

آشکار سازی تغییرات کاربری اراضی شهر هرات طی سال‌های ۲۰۲۱-۲۰۲۰ و پیش‌بینی آن در

افق ۲۰۳۰

شفیقه احمدی (دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران)

محمد رحیم رهنما (استاد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، گروه جغرافیا، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. نویسنده

مسئول)

علی فرقانی (استاد حق‌التدریس، دانشگاه استرالیای جنوبی)

مسعود مینائی (دانشیار سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، گروه جغرافیا، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد،

ایران)

چکیده

این پژوهش با هدف شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی (LULC) در محدوده شهر هرات انجام شده است. روش پژوهش به لحاظ هدف از نوع کاربردی و به لحاظ ماهیت و روش از نوع تحقیقات توصیفی - تحلیلی می‌باشد. با استفاده از مدل شبکه عصبی و زنجیره مارکوف (CA Markov) و Land Change Modeler تغییرات کاربری برای سال‌های دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ بررسی و پیش‌بینی برای دوره ۲۰۲۱-۲۰۳۰ انجام شد. ابتدا تصاویر ماهواره‌ای لندست برای سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰، ۲۰۲۱ برای محدوده مورد نظر از طریق سایت USGS دانلود شد. پس از استخراج محدوده با نرم‌افزار ArcGIS و TerrSet، با استفاده از مدل طبقه‌بندی نظارت‌شده Supervised Classification Method و تکنیک برآورد حداکثر احتمال Maximum likelihood Estimation تصاویر به لحاظ کاربری اراضی در ۷ گروه طبقه‌بندی شدند. در طول دوره ۲۰۰۰-۲۰۱۰ درصد تغییرات اراضی بایر بستر رودخانه (۲۳۸۶٪)، پهنه آبی (۷۲٪)، اراضی ساخته‌شده (۵۷٪) دارای تغییرات مثبت بوده‌اند. این سال‌ها برابر با دوره آزادی کشور افغانستان از طالبان بوده است که حجم مهاجران داخلی و خارجی به شهر هرات بیش از گذشته می‌شود. همچنین در طول دوره ۲۰۱۰-۲۰۲۱ درصد تغییرات در کاربری‌های اراضی بایر رسی (۱۳۴٪)، اراضی بایر شن (۴۰٪) و اراضی ساخته‌شده (۳۷٪) مثبت بوده که هم‌زمان با دوره رشد شهر هرات بوده است. پیش‌بینی تغییر کاربری اراضی برای دوره ۲۰۲۱-۲۰۳۰ با استفاده از مدل‌های Land Change Modeler and CA Markov Chain Models کاربری اراضی بایر از نوع رسی (۱۵،۷٪) و کاربری ساخته‌شده با (۲،۸٪) درصد دارای تغییرات مثبت و افزایش وسعت خواهند داشت. تنها کاربری فضای سبز با (۲،۸٪-) با تغییرات منفی و کاهش وسعت مواجه خواهد شد. تجزیه و تحلیل مکانی و زمانی نشان می‌دهند که تغییرات کاربری‌ها در شهر هرات از بخش کاربری‌های کشاورزی، فضای سبز، آب و حریم رودخانه به سمت کاربری‌های ساخته‌شده و زمین‌های بایر می‌باشد.

واژگان کلیدی: تغییر کاربری اراضی، شبیه‌سازی، زنجیره مارکوف، هرات.

۱. مقدمه

زمین بستر اصلی توسعه شهری و فعالیت‌های مختلف درون آن است. محدودیت عرضه زمین از یک طرف و تقاضای روزافزون برای آن از طرف دیگر سبب شد که مسئله زمین به یکی از ضروریات برنامه‌ریزی در شهرها تبدیل گردد (رهنما، ۱۳۹۰، ۱۵). تغییرات کاربری و پوشش زمین ذاتاً حالتی فضایی و پویا دارد (Aspinall & Hill, 2008: 5). مهم‌ترین شاخص توصیف‌کننده تغییر کاربری اراضی، در حقیقت توان و امکان رشد شهر و شهرنشینی می‌باشد (Hoshino, 2001: 1). در سطح جهانی، مهم‌ترین استفاده از زمین، از نظر مکانی و اقتصادی به شهرنشینی مربوط می‌شود. شهرنشینی و سایر کاربری‌ها باعث تغییر در خصوصیات سطح زمین، تبدیل وضعیت‌های بیوفیزیکی و پوشش زمین شده‌اند. در میان انواع مختلف کاربری و پوشش زمین، تغییر در کاربری زمین شهری (که معمولاً به عنوان منطقه‌ای ساخته شده است) بدون شک مهم‌ترین تصویر قابل مشاهده از محیط در عصر معاصر بوده است (Akubia, E. John, 2016). امروزه با توجه به روند رو به رشد جمعیت و تمایل به زندگی شهری، بیش‌ترین تغییرات پوشش اراضی در نواحی شهری به وقوع می‌پیوندد. اطلاعات به هنگام و دقیق در مورد پوشش اراضی شهری مورد نیاز تصمیم‌گیران و محققان در همه سطوح است (Yuan, F., 2005). در این بین در چند دهه اخیر استفاده از تکنولوژی سنجش از دور به عنوان بهترین وسیله برای آشکارسازی و ارزیابی تغییرات شناخته شده، می‌تواند به عنوان ابزاری مکمل در تحلیل‌های توصیفی نقش کارآمدی را در شناخت، برنامه‌ریزی و ارزیابی طرح‌های کاربری زمین شهری ایفا کند (شمس، کرمی نژاد، ۱۳۹۳، ۱۴). با توجه به کاربردهای فراوان سنجش از دور می‌توان از آن در پیش‌بینی تغییرات آینده کاربری اراضی نیز بهره برد (LU et al, 2004). از آنجا که تغییرات در کاربری اراضی در سطوح وسیع و گسترده صورت می‌گیرد، بنابراین تکنولوژی سنجش از راه دور ابزاری ضروری و با ارزش جهت پایش تغییرات می‌باشد (Farajzadeh, M. M., Falah, 2008). تاریخچه استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بین سال‌های ۱۹۷۲ تا ۱۹۸۴ بوده است که پنج ماهواره از نوع ماهواره‌های تکنولوژی منابع زمینی توسط سازمان ملی فضانوردی آمریکا موسوم به ناسا (NASA) به فضا پرتاب شده است. اولین ماهواره در ژوئن ۱۹۷۲ در مدار زمین قرار گرفت و Earth Resource Technology Satellite ERTS نامیده شد. هنگامی که دومین ماهواره از این سری در فوریه سال ۱۹۷۵ در مدار زمین قرار گرفت، این دو ماهواره به ترتیب لندست ۱ و لندست ۲ تغییر نام دادند (آدابی، ۱۳۶۷، ۱۷۴). از این مرحله هست که تصویربرداری از حالت آنالوگ خارج و به صورت رقومی درآمد و دریچه‌ای جدید برای پردازش تصاویر و نهایتاً تعبیر و تفسیر آن‌ها به روی بشر گشوده شد.

در دنیای امروز روش‌های مختلف پیش‌بینی در عرصه کاربری‌های شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای وجود دارد. معروف‌ترین آن‌ها روش زنجیره مارکوف می‌باشد. این مدل یکی از روش‌های آماری احتمالی است که توسط ریاضیدان روسی به نام آندره مارکوف در سال ۱۹۰۷ ارائه شده است. زنجیره مارکوف، دنباله‌ای از فرآیندهای تصادفی است که در نتیجه هر فرآیند در هر زمان، تنها به نتیجه فرآیند در زمان مجاور بستگی خواهد داشت (جوانشیری، ۱۳۹۸، ۱۲۶). مسلماً عوامل سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و اکولوژیکی در طی زمان منجر به تغییرات اساسی در کاربری‌ها اراضی این شهر شده است. شهر هرات در غرب افغانستان و هم‌مرز با کشور جمهوری اسلامی ایران (مرز اسلام قلعه) و کشور ترکمنستان (مرز تورغندی) می‌باشد. این شهر هم‌مرز با ولایت‌های بادغیس، غور و فراه می‌باشد (پلان انکشاف ظرفیت، ریاست شاروالی هرات، ۱۳۹۰). شهر هرات ۱۲۰ کیلومتر مربع مساحت دارد (Herat Strategic Master Plan، ۲۰۱۳). این در حالی است که این شهر از نظر جمعیت دومین شهر پرجمعیت افغانستان شناخته می‌شود به گونه‌ای که جمعیت این شهر در سال ۱۳۹۶ در حدود ۷۰۰ هزار نفر بوده است. در حال حاضر شهر هرات دارای ۱۵ ناحیه است. بر اساس احصائیه دقیق مدیریت ثبت احوال جمعیت، پرجمعیت‌ترین نواحی این شهر عبارت‌اند از نواحی دوم، پنجم و هفتم است (سازمان اسکان بشر دفتر ملل متحد، ۲۰۱۸). جمعیت فعلی هرات در سال ۲۰۲۴ برابر با ۷۲۴۰۰۰ نفر است که نسبت به سال ۲۰۲۳ می‌توان گفت ۴٫۱۷ درصد افزایش داشته است (www.macrotrends.net). شهر هرات یک شهر قدیمی هست و بیشتر از ساختاری سنتی برخوردار می‌باشد این در حالی است که در حال حاضر قومیت‌های زیادی به این شهر مهاجرت کرده و در آن استقرار یافته‌اند. این شهر که دارای قدمتی تاریخی و هویتی مشخص در کشور افغانستان می‌باشد، نزدیک‌ترین شهر مهم این کشور به جمهوری اسلامی ایران است. طول مرز مشترک ایران و استان هرات حدود ۳۶۵ کیلومتر است و در این بین شهر هرات به عنوان مرکز این استان از جایگاه مهمی برخوردار می‌باشد و می‌تواند به عنوان دروازه‌ی فرهنگی بین دو کشور نقش‌آفرین باشد. (نجفی، ۱۳۸۹: ۱۲۱).

در سال‌های ۲۰۰۲، بعد سقوط رژیم طالبان، چهره شهری هرات به کلی تغییر نموده و این تغییرات همواره روندی تصاعدی داشته است. در سال‌های اخیر و بعد از تحولات سیاسی در کشور افغانستان، هرات شاهد انفجار جمعیت بوده که ناشی از عواملی مانند بازگشت مهاجرین از کشورهای همسایه، مهاجرت مردم از روستاها به کلان‌شهرها، و رشد و توسعه زندگی شهری بوده است. اما متأسفانه در این شهر ضعف برنامه‌ریزی شهری به‌وضوح قابل رویت است و تقریباً ۷۱ درصد آن بی‌برنامه رشد نموده و تنها ۳۰ درصد آن با طرح جامع تطبیق گردیده است (پلان انکشاف ظرفیت شاروالی هرات، ۲۰۱۳، ۵) و در اینجا ضرورت توجه به برنامه‌ریزی شهری در این شهر آشکار است. شهر هرات شش طرح شهری

تاکنون داشته است. متأسفانه بیشتر این طرح‌ها به تصویب نرسیده بودند. همچنین در سال ۲۰۱۸ سازمان شهرسازی هرات طرح جامعی را برای هرات تنظیم نمودند و آن را برای تصویب به وزارت شهرسازی در کابل فرستادند که این طرح جامع از سوی ریاست‌جمهور به تصویب نرسیده است. به دلیل نبودن طرح جامع، بسیاری از ساخت‌وسازها در شهر هرات به صورت غیراستاندارد انجام شده است. مسلماً شهری با قدمت ۲۰۰۰ ساله شاهد تغییرات گسترده در برنامه‌ریزی شهری و تغییرات کاربری اراضی بوده است. در این میان افغانستان کشوری است که به دلیل ناامنی‌هایی که در آن وجود داشته و دارد، باعث شده که در زمینه‌های مختلفی برنامه‌ریزی شهری، پژوهش‌های اندکی صورت گیرد. هدف اصلی این تحقیق، شناسایی تغییرات کاربری اراضی در شهر هرات و پیش‌بینی کاربری‌ها تا سال ۲۰۳۰ در این شهر می‌باشد.

