

ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات و پراکنش افقی شهرها با استفاده از تصاویر چند زمانه و مدل CA_MARKOV. مطالعه موردی: شهر گنبد کاووس

بهنام عطا^{۱*}، محمدرحیم رهنما^۲ و صالح آرخی^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی‌ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد

^۲ دانشیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد،

^۳ استادیار گروه جغرافیا دانشگاه گلستان گرگان

تاریخ دریافت: ۹۳/۹/۱۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۴/۸

چکیده

آشکارسازی صحیح تغییرات اشکال سطح زمین، درک بهتری از ارتباط و واکنش بین انسان و پدیده‌های طبیعی جهت مدیریت بهتر منابع را فراهم می‌کند. روش‌های مختلفی برای آشکارسازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی وجود دارد. مقایسه پس از طبقه‌بندی یکی از مؤثرترین روش‌های آشکارسازی تغییرات است. هدف این بررسی، آشکارسازی تغییرات پوشش اراضی گنبد کاووس است. بدین منظور پس از تهیه سه دوره زمانی تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۳۶۶، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۹، این تحقیق در پی ارزیابی تغییرات اراضی شهر گنبد کاووس در طی سال‌های ۱۳۶۶، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۹ و بعد از آن پیش‌بینی توسعه شهر گنبد کاووس با استفاده از مدل CA_MARKOV هست و بر اساس نتایج این تحقیق تغییرات رشد بین سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۹ به ترتیب برای کاربری شهری ۲۱۷/۳ درصد، اراضی آبی ۵۳/۵٪، اراضی دیم ۴۰/۴- درصد، اراضی بایر ۸۷/۷- و پارک ۱۹۸/۶ درصد می‌باشد و رشد شهر گنبد کاووس طی سال‌های آینده به سمت زمین‌های زراعی آبی در پیرامون جنوب، جنوب شرقی و شرق پیش خواهد رفت.

واژه‌های کلیدی: آشکارسازی، مدل CA_MARKOV، تغییر کاربری، تصاویر ماهواره‌ای، گنبد کاووس

مقدمه

تغییرات الگوهای کاربری زمین باعث ایجاد تأثیرات گسترده اجتماعی و زیست‌محیطی می‌گردد. این تأثیرات شامل کاهش فضاهای طبیعی، افزایش تجمع وسایل نقلیه، کاهش اراضی کشاورزی با توان تولید بالا، تأثیر بر زهکشی‌های طبیعی و کاهش کیفیت آب است (Pauchard et al., 2006: 274; Bella & Irwin, 2002: 220). این‌ها به نوعی با تغییر الگوهای کاربری زمین بر اثر فعالیت‌های انسانی مرتبط‌اند، لذا درک چگونگی تغییرات کاربری و پوشش زمین، چه از نظر کمیت تغییرات و چه از نظر الگوی مکانی آن به دلیل اثرات گسترده بر محیط‌زیست، چرخه‌های آبی، زیستگاه‌های طبیعی و مانند این‌ها، حیاتی به نظر می‌رسد. بنابراین درک و مدل‌سازی این تغییرات، موضوع مهمی برای مدیران محیط زیست، برنامه‌ریزان و مجریان شهری می‌باشد. نگرش در کارکرد بخش‌های

نرخ رشد شهری مهم‌ترین پدیده‌ی تغییر شکل سکونتگاه‌ها 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 به‌طور معمول دو سوم افزایش جمعیت کل و بیش‌تر از نصف رشد جمعیت شهری و در نتیجه افزایش طبیعی و مهاجرت روستا به شهر را جذب می‌کنند (Mc Gill, 1998: 464). شهرها با توسعه فیزیکی خود از عوامل اصلی تغییر کاربری و پوشش اراضی هستند. شهرنشینی با ایجاد گسترده‌ترین دستکاری‌های بشری در چهره طبیعی زمین، شرایط زندگی ساکنان شهری را در معرض تهدید و نابودی قرار داده است. در هر حال، توسعه شهری و

سوالات تحقیق

- چه تغییراتی در توسعه فیزیکی شهر گنبدکاووس رخ داده است؟
- آیا توسعه فیزیکی شهر باعث تغییرات پوشش اراضی کشاورزی و باغ‌های اطراف شهر گردیده است؟
- هدایت الگوی رشد شهر به چه سمتی و تابع چه شرایطی بوده است؟

پیشینه تحقیق

الکس و آجوکه اونجهیو^۱ در سال ۲۰۱۳ به آشکارسازی و پیش‌بینی گسترش فیزیکی شهر اسی اوسا در لاگوس نیجریه با استفاده از تکنیک سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی به این نتیجه رسیدند که میزان گسترش فیزیکی شهر در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۶ حدود ۱۲۵۰ هکتار در مقایسه با سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۰۰ که حدود ۹۲۹ هکتار بوده است، مطالعه نشان از الگوی سریع حرکت شهر به سوی منطقه شرقی اسی-اوسا بوده است. تجزیه و تحلیل پیش‌بینی آینده با استفاده از نرم‌افزار IDRISI با مدل تغییرات زمینی LCM با اجرای چند لایه پرسپترون شبکه عصبی و زنجیره مارکف انجام شده است. نتیجه پیش‌بینی ۱۰ سال آینده منطقه مورد مطالعه پرداخته است. بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۶ حوزه فضایی گسترش فیزیکی شهر ۲۲۰/۲ هکتار مشاهده شده است. کایا و همکاران^۲ در سال ۲۰۰۶ به پایش رشد شهر در قسمت‌های اروپایی استانبول با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۹۸۷، ۱۹۹۲، ۱۹۹۷ و ۲۰۰۱ پرداختند. هدف این تحقیق کمی کردن رشد در قسمت‌های اروپایی استانبول در دو دهه اخیر بوده است. تغییرات پوشش اراضی در طی این دوره برای تعیین سرعت تغییرات استفاده شد. احد نژاد و همکاران (الف) (۱۳۹۰) با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصاویر ماهواره‌ای تغییرات کاربری اراضی در مقطع زمانی ۱۳۶۳ تا ۱۳۸۹ را بررسی و با استفاده از فنون پیش‌بینی، تغییرات

اقتصادی کشور، حاکی از موقعیت مناسب بخش کشاورزی در اقتصاد ایران است. این بخش به خوبی توانسته از نظر اشتغال‌زایی، تأمین درآمد و سهم آن در تولید ناخالص ملی، تأمین نیازهای مصرفی جمعیت و همچنین تأمین ارز، موقعیت مطلوب‌تری را نسبت به سایر بخش‌های اقتصادی کسب نماید (مطیعی لنگرودی، ۱۳۸۱: ۸۲). منطقه گنبدکاووس از نظر کشاورزی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. وجود اراضی وسیع و مراتع قشلاقی باعث توسعه فعالیت‌های زراعی و دامی در این شهرستان گردیده است. طبق آمار سال ۱۳۹۰، ۱۹/۷ درصد از اراضی زراعی و باغی استان گلستان در شهرستان گنبد قرار داشت. در ایران یکی از موارد مهم فرایند شهرنشینی، افزایش بی‌رویه‌ی شهرها و رشد ناموزون آن‌ها به دلیل مهاجرت‌های بی‌رویه و افزایش جمعیت، یکی از مشکلات اساسی شبکه شهری کشور است. اکنون هم یکی از مسائل تمام شهرها، رشد شهرنشینی و به تبع آن گسترش شاخک‌های خزنده شهری بر اراضی پیرا شهری است، که پیامدهایی چون: حاشیه‌نشینی، نابودی اراضی کشاورزی، افزایش جمعیت شهرها، عدم امکان پاسخگویی برخی از خدمات و کاربری‌ها در شهر، گسستگی بافت‌های فیزیکی، مشکلات زیست محیطی، خصوصاً آلودگی و نابسامانی سیمای شهری داشته است. در زمینه استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در تهیه نقشه تغییرات کاربری اراضی و ارزیابی روند آن مطالعات زیادی صورت گرفته است. قلب تپنده این مطالعات، کشور هلند می‌باشد، جایی که مناطق مختلف جهان در سطوح قاره‌ای، کشوری، منطقه‌ای و شهری در قالب طرح‌های تحقیقاتی و..... به راهنمایی متخصصین کارآمد در آنجا صورت گرفته است.

