

# ارزیابی و پیش بینی گسترش فیزیکی شهرها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی شهر اردبیل ۱۳۶۳-۱۴۰۰)

تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۰۵/۱۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۰/۰۶/۲۰

دکتر محسن احد نژاد روشنی\* (استاد یار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه زنجان)  
علی زلفی (دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه زنجان)  
حسین شکری پور دیزج (دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه زنجان)

## چکیده

در سال‌های اخیر، اراضی بسیاری از شهرهای ایران مخصوصاً اراضی حاشیه‌ای شهرها تحت تأثیر روند شهرنشینی و نیاز شهروندان به مسکن جدید، تغییر کاربری داده و به اراضی ساخته شده تبدیل شده است. با توجه به اینکه شهر اردبیل نیز مانند سایر شهرها در سال‌های اخیر با افزایش جمعیت مواجه بوده، تغییر و تحولات قابل توجهی را در کاربری اراضی شهری این شهر شاهد هستیم. تحقیق حاضر در پی ارزیابی تغییرات اراضی حاشیه‌ای شهر اردبیل در طی سال‌های ۱۳۶۳-۱۳۹۰ و سپس پیش بینی این تغییرات تا سال ۱۴۰۰ می‌باشد. از این رو برای پی بردن به نوع و میزان تغییرات رخ داده در منطقه فوق تصاویر سنجنده لندست TM، سال‌های ۱۳۶۳، ۱۳۷۰، ۱۳۷۹، ۱۳۹۰ و همچنین تحولات جمعیتی این شهر بین سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۰ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. پس از عملیات بارز سازی، برای کشف و ارزیابی تغییرات از روش‌های فازی مبتنی بر شدت انطباق (Fuzzy Artmap) و مقایسه بعد از طبقه‌بندی (Crosstab) استفاده شده است. همچنین برای پیش بینی روند تغییرات تا سال ۱۴۰۰ از روش ترکیبی زنجیره‌های مارکوف و سلول‌های خودکار استفاده گردیده است. نتایج بدست آمده از این تحقیق نشان داد که در طی ۲۷ سال مورد بررسی، جمعیت این منطقه در حدود یک و نیم برابر افزایش یافته و در حدود ۳۴ درصد تغییر کاربری صورت گرفته که عمدتاً ناشی از فعالیت‌های انسانی بوده که از آن جمله می‌توان به گسترش سکونتگاه‌ها و اراضی ساخته شده بر روی اراضی کشاورزی در پیرامون شهر اشاره کرد.

## واژگان کلیدی:

تغییر کاربری اراضی، زنجیره‌های مارکوف، سلول‌های خودکار، فازی مبتنی بر شدت انطباق، توسعه فیزیکی شهر، اردبیل

\*نویسنده رابط: ahadnejad@gmail.com

## مقدمه

نرخ رشد شهری مهم‌ترین پدیده‌ی تغییر شکل سکونتگاه‌های انسانی در کشورهای در حال توسعه می‌باشد و نیاز به مدیریت بهتر برای این رشد توسط اشخاص، اجتماعات و حکومت‌ها حیاتی است. در این کشورها، شهرها به طور معمول دو سوم افزایش جمعیت کل و بیش تر از نصف رشد جمعیت شهری و در نتیجه افزایش طبیعی و مهاجرت روستا به شهر را جذب می‌کنند (Mc Gill, 1998, p 464). رشد جمعیت شهرها همواره با تغییراتی در کالبد و محیط زیست شهری همراه بوده است. در ایران سیاست‌های رشد جمعیت در دوره‌ای خاص، جاذبه زیاد شهرها و وجود عوامل دافعه در روستاها و به تبع آن‌ها رشد مهاجرت از روستاها به شهرها، باعث تغییرات شگرفی در جمعیت شهرها گردیده است. این افزایش جمعیت باعث افزایش ساخت و سازهای شهری، به خصوص واحدهای مسکونی شده و این عامل به نوبه خود باعث تغییر سایر کاربری‌ها به اراضی ساخته می‌شود. یکی از پیش شرط‌های اصلی جهت استفاده بهینه از زمین، اطلاع از الگوهای کاربری اراضی و آگاهی از تغییرات هر کدام از کاربری‌ها در طول زمان است (فیضی زاده و همکاران ۱۳۸۶). در حال حاضر سنجش از دور بهترین ابزار برای پایش تغییرات محیطی و استخراج نوع کاربری‌های اراضی بوده، که از سرعت و دقت بالایی در مقایسه با سایر روشها برخوردار می‌باشد.

در زمینه استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در تهیه نقشه تغییرات کاربری اراضی و ارزیابی روند آن مطالعات زیادی صورت گرفته است. "گنگ" از ترکیب مؤلفه‌های اصلی و مجموعه‌های فازی اقدام به ارزیابی تغییرات در بخشی از شهر انتاریو کانادا نموده است و با این روش اطلاعات مربوط به تغییرات را که در چند مؤلفه پراکنده بود در یک تصویر نشان داد (Gong, 1993). پراکاش و گوپتا با استفاده از ترکیب رنگی و تفریق و تقسیم و طبقه بندی نظارت شده تصاویر برای تهیه نقشه کاربری و اطلاع از تغییرات آن در یک ناحیه معدن زغال سنگ در کشور هند استفاده نموده است (Parakash & Gupta 1998). احد نژاد (۱۳۷۹) برای کشف و ارزیابی تغییرات از روش‌های تفریق تصاویر و تحلیل مؤلفه‌های اصلی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست به مدل سازی تغییرات کاربری اراضی با شاخص زیان باری در منطقه مراغه پرداخته است. ربیعی و همکاران (۱۳۸۲) تحولات کاربری و پوشش اراضی منطقه اصفهان را بین سال‌های ۱۹۹۸ و ۱۹۹۰ با استفاده از تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست مورد ارزیابی قرار داده است. سردشتی و همکاران (۱۳۸۹) جهت آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی حوضه

آبریز طالقان از تصاویر ماهواره‌ای لندست TM و ETM مربوط به سال‌های ۱۹۸۷-۲۰۰۲ استفاده نموده‌اند.

در تحقیق حاضر، با استفاده از روش طبقه بندی نظارت شده فازی مبتنی بر نظریه شدت انطباق به ارزیابی تغییرات کاربری در محدوده شهری اردبیل پرداخته و میزان تغییرات انواع کاربری‌ها به کاربری اراضی ساخته شده نیز مورد بررسی قرار گرفته است؛ همچنین برای بررسی روند تغییرات، از روش تلفیق زنجیره‌های مارکوف و سلول‌های خودکار استفاده شده و تغییرات احتمالی اراضی برای ۱۰ سال آینده (۱۴۰۰) نیز پیش بینی شده است.

### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در بین عرض جغرافیایی  $38^{\circ} 10' 52''$  تا  $38^{\circ} 19' 38''$  و طول جغرافیایی  $48^{\circ} 11' 17''$  تا  $48^{\circ} 22' 57''$  واقع شده است و مساحت محدوده مورد مطالعه  $27031.1$  هکتار می‌باشد. جمعیت شهر اردبیل در سال ۱۳۶۵ بالغ بر  $281,973$  نفر بوده که در سال ۱۳۸۵ به  $412,669$  نفر بالغ گردیده است (مرکز آمار ایران). که در سال ۱۳۹۰ به  $436874$  نفر رسیده است. بر اساس نتایج نهایی سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۸۵ شهر اردبیل، هفدهمین شهر پرجمعیت ایران به شمار می‌رود. بر پایه همین آمار از مجموع جمعیت شهر اردبیل  $209,010$  نفر را مردان و  $203,659$  نفر را زنان تشکیل می‌دهند. همچنین شمار خانوارهای این شهر بالغ بر  $102,818$  خانوار بوده است. قابل ذکر است که دلیل اصلی برای انتخاب این منطقه، تغییرات قابل توجهی است که در استفاده از زمین در این منطقه رخ داده است.

جدول شماره (۱) تحولات جمعیتی شهر اردبیل از سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۵ (بر حسب نفر)

سال سرشماری	سال ۱۳۶۵	سال ۱۳۷۵	سال ۱۳۸۵
جمعیت	۲۸۱،۹۷۳	۳۴۰،۳۸۶	۴۱۲،۶۶۹

مأخذ: مرکز آمار ایران

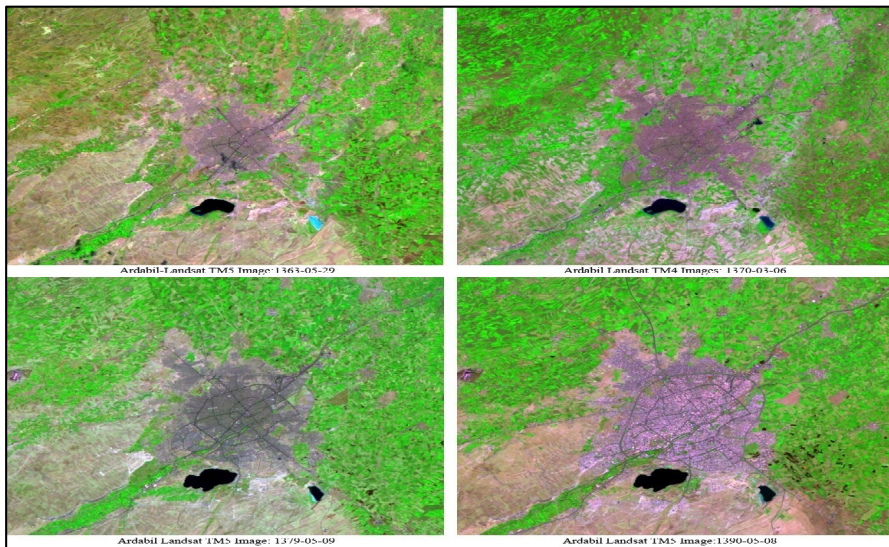
### مواد و روش‌ها

در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای (لندست TM) ۱۳۶۳، ۱۳۷۰، ۱۳۷۹، ۱۳۹۰ استفاده شده و سپس با استفاده از نرم افزارهای پردازش تصاویر ماهواره‌ای مورد پردازش قرار گرفتند.

تصاویر مورد استفاده در شکل شماره ۱ و مراحل کلی انجام تحقیق در شکل شماره ۲ نشان داده شده است.

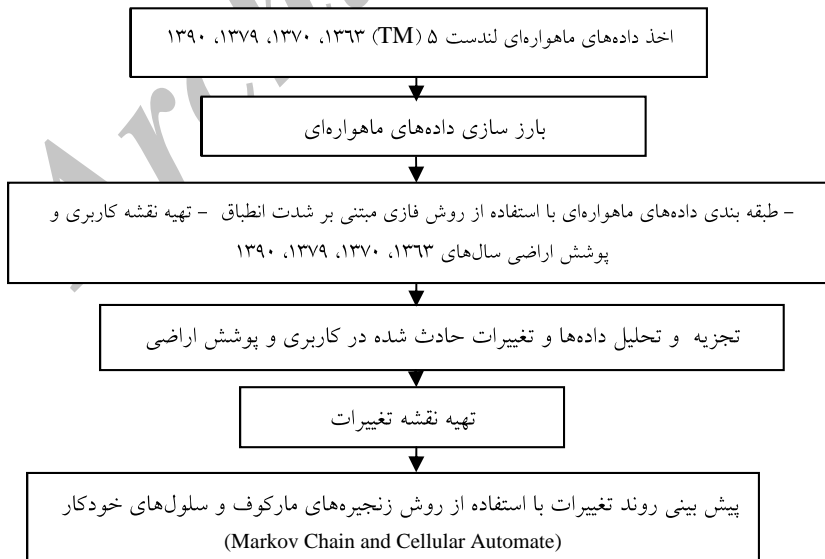
شکل شماره ۱: تصویر ماهواره‌ای لندست TM منطقه مورد مطالعه برای سال‌های ۱۳۶۳،

۱۳۷۰، ۱۳۷۹، ۱۳۹۰



مأخذ: تصاویر لندست اخذ شده از سایت سازمان زمین شناسی ایالات متحده آمریکا

شکل شماره ۲: مراحل کلی تحقیق با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و داده‌های سنجش از دور.



مأخذ: نگارندگان

## تحولات جمعیتی و گسترش فیزیکی

توسعه‌ی شهر در ارتباط تنگاتنگ با میزان رشد جمعیت شهری می‌باشد و در این ارتباط افزایش طبیعی جمعیت شهری، میزان مهاجرت خالص به شهر، انتقال ساخت جمعیتی جوامع غیر شهری به شهر و ساخت جمعیت شهر از عوامل اساسی به شمار می‌روند. مهاجرت نیز به عنوان یکی از معلول‌های سیاسی اقتصادی و اجتماعی، که خود تأثیر عمده‌ای در ایجاد ساختارهای جدید اقتصادی- اجتماعی دارد، نقش عمده‌ای در توسعه‌ی فیزیکی شهرها بر عهده دارد (خلیلی عراقی، ۱۳۶۷: ص ۱۰۶).

