 . Gutman
  - 5 . Batty
  - 6 . Yang & Li
  - 7 . Khoi & Murayama
  - 8 .Roy

(۱۳۹۴) به بررسی روند تغییرات کاربری اراضی شهرستان رامیان پرداختند. در این تحقیق، تغییرات کاربری اراضی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲ بررسی شده و روند تغییرات برای سال ۲۰۳۰ پیش‌بینی شده است. محمدخان و همکاران (۱۳۹۸) به پیش‌بینی روند توسعه شهری مریوان به سمت مناطق مخاطره‌آفرین با استفاده از تصاویر چند زمانه پرداختند. نوروزی و نوری (۱۳۹۸) به ارزیابی روند توسعه فیزیکی شهر صحنه با استفاده از مدل LCM و زنجیره مارکوف پرداختند و این روند را برای سال ۲۰۳۰ پیش‌بینی کرده‌اند. مداحی و همکاران (۱۳۹۹) به ارزیابی گسترش کمی شهر و مدلسازی توسعه فیزیکی در نوار ساحلی شهر بندرعباس پرداختند. در این پژوهش از مدل LCM استفاده شده و روند توسعه شهری در طی سال‌های ۱۹۹۴ تا ۲۰۱۵ ارزیابی شده است. عبیات و همکاران (۱۴۰۰) به مدل‌سازی روند تغییرات زمانی-مکانی توسعه فیزیکی شهر اهواز پرداختند. در این تحقیق روند تغییرات صورت گرفته در طی سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۹ بررسی شده و سپس روند تغییرات برای سال ۲۰۲۹ پیش‌بینی شده است.

**منطقه مورد مطالعه:** محدوده مطالعاتی تحقیق حاضر منطبق بر شهر ایذه در استان خوزستان است. شهر ایذه مرکز شهرستان ایذه است و در غرب استان خوزستان قرار دارد (شکل ۱). شهر ایذه بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵، حدود ۱۲۰ هزار نفر جمعیت دارد. این شهر از نظر توپوگرافی در واحد دشت قرار دارد که از سمت غرب به واحد تپه‌ماهور و از سمت شرق به واحد کوهستان منتهی می‌شود. همچنین از نظر اقلیمی نیز دارای زمستان‌های تقریباً معتدل و مرطوب و تابستان‌های گرم و خشک است.



شکل ۱: نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

## مواد و روش‌ها

در این پژوهش از مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر، تصاویر ماهواره لندست (جدول ۱) و لایه‌های رقومی اطلاعاتی به‌عنوان داده‌های تحقیق استفاده شده است. مهم‌ترین نرم‌افزارهای تحقیق ENVI (به‌منظور پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای و تهیه نقشه‌های کاربری اراضی)، IDRISI (به‌منظور اجرای مدل LCM) و ArcGIS (به‌منظور تهیه نقشه‌های نهایی) بوده است. این تحقیق در چند مرحله انجام شده که در ادامه به تشریح آن‌ها پرداخته شده است:

جدول ۱: مشخصات تصاویر مورد استفاده

نوع ماهواره	سنجنده	تاریخ
لندست ۵	TM	۱۹۹۳/۰۶/۱۲
لندست ۷	TM	۲۰۰۲/۰۶/۰۵
لندست ۸	OLI	۲۰۱۳/۰۶/۱۹
لندست ۸	OLI	۲۰۲۰/۰۶/۲۲