اهداف پژوهش

- بررسی تغییرات پوشش منطقه شهری گنبد برای ارائه راهکارهای بهبود الگوی گسترش شهری.
- پیش‌بینی چگونگی گسترش شهر گنبدکاووس به منظور مهار آن و جلوگیری از تخریب منابع محیطی

1. Ajoke onojeghuo, alex onojeghuo
2. Kaya et al

$$P_{ij}^{(n)} = \sum_{k=1}^r P_{ik} P_{kj}$$

در این رابطه: P_{ij} احتمال رفتن از حالت i به حالت j را پس از n گام نشان می‌دهد.

در این مدل دو نقشه مربوط به دو دوره زمانی به صورت ماتریسی با یکدیگر مقایسه می‌شوند. به طوری که بر اساس طبقه‌بندی حداکثر احتمال، پیش‌بینی می‌شود که هر پیکسل در هر کلاس با چه احتمالی در همان کلاس مانده یا به کلاسی دیگر تبدیل می‌شود (Eastman, 2006: 128). بنابراین در این طبقه‌بندی توزیع ارزش بازتابی در هر نمونه تعلیمی توسط یک تابع تراکم احتمال، که بر اساس تئوری احتمال بیس بنا شده، نشان داده خواهد شد. این طبقه‌بندی احتمال اینکه هر سلول متعلق به یک کاربری باشد را بررسی نموده و سلول را به کاربری با بالاترین احتمال عضویت اختصاص می‌دهد. آنالیز مارکوف بر روی مطالعه انواع پوشش گیاهی و تغییر پوشش شهری و غیرشهری متمرکز شده است (خوش‌گفتار و همکاران، ۱۳۸۹: ۲۰). خروجی مارکوف شامل احتمالات تبدیل وضعیت، ماتریس مساحت‌های تبدیل شده هر کلاس و در نهایت تصاویر احتمالات شرطی برای تبدیل کاربری‌های مختلف است. مارکوف و CA هر دو، مدل دینامیک گسسته در زمان و موقعیت هستند. مشکل ذاتی زنجیره مارکوف این است که هیچ درک جغرافیایی تولید نمی‌کند. احتمال تبدیل ممکن است روی هر گروه پایه، دارای صحت و دقت باشد، اما هیچ دانش و آگاهی از توزیع مکانی تصادفی درون هر گروه کاربری زمین وجود ندارد. یعنی هیچ مؤلفه مکانی در خروجی مدل‌سازی وجود ندارد، به همین خاطر CA را با زنجیره مارکوف تلفیق کرده است (خوش‌گفتار و همکاران، ۱۳۸۹: ۴).

پیش‌بینی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از ترکیب روش زنجیره‌های مارکوف و مدل اتوماسیون سلولی

این روش بر اساس تلفیق مدل اتوماسیون سلولی (CA) و زنجیره‌های مارکوف و مکان‌یابی بر اساس تحلیل‌های چند معیاره به پیش‌بینی روند تغییرات

گسترش شهر تبریز را تا سال ۱۴۰۰ پیش‌بینی کردند. (ب) همچنین در تحقیقی دیگر به ارزیابی تغییرات اراضی حاشیه شهر اردبیل در سال‌های ۱۳۶۳-۱۳۹۰ و سپس پیش‌بینی این تغییرات تا سال ۱۴۰۰ پرداخته و به این نتیجه رسیدند که حدود ۲۴ درصد تغییر کاربری صورت گرفته که عمدتاً ناشی از فعالیت انسانی بوده است. خوش‌گفتار و همکاران (۱۳۸۹) به تحلیل و پیش‌بینی رشد شهری و تغییرات کاربری زمان با استفاده از مدل CA-MARKOV در شهر تهران پرداختند و برای سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰ شبیه‌سازی صورت گرفت. این شبیه‌سازی بیانگر کاهش مناطق جنگلی و افزایش مناطق شهری می‌باشد. قراگوزلو و همکاران (۱۳۸۸)، به ارزیابی تغییرات کالبدی و تحلیل توسعه‌ای در منطقه ۵ تهران پرداختند و به این نتیجه رسیدند که میزان ساخت و سازها از سال ۱۳۶۶ به بعد کاهش یافته و رشد فیزیکی منطقه کند گردیده اما افزایش جمعیت ادامه داشته و بلند مرتبه سازی و افزایش تراکم مسکونی در منطقه رشد یافته است. احمدی ندوشن و همکاران (۱۳۸۵) برای آشکارسازی و پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی شهر اراک از عکس‌های هوایی سال ۱۳۵۱ و تصاویر ماهواره‌ای و جهت پیش‌بینی تغییرات اراضی شهری در سال ۱۴۰۴ از طریق ژئومد و نقشه پوشش اراضی سال ۱۳۸۵ استفاده کردند. در این تحقیق نتایج آشکار سازی تغییرات نشان دهنده رشد و گسترش اراضی شهری در نتیجه تبدیل سایر طبقات پوشش اراضی به مناطق شهری و صنعتی در طی دوره زمانی مورد مطالعه بود و نتایج نشان داد که این مدل دارای توانایی بالایی در مدل‌سازی تغییرات اراضی شهری در اراک بوده است.

معرفی مدل زنجیره مارکوف

مدل مارکوف، شامل زنجیره متوالی از متغیرهای تصادفی X_1, X_2, X_3, \dots می‌باشد، به عبارت دیگر اگر مجموعه‌ای از حالات را به صورت $S = \{S_1, S_2, S_3, \dots\}$ داشته باشیم، P_{ij} از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

برای گسترش آن فراهم می‌شود و از گسترش بی‌رویه و خودسرانه شهرها جلوگیری می‌کند و همچنین این کار به صرفه نیز است و از اثرات زیان‌بار بعدی می‌کاهد. تاریخ نشان داده است که منشأ توسعه یافتگی در ممالک توسعه یافته دنیا بر اساس مازاد کشاورزی صورت گرفته و بخش کشاورزی به لحاظ تنها بخش اقتصادی جوامع مختلف، در مراحل اولیه توسعه، عمده‌ترین نقش را داشته است (آسایش، ۱۳۷۴: ۶). همچنین رشد فیزیکی شهرها، اراضی مرغوب کشاورزی را بلعیده و از بین می‌برد. اکثر شهرهای ایران در مراحل اولیه شکل‌گیری، با هدف استفاده از خاک‌های مرغوب برای زراعت، در کنار و یا در میان اراضی مرغوب زراعی استقرار یافته‌اند و به مرور زمان همراه با گسترش روستاها و تبدیل آن‌ها به شهر و سپس توسعه شهرها، اراضی مرغوب زیر پیکر شهرها مدفون شده و فعالیت‌های زراعی ناگزیر به سمت اراضی نامرغوب عقب نشسته است (بهرام سلطانی، ۱۳۷۱: ۱۹). گرچه مناطق شهری ۴ درصد از سطح خشکی‌ها را تشکیل می‌دهند ولی توسعه نامنظم شهری می‌تواند سبب تغییرات گسترده‌ای در شرایط محیطی کاربری‌های دیگر زمین شود (جرجانی، ۱۳۸۸: ۸۲).