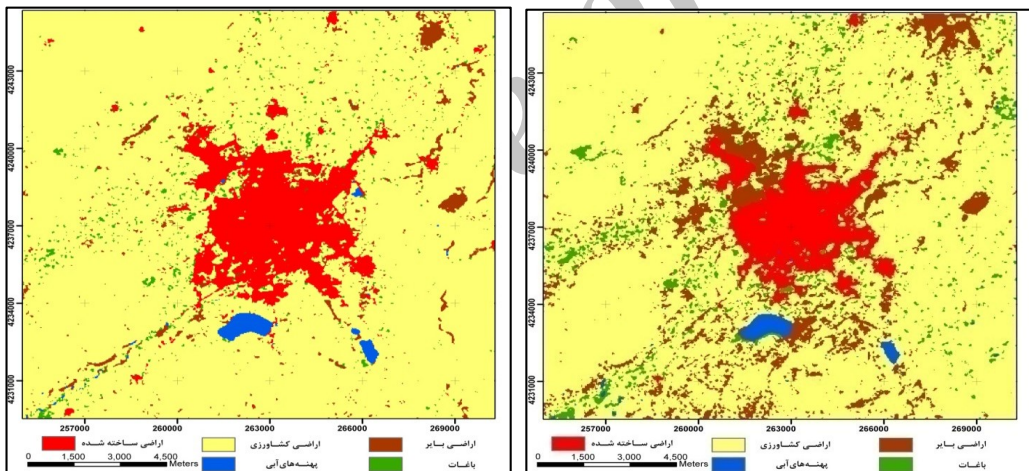
گسترش فیزیکی شتابان شهر اردبیل در طی سال‌های اخیر به دلیل تبدیل آن به عنوان مرکز استان سبب مسائل عدیده ای برای آن شهر شده که یکی از مهم‌ترین آن‌ها، نابودی اراضی کشاورزی پیرامون آن می‌باشد. این امر در تصاویر ماهواره‌ای مربوط به دوره‌های مختلف قابل مشاهده است (شکل شماره ۲). همچنین بررسی تغییرات جمعیتی در شهر اردبیل نیز نشان دهنده آن است که جمعیت این شهر از سال ۱۳۶۵ تا سال ۱۳۸۵ نزدیک به یک و نیم برابر افزایش یافته (جدول شماره ۱) و چون افزایش جمعیت شهری نیاز به گسترش فیزیکی شهر می‌باشد در نتیجه بیش‌ترین تغییرات در بخش تغییر کاربری اراضی کشاورزی به کاربری‌های ساخته شده صورت گرفته است. که این مسأله توجه جدی مدیران شهری اردبیل را طلب می‌کند که با توجه به این مقدار تغییرات، از کاربری کشاورزی به کاربری ساخته شده راهکارهای مناسبی را برای جلوگیری از این تغییرات اعمال کنند. در طی ۲۷ سال مورد مطالعه، کاربری اراضی ساخته شده به خاطر افزایش جمعیت و نیاز این جمعیت به مسکن و سایر کاربری‌های مورد نیاز شهری، از ۱۷۹۶.۲۲ هکتار در سال ۱۳۶۳ به ۵۲۲۵.۰۴ هکتار در سال ۱۳۹۰ رسیده است که نشان دهنده افزایش ۲.۹ برابری کاربری ساخته شده در این ۲۷ سال می‌باشد. جدول شماره ۲ و اشکال شماره ۳ و ۴، مقدار و نقشه کاربری اراضی منطقه را در طی سال‌های ۱۳۶۳، ۱۳۷۰، ۱۳۷۹، ۱۳۹۰ نشان می‌دهند.

جدول شماره ۲: مساحت کاربری‌ها در منطقه مورد مطالعه (مساحت به هکتار)

ردیف	کاربری	سال ۱۳۶۳	سال ۱۳۷۰	سال ۱۳۷۹	سال ۱۳۹۰
۱	اراضی ساخته شده	۱۷۹۶.۲۲	۲۴۳۴.۸۶	۳۳۵۵.۰۴	۵۲۲۵.۰۴
۲	اراضی کشاورزی آبی	۲۱۶۰۰.۵	۲۳۲۸۴.۷۱	۲۱۶۴۰.۳۲	۱۸۴۲۷.۷۷
۳	پهنه‌های آبی	۱۶۸.۷	۱۸۲.۶۱	۲۱۳.۰۳	۲۲۴.۷۳
۴	اراضی بایر	۲۴۶۰.۳	۷۴۰.۵۲	۱۲۲۷.۸۷	۲۸۴۸.۵۹
۵	باغات	۱۰۰۵.۴	۳۸۸.۴۴	۵۹۴.۱۸	۳۰۵.۰۱
	مجموع	۲۷۰۳۱.۱	۲۷۰۳۱.۱	۲۷۰۳۱.۱	۲۷۰۳۱.۱

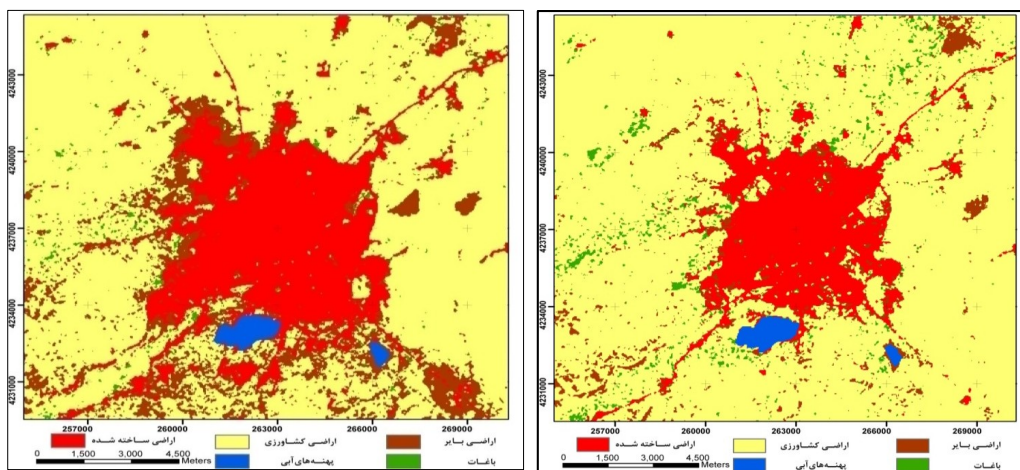
مأخذ: استخراج از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ (TM) مطالعات نگارندگان.

شکل شماره ۳: نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۶۳ (نقشه چپ) و ۱۳۷۰ (نقشه راست).



مأخذ: پردازش تصاویر ماهواره‌ای لندست توسط نگارندگان

شکل شماره ۴: نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۷۹ (نقشه چپ) و ۱۳۹۰ (نقشه راست).