۱. مرحله اول (پیش‌پردازش تصاویر): پس از تهیه تصاویر، قبل از تهیه کاربری‌های اراضی، ابتدا پیش-پردازش‌های لازم شامل تصحیحات رادیومتریک و اتمسفری بر روی تصاویر انجام شده است. به‌منظور انجام این کار از نرم‌افزار ENVI استفاده شده است.
۲. مرحله دوم (تهیه نقشه کاربری اراضی): برای تهیه نقشه کاربری اراضی، از روش طبقه‌بندی نظارت شده استفاده شده است. اولین گام در انجام دادن یک طبقه‌بندی نظارت‌شده تعریف مناطقی است که به مثابه نمونه‌های تعلیمی برای هر کلاس استفاده می‌شوند (استمن<sup>۱</sup>، ۲۰۰۶). نمونه‌های تعلیمی در ۴ کلاس نواحی سکونتگاهی، اراضی کشاورزی، پهنه‌های آبی و اراضی بایر و مراتع تعریف شده‌اند. پس از تعیین نمونه‌های تعلیمی، با استفاده از روش حداکثر احتمال، نقشه‌های کاربری اراضی محدوده شهری و حاشیه شهری ایزه مربوط به سال‌های ۱۹۹۳، ۲۰۰۲، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۰ تهیه شده است.
۳. مرحله سوم (ارزیابی روند تغییرات نواحی سکونتگاهی): پس از تهیه نقشه‌های کاربری اراضی، به‌منظور تجزیه و تحلیل تغییرات صورت گرفته، از مدل LCM استفاده شده است. در این مرحله، روند تغییرات کاربری نواحی سکونتگاهی ارزیابی شده است.