روش‌های تحقیق

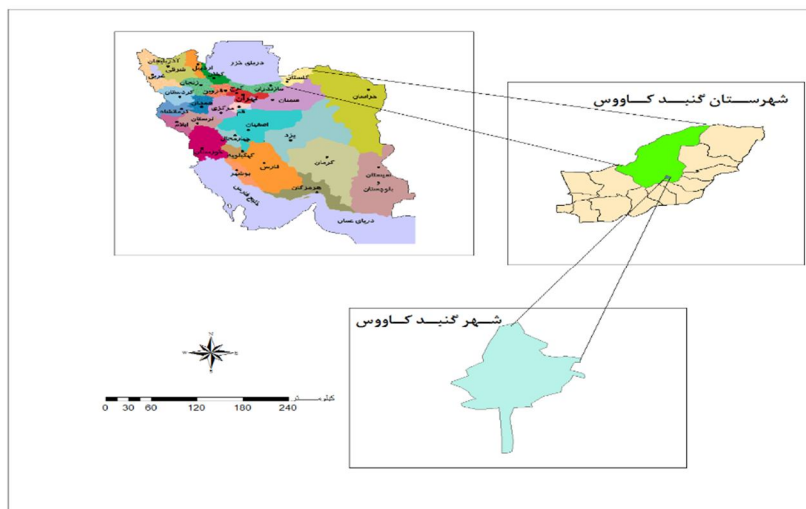
منطقه مورد مطالعه

گنبد کاووس در طول شرقی: حداقل ۵۴ درجه و ۳۱ دقیقه و حداکثر ۵۵ درجه و ۳۹ دقیقه و عرض شمالی حداقل ۳۷ درجه و ۳ دقیقه و حداکثر ۳۸ درجه و ۶ دقیقه قرار دارد، شهر گنبد کاووس در فاصله ۹۸ کیلومتری از مرکز استان واقع گردیده و از شمال با ۱۴۵ کیلومتر مرز مشترک با کشور ترکمنستان و از جنوب با شهرستان‌های آزادشهر و رامیان از شرق با شهرستان‌های کلالة و مینودشت و از غرب با شهرستان‌های آق‌قلا و علی‌آباد همسایه می‌باشد (www.wikipedia.org).

کاربری و پوشش اراضی می‌پردازد. از مزایای این روش استفاده از روش مجاورت فضایی و به‌علاوه از دانش توزیع فضایی احتمالی به تحلیل زنجیره‌های مارکوف و در نهایت پیش‌بینی روند تغییرات کاربری اراضی می‌پردازد (شیرکلایی، ۱۳۸۷: ۱۴۲). در این پژوهش نیز برای انجام این روش با استفاده از نرم افزار IDRISI نقشه کاربری اراضی برای سال‌های ۱۳۶۶، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۹ تهیه شده، و سپس با استفاده از روش زنجیره‌های مارکوف پیش‌بینی انجام گردید، سپس با مدل ترکیبی و نقشه احتمالی تغییرات پهنه‌بندی برای سال‌های ۱۴۰۴، ۱۴۱۹ و ۱۴۲۹ تهیه شده است.

مبانی نظری تحقیق

یکی از آثار توسعه کالبدی، گسترش در حاشیه شهر یا منطقه ده-شهرها و آن سوی مرزهای اداری شهرهاست. این توسعه شهری به سوی مناطق بیرونی پیش رفته و موجب تغییراتی در کاربری اراضی پیرامونی آن می‌شود (شیعه، ۱۳۷۷: ۶۵). با توجه به تحولات سریع جمعیتی و توسعه فیزیکی شهر لزوم توسعه برنامه‌ریزی شده بیش از پیش احساس می‌شود که باید جهت‌یابی توسعه فیزیکی با توجه به عوامل تأثیرگذار در این توسعه به گونه‌ای صورت گیرد که همراه با توسعه فیزیکی مطلوب شهر کمترین خسارت به اراضی کشاورزی وارد شود و بتوان با حفظ محیط‌زیست به توسعه پایدار شهر دست یافت. توسعه‌ای که در آن اهداف اقتصادی، اجتماعی، فیزیکی در پیوند با هم قرار بگیرند. بدون برنامه‌ریزی گسترش بی‌رویه مناطق شهری، سال به سال، بوم‌سازهای شکننده و یا طبیعی را که تاکنون به هر دلیلی بکر و دست نخورده باقی مانده است بیشتر مورد هجوم قرار خواهد داد. با توسعه شهر ممکن است بسیاری از زمین‌های قابل کشت مجاور شهرها برای ساختمان‌سازی استفاده شوند. در چنین موقعیت‌هایی، کشاورزان اطراف شهر بر اثر چند برابر شدن قیمت زمین‌ها به تولید محصول علاقه نشان نمی‌دهند، در نتیجه تولید محصول نیز کاهش می‌یابد. با تعیین جهت توسعه شهرها امکان برنامه‌ریزی درست



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

پروفسور رونالد ایستمن از گروه جغرافیای دانشگاه کلارک، به عنوان یک سیستم اطلاعات جغرافیایی مبتنی بر کامپیوترهای در دسترس و در عین حال قوی ابداع شده است. از سال ۱۹۸۷، IDRISI توسط متخصصان در طیف وسیعی از صنایع در بیش از ۱۸۰ کشور در سراسر جهان استفاده می‌شود. ابوعبدالله محمد الادریسی (۱۱۶۶-۱۱۰۰ میلادی) محقق مسلمان که از شهرت بین‌المللی در مدیترانه در روزگار خود برخوردار بود، در یک شهر در ساحل شمال آفریقا متولد شد. برای تقدیر از روح همکاری وی در تحقیق جغرافیایی است که سیستم نرم افزار IDRISI به نام وی اختصاص داده شده است. ویژگی-های کلیدی نرم افزار شامل بسته کامل آنالیزهای GIS برای تجزیه و تحلیل آماری و سطحی، پشتیبانی تصمیم‌گیری و تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی در عکس، یک سیستم پردازش تصویر کامل با تعداد زیادی Classifier نرم و سخت، از جمله طبقه‌بندی-های یادگیری ماشینی مانند شبکه‌های عصبی و آنالیز درخت طبقه‌بندی (Classification Tree) و غیره برای طبقه‌بندی و مدل‌های MARKOV و Land Change Modeler برای تجزیه و تحلیل و پیش‌بینی تغییر زمین (همان، ۳۱).

معرفی نرم‌افزارهای ENVI و IDRISI

نرم افزار ENVI^۱ محصول شرکت RSI^۲ است که تاکنون گونه‌های مختلف آن به بازار آمده است. این نرم افزار گرچه دیر به بازار تجاری نرم افزارهای سنجنش از دور وارد شد ولی با توجه به قابلیت‌های بالای آن به سرعت جای خود را در میان متخصصان باز نمود. بسیاری از قابلیت‌های ENVI در گونه‌های متعدد آن به سرعت پیشرفت کردند و باعث شدند تا این نرم افزار در بعضی از جنبه‌ها منحصر به فرد شود. یکی از جنبه‌های قوی این نرم افزار قابلیت نمایش آن است که علاوه بر سرعت بالا از امکانات جانبی بسیاری نیز برخوردار است. انواع نمایش‌های سه بعدی و دو بعدی تصاویر، داده‌های رستری^۳ مختلف نظیر DEM و داده‌های برداری در فرمت‌های گوناگون از جمله این امکانات است. نرم‌افزار ENVI یک نرم‌افزار پردازش تصاویر محسوب می‌شود، بنابراین توابع اصلی پردازش تصاویر در آن به‌طور کامل یافت می‌شود. توابعی نظیر انواع تبدیل‌ها، فیلترها، طبقه‌بندی، تصحیح هندسی، آنالیزهای طیفی متعدد، پردازش داده‌های راداری، کار با داده‌های فراطیفی و پشتیبانی از انواع فرمت‌ها از جمله امکانات معمول ENVI هستند.