۲. پیشینه تحقیق

در جدول شماره ۱ خلاصه‌ای از تحقیقات داخلی و خارجی ذکر شده است.

جدول ۱- پیشینه تحقیقات داخلی و خارجی

پژوهش	محقق
پژوهشی با عنوان پیش‌بینی تغییر کاربری زمین با شبکه عصبی و GIS در شمال ملبورن برای ۲۰۱۴-۲۰۵۰ انجام داده‌اند. شبکه‌های عصبی لندست ۸ عملیاتی تصویرگر زمین (OLI) و پرسپترون چندلایه (MLP) همراه با مدل زنجیره مارکوف در نرم‌افزارهای ArcGIS و TerrSet مورد استفاده قرار گرفتند. در این پژوهش تغییرات کاربری زمین در شمال ملبورن با مساحت ۲۴۲۵٫۴۲ اینچ کیلومتر مربع طی سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۱۹ و تغییرات آبی آن تا سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰ شبیه‌سازی شده است. نتایج نشان داد که در حالی که نسبت‌های استفاده از زمین‌های مسکونی و صنعتی و تجاری از ۳۵٫۹۰٪ (۸۷۰٫۷۰ کیلومتر مربع) در سال ۲۰۱۴ به ۳۸٫۵۳٪ (۹۳۴٫۵۰ کیلومتر مربع) در سال ۲۰۱۹ افزایش یافته است، از جنگل و کشاورزی-چمنزاره از ۶۲٫۸۶٪ (۱٫۵۲۴٫۰۱ کیلومتر) در سال ۲۰۱۴ کاهش یافته است. به ۵۷٫۷۶٪ (۱۴۰۰٫۹۹ کیلومتر مربع) در سال ۲۰۱۹. به همین ترتیب، نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که استفاده از اراضی مسکونی و صنعتی و تجاری به ترتیب به ۴۲٫۸۶٪ (۱۰۳۷٫۱۳۹ کیلومتر مربع) و ۴۴٫۵۳٪ (۱۰۷۹٫۹۹ کیلومتر مربع) در سال ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰ افزایش می‌یابد. در این مقاله نشان داده شده است که کاربری‌های جنگلی و علفزار-کشاورزی به ترتیب از ۵۳٫۵۳٪ (۱۲۹۸٫۵۳ اینچ کیلومتر مربع) به ۵۱٫۷۶٪ (۱۲۵۵٫۴۹ اینچ کیلومتر مربع) کاهش یابد. تغییرات فضایی بیشتر در شمال و شمال غرب ملبورن رخ خواهد داد.	رهنما و وایت (۲۰۲۱)
در کتاب زمین، دولت و جنگ به موضوع نهادها و نظم سیاسی در افغانستان پرداخته‌اند. در این کتاب ۲۳۰ صفحه‌ای به نقش جنگ‌های افغانستان در موضوع‌هایی همچون مالکیت و دولت سازی در افغانستان پرداخته است. این کتاب علاوه بر کمک قابل توجهی به ادبیات مربوط به افغانستان، کمک ارزشمندی به ادبیات حقوق مالکیت و حکومت دولتی از دیدگاه اقتصاد نهادی جدید می‌کند.	جنیفر بریک مورتازاشویلی و ایلیا مورتازاشویلی ۲۰۲۱
با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و نرم‌افزار GIS به بررسی تغییرات پوشش زمین و تغییرات کاربری اراضی در کشور مصر پرداختند. نتایج تحقیق نشان‌دهنده تغییرات زیاد کاربری اراضی در سطح زمین‌های کشاورزی و تغییر	نام الاغاز و همکارانش (۲۰۲۰)

پژوهش	محقق
کاربری اراضی شهری و تأثیر آن بر روند فعالیت‌های انسانی بوده است.	
در این مطالعه به تغییر LULC از سال ۲۰۰۱ به ۲۰۱۰ و عوامل تغییران زمین‌های زراعی در رودخانه کابل پرداخته شده است. برای تغییر LULC از مدل محاسبه مکانی (SCM) و رگرسیون لجستیک و دوجمله‌ای (BLR) برای محرک‌های تغییر زمین‌های زراعی استفاده شده است	نجم الدین و همکارانشان (۲۰۱۸)
در کار پژوهشی خود تحت عنوان تأثیر گسترش شهر در میراث فرهنگی در هرات، افغانستان: تحلیل GIS انجام شد. نتایج این پژوهش نشان داده که میراث فرهنگی چگونه به نفع جامع محلی هرات و رونق اقتصادی گردشگری هرات خواهد بود.	کریستی (۲۰۱۸)
روند توسعه شهری و عوامل تأثیرگذار آن در شهر کابل را با استفاده از نقشه‌های کاربری اراضی انجام شد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که شهر کابل در سال ۲۰۰۸ رشد ۱۴ برابری نسبت به ۱۹۶۴ داشته است و عمده‌ترین عوامل افزایش نفوس و رشد اقتصادی عنوان شده است.	احمدی و کاجیتا (۲۰۱۷)
با استفاده از GIS و تکنیک‌های سنجش‌ازدور به تشخیصی تغییرات کاربری زمین در شهر تانگور هور کشور بنگلادش پرداختند. در روش پیش طبقه‌بندی CVA، NDVI و تجزیه و تحلیل NDWI برای ارزیابی سناریوی تغییر انجام شد. این مطالعه نشان داد که، در مورد ۴۰ درصد پوشش زمین از کل منطقه مطالعه بیش از ۳۰ سال است که تغییر انجام شده است.	ایزامل هاگو و همکاران (۲۰۱۷)
به رشد بی از حد شهرها پرداخته شده و این را یکی از عوامل اصلی در تغییرات کاربری اراضی شهری بیان می‌دارد، که ممکن است تأثیرات مثبت و منفی مانند انحراف غیرمجاز شهری، از دست دادن زمین‌های کشاورزی، ارزش بالای زمین و سایر مسائل مربوط به آن را داشته باشد.	ماندل و همکاران (۲۰۱۴)
مقاله‌ای به تغییرات کاربری اراضی شهری در حاشیه شهر و تأثیر آن بر امنیت محیط‌زیست پرداختند. به منظور انجام این تحلیل تصاویر ماهواره‌ای از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۵ در محیط نرم‌افزاری GIS موردسنجش قرار گرفتند. در نتیجه شدت استفاده بیش از حد از زمین‌ها منجر به آسیب رساندن به محیط‌زیست شده است.	گانوی و همکاران (۲۰۱۰)

ماخذ: یافته‌های تحقیق

اکثر پژوهش‌های خارجی نشان داده‌اند که بیشترین تغییرات در کاربری اراضی معمولاً مربوط به کاربری کشاورزی می‌باشد که به مرور زمان از وسعت این کاربری کاسته می‌شود و به کاربری‌های ساخته شده افزوده می‌شود. در برخی نمونه‌های خارجی شاهد تغییر از کاربری‌های جنگلی به اقامتگاهی و یا حتی صنایع و معادن هستیم. در تمامی این پژوهش‌ها بیان می‌دارند که استفاده بیش از حد از زمین‌ها منجر به آسیب رساندن به محیط زیست شده‌اند. در این پژوهش نیز بررسی می‌شود که چگونه تغییر کاربری‌ها بر پایه رشد جمعیت و تحولاتی که در افغانستان رخ داده است منجر به گسترش محیط ساخته شده و ایجاد شهرک‌ها و بلعیده شدن حریم رودخانه می‌شود.

روش پژوهش، به لحاظ هدف از نوع کاربردی و به لحاظ ماهیت و روش از نوع تحقیقات توصیفی - تحلیلی می‌باشد. از طریق مطالعات کتابخانه‌ای دانشگاه‌ها، مؤسسات و سازمان‌های مختلف مرتبط متغیرهای اثرگذار در تغییرات و رشد شهری استخراج شدند. همچنین از تصاویر ماهواره‌ای لندست مربوط به سه دوره زمانی ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۱ بهره گرفته شده است. این سال‌ها در واقع نقطه آغاز تحولات سیاسی در افغانستان بوده‌اند که در این پژوهش بررسی شده است. داده‌های سنجش‌ازدور در این مطالعه استفاده شده بر اساس نگاشت موضوعی Landsat 2، Landsat 5، و Landsat 8 تصویربرداری عملیات زمینی (OLI) از وضوح طیفی و باندهای داده استفاده می‌شود. تصاویر ماهواره لندست (۳۰ متر) با توجه به اینکه به صورت رایگان از وبسایت USGS قابل دریافت می‌باشند. همچنین از نرم‌افزارهای GIS، TerrSet نیز استفاده می‌شود. تصاویر چهار دوره پس از عملیات پیش‌پردازش با استفاده از روش حداکثر احتمال طبقه‌بندی گردیدند. سپس با استفاده از مدل LCM و MARKOV CA به شناسایی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی شهر هرات پرداخته می‌شود.

جدول ۲- مشخصات تصاویر ماهواره‌ای

سنجنده	تاریخ میلادی - شمسی	ماهواره
ETM	۱۳۷۹/۲۰۰۰	لندست ۷
ETM+	۱۳۸۹/۲۰۱۰	لندست ۵-۴
ETM+	۱۴۰۰/۲۰۲۱	لندست ۸

ماخذ: نویسندگان

در روش نرم‌افزار انوی، در ابتدا تصاویر ماهواره‌ای لندست تصحیح هندسی و رادیو متریک می‌شوند تا خطاهای مربوط به تصاویر ماهواره‌ای کاهش یابد. در ادامه محدوده مورد مطالعه از تصاویر جدا کرده و اقدام به طبقه‌بندی اطلاعات ماهواره‌ای شد. روش مورد استفاده جهت طبقه‌بندی اطلاعات روش نظارت شده می‌باشد. در این روش برای رده‌بندی پیکسل‌ها از نمونه‌های آموزشی استفاده می‌گردد. بدین معنی که با تعریف پیکسل‌های مشخص از تصویر برای هر یک از کلاس‌ها عمل طبقه‌بندی در قالب کلاس‌های در نظر گرفته شده انجام شده است. همچنین لازم به توضیح است که الگوریتم حداکثر مشابهت جهت طبقه‌بندی نظارت مورد استفاده قرار گرفته است. در این روش ارزش بازتابی هر پیکسل ناشناخته و بر اساس واریانس و کواریانس آن طبقه واکنش طیفی ویژه، مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد و فرض بر این است که توزیع داده‌های هر طبقه بر اساس توزیع نرمال در اطراف پیکسل میانگین آن طبقه قرار گرفته‌اند (علیزاده ربیعی، ۱۳۸۷). بعد از تصحیح در انوی، در نرم‌افزار TerrSet نیز ابتدا کاربری‌ها مشخص شدند و هر کاربری به تعداد لازم به صورت پلی گون رسم شدند که در این پژوهش کل برداشت‌ها به ۷ کاربری تقسیم‌بندی شدند. و با استفاده از مدل LCM ابتدا اولین پیش‌بینی برای وضعیت موجود انجام شد تا در صورت اشتراک زیاد با

وضعیت فعلی (۲۰۲۳)، پیش‌بینی را برای سال ۲۰۳۰ انجام شود. در ادامه جهت پی بردن به تغییرات صورت گرفته در کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه که شامل کاربری‌های باغات و زمین‌های کشاورزی، محدوده‌های ساخته‌شده و اراضی بایر مدنظر قرار گرفته، از مدل زنجیره مارکوف استفاده شد. در زنجیره مارکوف از کلاس‌های پوشش به‌عنوان حالت یا همان وضعیت‌های زنجیره استفاده شده است. فاصله زمانی بین دو تصویر و فاصله زمانی پیش‌بینی در افق ۲۰۳۰ نیز در مدل CA مارکوف در نظر گرفته می‌شود. خروجی مدل مارکوف نیز شامل احتمال تبدیل وضعیت و ماتریس مساحت‌های تبدیل شده در هر کلاس و در نهایت تصاویر احتمالی شرطی برای تبدیل کاربری مختلف است. همین‌طور در این پژوهش جهت اعتماد به طبقه‌بندی صورت گرفته از شاخص کاپا استفاده شده است.