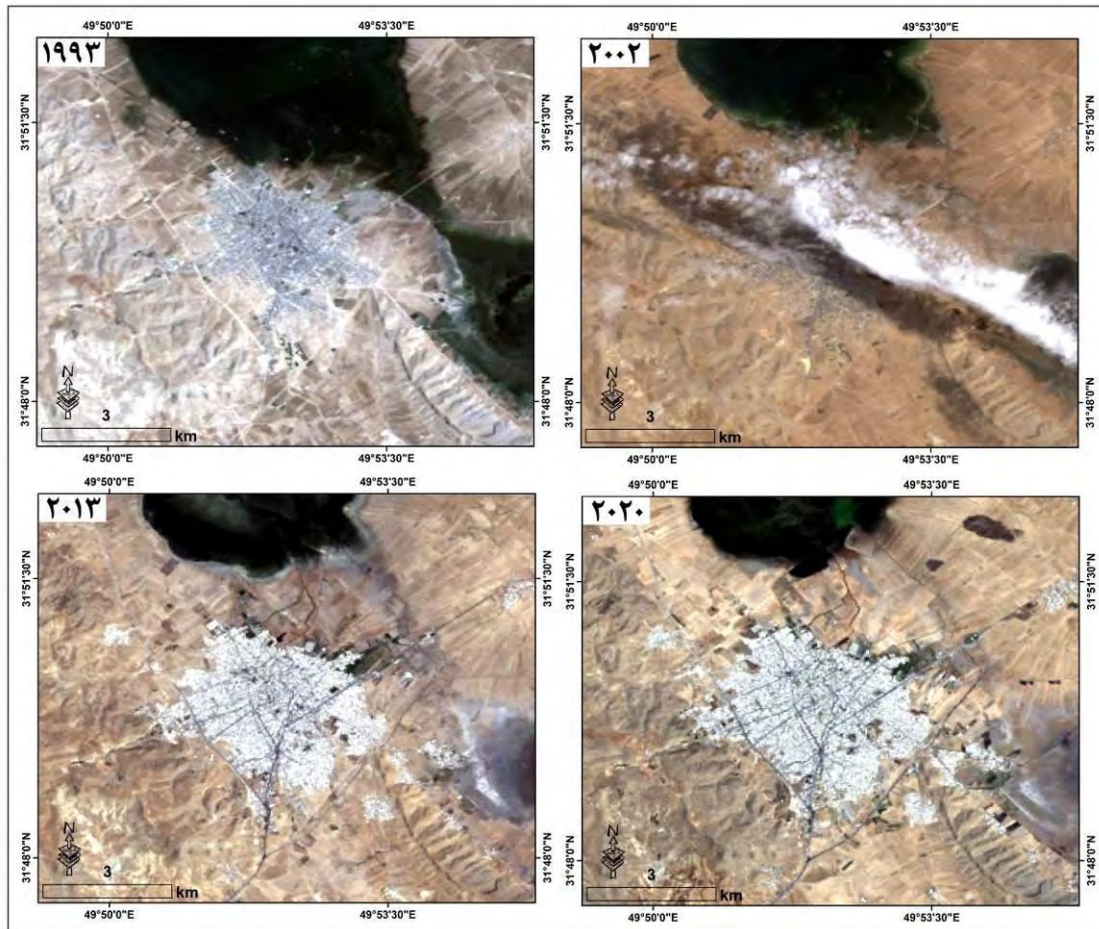
---

 1 . Eastman

۴. **مرحله چهارم (پیش‌بینی توسعه فیزیکی شهر ایذه):** در این مرحله با استفاده از مدل زنجیره مارکوف، به پیش‌بینی توسعه فیزیکی شهر ایذه برای سال ۲۰۳۵ پرداخته شده است. در این مرحله بر اساس مدل زنجیره مارکوف میزان پتانسیل هر کاربری به کاربری سکونتگاهی سنجیده شده است. به این معنی که هر پیکسل از تصویر برای تغییر از یک کاربری به کاربری سکونتگاهی چقدر قابلیت دارد. پس از محاسبه پتانسیل انتقال هر کاربری به کاربری سکونتگاهی با استفاده از داده‌های توصیفی موردنظر، نقشه پیش‌بینی سخت توسعه فیزیکی شهر ایذه برای سال ۲۰۳۵ تهیه شده است.