IDRISI برای اولین بار در سال ۱۹۸۷ توسط

1. The Environment For Visualizing Images
2. Research Systems, Inc
3. Raster data

روش تحقیق

در این مطالعه، به منظور تصحیح هندسی، از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ تهیه شده از سازمان جغرافیایی ارتش استفاده گردید. در این مرحله اقدام به اعمال تصحیحات هندسی بر روی تصاویر شد و تصویر سنجنده TM سال ۱۳۸۹ با استفاده از مدل وکتور، زمین مرجع شد. برای این کار از ۴۲ نقطه کنترل زمینی با پراکنش مناسب و در تقاطع جاده‌ها، آبراه‌ها و... استفاده گردید تا مدل ریاضی که برای پیدا کردن ضرایب مجهول در معادله مورد استفاده قرار می‌گیرد، خطای کمتری داشته باشد. برای تبدیل مختصات تصویر تصحیح شده به تصویر تصحیح نشده، از تابع درجه اول استفاده گردید و برای نمونه‌گیری مجدد ارزش پیکسل‌های تصویر تصحیح نشده از روش نزدیک‌ترین همسایه استفاده و در نهایت سنجنده TM با خطای RMS معادل ۰/۳۷ پیکسل زمین مرجع گردید. ETM⁺ سال ۱۳۷۹ به روش تصویر به تصویر انجام گردید. بدین منظور تصویر ۱۳۸۹ بعد از تصحیح هندسی به‌عنوان مبناء در نظر گرفته شد. ابتدا نقاط کنترل انتخاب شدند، سپس نقاطی که دارای خطای زیادی بودند از جدول مربوطه حذف شدند و در نهایت با حذف ۹ و ۷ نقطه کنترل زمینی، تصویر MSS با ۳۳ و تصویر ETM⁺ با ۳۵ نقطه کنترل با خطای معادل ۰/۳۲ و ۰/۳۸ پیکسل تصحیح شد. به منظور تعیین تغییرات علاوه بر هم مختصات بودن تصاویر، باید ابعاد پیکسل‌های آنها نیز یکسان باشد، که در این تحقیق اندازه پیکسل‌های ETM و MSS ۲۸/۵ متر است. و اندازه پیکسل‌های TM ۳۰ متر است، در ضمن، تصحیح رادیومتریکی زمانی انجام می‌گیرد که از تصاویر چند زمانه یعنی تصاویری که مربوط به فصول یا سال‌های مختلف و یا سنجنده‌های مختلف هستند، استفاده شود. (Du et al., 2002: 127). در این مطالعه از روش کاهش تیرگی پدیده^۱ جهت تصحیح رادیومتریکی استفاده شده است. همچنین در خصوص انتخاب مکان‌های

آموزشی به این صورت انجام گرفت. مکان‌های آموزش مناطق تعریف شده برای انواع پوشش زمین در طبقه‌بندی می‌باشد. رنگ انتخاب شده کامپوزیته برای دیجیتال شدن چند ضلعی در اطراف هر یک از سایت‌های آموزشی برای پوشش‌های مشابه زمین استفاده شد. سپس برای هر یک از کاربری‌ها شناسه خاص انتخاب شد. در ابتدا سایت آموزش بر اساس داده‌های مرجع جمع آوری شده و اطلاعات جانبی توسعه یافته‌اند. توسعه یا ایجاد امضا: این مرحله ایجاد امضای طیفی برای هر نوع از پوشش‌های زمین است. که این با تجزیه و تحلیل پیکسل از سایت‌های آموزشی انجام شد. زمانی که رقومی کردن مکان‌های آموزشی تمام می‌شود. خصوصیات آماری از هر یک از پوشش‌های زمین مورد نیاز می‌باشد که به آن امضای پدیده‌ها گفته می‌شود که انجام شد. بعد از ایجاد فایل امضا برای تمام انواع پوشش زمین تصاویر طبقه‌بندی شده است، با استفاده از یک طبقه‌بندی حداکثر احتمال. احتمال اینکه هر سلول متعلق به یک کاربری باشد را بررسی نموده و سلول را به کاربری بالاترین احتمال عضویت اختصاص می‌دهد در این طبقه‌بندی توزیع ارزش بازتابی در هر نمونه تعلیمی توسط یک تابع تراکم احتمال، که بر اساس تئوری احتمال بیس^۲ بنا شده نشان داده خواهد شد، روش‌های مختلف طبقه‌بندی در این تحقیق آزمایش و در نهایت این طبقه‌بندی با صحت بالا با واقعیت انتخاب شد. پس از طبقه‌بندی تصاویر، گاهی اوقات ممکن است تعدادی از پیکسل‌های جدا شده یافت شود. این پیکسل‌های جدا شده ممکن است متعلق به یک یا چند کلاس که از پیکسل اطراف آن متفاوت است باشد. بنابراین احتیاج به تعمیم تصویر و حذف پیکسل‌های جدا شده می‌باشد. فیلتر کردن راه حل مناسبی برای این نوع مشکل می‌باشد. بنابراین یک فیلتر حالت ۷*۷ به طبقه‌بندی حداکثر احتمال تصاویر پوشش زمین استفاده شده است. این عملیات پس از پردازش جایگزین پیکسل جدا شده به رایج‌ترین کلاس‌های همسایه می‌باشد.

² Basic probability theory

¹ Dark Subtract

خروجی گرفتن و از روش‌ها و مدل‌های حداکثر احتمال برای طبقه‌بندی پوشش اراضی و CA-MARKOV برای محاسبه تغییرات و پیش‌بینی تغییرات تا سال ۲۰۴۵ استفاده شده است.

شکل ۲ مراحل مفهومی تحقیق را نمایش می‌دهد. تصاویر استفاده شده در این تحقیق، شامل تصاویر TM ۱۳۶۶، ETM⁺ ۱۳۷۹ و TM ۱۳۸۹ از ماهواره لندست می‌باشند و از نرم‌افزارهای IDRISI Selva و ARCGIS 10 برای پردازش داده‌ها، مدل‌سازی و



شکل ۲: مراحل کلی تحقیق

(مأخذ نگارندگان)

ارزیابی دقت نقشه‌ها

به منظور ارزیابی دقت نقشه‌های تولید شده با توجه به آشنایی با منطقه مورد مطالعه و به کمک تفسیر چشمی تصویر رنگی کاذب (ETM 432 و TM 432) اقدام به جمع‌آوری نمونه‌های تعلیمی با استفاده از نقشه‌های موجود توپوگرافی منطقه (۱:۲۵۰۰۰۰) گردید و در نهایت با استفاده از روش پیشنهادی دلیپیان و اسمیت (Dellepian et al., 1999: 1465) صحت نقشه‌های تولیدی ارزیابی گردید (رابطه ۱).

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

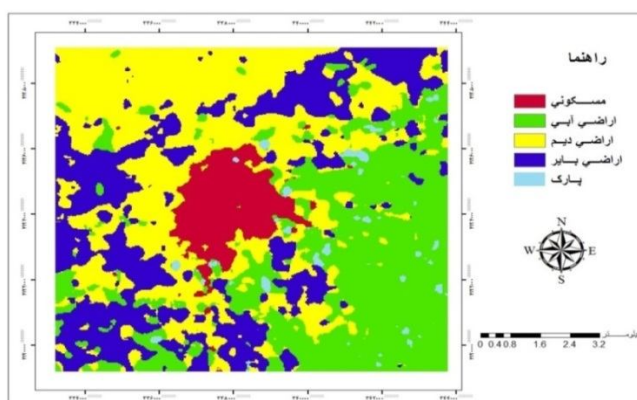
که در این رابطه: OA دقت کل، N تعداد کل پیکسل‌های آزمایشی، $\sum P_{ij}$ مجموع پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده است. همچنین ضریب کاپا از رابطه ۲ محاسبه گردید.

$$K = \frac{P_o - P_c}{1 - P_c} * 100 \quad (2)$$

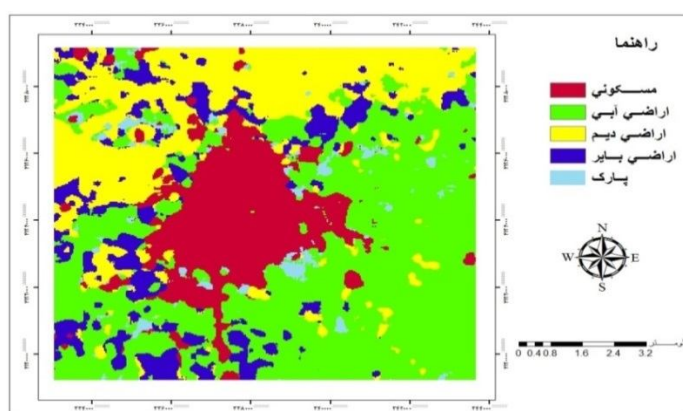
Po سهم مشاهدات مورد توافق PC: سهم احتمال مورد توافق