ماخذ: پردازش تصاویر ماهواره‌ای لندست توسط نگارندگان

از موارد مهم دیگری که در توسعه فیزیکی شهر اردبیل موثر بوده می‌توان به نقش دولت و تصمیم‌گیری‌های سیاسی اشاره کرد. تصمیم‌گیری‌های سیاسی می‌تواند مجموعه‌ی یک شهر را جاذب یا عاری از جذابیت سازند و می‌تواند وضعیتی را که برای سرمایه‌گذاری و همچنین جایگزینی‌های دیگر مساعد است، به طور کامل تغییر دهند. از جمله‌ی این تصمیمات، تعیین خطوط مرزی و تأثیر آن بر رشد و توسعه‌ی شهر و همچنین انتقال نقش‌های اداری و ارشادی به شهرهاست که بر دینامیزم شهرها موثر است (حسین زاده دلیر، هوشیار، ۱۳۸۵، ص ۲۲۱). یکی از دلایل رشد و گسترش شتابان شهر اردبیل انتخاب این شهر به عنوان مرکز استان در سال ۱۳۷۵ می‌باشد که این امر باعث تمرکز اداری، اقتصادی و... در این شهر گردیده، و به بیان دیگر می‌توان گفت که همین تصمیم سیاسی بیش‌ترین تأثیر را در افزایش جمعیتی و به تبع آن تغییرات کاربری اراضی در پیرامون این شهر را سبب شده است.

### ارزیابی تغییرات کاربری‌ها با استفاده از تصاویر طبقه‌بندی شده

در این بخش نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی تصاویر سال‌های مورد بررسی، برای پی بردن به تغییرات هر یک از کاربری‌ها به سایر کاربری‌ها در محدوده مورد مطالعه با استفاده از روش جداول متعامد (Crosstab) با همدیگر مورد مقایسه قرار گرفتند. جدول شماره ۳ ماتریس تغییرات کاربری و پوشش اراضی سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۶۳ را نشان می‌دهد. همچنان که

از جدول شماره ۳ معلوم است در طی این مدت در حدود ۳۴ درصد تغییرات کاربری در این منطقه روی داده است. با توجه به جدول شماره ۳، بیش ترین تغییرات کاربری، در اراضی کشاورزی با ۶۸.۲ درصد و کم ترین تغییرات در پهنه‌های آبی با ۰.۸ درصد صورت گرفته است.

جدول شماره ۳: نتایج حاصل از مقایسه کاربری اراضی سال‌های ۱۳۶۳ - ۱۳۹۰ (واحد هکتار)

درصد تغییرات	مجموع	باغات	اراضی بایر	پهنه‌های آبی	اراضی کشاورزی	اراضی ساخته شده	
۶.۶	۱۷۹۶.۲	۰	۰	۰	۰	۱۷۹۶.۲	اراضی ساخته شده
۸۰	۲۱۶۰۰.۵	۲۱۱.۱	۲۱۹۴.۱	۵۰.۷	۱۶۷۷۵.۵	۲۳۶۹.۳	اراضی کشاورزی
۰.۶	۱۶۸.۷	۰.۳	۴	۱۴۲.۸	۱۵.۳	۶.۳	پهنه‌های آبی
۹.۱	۲۴۶۰.۳	۴۳.۹	۵۹۵.۶	۱۱.۷	۹۴۱.۵	۸۶۷.۶	اراضی بایر
۳.۷	۱۰۰۵.۴	۴۹.۸	۵۴.۹	۱۹.۵	۶۹۵.۵	۱۸۵.۷	باغات
۰	۲۷۰۳۱.۱	۳۰.۵	۲۸۴۸.۶	۲۲۴.۷	۱۸۴۲۷.۸	۵۲۲۵	مجموع
۱۰۰	۰	۱.۲	۱۰.۵	۰.۸	۶۸.۲	۱۹.۳	درصد تغییرات

در این جدول ردیف‌ها بیانگر کاربری سال ۱۳۶۳ و ستون‌ها بیانگر کاربری سال ۱۳۹۰ می‌باشد.

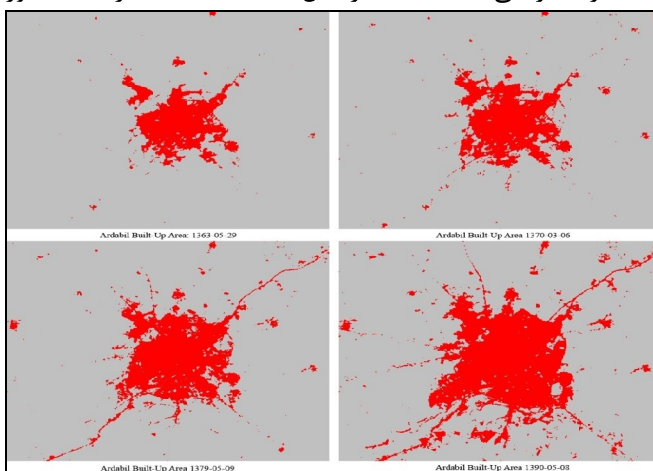
### تبدیل و تغییر کاربری‌ها به اراضی ساخته شده

در این تحقیق ابتدا برای بارزسازی اراضی ساخته شده از سایر کاربری‌ها و پی بردن به مراحل رشد و گسترش فیزیکی شهر اردبیل، نقشه مراحل رشد این شهر در مقطع زمانی ۱۳۶۳ تا سال ۱۳۹۰ تهیه گردید که در شکل شماره ۵ نشان داده شده است. سپس برای نشان دادن تغییرات سایر کاربری‌ها به اراضی ساخته شده با در نظر گرفتن مقاطع زمانی مورد نظر در این تحقیق نقشه‌های تغییرات کاربری‌ها به اراضی ساخته شده در مقاطع زمانی مورد بررسی تهیه گردید. اشکال شماره ۵، ۶، ۷ و ۸ تغییر سایر کاربری‌ها به اراضی ساخته شده در سه دوره



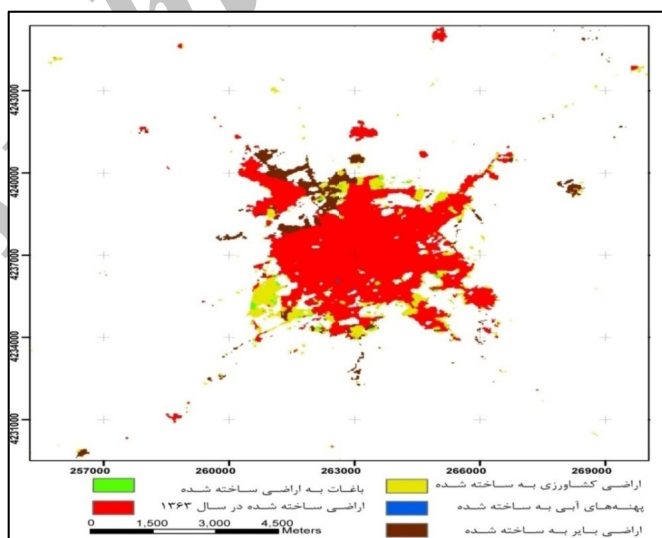
مختلف و شکل شماره ۹ کل تغییرات کاربری‌ها به کاربری اراضی ساخته شده را طی دوره ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۰ نشان می‌دهد. نتایج تغییرات کاربری اراضی نشان دهنده این است که در منطقه مورد مطالعه کاربری اراضی کشاورزی بیشترین تبدیل به کاربری اراضی ساخته شده را داشته که در حدود ۲۳۶۹ هکتار و همچنین کاربری پهنه‌های آبی کمترین تبدیل به اراضی ساخته شده را داشته است.