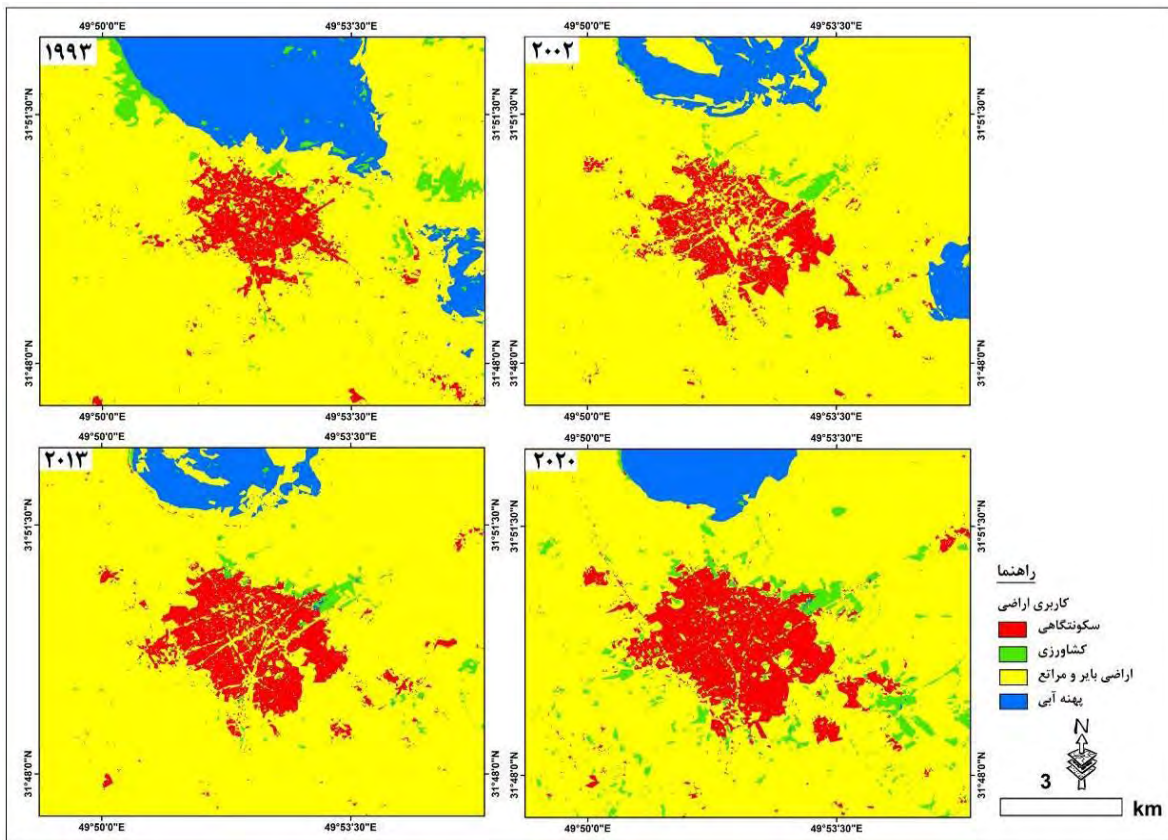
### بحث و نتایج

-تهیه تصاویر مورد نظر: در این پژوهش به منظور ارزیابی روند توسعه فیزیکی شهر ایذه، تصاویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه مربوط به سال‌های ۱۹۹۳، ۲۰۰۲، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۰ تهیه شده است (شکل ۲). لازم به ذکر است که تصاویر تهیه شده مربوط به ماه جوئن می‌باشد.



شکل ۲: تصاویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه

- بررسی روند تغییرات کاربری اراضی: در این پژوهش به منظور ارزیابی روند توسعه نواحی سکونتگاهی، ابتدا نقشه کاربری اراضی محدوده شهری و حاشیه شهری ایذه مربوط به سال‌های ۱۹۹۳، ۲۰۰۲، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۰ تهیه شده است (شکل ۳). بر اساس نقشه‌های تهیه شده، بخش زیادی از محدوده مطالعاتی را کاربری مراتع و اراضی بایر در بر گرفته است.



شکل ۳: نقشه کاربری‌های اراضی محدوده مطالعاتی مربوط به سال‌های ۱۹۹۳، ۲۰۰۲، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۰

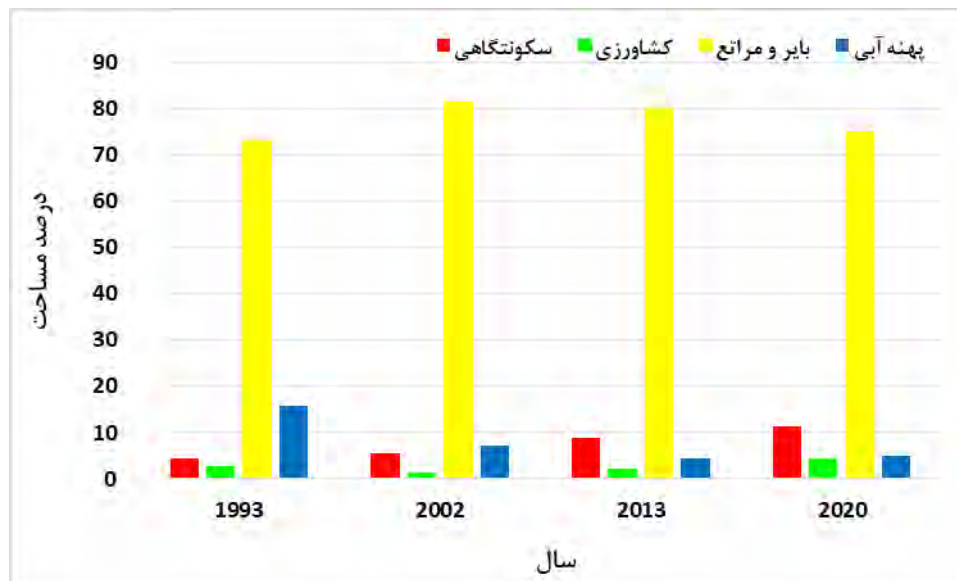
نتایج بررسی روند تغییرات کاربری اراضی در محدوده مطالعاتی نشان داده است که کاربری نواحی سکونتگاهی در سال ۱۹۹۳،  $\frac{4}{3}$  کیلومتر مربع وسعت داشته است که این میزان در طی سال‌های ۲۰۰۲، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۰ به ترتیب به  $\frac{5}{6}$ ،  $\frac{8}{8}$  و  $\frac{11}{5}$  کیلومتر مربع افزایش یافته است. کاربری اراضی کشاورزی در سال ۱۹۹۳،  $\frac{2}{7}$  کیلومتر مربع وسعت داشته است که این میزان در طی سال‌های ۲۰۰۲، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۰ به ترتیب  $\frac{1}{5}$ ،  $\frac{2}{3}$  و  $\frac{4}{4}$  وسعت داشته است. کاربری اراضی بایر و مراتع در سال ۱۹۹۳،  $\frac{73}{2}$  کیلومتر مربع وسعت داشته است که این میزان در طی سال‌های ۲۰۰۲، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۰ به ترتیب  $\frac{81}{5}$ ،  $\frac{80}{3}$  و  $\frac{75}{1}$  وسعت داشته است. کاربری پهنه آبی در سال ۱۹۹۳،  $\frac{15}{7}$