یافته‌های تحقیق

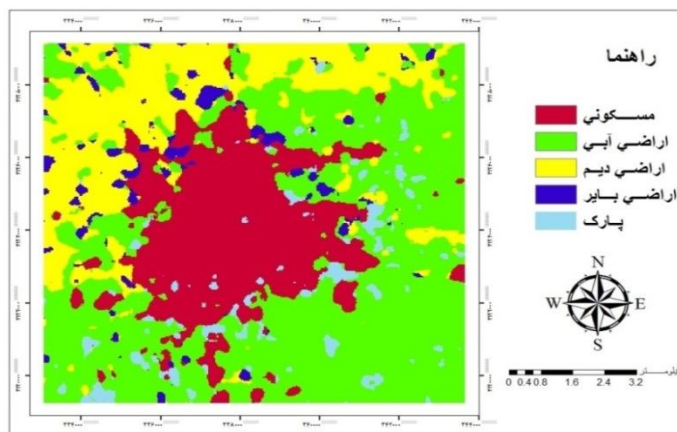
طبقه‌بندی تصاویر و ارزیابی دقت: تصاویر چند زمانه استفاده شده در این تحقیق پس از تصحیح هندسی، برای تهیه نقشه پوشش زمین با استفاده از روش حداکثر احتمال با توجه به بالاترین میزان صحت مورد بررسی قرار گرفته است. تعداد پوشش اراضی با توجه به تصاویر و نقشه‌های کاربری موجود و شرایط منطقه مورد مطالعه و بازدید میدانی برای تهیه نقشه پوشش اراضی به پنج کلاس تقسیم شده است که عبارت‌اند از کاربری شهری، اراضی آبی، اراضی دیم، اراضی باغ، پارک و باغ (شکل‌های ۳، ۴ و ۵). در این تحقیق نشان می‌دهد که بیشترین افزایش پوشش زمین مربوط به کاربری‌های شهری (کاربری‌های ساخته شده) است که از رقم ۲۵۴۳/۲۱ در سال ۱۳۸۹ به رقم ۴۶۱۵/۴۴ هکتار در سال ۱۴۲۹ پیش‌بینی شده است.



شکل ۳: پهنه‌بندی پوشش اراضی با روش حداکثر احتمال شهر گنبدکاووس سال ۱۳۶۶



شکل ۴: پهنه‌بندی پوشش اراضی با روش حداکثر احتمال شهر گنبدکاووس سال ۱۳۷۹



شکل ۵: پهنه‌بندی پوشش اراضی با روش حداکثر احتمال شهر گنبدکاووس سال ۱۳۸۹

مأخذ: نگارندگان

پس از طبقه‌بندی پوشش اراضی، به ارزیابی دقت پرداخته شد. برای ارزیابی دقت طبقه‌بندی، انتخاب یک‌سری پیکسل‌های نمونه معلوم و مقایسه کلاس آنها با نتایج طبقه‌بندی لازم می‌باشد. بدین جهت تصاویر طبقه‌بندی شده با نمونه‌های زمینی تهیه‌شده به نرم‌افزار IDRISI انتقال یافته و میزان دقت پوشش اراضی به شرح جدول ۱ به دست آمد. با توجه به نتایج حاصل از ارزیابی دقت در سه سال مورد مطالعه، میزان تطابق نمونه‌ها با واقعیت زمینی بسیار بالاست.

جدول ۱: ارزیابی دقت طبقه‌بندی (شاخص کاپا) روش حداکثر احتمال برای سه نمونه تعلیمی

نام پوشش اراضی	۱۳۶۶	۱۳۷۹	۱۳۸۹
کاربری شهری	٪ ۹۵	٪ ۸۷	٪ ۹۵
اراضی آبی	٪ ۹۳	٪ ۹۲	٪ ۹۰
اراضی دیم	٪ ۹۱	٪ ۸۶	٪ ۷۵
اراضی بایر	٪ ۳۲	٪ ۲۲	٪ ۱۱
پارک و باغ	٪ ۲۱	٪ ۱۲	٪ ۱۱

مأخذ: نگارندگان

مقایسه طبقه‌بندی

آمار مربوط به مساحت و میزان تغییرات اتفاق افتاده طی سه سال مورد نظر در جدول زیر نشان می‌دهد که در سال ۱۳۷۹، کلاس اراضی دیم کاهش کمی داشته است و به دلیل این است که مقداری از آن زمین‌ها قابل تبدیل شدن به اراضی آبی نمی‌باشد. و اراضی بایر کاهش چشمگیری داشته است و ظاهراً به اراضی کشاورزی آبی و کاربری‌های شهری تبدیل شده است. و در آخر اراضی دیم نیز دارای کاهش بوده است. طی دوره ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۹ بیشترین کاهش مربوط به اراضی بایر و اراضی دیم می‌باشد. در مقابل کلاس کاربری شهری دارای افزایش زیادی بوده است و بیشترین افزایش در کلاس اراضی آبی رخ داده است، البته کلاس اراضی آبی نیز در کل دوره‌ها روند افزایشی را نشان می‌دهد. همچنین اراضی بایر قدیم به دلیل پیدایش آب و پیشرفت کشاورزی به اراضی دیم و آبی (زراعت آبی) تبدیل گردیده است. بنابراین بیشتر تبدیل‌های صورت گرفته را می‌توان ناشی از گسترش

اراضی مسکونی در محدوده اراضی آبی و دیم دانست، با دقت در تصاویر پهنه‌بندی شده در سال‌های مختلف می‌توان تغییرات را مشاهده نمود. دلیل رقم بالای رشد اراضی مسکونی در این مقطع زمانی را می‌توان ناشی از عامل مهم، افزایش جمعیت دانست.

طی دوره ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۹ کلاس کاربری شهری دارای افزایش چشمگیری می‌باشد. و به نظر می‌رسد کاهش شدید کلاس اراضی بایر و دیم به نفع کاربری شهری بوده است. همچنین اراضی آبی نیز بعد از کاربری شهری بیشترین افزایش را در بر می‌گیرد و دلیل آن را می‌توان افزایش نیاز به مواد غذایی ناشی از افزایش جمعیت و ایجاد چاه‌های عمیق و نیمه عمیق برشمرد. در مجموع در این مقطع زمانی (۳۰ ساله) در دو کلاس زمین زراعی آبی و کاربری شهری روند صعودی و در کلاس‌های اراضی دیم، اراضی بایر روند کاهش رخ داده است. البته در کلاس اراضی کشاورزی نیز روند کاهشی مشهود است و علت آن می‌تواند رشد اراضی مسکونی در منطقه باشد.