Result of ROC

AUC = 0.787130

The following section lists detailed statistics for each threshold.

With each threshold, the following 2x2 contingency table is calculated:

	Reality	(Reference image)
Simulated by threshold	1	0
1	A (number of cells)	B (number of cells)
0	C (number of cells)	D (number of cells)
For the given reference image:	A+C=541879	B+D=1512971

ماخذ: یافته‌های تحقیق

به طور کلی دو پارامتر اصلی که برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی استفاده می‌شوند صحت کلی و ضریب کاپا می‌باشند. صحت کلی میانگینی از طبقه‌بندی است که نسبت پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده به جمع کل پیکسل‌های معلوم را نشان می‌دهد. یکی دیگر از پارامترهای سخت که از ماتریس خطا استخراج می‌شود ضریب کاپا است. ضریب کاپا طبقه‌بندی کاملاً تصادفی محاسبه می‌کند. به این معنی که مقدار کاپا صحت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی را نسبت به حالتی که یک تصویر کاملاً به صورت تصادفی طبقه‌بندی شود به دست می‌دهد. این کار را می‌توان به این صورت معنی کرد که پس از حذف تأثیر شانس در طبقه‌بندی مقدار تطابق با واقعیت زمینی محاسبه خواهد شد. متداول‌ترین روش برای ارزیابی کمی دقت طبقه‌بندی انتخاب یک سری پیکسل‌های نمونه معلوم و مقایسه کلاس‌ها با نتایج طبقه‌بندی است (حسینی تبار و جعفر زاده، ۱۳۹۵). همان‌طور که قابل ملاحظه است شاخص کاپا برابر با ۰٫۷۸ می‌باشد که صحت طبقه‌بندی را نشان می‌دهد.

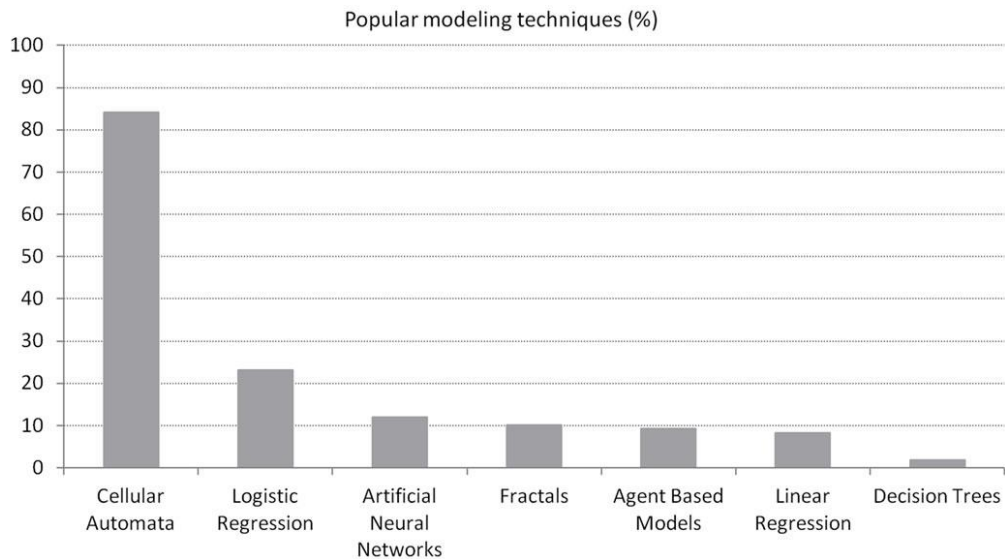
تکنیک‌ها آماری مورد استفاده در این پژوهش در جدول شماره ۳ به شرح مختصر آورده شده است.

جدول ۳- آزمون‌های آماری مورد استفاده در پژوهش

نوع آزمون	شرح روش	کاربرد در پژوهش
زنجیره‌ی مارکوف در نرم‌افزارهای TerrSet و Envi	یک روش ریاضی و احتمالاتی که به صورت یک فرایند تصادفی عمل می‌کند که در آن وضعیت آینده یک پیکسل تنها به وضعیت قبلی آن بستگی دارد و بر اساس آن پیش‌بینی می‌شود. نتیجه مستقیم حاصل از این مدل، ماتریس احتمال انتقال است	برای پی بردن به نوع و میزان تغییرات رخ داده در منطقه مورد مطالعه از تصاویر ماهواره لندست و مدل زنجیره مارکوف استفاده شد. این فرایند با روش طبقه‌بندی نظارت‌شده و الگوریتم حداکثر مشابهت در نرم‌افزار Envi استفاده شده است.
شاخص کاپا	اعتماد به طبقه‌بندی	در این پژوهش جهت اعتماد به طبقه‌بندی صورت گرفته از شاخص کاپا استفاده شده است
مدل زنجیره‌ی CA مارکوف در نرم‌افزار TerrSet	ترکیب تصاویر سنجش از دور برای مدل‌سازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی به طور گسترده در محیط‌های شهری و غیرشهری در مقیاس‌های بزرگ در مناطق مختلف دنیا مورد توجه برنامه ریزان و مسئولین زیادی قرار گرفته است	برای پیش‌بینی روند تغییرات کاربری اراضی شهر هرات تا سال ۲۰۳۰ از مدل CA مارکوف در نرم‌افزار TerrSet استفاده شده است
Land Change Modeler	مشخص نمودن میزان تغییرات در هر یک از کاربری‌های مختلف بر اساس سال‌های مشخص شده و همچنین مشخص نمودن میزان تغییرات از یک کاربری نسبت به سایر کاربری‌ها و از کاربری‌های مختلف نسبت به یکدیگر.	برای پیش‌بینی روند تغییرات کاربری در نرم‌افزار TerrSet

ماخذ: یافته‌های تحقیق

تغییر در کاربری زمین و تغییر در سطح زمین (LULC) توسط فعالیت‌های انسانی ایجاد می‌شود (Roy and etc 2018). در این میان مدل‌های تغییر زمین ابزار بسیار مهمی برای تحقیقات محیطی و ژئوماتیک در مورد تغییرات سطح و پوشش زمین هستند (Olmedo and etc, 2015). همان‌طور که شکل ۲ قابل مشاهده است، در بین انواع مدل‌های پیش‌بینی، مدل اتوماسیون سلولی (CA) محبوب‌ترین مدل می‌باشد.



شکل ۲- محبوب‌ترین تکنیک‌های مدل‌سازی

(Triantakonstantis, D., & Mountrakis, G. 2012,559)

نظارت و تجزیه و تحلیل تغییرات در LULC به منظور ارائه اطلاعات در مورد الگوهای کاربری زمین موجود و تغییرات (Liu and etc, 2015) و برای تصمیم‌گیرندگان برای حمایت از توسعه پایدار مورد نیاز است (Fan and etc, 2007). مدل‌های LULCC برای بهبود و یا درک بهتر تغییر کاربری زمین که توسط فعالیت‌های انسانی ایجاد می‌شود، استفاده می‌شود (Brown and etc, 2004). هدف مدل‌ساز تغییر زمین (LCM) تعبیه شده در TerrSet، تجسم تغییر و تولید مدل‌ها است (Land Change Modeler, 2024). کاربردهای بعدی اساساً به مطالعه فرآیندهای تبدیل زمین و بیشتر در زمینه شهری مانند حومه‌سازی، تغییر دوره‌های مسکن واحد همسایگی، تغییر کاربری زمین (Bell ۱۹۷۷, Drewett 1969, Gilbert ۱۹۷۲) می‌باشد. (Bell and Hinojosa, 1974, 1975)

۴- مبانی نظری

از ابتدا زمین یک نیاز اساسی در جوامع شهری و روستایی محسوب می‌شده است که به‌عنوان یک عامل اصلی تولید و از عناصر حیاتی توسعه اجتماعی - اقتصادی بوده و نقش مهمی در هر کشور و جامعه‌ای داشته است. رشد و توسعه روستاها در ادوار گذشته منجر به شکل‌گیری مراکز شهری و در نهایت مادر شهرها و کلان‌شهرها شدند. در نتیجه تقاضای متنوع زمین برای اهداف مختلف به صورت رقابتی به وجود آمد (Jiboye, 2005, 343). از طرفی با رشد روز افزون جمعیت و نیاز به زمین جهت تأمین نیازهای انسان، باعث گردید مسئله زمین و کاربری‌های آن روز به روز بیشتر مورد توجه قرار گیرد (Leao et al, 2004, 146). اصطلاح و مفهوم کاربری زمین ابتدا در غرب به منظور نظارت دولت‌ها بر نحوه استفاده از زمین و حفظ حقوق مالکیت مطرح شد. هم‌زمان با روند گسترده شهرنشینی و رشد برنامه‌ریزی شهری و

منطقه‌ای، ابعاد و محتوای آن روز به روز وسیع‌تر شد. به طوری که امروزه در نظام‌های پیشرفته برنامه‌ریزی جهان، برنامه‌ریزی برای استفاده بهینه از زمین، به صورت آمایش سرزمین و برنامه‌ریزی فضایی به بستر هر نوع توسعه و عمران، در مقیاس‌های متفاوت از جمله کشوری، منطقه‌ای و شهری تبدیل شده است. در این مورد در قسمت برنامه‌ریزی شهری، موضوع برنامه‌ریزی کاربری زمین - فضا، جایگاهی مهم‌تر و گسترده‌تر در برنامه‌ریزی شهری دارد (مهدی زاده، ۱۳۷۸، ۳۵۴). زیویتسکی (۲۰۱۲) اینگونه می‌گوید، «انسان‌ها کره زمین را به شیوه‌های بنیادین تغییر داده‌اند، که سیاری از این تغییرات به مراتب کمتر شناخته شده‌اند تا گرم شدن جهانی» (اهلرس، ۱۳۹۲، ۱۲). در این میان کاربری زمین (Land Use) انواع فعالیت‌های انسانی بر روی زمین است که از مفهوم پوشش زمین (Land Cover) باید تمیز داده شود. پوشش زمین ناظر بر عوارض و پدیده‌های موجود در سطح زمین می‌باشد مانند: جنگل، دریاچه، ساختمان‌های شهری و ... است، در حالیکه کاربری زمین انواع فعالیت‌های مختلف انسانی (اعم از طبیعی و مصنوعی) را بر روی زمین مورد توجه قرار می‌دهد (رهنما، ۱۳۹۰، ۲۳). تغییرات کاربری و پوشش زمین ذاتاً حالتی فضایی و پویا دارد (Aspinall & Hill, 2008: 5). مهم‌ترین شاخص توصیف‌کننده تغییر کاربری اراضی، در حقیقت توان و امکان رشد شهر و شهرنشینی می‌باشد (Hoshino, 2011: 1).