شکل شماره ۵: نقشه رشد اراضی ساخته شده از سال ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۰ در منطقه مورد مطالعه

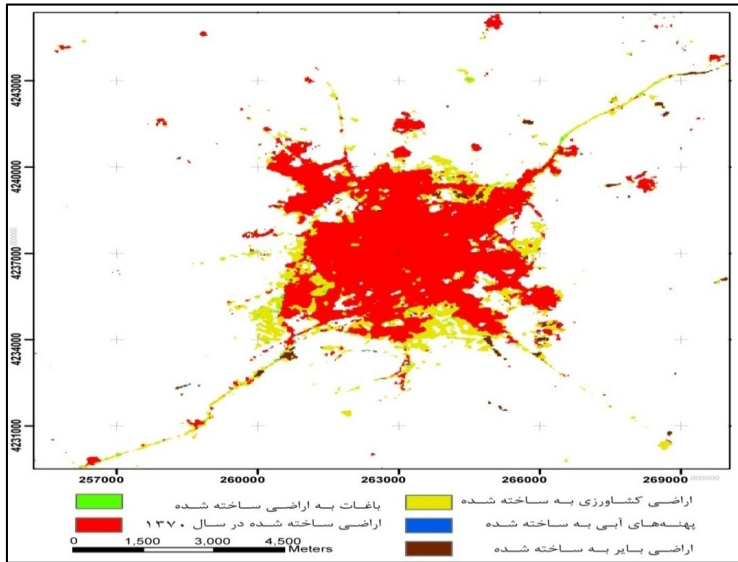


ماخذ: مطالعات نگارندگان.

شکل شماره ۶: نقشه اراضی تغییر یافته از سایر کاربری‌ها به اراضی ساخته شده در دوره ۱۳۶۳ تا ۱۳۷۰.

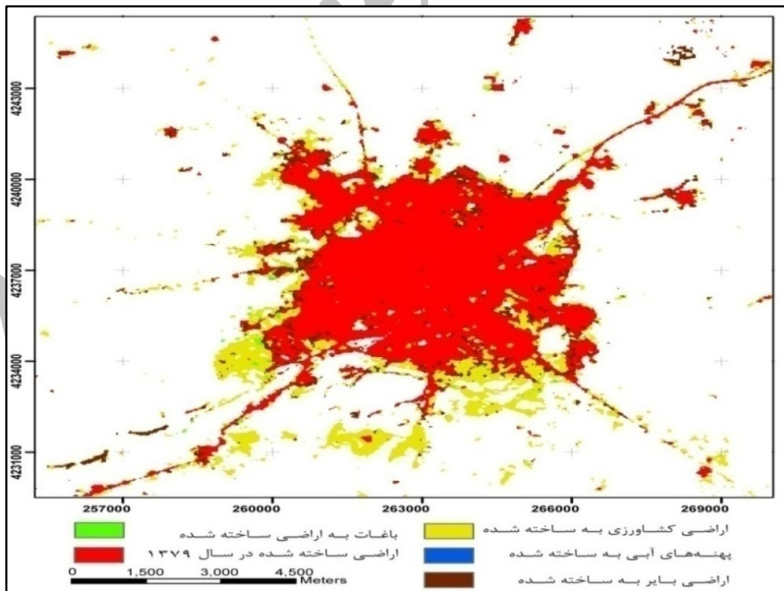


شکل شماره ۷: نقشه اراضی تغییر یافته از سایر کاربری‌ها به اراضی ساخته شده در دوره ۱۳۷۰ تا ۱۳۷۹



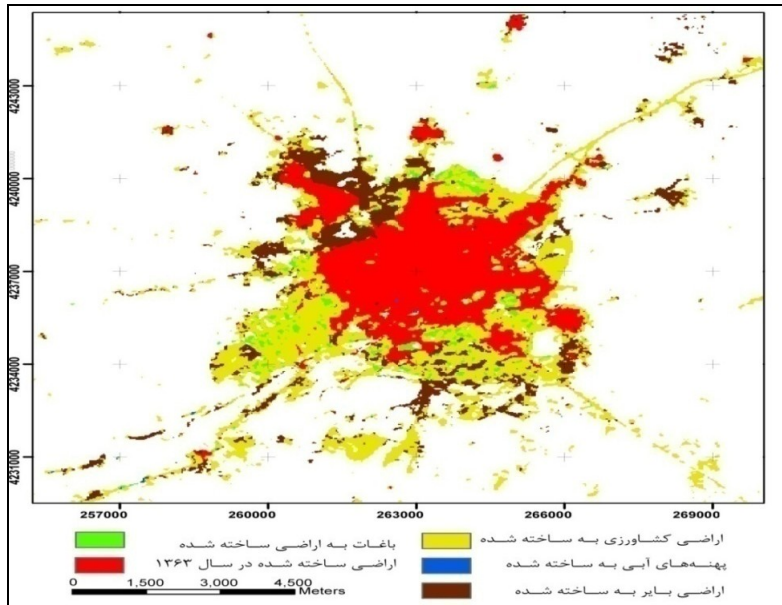
ماخذ: مطالعات نگارندگان.

شکل شماره ۸: نقشه اراضی تغییر یافته از سایر کاربری‌ها به اراضی ساخته شده در دوره ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۰



ماخذ: مطالعات نگارندگان.

شکل شماره ۹: نقشه اراضی تغییر یافته از سایر کاربری‌ها به اراضی ساخته شده در دوره ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۰

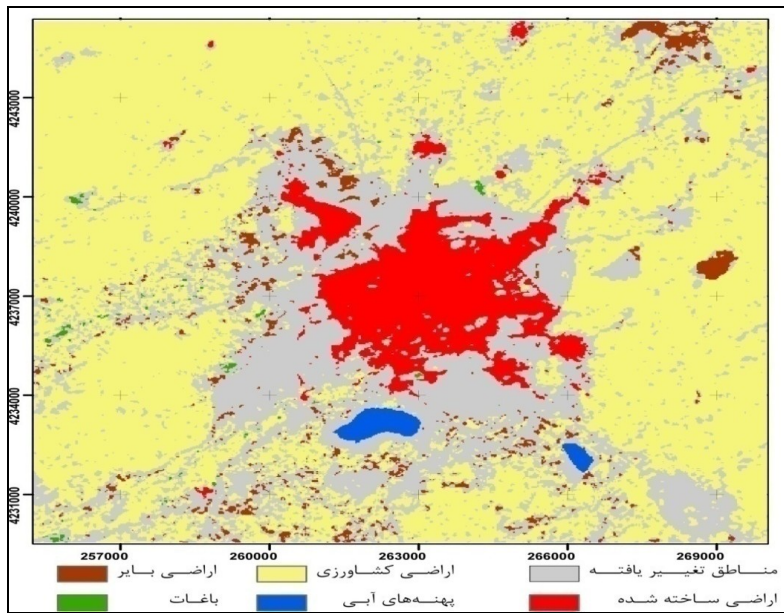


ماخذ: مطالعات نگارندگان.