جدول ۲: مساحت پوشش‌های زمین شهر گنبد کاووس در طی سال‌های ۱۳۶۶-۱۳۷۹-۱۳۸۹ (بر حسب هکتار)

نام پوشش اراضی	۱۳۶۶	۱۳۷۹	۱۳۸۹	تغییرات رشد ۱۳۸۹-۱۳۶۶
کاربری شهری	۸۰۱/۴۲	۱۸۵۲/۲۹	۲۵۴۳/۲۱	۲۱۷/۳
اراضی آبی	۳۲۵۷/۶۸	۴۷۷۲/۵۳	۵۰۰۲/۴۲	۵۳/۵
اراضی دیم	۳۷۰۸/۴۸	۲۴۸۹/۹۹	۲۲۰۹/۳۶	-۴۰/۴
اراضی بایر	۲۵۷۸/۴۸	۱۱۵۵/۱۲	۳۱۶/۸۹	-۸۷/۷
پارک و باغ	۱۳۸/۰۲	۲۷۴/۷۹	۴۱۲/۲۰	۱۹۸/۶

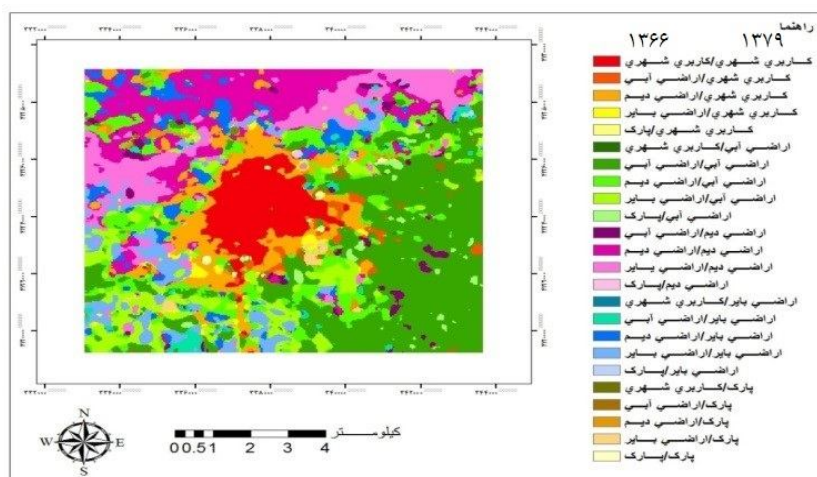
مأخذ: نگارندگان

ماتریس تغییرات کاربری و پوشش اراضی سال‌های ۱۳۶۶-۱۳۷۹ و ۱۳۷۹-۱۳۸۹ را نشان می‌دهد. همچنان که از جدول معلوم است در طی این دو دوره تغییراتی رخ داده است. در دوره ۱۳۶۶-۱۳۷۹ حدود ۵۴/۳۳ درصد و در دوره ۱۳۷۹-۱۳۸۹ حدود ۵۱/۹ تغییرات کاربری در منطقه رخ داده است. با توجه به جدول، طی دوره ۱۳۶۶-۱۳۷۹، بیشترین تغییرات را کاربری شهری دارای روند افزایشی با ۲۵/۵۴ درصد متغیر می‌باشد و کم‌ترین تغییرات در پارک و باغ با ۲/۵۶ درصد تغییر صورت گرفته است. پوشش اراضی بایر نیز با ۴/۱۷ درصد تغییر در حال کاسته شدن است و پوشش اراضی دیم نیز با ۱۵/۵ درصد تغییر در حال کاهش می‌باشد. دوره زمانی ۱۳۷۹-۱۳۸۹ با فاصله زمانی ۱۰ ساله به نسبت درصد تغییرات بالایی را نشان می‌دهد. بیشترین تغییرات مربوط به زمین زراعی آبی با ۳۵/۴۵ درصد روندی افزایشی داشته است. که از عمده‌ترین دلایل آن حفر چاه‌های عمیق و بهره‌برداری از آب‌های زیر زمینی می‌باشد. بیشترین تبدیل آن مربوط به اراضی کشاورزی دیم به این اراضی بوده است و بیشترین تغییرات کاربری را در کاربری شهری مشاهده می‌کنیم که ۲۹/۳۰ درصد تبدیل دیگر پوشش اراضی به مناطق ساخته شده را شاهد هستیم که تبدیل قابل ملاحظه‌ای را در ۱۰ سال اخیر نشان می‌دهد.

از جدول پیش‌بینی مساحت‌ها می‌توان فهمید که بیشترین افزایش در طول دوره‌های مورد مطالعه در کاربری‌ها به میزان ۱۷۴۴/۷۴ هکتار مربوط به اراضی آبی (زراعت آبی) که شامل اراضی کشاورزی درجه یک می‌باشد و ۱۷۴۱/۷۹ مربوط به کاربری شهری می‌باشد، که این طبقه مربوط به مناطق ساخته شده، مناطق تجاری، نظامی، درمانگاه‌ها، بیمارستان، مؤسسات آموزش عالی، صنعتی و... می‌باشد و کمترین تغییر ۲۷۴/۱۸ هکتار مربوط به پارک و باغ است که در سطح شهر و اطراف آن وجود دارد. و در ضمن، ۲۲۶۱/۵۹ هکتار، بیشترین کاهش کاربری در طی ۲۳ سال را در اراضی بایر مشاهده می‌کنیم. نتیجه اینکه رشد اراضی شهری طی سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۹ حدود ۲۱۷/۳ درصد بوده، در حالی که اراضی بایر در همین دوره دارای رشد منفی ۸۷/۷- درصد می‌باشد. اراضی آبی دارای رشد ۵۳/۵٪ بوده و اراضی دیم نیز با کاهش ۴۰/۴- درصد روبرو بوده و در نهایت پارک و باغ دارای رشد ۱۹۸/۶ درصد بوده است.

آمار پایش تغییرات پوشش اراضی

در این بخش نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی تصاویر سال‌های مورد بررسی برای پی بردن به تغییرات هر یک از پوشش اراضی به سایر پوشش‌ها در محدوده مورد مطالعه با استفاده از روش جدول متعامد با همدیگر مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. جدول ۳

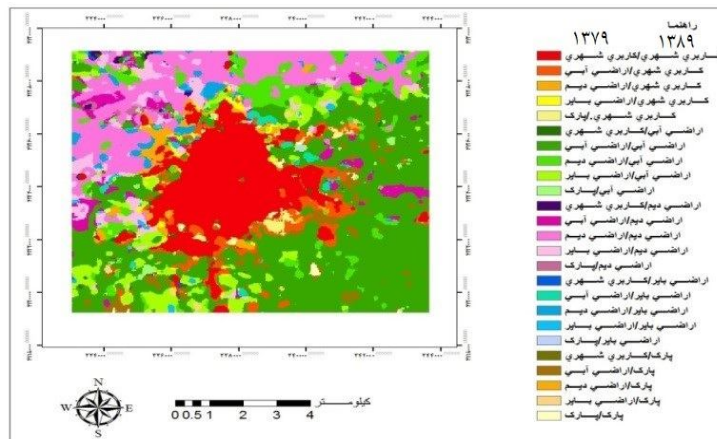


شکل ۶: نقشه حاصل از قطع دادن نقشه طبقه‌بندی شده سال ۱۳۶۶-۱۳۷۹

جدول ۳: نتایج آمار پایش تغییرات در کلاس‌های پوشش اراضی طی سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۷۹-۱۳۶۶ (هکتار و درصد)

۱۳۷۹-۱۳۸۹		۱۳۶۶-۱۳۷۹		پوشش اراضی	
درصد	هکتار	درصد	هکتار		
۱۶/۴۴	۱۹۲۰/۱	۷/۵۸	۸۸۵/۵	کاربری شهری	کاربری شهری
۰/۴۸	۵۶/۶	۰/۰۳	۳۵	اراضی آبی	
۰/۲۵	۲۹/۶	۰	۰	اراضی دیم	
۰/۱۱	۱۲/۳	۰/۰۳	۳۵	اراضی بایر	
۰	۳۴/۳	۰	۵	پارک و باغ	
۴/۰۲	۴۷۰/۲	۱/۲۵	۱۴۶/۲	کاربری شهری	اراضی آبی
۳۴/۴۶	۴۰۲۶/۰	۲۶/۲۵	۳۰۶۶/۲	اراضی آبی	
۲/۹۵	۳۴۵/۲	۱/۶۱	۱۸۷/۷	اراضی دیم	
۰/۹۰	۱۰۴/۷	۱/۲۶	۱۴۷/۴	اراضی بایر	
۰/۹	۳۴۰/۷	۰/۷	۸۲/۲	پارک و باغ	
۲/۰۴	۲۳۷/۸	۷/۷۳	۹۰۲/۸	کاربری شهری	اراضی دیم
۶/۳۴	۷۴۰/۵	۹/۷۳	۱۱۳۷/۰	اراضی آبی	
۱۳/۶۷	۱۵۹۶/۵	۱۲/۶۱	۱۴۷۲/۶	اراضی دیم	
۱/۴۴	۱۶۷/۹	۴/۲۱	۴۹۲/۳	اراضی بایر	
۰/۱۳	۱۵/۶	۱/۰۹	۱۲۷/۵	پارک و باغ	
۰/۷۸	۹۱/۵	۰/۸۵	۹۹/۳	کاربری شهری	اراضی بایر
۵/۶۳	۶۵۷/۷	۸/۳۳	۹۷۲/۷	اراضی آبی	
۳/۷۶	۴۳۹/۶	۹/۳۵	۱۰۹۲/۰	اراضی دیم	
۰/۵۱	۵۹/۳	۵/۳۹	۶۳۰/۲	اراضی بایر	
۰/۲۷	۳۱/۵	۰/۶۸	۷۸/۹	پارک و باغ	
۰/۹۸	۱۱۴/۲	۰/۱۶	۱۹/۱	کاربری شهری	پارک و باغ
۰/۸۰	۹۳/۲	۰/۹۲	۱۰۷/۲	اراضی آبی	
۰/۴۴	۵۰/۹	۰/۰۵	۰/۶	اراضی دیم	
۰/۰۸	۸/۹	۰/۰۵	۶/۲	اراضی بایر	
۰/۹۳	۳۷/۲	۰/۱۳	۱۵/۳	پارک و باغ	