کیلومتر مربع وسعت داشته است که این میزان در طی سال‌های ۲۰۰۲، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۰ به ترتیب ۷/۲، ۴/۴ و ۴/۹ وسعت داشته است (جدول ۲ و شکل ۴).

جدول ۲: مساحت کاربری‌های اراضی محدوده مطالعاتی در طی سال‌های ۱۹۹۳، ۲۰۰۲، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۰

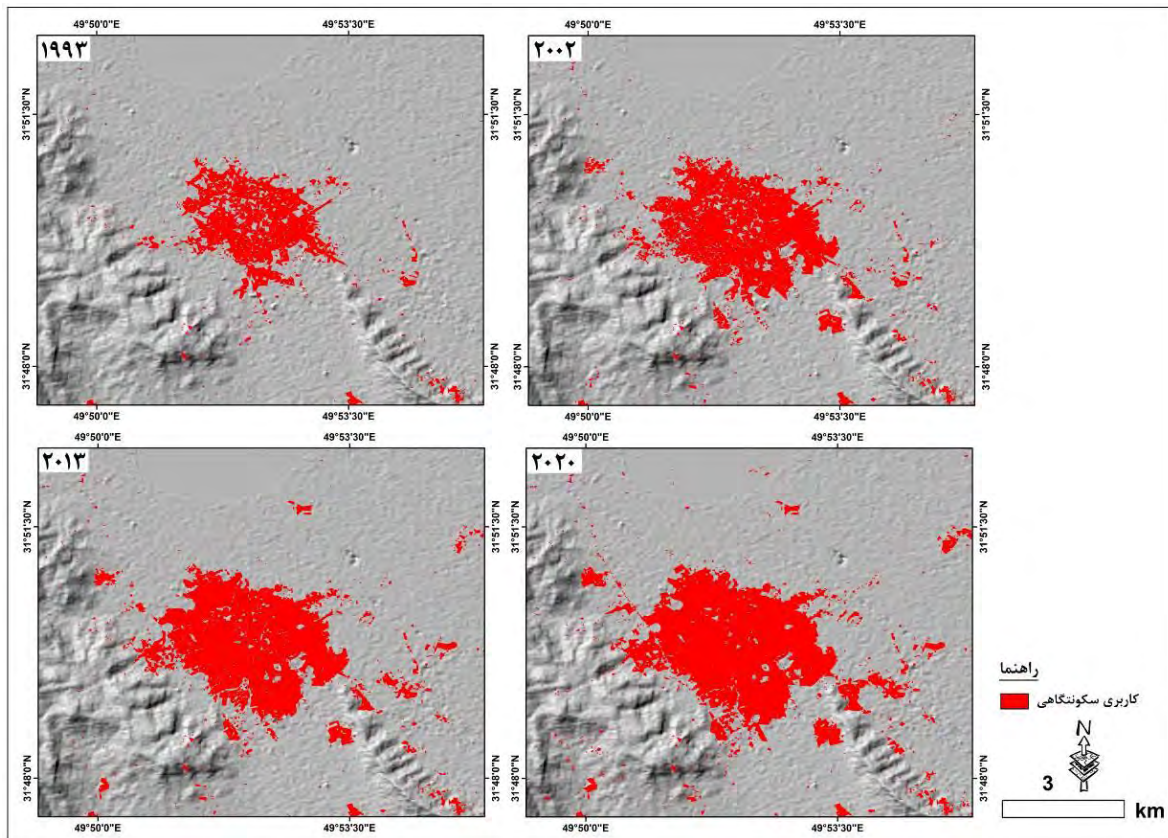
سال	۱۹۹۳	۲۰۰۲	۲۰۱۳	۲۰۲۰
سکونتگاهی	۴/۳	۵/۶	۸/۸	۱۱/۵
کشاورزی	۲/۷	۱/۵	۲/۳	۴/۴
اراضی بایر و مراتع	۷۳/۲	۸۱/۵	۸۰/۳	۷۵/۱
پهنه آبی	۱۵/۷	۷/۲	۴/۴	۴/۹