### تحلیل پایداری و عدم پایداری (تغییرات) کاربری‌ها

از دیگر تحلیل‌های صورت گرفته در این تحقیق، تحلیل پایداری و یا عدم پایداری کاربری‌ها بوده که برای شناسایی مناطقی که در طول مدت مورد مطالعه، هیچ گونه تغییراتی نداشته و همچنین مشخص نمودن مناطق تغییر یافته در طول مدت مورد مطالعه است. که می‌تواند به منظور برنامه‌ریزی بهتر در راستای جلوگیری از تغییرات بیش تر کاربری‌ها مورد استفاده برنامه‌ریزان قرار بگیرد. طبق نتایج بدست آمده جمعاً ۱۹۳۶۰ هکتار از کل پوشش اراضی منطق هیچ تغییری نداشته و در حدود ۷۶۷۱ هکتار از پوشش اراضی منطقه در طول مدت مورد مطالعه دچار تغییر کاربری شده‌اند. شکل شماره ۱۰ توزیع فضایی نقشه کاربری‌ها و ثبات کاربری‌ها را در دوره زمانی ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۰ نشان می‌دهد.

شکل شماره ۱۰: نقشه پایداری و عدم پایداری کاربری‌ها از سال ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۰



ماخذ: مطالعات نگارندگان.

### پیش بینی روند تغییرات کاربری اراضی

روش‌های مختلفی برای پیش بینی روند تغییرات کاربری اراضی وجود دارد که در تحقیق حاضر از دو روش زنجیره‌های مارکوف و تلفیق آن با سلول‌های خودکار استفاده شده است. برای تحلیل بهتر و دقیق‌تر پیش بینی روند تغییرات کاربری اراضی برای سال ۱۴۰۰ ابتدا یک پیش بینی جمعیتی برای شهر اردبیل صورت گرفته، که در این تحقیق از روش پیش بینی رشد خطی برای پیش بینی جمعیت شهر اردبیل استفاده شده است. طبق پیش بینی صورت گرفته جمعیت شهر اردبیل در سال ۱۴۰۰ به ۴۸۵۲۸۴ نفر بالغ خواهد شد که این نشان دهنده افزایش ۴۸۰۰۰ نفری جمعیت این شهر در یک دوره ۱۰ ساله می‌باشد. نیاز این تعداد نفر به مسکن و سایر کاربری‌های شهری می‌تواند باعث تغییرات کاربری اراضی در محدوده‌ی مورد مطالعه شود که این مسأله توجه جدی مدیران شهری شهر اردبیل را می‌طلبد که برای جلوگیری از تغییرات کاربری، مخصوصاً کاربری اراضی کشاورزی که بیشترین تغییر را در دوره ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۰ داشته است برنامه ریزی جامعی را داشته باشند.

در مطالعه حاضر از روش زنجیره‌های مارکوف برای پیش‌بینی تغییرات احتمالی کاربری‌ها نسبت به همدیگر استفاده شده است اساس این روش به این صورت می‌باشد که ابتدا یک زوج

از نقشه‌های کاربری اراضی تهیه شده برای دو مقطع زمانی مختلف با همدیگر مقایسه گردیده و خروجی آن به صورت یک ماتریس احتمالاتی می باشد که نشان دهنده میزان احتمال تغییرات در یک کاربری و نیز تبدیل آن به سایر کاربری‌ها می باشد (Ahadnejad et al, 2009, p6).

به منظور انجام روش زنجیره‌های مارکوف در این تحقیق نقشه کاربری تهیه شده برای سال ۱۳۶۳ به عنوان نقشه پایه و نقشه کاربری سال ۱۳۹۰ به عنوان نقشه پیرو به صورت ورودیهای مدل در نظر گرفته شده و سپس با در نظر گرفتن مدت زمان ۱۰ سال جهت پیش‌بینی تغییرات، سال ۱۴۰۰ به عنوان سال پیش‌بینی تغییرات در مدل مد نظر قرار گرفت تا ماتریس تغییرات احتمالی کاربری‌ها حاصل شود. در نهایت نتایج حاصل از به کارگیری زنجیره‌های مارکوف به عنوان داده‌های ورودی برای انجام روش سلول‌های خودکار<sup>۱</sup> در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است. شکل شماره ۱۱ و جدول شماره ۴ نتایج پیش‌بینی روند تغییرات برای سال ۱۴۰۰ را با استفاده از زنجیره‌های مارکوف نشان می‌دهد. همچنین شکل شماره ۱۲ نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی شده برای منطقه مورد مطالعه با استفاده از تلفیق روشهای زنجیره‌های مارکوف و سلول‌های خودکار را نشان می‌دهد. بر اساس پیش‌بینی‌های انجام شده مقدار اراضی ساخته شده از ۵۲۲۵.۰۴ هکتار در سال ۱۳۹۰ به ۶۴۳۱.۰۴ هکتار در سال ۱۴۰۰ خواهد رسید (جدول شماره ۵).

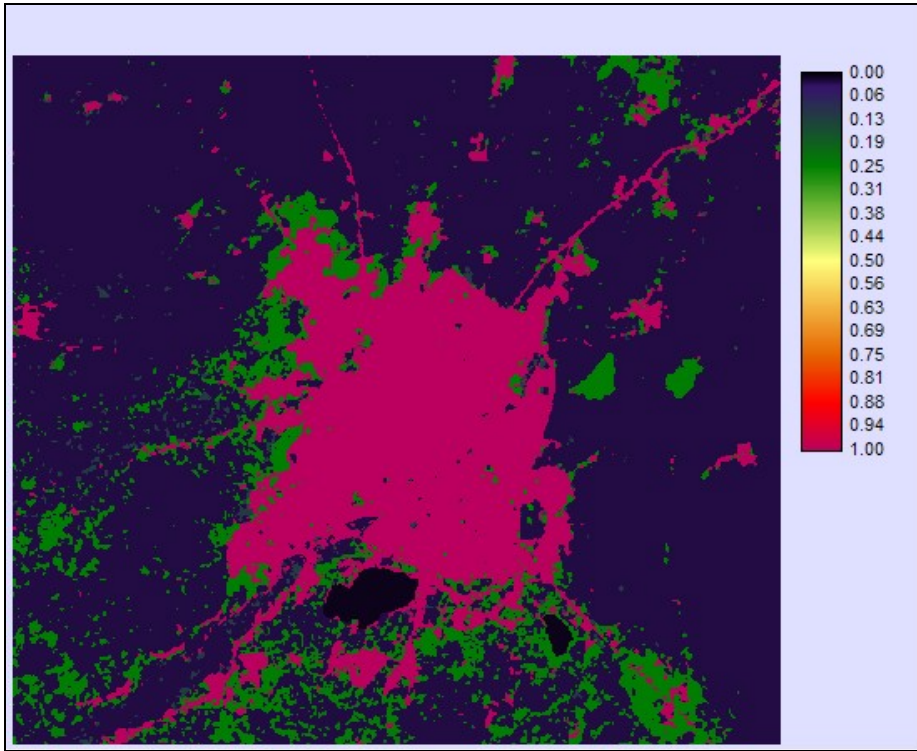
جدول شماره ۴: احتمال تغییر کاربری‌های مورد مطالعه تا سال ۱۴۰۰ بر اساس روش زنجیره‌های مارکوف (درصد)