مأخذ: نگارندگان



شکل ۷: نقشه حاصل از قطع دادن نقشه طبقه‌بندی شده سال ۱۳۷۹-۱۳۸۹

مأخذ: نگارندگان

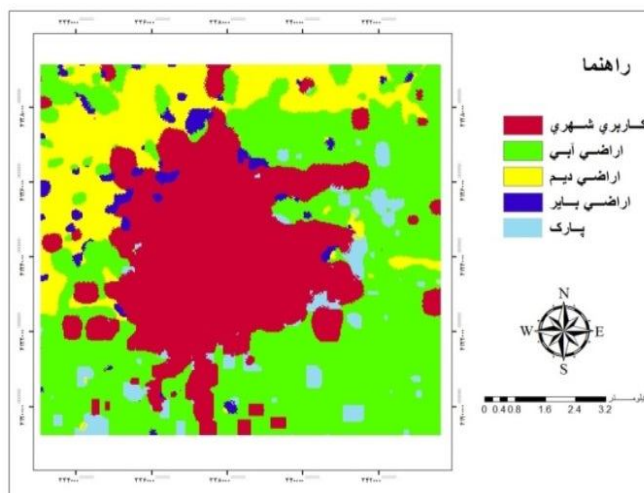
زنجیره‌ای مارکوف برای سال‌های ۱۴۰۴ تا ۱۴۲۹ انجام شد، نتایج حاصله در جدول شماره ۴ و تصاویر حاصل از پیش‌بینی نمایش داده شده است.

پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی برای آینده با استفاده از روش CA-MARKOV در این قسمت پیش‌بینی میزان تغییرات پوشش اراضی در نرم‌افزار IDRISI با استفاده از روش

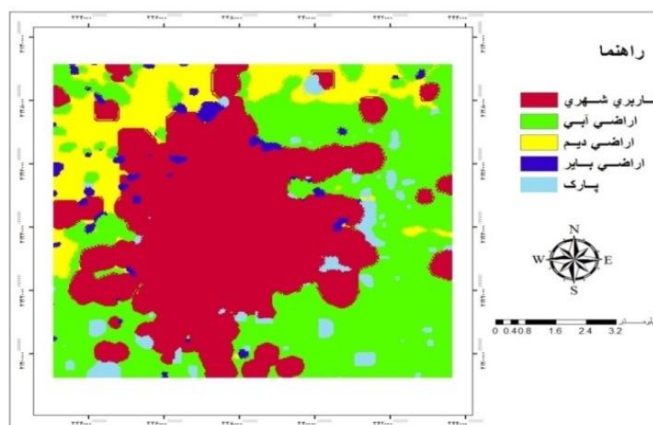
جدول ۴: مساحت پیش‌بینی شده پوشش اراضی شهر گنبدکاووس در طی سال‌های ۱۴۰۴-۱۴۱۹-۱۴۲۹ (بر حسب هکتار)

نام پوشش اراضی	۱۴۰۴	۱۴۱۹	۱۴۲۹
کاربری شهری	۳۴۸۵/۵۴	۴۲۱۹/۶۶	۴۶۱۵/۴۴
اراضی آبی	۴۶۲۷/۲۹	۴۱۹۶/۵۱	۳۹۳۹/۸۳
اراضی دیم	۱۶۷۴/۴۷	۱۴۱۷/۸۰	۱۳۰۳/۸۲
اراضی بایر	۲۶۲/۱۴	۲۳۲/۵۳	۲۱۸/۱۷
پارک	۴۳۴/۶۳	۴۱۷/۵۸	۴۰۶/۸۱

مأخذ: نگارندگان



شکل ۸: تصاویر حاصل از پیش‌بینی پوشش اراضی سال ۱۴۰۴

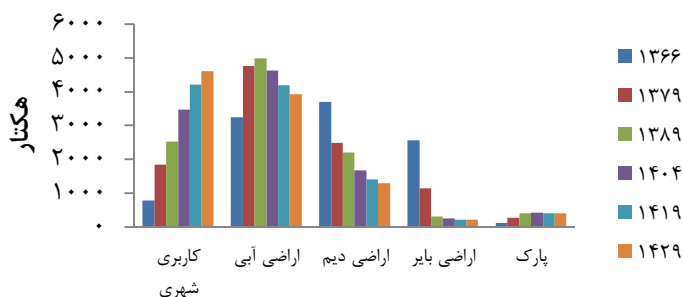


شکل ۹: تصاویر حاصل از پیش‌بینی پوشش اراضی سال ۱۴۲۹

مأخذ: نگارندگان

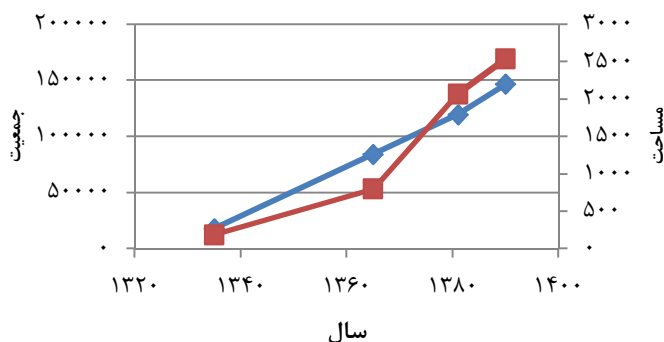
کمترین تغییر مربوط پارک و باغ است ۲۷/۸۲ که در سطح شهر قرار دارد. و مشاهده می‌شود که بسیاری از اراضی کشاورزی آبی و دیم به اراضی شهری تبدیل شده‌اند و اراضی بایر نیز دارای تغییرات بسیار کمی بوده است.

از جدول پیش‌بینی مساحت‌ها می‌توان دریافت که کاربری ساخته شده به میزان ۱۱۲۹/۹ هکتار رشد داشته است که این طبقه مربوط به مناطق ساخته شده، مناطق تجاری، نظامی، درمانگاه‌ها، بیمارستان، مؤسسات آموزش عالی، صنعتی و ... می‌باشد. و



کاربری

شکل ۱۰: میزان تغییرات پوشش اراضی و پیش‌بینی‌ها



شکل ۱۱: روند رشد جمعیت و مساحت تا سال ۱۳۹۰

مأخذ: نگارندگان

و آبی با روند کاهشی خواهد بود و با توجه به افزایش میزان جمعیت در شهر گنبدکاووس، بایستی تدابیری برای برنامه‌ریزی‌های دقیق گسترش فضایی-کالبدی شهر اندیشیده شود تا از پوشش بالارزش اراضی کشاورزی درجه یک محافظت به عمل آید و از تخریب این اراضی برای ساخت و سازهای انسانی جلوگیری شود.