شکل ۴: نمودار مساحت کاربری‌های اراضی محدوده مطالعاتی در طی سال‌های ۱۹۹۳، ۲۰۰۲، ۲۰۱۳ و

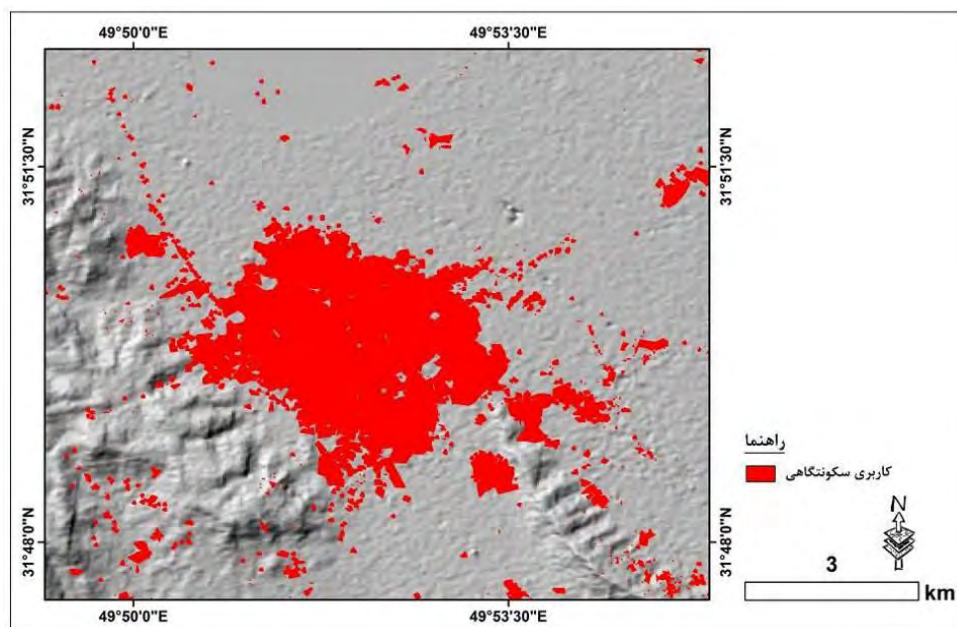
۲۰۲۰

-ارزیابی روند توسعه فیزیکی نواحی سکونتگاهی شهر ایذه: بررسی روند تغییرات نواحی سکونتگاهی محدوده شهری و حاشیه شهری ایذه نشان داده است که این شهر در طی سال‌های اخیر، با توسعه فیزیکی قابل توجهی مواجه شده است. بر اساس نتایج حاصله، شهر ایذه در سال ۱۹۹۳، حدود ۴/۳ کیلومترمربع وسعت داشته است در حالی که این میزان در سال ۲۰۲۰ به ۱۱/۵ کیلومترمربع افزایش یافته است (شکل ۵). نتایج بررسی روند مکانی تغییرات صورت گرفته نشان داده است که بیشترین میزان تغییرات مربوط به مناطق جنوبی این شهر بوده است. بر این اساس، روند توسعه فیزیکی شهر ایذه در طی سال‌های اخیر، بیش‌تر به سمت مناطق جنوبی این شهر بوده است.