اراضی ساخته شده	اراضی کشاورزی	پهنه‌های آبی	اراضی بایر	باغات	
۱۰۰	۰	۰	۰	۰	اراضی ساخته شده
۲.۵۶	۸۷.۲۲	۰.۰۷	۹.۲۴	۰.۹	اراضی کشاورزی
۰.۹۲	۳.۷۷	۹۳.۸۶	۱.۳۸	۰.۰۷	پهنه‌های آبی
۲۴.۴۶	۳۳.۶۶	۰.۳۲	۳۸.۹۱	۲.۶۶	اراضی بایر
۱۱.۵۱	۷۵.۶۸	۱.۹۱	۱.۵۸	۹.۳۲	باغات

در این جدول ستون‌ها مربوط به ۱۴۰۰ و ردیف‌ها مربوط به سال ۱۳۹۰ می‌باشد.

<sup>۱</sup> . Cellular Automata

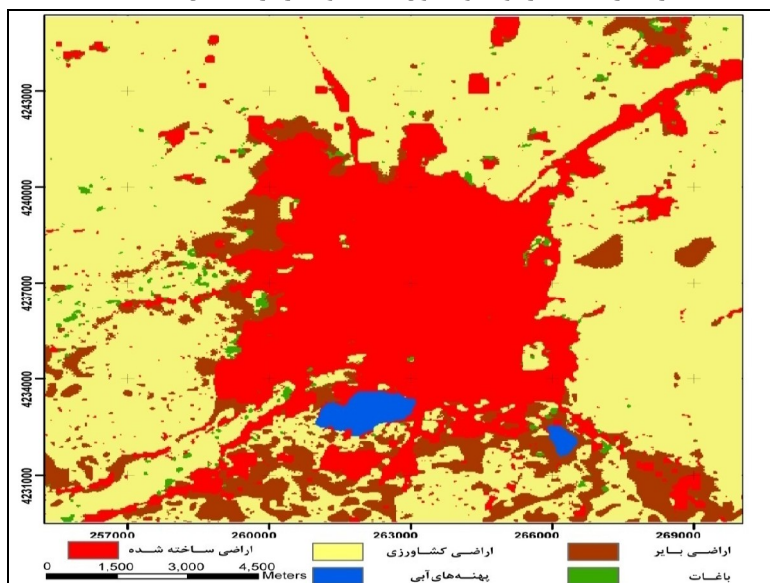
شکل شماره ۱۱: نقشه پیش بینی کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه با روش زنجیره‌های مارکوف برای سال ۱۴۰۰



ماخذ: مطالعات نگارندگان.

Archiv

شکل شماره ۱۲: نقشه پیش بینی کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش ترکیب زنجیره‌های مارکوف و سلول‌های خودکار برای سال ۱۴۰۰



مأخذ: مطالعات نگارندگان.

جدول شماره ۵: توزیع مساحت کاربری‌ها در منطقه مورد مطالعه (مساحت به هکتار)

ردیف	کاربری	سال ۱۳۶۳	سال ۱۳۷۰	سال ۱۳۷۹	سال ۱۳۹۰	سال ۱۴۰۰
۱	اراضی ساخته شده	۱۷۹۶.۲۲	۲۴۳۴.۸۶	۳۳۵۵.۰۴	۵۲۲۵.۰۴	۶۴۳۱.۰۴
۲	اراضی کشاورزی آبی	۲۱۶۰۰.۵	۲۳۲۸۴.۷۱	۲۱۶۴۰.۳۲	۱۸۴۲۷.۷۷	۱۷۲۷۳.۹۷
۳	پهنه‌های آبی	۱۶۸.۷	۱۸۲.۶۱	۲۱۳.۰۳	۲۲۴.۷۳	۲۲۴.۱
۴	اراضی بایر	۲۴۶۰.۳	۷۴۰.۵۲	۱۲۲۷.۸۷	۲۸۴۸.۵۹	۲۸۲۵.۵۵
۵	باغات	۱۰۰۵.۴	۳۸۸.۴۴	۵۹۴.۱۸	۳۰۵.۰۱	۲۷۶.۴۸
	مجموع (هکتار)	۲۷۰۳۱.۱	۲۷۰۳۱.۱	۲۷۰۳۱.۱	۲۷۰۳۱.۱	۲۷۰۳۱.۱

مأخذ: استخراج از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ (TM) مطالعات نگارندگان.

## نتیجه گیری

زمین اصلی‌ترین عنصر در توسعه‌ی شهری محسوب می‌شود. از این رو کنترل نحوه‌ی استفاده از آن و همچنین محاسبه‌ی نیاز واقعی شهر به زمین، به منظور تأمین کاربری‌های مختلف در زمان حال، و تعمیم و تطبیق ارقام و کمیت‌های به دست آمده به آینده در حل مشکل زمین و مسکن و رشد مناسب شهرها، موثر واقع می‌شود (خاکپور و همکاران، ۱۳۸۶: ۴۷). با توجه به اینکه در ایران سیاست‌های توسعه شهرها و کنترل رشد آن‌ها توسط دولت (طرح‌های جامع و تفصیلی) انجام می‌گیرد که مهم‌ترین سیاست‌های دولت در امر زمین را می‌توان در قالب توزیع زمین، افزایش تراکم ساختمانی شهرهای موجود، انجام طرح‌های آماده سازی و در رابطه با سیاست‌های تأمین مسکن برای افشار مختلف جامعه می‌توان به قانون زمین شهری، سیاست مسکن حمایتی، مسکن اجتماعی، انبوه سازی، کوچک سازی، آپارتمان سازی و سیاست مسکن استیجاری را عنوان کرد (پور محمدی، ۱۳۷۲: ۱۳۴). در رابطه با شهر اردبیل و پیش بینی‌های انجام گرفته در این پژوهش نیز قابل ذکر است که طی ۱۰ سال آینده ۴۸۰۰۰ نفر به جمعیت، شهر اردبیل افزوده خواهد شد که باید طرح‌های توسعه‌ی شهری نیاز این تعداد به مسکن را با راهکارهای مختلفی (آماده سازی زمین در مکان‌های مناسب، سیاست‌های عمودی سازی، کنترل جمعیت و ...) کنترل نماید.