۴-۱-۱ اثرات اجتماعی، اقتصادی و فیزیکی کاربری‌های شهری

۴-۱-۱-۱ کاربری‌های شهری و تأثیر آن در توزیع نقاط ثقل جمعیتی

یکی از ویژگی‌های عمده کاربری شهری تأثیر آن در جذب و توزیع نقاط ثقل جمعیتی چه در سطوح شهری و چه در سطوح فرا شهری می‌باشد. میزان تأثیر پاره‌ای از کاربری‌ها در ایجاد کشش برای افراد بستگی مستقیم به سطح و کیفیت خاص آن عملکرد دارد. از طرف دیگر بودن یا نبودن هر عملکردی در مناطق هم‌جوار در میزان تقاضا برای همان عملکرد مؤثر است. با نگاهی گذرا به وضعیت مناطق مختلف شهری این نکته مشخص می‌شود که میزان تقاضای افراد جهت سکونت در مناطقی که از خدمات عمومی مناسب‌تری برخوردار هستند نسبت به مناطقی که از این مزیت محروم‌اند بیشتر است (رضویان، ۱۳۸۱، ۷۰) مسئله دیگری که در این رابطه قابل ذکر است تأثیر کاربری‌های شهری در میزان جذب افراد و در حقیقت نوعی قشربندی اجتماعی و اقتصادی است. کاملاً واضح است که جمعیت همیشه از مناطقی که دارای امکانات کمتری هستند به طرف مناطق با امکانات بیشتر کشش پیدا می‌کند مسائل فوق نشانگر این مسئله است که توزیع کاربری‌های شهری با عملکردهای عام و تجهیز آن‌ها، در توزیع نقاط ثقل جمعیتی چه در محدوده داخلی شهرها و چه در سطوح ما بین شهرها تأثیر مشخص و قابل درکی دارد (رضویان، ۱۳۸۱، ۷۱).

۴-۱-۲ کاربری‌های شهری و تأثیر آن در اقتصاد شهری

یکی از مهم‌ترین شاخصه‌های مورد توجه شهروندان جهت انتخاب محل سکونت، وجود مراکز و خدماتی است که بتواند سرویس‌های لازم را جهت برآورده کردن نیازهای مختلف جوامع شهری برآورده سازد و در حقیقت ایجاد، توسعه و تجهیز هر یک از این خدمات ارزش افزوده‌ای است که هر مکان سکونتی آن را به دست می‌آورد. البته فرایند چنین امری مستلزم سیستمی است که در آن وجود فرصت‌های شغلی مناسب‌تر منجر به تولید سرمایه و سرمایه‌گذاری و در پی آن ایجاد خدمات سطح برتر می‌شود. از طرف دیگر به‌خوبی می‌توان تأثیر میزان خدمات شهری ارائه‌شده را در قیمت زمین مسکونی دریافت این مسئله چه در سطح خود شهر و چه در سطح فرا شهری اهمیت خود را نشان می‌دهد. بطوریکه بررسی قیمت‌های زمین شهری نشان می‌دهد قیمت زمین در مناطقی از شهرها که دارای دسترسی مناسب و نزدیک‌تر به مراکز خدمات شهری هستند از دیگر مناطق بیشتر است و خود همین مسئله باعث می‌شود که افراد با توانایی مالی بیشتر در این مناطق سکنی گزیده و ساختمان‌هایی باکیفیت مناسب‌تر و عمدتاً با طبقات بیشتر در این مناطق ساخته‌شده و ارزش افزوده چنین ساختمان‌هایی از سایر مناطق بیشتر شود. و همین امر به دنبال خود موجب جذب سرمایه‌گذاری‌های متعدد در این منطقه شده و قیمت‌ها را تحت تأثیر خود قرار دهد (رضویان، ۱۳۸۱، ۷۱). از طرف دیگر در مناطق حاشیه‌نشین با ساخت‌وسازهای بی‌رویه که عمدتاً بدون برنامه‌ریزی و طراحی شهری بوده و از نظر نام کاربری اراضی فاقد کارایی لازم در زمینه ارائه خدمات هستند قیمت زمین نسبت به سایر قسمت‌های شهر ارزان‌تر می‌باشد (رضویان، ۱۳۸۱، ۷۲).

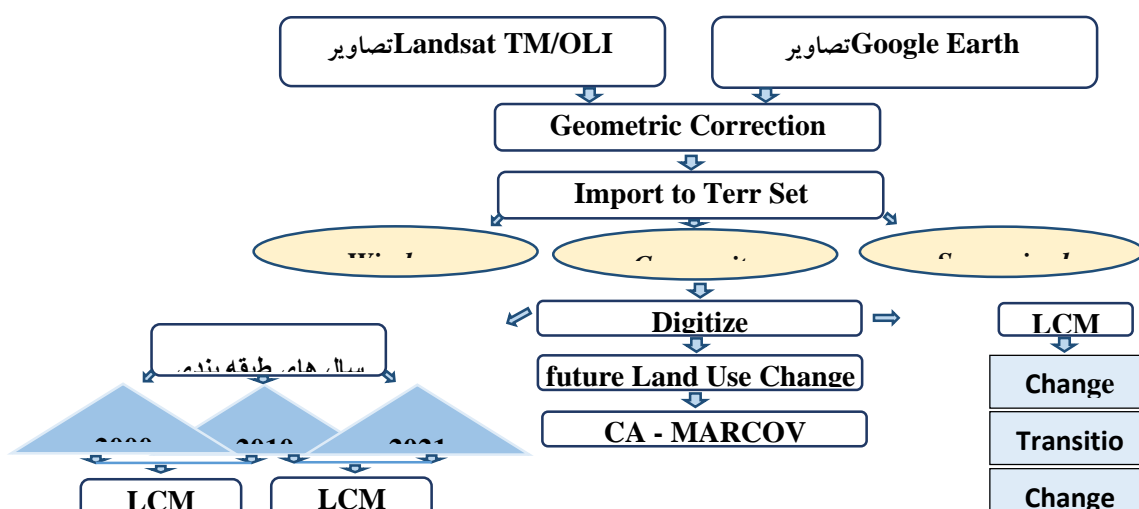
۴-۱-۳- کاربری‌های شهری و تأثیر آن در بهبود روابط اجتماعی و سلامت روانی

نگاهی به فرایند تحولات اقتصادی، فرهنگی، علمی و اجتماعی در طول تاریخ بیانگر نیاز شدید انسان به جامعه‌ای که در آن نهادهای اجتماعی و فرآورده‌های ناشی از زندگی جمعی در آن نقش و اهمیت خود را کاملاً هویدا کرده‌اند نشان می‌دهد. اصولاً زایش افکار و پرورش استعداد و توانایی‌های بشری محصول مستقیم اجتماعی شدن و استفاده از تنوع و تکثیر جامعه می‌باشد. بدین منظور چه برای پرورش استعدادهای علمی و تخصصی و چه برای مبادلات فرهنگی و چه گذران اوقات فراغت، بشر همواره در طول اعصار مکان‌های خاصی را برای این منظور مهیا کرده است. فضاهاى عمومی در یونان و رم باستان، آگورا، پیاتزا، میدان، سالن‌های تئاتر و سینما، تالارهای موسیقی، نمایشگاه‌ها و حتی پارک‌ها از جمله چنین مکان‌هایی بشمار می‌آیند. در زندگی صنعتی و دیجیتالی امروز مشکلات ناشی از کاهش عرصه‌های اجتماعی و بروز فردگرایی و در نتیجه افزایش فشارهای روانی، نیاز به مکان‌هایی که بتوانند این فشارها را کاهش داده و باعث بسط روابط اجتماعی شوند را افزایش داده است. در حقیقت وجود کاربری‌های فضاهاى عمومی همچون فیلتری است که روابط اجتماعی از هم گسسته را در شهرهای شلوغ امروزی

تلطیف می‌کند. به‌عنوان مثال نمی‌توان نقش یک پارک شهری و یا یک سینما و تئاتر را در توسعه و ایجاد روابط سالم اجتماعی و کاهش فشارهای روانی نادیده گرفت (رضویان، ۱۳۸۱، ۷۲).

۴-۱-۴- کاربری‌های شهری و تأثیر آن در کالبد فیزیکی شهرها و هدایت جهات

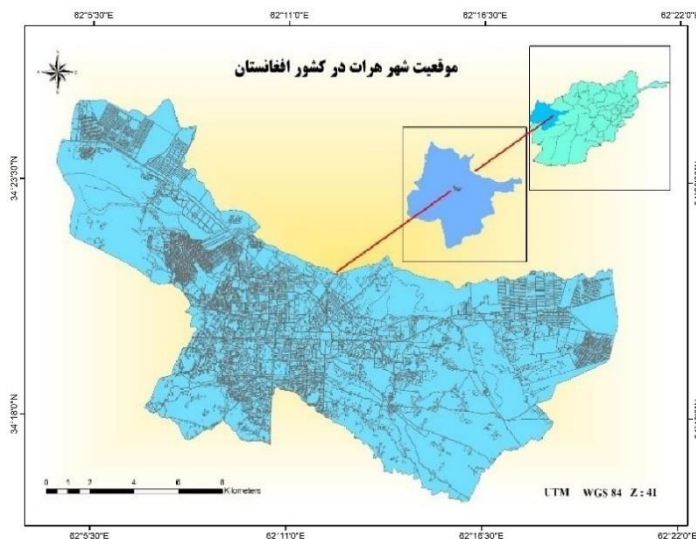
حفظ الگوهای منسجم، همگون و مطلوب توسعه از مشکلات تمامی شهرهای کوچک و بزرگ و حومه‌های شهری می‌باشد. در حالیکه ممکن است ساختمان‌ها و فضاهای شهری هر یک به‌تنهایی جالب توجه باشند، اما ترکیب کلی آن‌ها جلوه‌ای منفی ارائه نماید. مخصوصاً در شهرهای امروزی فقدان الگوهای قوی انسجام بخش و پیونددهنده مشهود است، کالبد شهرها به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، مجموعه‌ای است از اجزاء نامتناسب و ناهمگن که بدون برنامه در کنار یکدیگر جای گرفته و معمولاً نه تنها از این مجاورت سودی نمی‌برند بلکه مانع از ایفاء نقش هر جزء در کل مجموعه می‌شوند. کاربری‌های شهری به جهت نقش و اهمیتی که در شهرها ایفاء می‌کنند از نظر فیزیکی، کالبد شهرها را تحت تأثیر قرار می‌دهند. کنترل توده و حجم بناها، ارتفاع، نماهای هم‌جوار و حتی نوع مصالح از جمله این عوامل بشمار می‌روند. ساختمان‌ها و مجتمع‌های مسکونی، اداری، مکان‌های تجاری، ورزشی و تفریحی آموزشی - بهداشتی امروزه با ایفاء نقش مؤثر از طریق همگرایی فعالیت‌های هم‌نوع و هماهنگ و یا واگرایی فعالیت‌های ناسازگار کالبد شهرها را در سیطره نفوذ خود قرار داده‌اند. لذا تأثیر مهم دیگر کاربری‌های شهری هدایت جهات توسعه فیزیکی شهرها می‌باشد. به‌عبارت‌دیگر مکان‌های استقرار کاربری‌ها نقش قابل توجهی در تنظیم و هدایت جهات توسعه شهرها ایفاء می‌نمایند (رضویان، ۱۳۸۱، ۷۳).