شکل ۵: نقشه روند توسعه فیزیکی نواحی سکونتگاهی شهر ایذه در طی سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۲۰

در این پژوهش همچنین روند توسعه فیزیکی شهر ایذه برای سال ۲۰۳۵ پیش‌بینی شده است. در این مرحله از مدل زنجیره مارکوف استفاده شده است و بر مبنای روند توسعه فیزیکی شهر ایذه در سال‌های اخیر، پتانسیل تغییر سایر کاربری‌های به کاربری نواحی سکونتگاهی و همچنین وضعیت توپوگرافی منطقه، نقش پیش‌بینی توسعه فیزیکی محدوده مطالعاتی برای سال ۲۰۳۵ تهیه شده است (شکل ۶). بر اساس نتایج حاصله، وسعت نواحی سکونتگاهی محدوده شهری و حاشیه شهری ایذه تا سال ۲۰۳۵ به ۱۷/۷ کیلومتر مربع افزایش خواهد یافت.



شکل ۶: نقشه پیش‌بینی توسعه نواحی سکونتگاهی محدوده مطالعاتی تا سال ۲۰۳۵

### نتیجه‌گیری

شهر ایذه از جمله شهرهایی است که در طی سال‌های اخیر با رشد جمعیتی زیادی مواجه شده است. روند افزایشی جمعیت نقش مهمی در روند توسعه فیزیکی نواحی سکونتگاهی و همچنین تغییرات کاربری اراضی دارد. با توجه

به اهمیت موضوع، در این پژوهش به ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی و توسعه فیزیکی نواحی سکونتگاهی محدوده شهری و حاشیه شهری ایذه پرداخته شد. بر اساس نتایج حاصله، کاربری اراضی کشاورزی در سال ۱۹۹۳، ۲/۷ کیلومترمربع وسعت داشته است که این میزان در سال ۲۰۲۰ به ۴/۴ کیلومترمربع افزایش یافته است. کاربری اراضی بایر و مراتع در سال ۱۹۹۳، ۷۳/۲ کیلومترمربع وسعت داشته است که این میزان در سال ۲۰۲۰ به ۷۵/۱ کیلومترمربع افزایش یافته است. کاربری پهنه آبی در سال ۱۹۹۳، ۱۵/۷ کیلومترمربع وسعت داشته است که این میزان در سال ۲۰۲۰ به ۴/۹ کیلومترمربع کاهش یافته است. بر خلاف کاربری پهنه آبی، به دلیل روند افزایشی جمعیت، کاربری نواحی سکونتگاهی روند افزایشی داشته است به طوری که این کاربری در سال ۱۹۹۳، ۴/۳ کیلومترمربع وسعت داشته است که این میزان در طی سال‌های ۲۰۰۲، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۰ به ترتیب به ۵/۶، ۸/۸ و ۱۱/۵ کیلومترمربع افزایش یافته است. همچنین روند توسعه فیزیکی محدوده مطالعاتی برای سال ۲۰۳۵ پیش‌بینی شده است که بر اساس نتایج حاصله، وسعت نواحی سکونتگاهی محدوده شهری و حاشیه شهری ایذه تا سال ۲۰۳۵ به ۱۷/۷ کیلومترمربع افزایش خواهد یافت.

## منابع

۱. جوادیان کوتنایی، سارا؛ ملماسی، سعید؛ اورک، ندا؛ مرشدی، جعفر (۱۳۹۳)، تدوین الگوی ارزیابی توان اکولوژیک توسعه شهری با بهره‌گیری از فرایند تحلیل شبکه‌ای (نمونه موردی، شهرستان سازی)، مجله آمایش سرزمین، شماره ۱، صص ۱۷۸-۱۵۳
۲. عبیات، محمد؛ عبیات، مصطفی؛ عبیات، مرتضی (۱۴۰۰)، مدل‌سازی روند تغییرات زمانی- مکانی کاربری اراضی و توسعه شهری اهواز مبتنی بر رویکرد آمایشی، مجله آمایش سرزمین، دوره ۱۳، شماره ۱، صص ۲۴۵-۲۱۵.
۳. محمدخان، شیرین، گنجائیان، حمید؛ شهری، سمیه؛ عباس‌زاده، امیرعلی (۱۳۹۸)، پیش‌بینی روند توسعه شهری به سمت مناطق مخاطره‌آفرین با استفاده از تصاویر چندزمانه (مطالعه موردی: شهر مریوان)، مجله سپهر، دوره ۲۸، شماره ۱۱۰، صص ۱۱۷-۱۰۷
۴. محمدی، مجید؛ امیری، مجتبی؛ دستورانی، جعفر (۱۳۹۴)، مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی شهرستان رامیان در استان گلستان، مجله برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دوره ۱۹، شماره ۴، صص ۱۵۸-۱۴۱.