در این تحقیق مطالعه‌ی روند تغییرات کاربری اراضی با مقایسه‌ی تصاویر ماهواره‌ای چهار دوره سال‌های ۱۳۶۳، ۱۳۷۰، ۱۳۷۹، ۱۳۹۰ نشان دهنده تغییرات زیادی در کاربری اراضی پیرامون شهر اردبیل می‌باشد. در همین مدت ۳۴ درصد تغییرات کاربری در منطقه‌ی روی داده است که بیش‌ترین تغییر مربوط به تغییر کاربری کشاورزی به کاربری ساخته شده بوده به طوری که کاربری اراضی ساخته شده از ۱۷۹۶.۲۲ هکتار در سال ۱۳۶۳ به ۵۲۲۵.۰۴ هکتار در سال ۱۳۹۰ رسیده است که این خود گویای نقش تحولات جمعیتی و به تبع آن نیاز به مسکن و سایر کاربری‌های مورد نیاز شهری، در تغییر سایر کاربری‌ها به اراضی ساخته شده شهری می‌باشد. در این مقاله در جهت پیش بینی روند تغییرات کاربری اراضی از ترکیب روش زنجیره‌های مارکوف و سلول‌های خودکار استفاده گردید و نتایج حاصله نشان داد که با این روند میزان کاربری ساخته شده در سال ۱۴۰۰ به ۶۴۳۱.۰۴ هکتار خواهد رسید.

با توجه به پیش بینی انجام شده در این مقاله، در صورت عدم برنامه ریزی مناسب برای این شهر با توجه به اراضی مساعد جهت گسترش فیزیکی در پیرامون این شهر، در آینده‌ای نه چندان دور، شاهد از بین رفتن اراضی کشاورزی اطراف شهر اردبیل و تبدیل آن‌ها به مناطق شهری خواهیم بود. بنابراین نتایج این مقاله می‌تواند به عنوان هشدار برای برنامه ریزان شهری باشد که بتوانند با انجام برنامه ریزی‌های مناسبی از جمله سیاست‌های عمودی سازی از گسترش بی برنامه این شهر جلوگیری نمایند.



## منابع و مأخذ

۱. احد نژاد روشتی، م. ۱۳۷۹. ارزیابی و مدل سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر چند زمانه و سیستم اطلاعات جغرافیایی (منطقه مورد مطالعه مراغه)، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته سنجش از دور، دانشگاه تربیت مدرس. ۱۰۲ صفحه.
۲. پور محمدی، م. ر. ۱۳۷۹. برنامه ریزی مسکن، تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه ها (سمت). ۱۷۲ صفحه.
۳. حسین زاده دلیر، ک و هوشیار، ح. ۱۳۸۵. دیدگاه ها، عوامل و عناصر موثر در توسعه فیزیکی شهرهای ایران، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه ای، شماره ۶: ۲۱۳ - ۲۲۶.
۴. خاکپور، ب ، ولایتی، س و کیانزاد، س. ۱۳۸۶. الگوی تغییر کاربری اراضی شهر بابل طی سال های ۱۳۶۲ - ۱۳۷۸، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه ای، شماره ۹: ۴۵ - ۶۴.
۵. خلیل عراقی، م. ۱۳۷۶. شناخت عوامل موثر در گسترش بی رویه شهر تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
۶. ربیعی، ح، ضیائیان، پ.، علیمحمدی، ع. ۱۳۸۴. کشف و بازیابی تغییرات کاربری و پوشش اراضی شهر اصفهان به کمک سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، فصلنامه مدرس علوم انسانی، دوره ۹، شماره ۴: ۴۱ - ۵۱.
۷. رحیمیون، ع. ۱۳۷۸. امکان سنجی GIS در تحلیل مناسبت درون شهری، مجله شهر نگار، نشر شهرداری تهران، سال دوم، شماره ۱۱: ۷-۱۱.
۸. سردشتی، م.، قنواتی، ع.، ضیائیان، پ.، مرشدی، ج. ۱۳۸۹. آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی حوضه آبریز طالقان از سال ۱۹۸۷ - ۲۰۰۲ با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست و سنجش از دور، نهمین دوره همایش ملی ژئوماتیک. تهران، ۱۹ الی ۲۰ اردیبهشت.
۹. فیضی زاده، ب.، عزیزی، ح.، ولیزاده کامران، خ. ۱۳۸۶. استخراج کاربری های اراضی شهرستان ملکان با استفاده از تصاویر ماهواره ای ETM لندست ۷، مجله آمایش، شماره سوم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملایر، ۹۳-۷۴.

10. Ahadnejad, M. 2002. Environmental land use Chang detection and assessment using with multi -temporal satellite imagery, Mapasia2002, Bangkok, Thailand.

11. Ahadnejad, M., Maruyama, Y., Yamazaki, F. 2009. Evaluation and Forecast of Human Impacts based on Land Use Changes using Multi-Temporal Satellite Imagery and GIS: A Case study on Zanjan, Iran, *J. Indian Soc. Remote Sensing*, No: 37:659–669.
12. Dung M and et al. 2001. A Gaussian Adaptive Resonance Theory Neural Network Classification Algorithm Applied to Supervise Land Cover Mapping Using Multi Temporal Vegetation Index Data, *IEEE Transaction*.
13. Gong, P. 1993. Change Detection Using Principal Component Analysis and Fuzzy Set Theory, *Can. J. Remote Sensing*. 19(1) 22 – 29.
14. Jensen, J.R. 1996. *Introduction to Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*, Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice – Hall.
15. Mc Gill, Roland. 1998. *Urban Management in Developing Countries*. Cities. Vol, 1.No 6.
16. Prakash, A. and Gupta, R. P. 1998. Land use mapping and change detection in a coal mining area, a case study in the Jharia coalfield, India”, *Int. J. Remote Sensing* 19: 391- 410.
17. Robert Gilmore Pontius Jr. and Hao Chen (2006). *Land Change Modeling With GEOMOD*, Clark University.
18. Ronald Eastman J. 2006. *Idrisi Andes Tutorial*, “Clark University.
19. Tung – Hsu (Tong) HOU and Ming – Der Pern. 2000. A New Shape Classifier by Using Image Projection and a Neural Network, *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, Vol 14, NO. 2: 225-242