شکل ۱: مدل مفهومی طرح ریزی LULC در شهر هرات

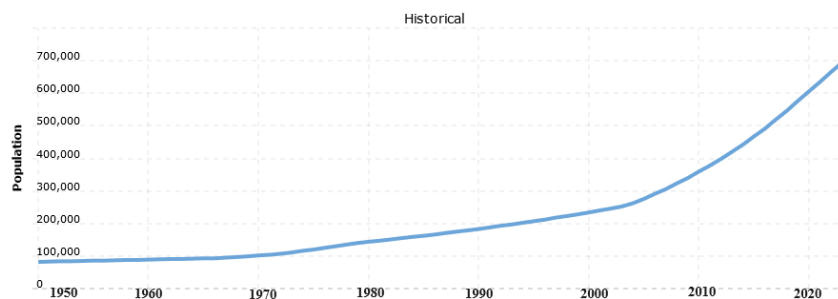
۵- محدوده مورد مطالعه

هرات از گذشته‌ها مسیر تجارتي بين شرق ميانه، آسيا مركزي و جنوبي بوده است. راه‌هاي ارتباطي جاده‌اي، از هرات به ايران، تركمنستان و ساير بخش‌هاي افغانستان هنوز هم به‌طور استراتژيكي مهم مي‌باشند (Strategic Municipal Action Plan، ۲۰۱۸، ۶). در شكل شماره ۳ موقعيت جغرافيايي شهر هرات نشان داده شده است.



شکل ۳- موقعیت سیاسی شهر هرات

جمعیت شهر هرات در نمودار ذیل قابل مشاهده است که در سال ۲۰۲۴ جمعیت شهر هرات در سایت سازمان ملل برابر با ۷۲۴ هزار نفر اعلام شده است (United Nations). شهر هرات تا قبل سال ۱۳۷۸ رشد جمعیت سالانه آن در حد دو درصد بوده است. از سال ۱۳۸۳ به بعد رشد جمعیت بالای ۵ درصد می شود. جمعیت شهر هرات در سال ۱۳۸۳ برابر با ۲۷۶ هزار نفر بوده است و در سال ۱۴۰۲ برابر با ۷۲۴ هزار نفر می باشد. بر اساس آمارها شهر هرات بیشترین مهاجران و پناهندگان داخلی را در خود جای داده است (شهر برای همه، ۹،۲۰۱۸). همچنین خشک سالی هایی که در کشور رخ داده است منجر به کوچ دسته ای آوارگان از سراسر کشور به سمت شهر هرات شده اند و تا سال ۲۰۱۷ اکثر این پناهندگان در اطراف شهر و یا در نواحی ۵، ۱۱، ۹، ۱۳ و ۱۵ زندگی می کردند. (همان).

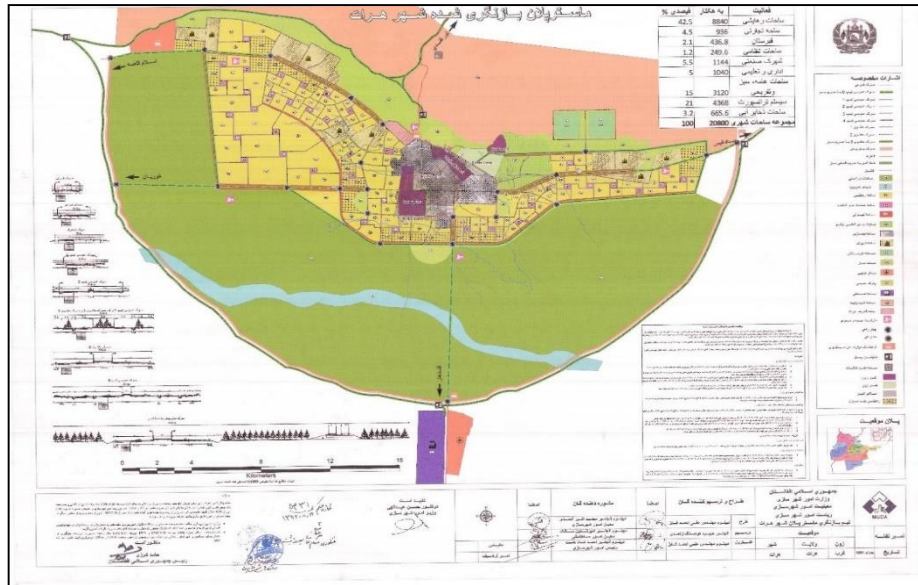


United Nations - World Population Prospects

شکل ۴- جمعیت شهر هرات در دوره های زمانی مختلف

شهر هرات دارای ۱۵ ناحیه بوده که هر ناحیه به گذرهای مختلف تقسیم بندی گردیده است. در مجموع، ۱۰۸ گذر در ۱۵ ناحیه ساخته شده اند. بر اساس قوانین و مقررات اداره مستقل ارگان های محلی و قانون جدید شهرداری ها، تقسیم بندی به گونه ای است که هر گذر ۵۰۰ الی ۱۰۰۰ خانه می باشد. مساحت گذرها با در نظر داشت تراکم اسکان متفاوت است (پلان عملیاتی استراتژیک شاروالی، ۸،۲۰۱۸). در شهر هرات، اولین طرح جامع در سال ۱۳۴۵ ه ش (۱۹۶۷ م) با کمک فنی کشور ایتالیا تدوین شده بود. این طرح با در نظر داشت ۲۰۰۰ هکتار برای ۲۰۰ هزار نفر جمعیت برای محله هایی بانام شهر نو (شمال منطقه مرکزی هرات) و شهر جدید (شمال شرقی هسته مرکزی) ایجاد شد (city for all, 2017, 11). در شکل ۵ نقشه ای با عنوان طرح جامع بازنگری شده شهر هرات می باشد که در سال ۲۰۱۰ تهیه شده بود. کل مساحت شهر را

۲۰۸۰۰ هکتار ذکر کرده است. در این طرح ۴۲,۵ درصد زمین‌های شهر مربوط به زمین‌های رهاشده بوده است.



شکل ۵- طرح جامع شهر هرات در سال ۲۰۱۰

Map 2.1: Herat city Masterplan 2010

Source: MUDH

بعد از سالیان طولانی جنگ، تنها در سال‌های اخیر تلاش‌هایی برای بازسازی و نوسازی زیرساخت‌های اساسی شهری صورت گرفته است. در این میان، هرات خوشبختانه از موقعیت بیشتری در بازسازی و نوسازی زیرساخت‌ها برخوردار بوده، طوریکه سیستم مخابرات، برق، و آب آشامیدنی در تناسب با سایر مناطق کشور به مراتب از وضعیت بهتری برخوردار شده است.

جدول ۴- طرح‌های شهری هرات

نام طرح	سال	سازمان متولی	مساحت در نظر گرفته شده (ha)	توضیح
طرح جامع	1345	آلمان	۲۰۰۰	توجه به کمربند سبز در شهر
طرح توسعه شهر هرات	۱۳۴۸		۲۷۸۴	
طرح جامع جدید	۱۳۸۸	وزارت شهرسازی و مسکن	۱۳۹۱ اصلاح شد	

		افغانستان		
با همکاری ایتالیا، دانشگاه هرات، ریاست شهرسازی	۵۸۶۰	توسعه استراتژیک ملی افغانستان	۱۳۸۹	طرح جامع استراتژیک
داده‌ها بر اساس حدس و غیرقابل اعتماد	۲۰۸۰۰		۱۳۹۱	طرح جامع بازنگری شده
در مقیاس منطقه شهری باهدف مشخص نمودن توسعه شهری		وزارت شهرسازی و شرکت آمریکایی ساساکی	۱۳۹۸	چارچوب توسعه راهبردی هرات

ماخذ: یافته‌های تحقیق

شهر هرات نیز مانند دیگر شهرهای افغانستان دارای رشد بی‌برنامه بوده است. طبق جدول شماره ۴ در شهر هرات افغانستان تاکنون شش طرح شهری داشته است. در اکثر موارد در طرح‌ها که برای شهر هرات در نظر گرفته شده معمولاً به دلیل مشکلات فنی از جمله کمبود داده‌ها، عدم وجود مطالعات و عدم توجه به طرح‌های موجود، باعث شده شهر جدای از طرح‌ها به سرعت در حال تغییر باشد. در اکثر محلات مرکزی شهر (نواحی ۱ تا ۶ و ناحیه ۸) به شکل برنامه‌ریزی شده توسعه پیدا کرده‌اند و دیگر نواحی و اطراف شهر، به صورت غیر برنامه‌ریزی شده توسعه یافته‌اند. به دلیل شهری شدن سریع نسبت به ۳۰ تا گذشته، هرات شاهد تحولات زیاد از نظر جمعیت و رشد شهر بوده است. همین امر باعث شده توسعه شهر با طرح‌های جامع موجود مطابقت نداشته باشد و رشد نواحی غیر برنامه‌ریزی شده و غیررسمی و نامنظم جایگزین رشد با برنامه شهر شده است (شهر برای همه، ۲۰۱۸، ۱۱). برای توسعه شهر هرات پروژه‌های وسیعی در سال‌های ۱۹۶۷ م پیشنهاد شد که ایجاد ۳۱ شهرک در حومه شهر و فضاهای سبز وسیع مورد بررسی قرار گرفت که به صورت کمربندی سبز در شمال و غرب شهر کشیده شود که از خسارات و صدمات بادهای ۱۲۰ روزه جلوگیری نماید (حسینی، ۱۳۹۲، ۵۷۳).

جدول ۵ - سال‌های جنگ در افغانستان

کشور	سال شروع	سال پایان	مدت
جنگ داخلی	۱۹۲۸	۱۹۲۹	۱
جنگ داخلی	۱۹۷۸	-	بی‌نهایت
شوروی	۱۹۷۹	۱۹۸۹	۱۰
دولت و شورشیان	۱۹۸۹	۱۹۹۲	۳

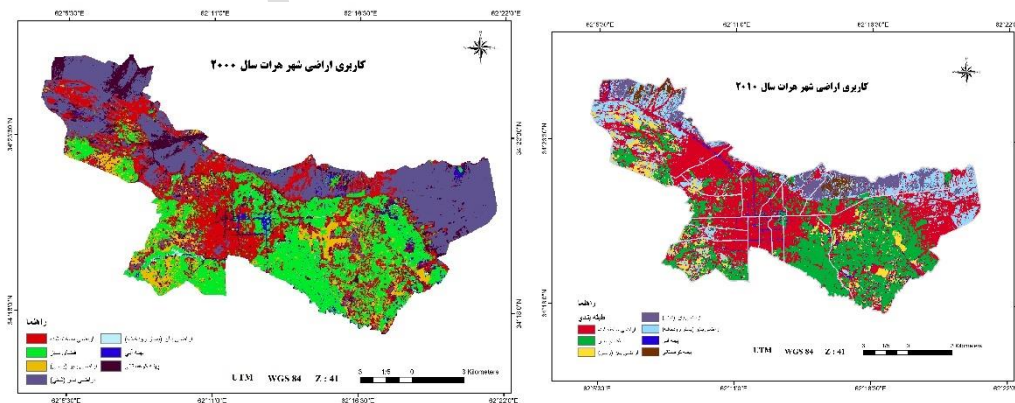
۳	۱۹۹۶	۱۹۹۲	مجاهدین
۵	۲۰۰۱	۱۹۹۶	طالبان
۲۰	۲۰۲۱	۲۰۰۱	آمریکا، طالبان، سربازان ملی
۴۲	<u>مهاجمین در سال ۲۰۰۱: ائتلاف شمال، ایالات متحده آمریکا، بریتانیا، کانادا</u> <u>استرالیا، ایتالیا، نیوزیلند، آلمان، امارت اسلامی افغانستان، القاعده، حزب حرکت</u> <u>اسلامی ازبکستان، تحریک نفاذ شریعت محمدی، جنبش اسلامی ترکستان شرقی</u>		