۵. مداحی، ریحانه؛ المدرسی، سیدعلی؛ جمالی، علی‌اکبر؛ مهدوی نجف‌آبادی، رسول (۱۳۹۹)، ارزیابی گسترش کمی شهر و مدلسازی توسعه فیزیکی در نوار ساحلی شهر بندرعباس، مجله آمایش محیط، دوره ۱۳، شماره ۴۹، صص ۵۶-۴۵.
۶. موحد، علی؛ حاتمی، داود؛ بهروج، فاطمه؛ پویش، زبیده؛ دولتشاهی، زینب (۱۴۰۱)، بررسی و تحلیل نقش شاخص‌های ژئومورفولوژی در مکان‌گزینی و توسعه فیزیکی آتی شهر (مطالعه موردی: شهر زاهدان)، مجله جغرافیا و روابط انسانی، دوره ۴، شماره ۱۶، صص ۶۳۶-۶۱۹.
۷. میرکتولی، جعفر؛ علیپور، عباس؛ حسنی، عباسعلی (۱۳۹۱)، بررسی اثر سیاست‌های حمایتی دولت در مدیریت توسعه بافت‌های قدیمی و فرسوده شهری (مطالعه موردی: شهر بهشهر)، مجله آمایش جغرافیایی فضا، سال دوم، شماره ۵، صص ۳۷-۵۶.
۸. نوروزی، میلاد؛ نوری، کامران (۱۳۹۸)، ارزیابی روند توسعه فیزیکی شهر صحنه با استفاده از مدل LCM و زنجیره مارکوف، دو فصلنامه اندیشه جغرافیایی، دوره ۱۱، شماره ۲۲، صص ۹۲-۷۸.
9. Batty, M., (2005), *Cities and Complexity, Understanding Cities with Cellular Automata, Agent-Based Models and Fractals*, the MIT Press, Cambridge Massachusetts.
10. Eastman, J. R. (2006). *IDRISI Andes. Guide to GIS and Image Processing*. Clark Labs, Clark University, Worcester, MA.
11. Gutman, Garik. Janetos, Anthony. C. Justice, Christopher. O. Moran, Emilio. F. Mustard, John. F. Rindfuss, Ronald. R. Skole, David. Turner, Billy Lee. Cochrane, Mark. A. (2004). *Remote sensing and digital image processing, Volume 6, land change science: observing, monitoring and understanding trajectories of change on the earth's surface*. Springer.
12. Khoi, D. D. and Murayama, Y., 2010. Forecasting Areas Vulnerable to Forest Conversion in the Tam Dao National Park Region, Vietnam. *Remote Sensing* 2(5), 1249-1272.
13. Luo, G., C. Yin, X. Chen, W. Xu & L. Lu, , 2010. "Combining System Dynamic Model and CLUE-s Model to Improve Land Use Scenario Analyses at Regional Scale: A Case Study of Sangong Watershed in Xinjiang, China", *Ecological Complexity*, No. 7, pp. 198-207
14. Mas, J. F.; Kolb, M.; Paegelow, M. & Camacho Olmedo, M. T. 2014. Inductive pattern-based land use/cover change models: A comparison of four software packages. *Environmental Modelling & software*. 51: 94-111.

15. 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.
16. Silveira, E. & Penna (2005), An agent based-model ruralurban migration analysis. arXiv: physics/0506021v1, 2June2005
17. Yang, Xiaojun and Li, Jonathan. (2013). Advances in mapping from remote sensor imagery: techniques and applications. CRC Press, Taylor & Francis Group.