ماخذ: یافته‌های تحقیق

در طی تقریباً سه دهه جنگ، روند رو به رشد شهر متوقف نشده، اما از سرعت آن کاسته شد. در طول ۳۰ سال جنگ، ساخت‌وساز به طرف شمال شرقی شهر کشیده شد. در این منطقه، آخرین منطقه مسکونی برنامه‌ریزی شده- یعنی شهرک کارمندان دولت اعمار گردید. علیرغم ادامه جنگ‌ها و کاسته شدن از سرعت رشد و توسعه شهری، (سقوط طالبان و تحولات جدید در افغانستان) باعث شد تا در سال ۲۰۰۲ رشد سریع جمعیت در هرات اتفاق بیافتد. رشد شهرنشینی و هجوم مردم برای زندگی در شهر هرات باعث شد تا مناطق حومه هرات به سرعت رشد کرده و حتی بعضاً ساخت‌وسازهای (غیرقانونی و حتی دور از هسته مرکزی شهر شکل گیرد که مثال بارز آن شهرک جبرئیل است) (قیومی، ۲۰۱۳) نکته‌ای که حائز اهمیت است اینکه هنوز کمربند سبزی از زمین‌های زراعتی هرات در حومه فعلی شهر به چشم می‌خورد، به عبارت دیگر زمین‌های حاصلخیز دره رودخانه هریرو بود که توسط کانال از رودخانه هریرو سیراب شده و مردم در روستاها در امتداد راه‌های اصلی متصل به شهر زندگی می‌کنند (طرح جامع، ۲۰۱۳، ۴۱)

۶- یافته‌های تحقیق

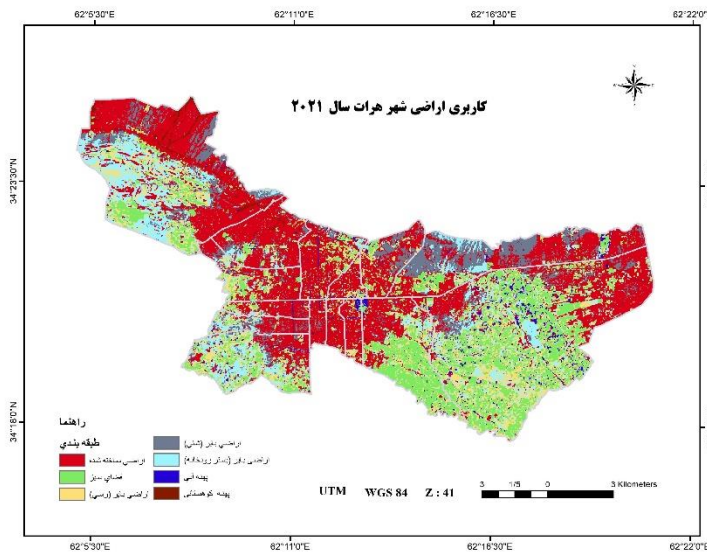
شهر هرات بر اساس آخرین تقسیمات ۱۵ ناحیه در نرم‌افزار GIS دارای ۱۸۲۷۱ هکتار مساحت می‌باشد. این شهر از شمال و شرق، از غرب و جنوب نسبتاً کوهستانی است. در جنوب شهر هرات رودخانه هریرو وجود دارد. در نقشه‌های شماره ۶، ۷، ۸ همان‌طور که ملاحظه می‌شود محدوده مورد مطالعه برای سال‌های به ترتیب ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۱ بر اساس هفت کاربری طبقه‌بندی شدند.



شکل ۷- کاربری‌های سال ۲۰۱۰

شکل ۶- کاربری‌های سال ۲۰۰۰

تصاویر ماهواره‌ای که در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و سال ۲۰۲۱ از شهر هرات برداشت شده است شامل محدوده ۱۵ ناحیه شهر هرات و در شمال کوه‌های شهر هرات می‌باشد. همان‌طور که در نقشه‌ها قابل مشاهده است هرچقدر که در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۱ به کاربری‌های ساخته شده افزوده شده است، مساحت کاربری فضای سبز و آب نسبت به سال ۲۰۰۰ بسیار کاهش داشته است.



شکل ۸- کاربری‌های سال ۲۰۲۱

وضعیت کامل کاربری اراضی در محدوده مورد مطالعه در جدول ۶ برای سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۱ نشان داده شده است. هفت کاربری اراضی طبقه‌بندی شده نشان می‌دهد که بیشترین سطح پوشش اراضی برای سال ۲۰۰۰ به ترتیب مربوط به اراضی فضای سبز (۲۸,۶۹٪)، اراضی بایر شن (۲۸,۴۴٪)، اراضی ساخته شده (۲۳,۹۷٪)، پهنه کوهستانی (۹,۱۳٪)، اراضی بایر رسی (۶,۸۶٪)، پهنه آبی (۲,۲۸٪)، اراضی بایر بستر رودخانه (۱,۲۸٪) بوده است.

جدول ۶- طبقه‌بندی کاربری‌های شهر هرات در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۱

عنوان	2000		2010		2021	
	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد
اراضی ساخته شده	49.146	23.97	77.249	37.67	80.164	39.09
فضای سبز	58.829	28.69	55.217	26.93	36.475	17.79
اراضی بایر(رسی)	14.076	6.86	13.392	6.53	31.369	15.30
اراضی بایر (شن)	58.326	28.44	14.812	7.22	20.768	10.13
اراضی بایر(بستر رودخانه)	1.28	0.62	31.828	15.52	28.808	14.05

پهنه آبی	4.668	2.28	8.046	3.92	4.698	2.29
پهنه کوهستان	18.728	9.13	4.509	2.20	2.771	1.35
جمع	205.053	۱۰۰	205.053	100	205.053	100

ماخذ: یافته های تحقیق

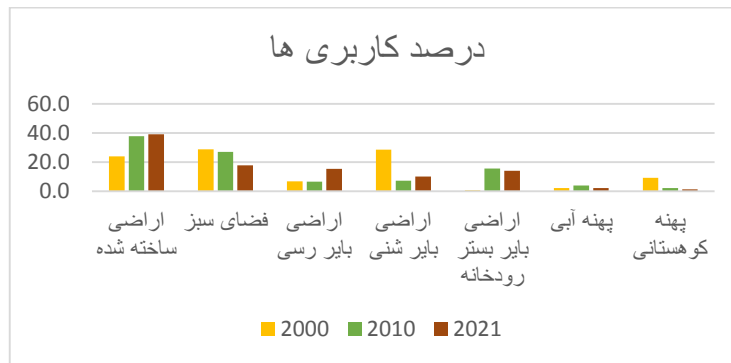
در سال ۲۰۱۰ بیشترین درصد کاربری ها به ترتیب بیشترین مساحت مربوط به کاربری اراضی ساخته شده (۳۷,۶۷٪)، کاربری فضای سبز (۲۶,۹۳٪)، کاربری اراضی بایر بستر رودخانه (۱۵,۵۲٪)، اراضی بایر شن (۷,۲۲٪)، اراضی بایر رسی (۶,۵۳٪)، پهنه آبی (۳,۹۲٪) و پهنه کوهستانی (۲,۲۰٪) بوده است. با افزایش جمعیت و حجم زیاد مهاجرپذیری در شهر هرات در سال ۲۰۲۱ شاهد بیشتر وسعت کاربری اراضی ساخته شده هستیم. در این سال بیشتری درصد وسعت کاربری ها برای اراضی ساخته شده (۳۹,۰۹٪)، فضای سبز (۱۷,۷۹٪)، اراضی بایر رسی (۱۵,۳۰٪)، اراضی بایر بستر رودخانه (۱۴,۰۵٪) اراضی بایر شن (۱۰,۱۳٪)، پهنه آبی (۲,۲۹٪) و پهنه کوهستانی (۱,۳۵٪) بوده است.

جدول ۷- درصد تغییرات در کاربری های شهر هرات

عنوان	۲۰۱۰-۲۰۰۰	۲۰۲۱-۲۰۱۰
اراضی ساخته شده	۵۷,۱۸	۳,۷۷
فضای سبز	-۶,۱۴	-۳۳,۹۴
اراضی بایر(رسی)	-۴,۸۶	۱۳۴,۲۴
اراضی بایر (شن)	-۷۴,۶۰	۴۰,۲۱
اراضی بایر(بستر رودخانه)	۲۳۸۶,۵۶	-۹,۴۹
پهنه آبی	۷۲,۳۷	-۴۱,۶۱
پهنه کوهستان	-۷۵,۹۲	-۳۸,۵۵

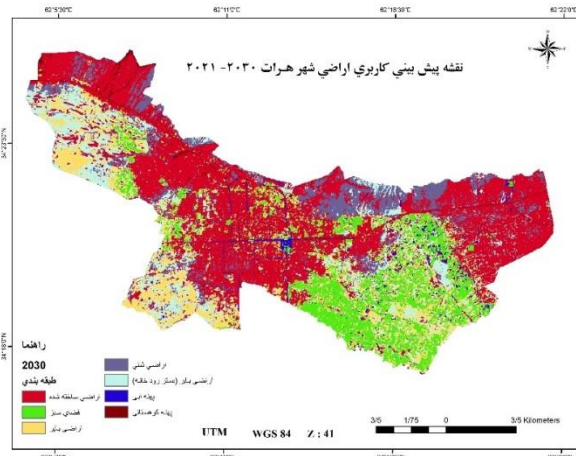
ماخذ: یافته های تحقیق

همان طور که در جدول شماره ۷ قابل مشاهده است درصد تغییرات (۲۰۱۰-۲۰۰۰) در کاربری اراضی بایر بستر رودخانه (۲۳۸۶,۵٪)، پهنه آبی (۷۲,۳۷٪) و اراضی ساخته شده (۵۷,۱۸٪) بیشترین درصد تغییرات مثبت را داشته اند. قابل توجه است که درصد تغییرات مثبت در سال ۲۰۲۱-۲۰۱۰ شامل اراضی بایر رسی (۱۳۴,۲۴٪)، اراضی بایر شن (۴۰,۲۱٪) و اراضی ساخته شده (۳,۷۷٪) بوده است. در سال ۲۰۱۰-۲۰۰۰ کاربری های منفی شامل پهنه کوهستانی با (۷۵,۹٪-)، اراضی بایر شن برابر با (۷۴,۶٪-)، فضای سبز (۶٪-) و اراضی بایر رسی (۴,۸٪-) بوده است. این درصد منفی کاربری ها در سال ۲۰۲۱-۲۰۱۰ تغییر می کند. در این سال پهنه آبی (۴۱,۶٪-)، پهنه کوهستانی (۳۸,۵۵٪-)، فضای سبز (۳۳,۹٪-) وسعت تغییرات منفی بوده است.



شکل ۹- درصد طبقه‌بندی کاربری‌های شهر هرات در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰، ۲۰۲۱

تجزیه و تحلیل مکانی و زمانی نشانه‌ی دهند که تغییرات کاربری‌ها در شهر هرات از بخش کاربری‌های کشاورزی، فضای سبز، آب و حریم رودخانه به سمت کاربری‌های ساخته‌شده و زمین‌های بایر شن و رسی می‌باشد.



شکل ۱۰- پیش‌بینی کاربری‌ها در سال ۲۰۳۰ شهر هرات

جدول ۸- درصد تغییرات در سال‌های ۲۰۲۱ و ۲۰۳۰

عنوان	۲۰۲۱	۲۰۲۱	۲۰۳۰	۲۰۳۰	درصد تغییرات
	هکتار	درصد	هکتار	درصد	
اراضی ساخته‌شده	80.164	39.09	82.45۰	40.21	۲,۸۵
فضای سبز	36.475	17.79	29.242	14.26	-۱۹,۸۳
اراضی بایر(رسی)	31.369	15.30	36.316	17.71	۱۵,۷۷
اراضی بایر (شن)	20.768	10.13	20.768	10.13	۰
اراضی بایر(بستر رودخانه)	28.808	14.05	28.808	14.05	0
پهنه آبی	4.698	2.29	4.698	2.29	0

پهنه کوهستان	2.771	1.35	2.771	1.35	0
جمع	205.053	100	205.053	۱۰۰	

ماخذ: یافته‌های تحقیق

همان‌طور که در جدول شماره ۸ قابل مشاهده است پیش‌بینی تغییر کاربری اراضی برای دوره ۲۰۳۰-۲۰۲۱ با استفاده از مدل‌های Land Change Modeler and CA Markov Chain Models صورت گرفته است. همان‌طور که در جدول قابل مشاهده است در سال ۲۰۳۰ درصد کاربری اراضی ساخته‌شده (۴۰,۲۱٪) و اراضی بایر رسی (۱۷,۷۱٪) نسبت به سال ۲۰۲۱ افزایش پیدا خواهد کرد. در این بین فضای سبز (۱۴,۲۶٪) خواهد بود که نسبت به سال ۲۰۲۱ کاهش پیدا خواهد کرد. درصد تغییرات در پیش‌بینی سال ۲۰۳۰ نشان می‌دهد که اراضی بایر رسی (۱۵,۷۷٪) و اراضی ساخته‌شده با (۲,۸۵٪) تغییرات مثبت خواهند داشت. در این بین اراضی فضای سبز با (-۱۹,۸۳٪) تغییرات منفی خواهد داشت. تجزیه و تحلیل مکانی و زمانی نشان می‌دهد که تغییرات کاربری‌ها در شهر هرات از بخش کاربری‌های کشاورزی، فضای سبز، آب و حریم رودخانه به سمت کاربری‌های ساخته‌شده و زمین‌های بایر می‌باشد. این یافته‌ها پایه‌ای را برای پشتیبانی سیستم تصمیم‌گیری برنامه‌ریزی در راستای توسعه پایدار تغییر کاربری اراضی فراهم می‌کند.

۷- بحث

یکی از قابل‌توجه‌ترین موارد تغییر انسان روی زمین، تبدیل اکوسیستم‌های طبیعی به مناظر انسانی است (Espindola and etcT 2017). شهرنشینی سریع در سرتاسر جهان، جهان را به روش‌های اساسی تغییر می‌دهد. افزایش سریع جمعیت اخیراً منجر به توسعه فوق‌العاده در تعدادی از شهری‌های بزرگ‌شده است (Moghadam and etc, 2018). در این میان کاربری و پوشش زمین از نظر جغرافیایی به عنوان یک نتیجه از تعاملات پویا بین سیستم‌های پیچیده انسانی و محیطی توزیع شده است (Dadashpoor and etc 2012, Dewan and etc 2019). شهر هرات نیز به عنوان دومین شهر پرجمعیت افغانستان و یکی از شهرهایی که مهاجران زیادی را در خود جای داده است، جدای از این موضوع نیست. قابل‌ذکر است در افغانستان رشد تولید ناخالص داخلی برای دومرتبه نوسانات شدیدی را تجربه کرده است: بار اول در سال‌های اول سقوط طالبان بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۶ و بار دوم در سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۱ در نتیجه رشد تولید ناخالص داخلی که از سرازیر شدن کمک‌های خارجی به افغانستان پس از سال ۲۰۰۱ بوده است (طرح جامع، ۲۰۱۳، ۷۹). از سویی در سال ۲۰۰۰ نرخ رشد جمعیت شهر ۲,۶۳ درصد بوده است. این نرخ رشد در سال ۲۰۱۰ به ۵,۵۹ درصد و در سال ۲۰۲۴ به دلیل تحولات سیاسی که در کشور رخ می‌دهد به ۴,۱۷ درصد می‌رسد (www.macrotrends.net). همان‌طور که تصاویر ماهواره‌ای و پیش‌بینی‌های انجام‌شده نشان داد، نتیجه این روند بلعیده شدن فضای سبز و زمین‌های کشاورزی به کاربری‌های ساخته‌شده و بایر می‌باشد در

مطالعات دیگر به اثبات رسیده است (طاهری و رهنما و همکاران، ۲۰۱۸، گانوی و همکاران، ۲۰۱۰). در پژوهش در این پژوهش با استفاده از تصاویر ماهواره لندست با قدرت تفکیک ۳۰ مترمربع طبقه‌بندی کاربری‌ها به هفت طبقه و استفاده از مدل AC Markov Chin در نرم‌افزار Arc.GIS و TerrSet انجام شده است. هر چقدر تعداد طبقات زیادتر باشد، امکان تفکیک بهتر کاربری‌ها و به تبع آن پیش‌بینی دقیق‌تر فراهم خواهد آمد. نتیجه شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل AC Markov Chin و Land Change Modeler برای دوره‌های ۲۰۲۱ و ۲۰۳۰ نشان داد که کاربری بایر (۱۵,۷٪) و کاربری ساخته‌شده (۲,۸٪) تغییرات مثبت خواهند داشت. همان‌طور که در پیشینه پژوهش‌ها ذکر شد اکثر پژوهش‌های خارجی نشان داده‌اند که بیشترین تغییرات در کاربری اراضی معمولاً مربوط به کشاورزی می‌باشد که به‌مرور زمان از وسعت این کاربری کاسته می‌شود و به کاربری‌های ساخته‌شده افزوده می‌شود. در برخی نمونه‌های خارجی شاهد تغییر از کاربری‌های جنگلی به اقامتگاهی و یا حتی صنایع و معادن هستیم. در تمامی این پژوهش‌ها بیان می‌دارند که استفاده بیش‌ازحد از زمین‌ها منجر به آسیب رساندن به محیط‌زیست شده‌اند. در این پژوهش نیز کاربری فضای سبز و کشاورزی نیز از ۳۶,۴۷۵ هکتار به ۲۹,۲۴۲ هکتار (۱۹,۸٪-) کاهش خواهد داشت. برای شهر هرات که دارای تابستان‌های بسیار خشک و بادخیز و زمستان‌های به‌شدت سرد همراه با باد زیاد است، لزوم توجه به پوشش گیاهی در اولویت هر برنامه‌ریزی شهری در هرات بایستی قرار گیرد. تغییرات کاربری/پوشش زمین (LUCC) به دلیل رشد و گسترش سریع مناطق شهری قابل توجه است (Koroso and etc, 2021). تا قبل از سال ۱۴۰۰ رشد جمعیت در هرات آن‌قدر شتابان بوده که شاهد شکل‌گیری حاشیه شهر و ایجاد شهرک‌های با کاربری مسکونی هستیم در پژوهش احمدی و کاجیتا در مورد شهر کابل نیز چنین روندی انجام شده بود (احمدی و کاجیتا، ۲۰۱۷). خطر کاهش کاربری‌های کشاورزی و پوشش گیاهی در تضاد با اصول توسعه پایدار می‌باشد. با توجه به افزایش زمین‌های بایر در شهر هرات، بایستی برنامه‌های به سمت گسترش و حفظ فضای کشاورزی و پوشش گیاهی و هدایت شهر به سمت زمین‌های خالی داخل و اطراف شهر صورت گیرد. این تغییر کاربری در پژوهشی در مصر انجام شده بود و تأثیر آن به‌طور گسترده بررسی شده بود (الاگاز و همکارانش، ۲۰۲۰). در شهر هرات، بین سال‌های ۲۰۰۲ الی ۲۰۰۵ یک نقش مهمی را در میزبانی آوارگان داخلی ایفا نمود. مهاجران از دیگر نقاط کشور افغانستان به دلیل خشک‌سالی و امنیت نسبی هرات، این شهر را برای مهاجرت انتخاب می‌نمودند. بیشتر مهاجرینی که در ایران نیز بودند، با آمدن امنیت در هرات، به این شهر مهاجرت نمودند. در اثر افزایش مهاجرین و نفوس داخلی، نفوس شهر به‌طور چشم‌گیری افزایش و توسعه سریع شهری را تجربه نمود (شهر برای همه، ۲۰۱۸، ۳۱). در اکثر پژوهش‌ها به نقش تحولات سیاسی کمتر پرداخته شده بود که در این پژوهش تا حدی ذکر شده است.

هرات به لطف امنیت نسبی که در سالیان اخیر داشته، به مکان مجهزی برای سرمایه‌گذاری صنعتی بدل شده و شرایط مساعد پیشرفت را برای اقتصاد این شهر فراهم ساخته است. با در نظر داشت امکانات این شهر برای جذب سرمایه‌های بیشتر و توانمندی‌های موجود در بخش‌های تولیدی و خدماتی، مبالغه‌آمیز نخواهد بود اگر بگوییم که شرایط پیشرفت اقتصادی در هرات بسیار بهتر از سایر نقاط افغانستان است. موضوع اقتصادی هرات در بحث اقتصاد ملی افغانستان از جایگاه برجسته‌ای برخوردار است. هرات دومین کلان‌شهر افغانستان بعد از کابل است. شرایط نسبتاً امن این شهر در مقایسه با سایر شهرهای افغانستان باعث جذب سرمایه‌گذاران و مهاجرین شده، که اثرات مثبت اقتصادی این امر در شکوفایی ساخت‌وسازها ساختمان‌های از نظر جغرافیایی و نیز قیمت بالای زمین و مسکن به‌خوبی قابل مشاهده است. همین عامل یکی از مهم‌ترین عوامل جاذب جمعیت بودن شهر هرات است که در دهه‌های مختلف با همه تحولات سیاسی و امنیت، این شهر روند افزایش را با سیر سعودی همراه داشته است. در این پژوهش استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست با قدرت تفکیک ۳۰ متر و مدل نمونه‌برداری طبقه‌بندی نظارت‌شده، به همراه تکنیک حداکثر احتمال وقوع و طبقه‌بندی کاربری اراضی در هفت طبقه، شناخت نسبتاً عمیق و واقعی از تغییرات کاربری اراضی در شهر هرات از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ ارائه شد. پیش‌بینی‌های تغییرات کاربری اراضی برای ۲۰۳۰-۲۰۲۱، افزایش ۱۵٫۷ درصدی در کاربری زمین‌های بایر و افزایش ۲٫۸ درصدی کاربری‌های ساخته‌شده و کاهش ۱۹٫۸ درصدی را در کاربری کشاورزی و پوشش گیاهی نشان می‌دهد. این نتایج تصویر نسبتاً روشنی از آینده تغییرات کاربری اراضی در شهر هرات برای حمایت از سیستم تصمیم‌گیری ارائه می‌دهد. با این وجود، برای ارزیابی تأثیر سایر متغیرهای اقتصادی و اجتماعی، سیاسی، حقوقی بر تغییرات کاربری اراضی، تحقیقات بیشتری لازم است. در کشور افغانستان تحولات سیاسی نقش زیادی در تغییر کاربری‌ها دارند و لازم است با بررسی تنها همین شاخص به‌طور مجزا در ارتباط با تغییرات کاربری در شهرهای افغانستان از جمله هرات و کابل مورد بررسی قرار گیرد. قابل ذکر است که ساختار زندگی سنتی و سبک زندگی خانه‌های ویلایی و عدم استقبال از آپارتمان‌نشینی نیز از عواملی هست که در گسترش شهر هرات نقش داشته‌اند. عدم تعادل در عرضه و تقاضای مسکن توسط دولت و ایجاد شهرک‌های آپارتمانی برای کارکنان و رشد مهاجرت‌ها از سال ۲۰۰۱ به بعد باعث شده که رشد شهری قابل توجهی صورت گیرد. اکثر خانه‌ها در هرات ویلایی هستند و علت آن جمعیت زیاد اعضای خانوار است. این سبک سنتی مسکن در هرات در توسعه آن نیز نقش بسزایی داشت است. پیشنهاد می‌شود که پژوهشی در ارتباط با این عنوان در هرات صورت گیرد.

کتاب‌نامه:

۱. آدابی، محمدحسین (۱۳۶۷)، آشنایی با تکنولوژی سنجش‌ازدور و جنبه‌های کاربردی تصاویر ماهواره‌ای (لندست) در مطالعات زمین‌شناسی، شماره ۱۰، تحقیقات جغرافیایی.
۲. اهلرس، اکارت (۱۳۹۲)، بازگشت به زمین جغرافیا در عصر انسان، فصلنامه علمی - پژوهشی انجمن جغرافیای ایران، سال یازدهم، شماره ۳۷، تابستان.
۳. پلان انکشاف ظرفیت (۱۳۹۰)، ریاست شاروالی هرات.
۴. جوانشیری، مهدی (۱۳۹۸) رساله با عنوان آینده‌نگری تحولات کالبدی - فضایی سکونتگاه‌های روستایی در مجموعه شهری مشهد، گروه جغرافیا، دانشگاه فردوسی مشهد.
۵. حسینی، سید ضیاء (۱۳۹۲)، مقدمه‌ای بر تاریخ معماری و شهرسازی افغانستان، انتشارات خراسان، کابل.
۶. رضویان، محمدتقی (۱۳۸۱)، برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری، نشر منشی.
۷. رهنما، محمدرحیم (۱۳۹۰)، پژوهشی پیرامون طرح‌های تفصیلی شهری با تأکید بر کاربری‌های آموزشی و بهداشتی - درمانی، چاپ دوم، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
۸. سازمان اسکان بشر دفتر ملل متحد (۲۰۱۸)، گزارش دفتر هرات. افغانستان.
۹. شمس، مجید و کرمی نژاد، طیبه (۱۳۹۳)، ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی در توسعه فضایی شهر کرمانشاه با استفاده از GIS و RS مطالعه موردی: محله جعفرآباد کرمانشاه، نشریه مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی، سال ۹، شماره 45-57، ص. ۲۸.
۱۰. طاهری، فروزان، رهنما، محمدرحیم، خوارزمی، امید علی. ... & براتعلی. (۲۰۱۸). بررسی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای چند زمانه شهر شانندیز (طی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۹۴). فصلنامه جغرافیا و توسعه، ۱۶(۵۰)، ۱۲۷-۱۴۲.
۱۱. علیزاده ربیعی، حسن. ۱۳۸۷. سنجش‌ازدور (اصول و کاربرد). تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، چاپ نهم، ۲۹۲ صفحه.
۱۲. مهدی زاده، جواد (۱۳۷۸)، دیدگاه‌ها و راهکارهای جدید در برنامه‌ریزی کاربری زمین، مجموعه مقالات همایش زمین و توسعه شهری، انتشارات مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران.
۱۳. نجفی، محمدعلی، عبدالمهی، اسماعیل، فرهادی، کوروش، حیدری، مسلم (۱۳۸۹)، چشم‌انداز توسعه روابط اقتصادی ایران و افغانستان (سرمایه‌گذاری و توسعه روابط تجاری)، چ اول، موسسه هدایت اسکندر.
14. Ahmadi, A. S., & Kajita, Y. (2017). Evaluation of urban land development direction in Kabul city, Afghanistan. *International Journal of Urban and Civil Engineering*, 11(2), 152-162.
15. Akubia, E. John (2016). Coastal Urbanization and Urban Land-Use Change in the Greater Accra Metropolitan Area, Ghana. WaterPower Working Paper, No. 10. Governance and Sustainability Lab. Trier Universit.
16. Aspinall, R. J., & Hill, M. J. (Eds.). (2007). Land use change: science, policy and management. CRC Press.
17. Bell, E. J., & Hinojosa, R. C. (1977). Markov analysis of land use change: continuous time and stationary processes. *Socio-Economic Planning Sciences*, 11(1), 13-17.
18. Brown, D.G.; Walker, R.; Manson, S.; Seto, K. Modeling land use and land cover change. *Land Chang. Sci.* 2004.
19. City For All, Strategic Municipal Action Plan, 2017-2022, Herat City Afghanistan, UNhabitat.
20. Choudhury, D., Das, K., & Das, A. (2019). Assessment of land use land cover changes and its impact on variations of land surface temperature in Asansol-Durgapur Development Region. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 22(2), 203-218.

21. Dadashpoor, H.; Azizi, P.; Moghadasi, M. Analyzing spatial patterns, driving forces and predicting future growth scenarios for supporting sustainable urban growth: Evidence from Tabriz metropolitan area, Iran. *Sustain. Cities Soc.* **2019**, *47*, 101502.
22. de Beurs, K. M., & Henebry, G. M. (2008). War, drought, and phenology: changes in the land surface phenology of Afghanistan since 1982. *Journal of Land Use Science*, *3*(2-3), 95-111.
23. Dewan, A.M.; Yamaguchi, Y.; Ziaur Rahman, M. Dynamics of land use/cover changes and the analysis of landscape fragmentation in Dhaka Metropolitan, Bangladesh. *GeoJournal* **2012**, *77*, 315–330.
24. Elagouz, M. H., Abou-Shleel, S. M., Belal, A. A., & El-Mohandes, M. A. O. (2020). Detection of land use/cover change in Egyptian Nile Delta using remote sensing. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, *23*(1), 57-62.
25. Espindola, G.M.d.; Carneiro, E.L.N.d.C.; Façanha, A.C. Four decades of urban sprawl and population growth in Teresina, Brazil. *Appl. Geogr.* **2017**, *79*, 73–83.
26. Fan, F.; Weng, Q.; Wang, Y. Land use and land cover change in Guangzhou, China, from 1998 to 2003, based on Landsat TM/ETM+ imagery. *Sensors* **2007**, *7*, 1323–1342.
27. Farajzadeh, M. M., Falah, 2008. Assessment of Land-use and Land Cover Change Impacts on Tajan River Flood Regimes using Remote Sensing Techniques. *Journal of Geographical Research*, *64*, 89-104.
28. Hoshino, T. (2011). Estimation and analysis of preference heterogeneity in residential choice behaviour. *Urban studies*, *48*(2), 363-382.
29. Haque, M. I., & Basak, R. (2017). Land cover change detection using GIS and remote sensing techniques: A spatio-temporal study on Tanguar Haor, Sunamganj, Bangladesh. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, *20*(2), 251-263.
30. Herat Strategic Masterplan: A Vision for the Future (2013), Polistampa.
31. Hoshino, T. (2011). Estimation and analysis of preference heterogeneity in residential choice behaviour. *Urban studies*, *48*(2), 363-382.
32. Howard, D. M., Howard, P. J. A., & Howard, D. C. (1995). A Markov model projection of soil organic carbon stores following land use changes. *Journal of Environmental Management*, *45*(3), 287-302.
33. Jiboye, A. P. (2005). Globalization and the Urban growth process in Nigeria. In *Proceedings of the Conference on Globalization, Culture and the Nigerian Built Environment* (Vol. 2).
34. Koroso, N.H.; Lengoiboni, M.; Zevenbergen, J.A. Urbanization and urban land use efficiency: Evidence from regional and Addis Ababa satellite cities, Ethiopia. *Habitat Int.* **2021**, *117*, 102437.
35. Kristy, G. (2018). *The impact of urban sprawl on cultural heritage in Herat, Afghanistan: A GIS analysis. Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, *11*, e00086.
36. Land Change Modeler in TerrSet. Available online: <https://clarklabs.org/terrset/land-change-modeler/>
37. Liu, Y.; Dai, L.; Xiong, H. Simulation of urban expansion patterns by integrating auto-logistic regression, Markov chain and cellular automata models. *J. Environ. Plan. Manag.* **2015**, *58*, 1113–1136.
38. Leao, S., Bishop, I., & Evans, D. (2004). Simulating urban growth in a developing nation's region using a cellular automata-based model. *Journal of urban planning and development*, *130*(3), 145-158.
39. Moghadam, A.S.; Soltani, A.; Parolin, B.; Alidadi, M. Analysing the space-time dynamics of urban structure change using employment density and distribution data. *Cities* **2018**, *81*, 203–213.
40. Mundhe, N. N., & Jaybhaye, R. G. (2014). Impact of urbanization on land use/land covers change using Geo-spatial techniques. *Int. J. Geomat. Geosci.*, *5*, 50-60.

41. Murtazashvili, J. B., & Murtazashvili, I. (2021). *Land, the state, and war: Property institutions and political order in Afghanistan*. Cambridge University Press.
42. Najmuddin, O., Deng, X., & Bhattacharya, R. (2018). The dynamics of land use/cover and the statistical assessment of cropland change drivers in the Kabul River Basin, Afghanistan. *Sustainability*, 10(2), 423.
43. Olmedo, M.T.C.; Pontius, R.G., Jr.; Paegelow, M.; Mas, J.-F. Comparison of simulation models in terms of quantity and allocation of land change. *Environ. Model. Softw.* 2015, 69, 214–221.
44. Rawat, J. S., Biswas, V., & Kumar, M. (2013). Changes in land use/cover using geospatial techniques: A case study of Ramnagar town area, district Nainital, Uttarakhand, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 16(1), 111-117.
45. Reis, S. (2008). Analyzing land use/land cover changes using remote sensing and GIS in Rize, North-East Turkey. *Sensors*, 8(10), 6188-6202.
46. Roy, S.; Farzana, K.; Papia, M.; Hasan, M. Monitoring and prediction of land use/land cover change using the integration of Markov chain model and cellular automation in the Southeastern Tertiary Hilly Area of Bangladesh. *Int. J. Sci. Basic Appl. Res.* 2015, 24, 125–148
47. STRATEGIC MUNICIPAL ACTION PLAN,2018-2023, United Nations Human Settlements Programme.
48. Sun, Z., Wu, F., Shi, C., & Zhan, J. (2016). The impact of land use change on water balance in Zhangye city, China. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 96, 64-73.
49. Triantakostas, D., & Mountrakis, G. Underlying UGPM algorithms sorted by popularity, 2012,559.
50. United Nations - World Population Prospects.
51. Yuan, F., Bauer, M. E., Heinert, N. J., & Holden, G. R. (2005). Multi-level land cover mapping of the Twin Cities (Minnesota) metropolitan area with multi-seasonal Landsat TM/ETM+ data. *Geocarto International*, 20(2), 5-13.
52. Zhao, G., Chen, Y., & Xie, J. (2010, October). Temporal and Spatial Change of Land Use in Urban Fringe and Its Impact on Eco-Environmental Security: -A Case Study of Huadu District, Guangzhou City. In 2010 International Conference on Multimedia Technology (pp. 1-4). IEEE.
53. <https://www.macrotrends.net/cities/20001/herat/population#:~:text=The%20current%20metro%20area%20population,a%204.56%25%20increase%20from%202021.>