نتیجه‌گیری

بررسی مراحل رشد و توسعه فیزیکی شهر گنبدکاووس در دوره‌های مختلف تاریخی نشان

همان‌طوری که در نقشه‌های پیش‌بینی مشاهده می‌شود بیشترین توسعه شهری، گنبدکاووس به ترتیب به سمت جنوب شرقی، شرق و غرب است. یعنی هجوم کاربری‌های ساخته شده و شهری به سمت اراضی بایر و زمین‌های زراعی، همچنین پارک و باغ در طول دوره مورد مطالعه افزایش و رشد متعادلی داشته است.

در طی دوره ۳۰ تا ۴۰ ساله پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی این نتیجه بدست می‌آید که بیشترین تغییرات پوشش اراضی مربوط به دو پوشش اراضی مسکونی با روند افزایشی و پوشش اراضی کشاورزی دیم

مجموعه نتایج این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که پراکنش افقی به علت آثار نامطلوب اقتصادی و زیست‌محیطی و تأثیر منفی آن بر زمین‌های کشاورزی، شهر را به سمت ناپایداری سوق می‌دهد. در واقع بی‌توجهی به ظوابط و مقررات گسترش کالبدی فضایی شهر در سال‌های اخیر به خصوص در ۳۰ سال گذشته، مایه نابودی اراضی کشاورزی درجه یک و تبدیل آنها به کاربری شهری و ساخته شده، گردیده است.

پیشنهادها

- اقدام به تراکم‌سازی در محدوده شهری به جای گسترش افقی شهر بر روی زمین‌های کشاورزی درجه یک
- استفاده از بافت‌های فرسوده و نوسازی آنها و زمین‌های بایر داخل شهرها و ابنیه خالی از سکنه در داخل شهر که حدود ۵۰۰ هکتار بافت فرسوده در شهر وجود دارد.
- توسعه شهر به سمت زمین‌های دیم و غیر قابل کشت و ایجاد زیرساخت‌های لازم در این مناطق تا مردم به ساخت و ساز در این مناطق تشویق شوند.
- ایجاد قوانین منع ساخت و ساز بر روی زمین‌های مرغوب کشاورزی

منابع

۱. احدنژاد روشتی، علی زلفی، حسین شکری پور دیزج. ۱۳۹۰. ارزیابی و پیش‌بینی گسترش فیزیکی شهرها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی شهر اردبیل ۱۳۶۳-۱۴۰۰).
۲. احدنژاد روشتی، محسن و حسینی، سیداحمد. ۱۳۹۰. ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات و پراکنش افقی شهرها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه و سیستم اطلاعات جغرافیایی (نمونه موردی: شهر تبریز در مقطع زمانی ۱۳۸۹-۱۳۶۳)، مجله پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال دوم، شماره چهارم، بهار. ۲۰-۱.
۳. احمدی ندوشن، مژگان. سفینیان، علیرضا. ۱۳۸۸.

می‌دهد که این شهر، رشد و توسعه جمعیتی و فیزیکی شدیدی داشته است. از سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۹ رشد فیزیکی شهر قابل توجه بوده و مساحت شهر حدود سه برابر در طول این ۲۳ سال رشد داشته که توسعه فیزیکی شهر در راستای افزایش جمعیت در طول این دوره بوده که جمعیت شهر نیز دو برابر گردیده است. در این مقاله با استفاده از نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی به دست آمده و ترکیب آنها با روش‌های پیش‌بینی زنجیره‌های مارکوف و میل اتوماسیون سلولی (Cellular Automat) به شبیه‌سازی و تغییرات فیزیکی آتی شهر گنبدکاووس پرداخته شد. در تحقیق جداول و نقشه‌ها با استفاده از روش‌های فوق که مساحت، میزان و چگونگی تغییرات پوشش اراضی شهر تا سال ۱۴۲۹ نشان می‌دهد ایجاد و سپس جهات رشد شهر گنبدکاووس برای سال‌های آتی شبیه‌سازی و پیش‌بینی گردید. با بررسی نتایج بدست آمده از پایش تغییر، می‌توان بیان کرد که، بیشترین افزایش سطوح پوشش اراضی مربوط به اراضی زراعی آبی ۱۷۴۴/۷۴ هکتار و کاربری شهری ۱۷۴۱/۷۹ هکتار است. و در مقابل بیشترین کاهش مربوط به اراضی بایر ۲۲۶۱/۵۹ هکتار و پارک و باغ با ۲۷۴/۱۸ هکتار کمترین افزایش و تغییر را دارا بوده است. در اراضی آبی درجه یک به دلیل ساخت سازه‌های بی‌رویه و غیر مجاز کاهش قابل توجهی را شاهد هستیم. اگر توسعه شهر بدون برنامه‌ریزی صحیح این‌گونه ادامه پیدا کند واضح است که همچنان مساحت اراضی کشاورزی آبی و دیم کاهش پیدا کرده و کاربری‌های ساخته شده روندی افزایشی را طی می‌کنند. با توجه به اینکه تحقیقات قبلی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای نبوده و بیشتر رشد فیزیکی شهر را تا دوره موجود بررسی کرده‌اند و همچنین در آن تحقیقات پوشش اراضی را فقط به دو دسته کاربری شهری و زمین‌های آبی تقسیم کرده‌اند، اما در این تحقیق علاوه بر اینکه پوشش اراضی اطراف شهر به پنج کلاس تقسیم شد، میزان رشد شهر بر روی پوشش اراضی را در طی سه دوره و در نهایت به پیش‌بینی رشد شهر با استفاده از مدل Ca_Markov تا سال ۱۴۲۹ پرداخته شد. از

- mapping: A review and a proposal for a cost based approach, *International Journal of Remote Sensing*. 20: 1461-1486.
13. Du, Y., Teillet, P.M., and Cihlar, J. 2002. Radiometric normalization of multitemporal high-resolution satellite images with quality control for land cover change detection. *Remote Sensing of Environment* 82: 123-134.
 14. Eastman, J.R., McKendry, J., and Fulk, M.A. 2006. Change and time series analysis. In: *Explorations in Geographic Information's Systems Technology*, United Nations Institute for Training and Research (UNITAR), Geneva. 325 PP.
 15. Kaya, S., and Curran, P.J. 2006. Monitoring urban growth on the European side of the Istanbul metropolitan area: A case study
 16. Mc Gill, Roland 1998 *Urban Management in Developing Countries*. Cities. 1: 6.
 17. Onojeghuo, Ajoke and alex, 2013. mapping and predicting urban sprawl using remote sensing and geographic information system techniques : a case study of eti-osa local government area, lagos, Nigeria, environment for sustainability, 6-10 may 2013 pp. 13150-13155.
 18. Pauchard, A., Aguayo, M., Pena, E., and Urrutia, R. 2006. Multiple effects of urbanization on the biodiversity of developing countries: The case of a fast-growing metropolitan area (Concepcion, Chile), *Biological Conservation*, 26(6): 553-575.
 19. www.wikiedia.org
 - آشکار سازی و پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی شهر اراک، همایش ژئوماتیک
 ۴. آسایش، حسین. ۱۳۷۴. اصول و روش‌های برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه پیام نور.
 ۵. بهرام سلطانی، کامبیز. ۱۳۷۱. «مجموعه مباحث و روش‌های شهرسازی، محیط زیست». مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران.
 ۶. جرجانی، محمد حسن ۱۳۸۸. توسعه فیزیکی شهر و تأثیر آن بر تغییر کاربری اراضی کشاورزی (گنبدکاووس) پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
 ۷. خوش‌گفتار، مهدی و طالعی، محمد ۱۳۸۹. شبیه‌سازی رشد شهری در تهران، با استفاده از مدل CA-Markov، مجله سنجش از دور و GIS ایران، سال دوم، شماره دوم، ۱۷-۳۳.
 ۸. شیعه، اسماعیل. ۱۳۷۷. مقدمه‌ای بر مبانی برنامه‌ریزی شهری، انتشارات علم و صنعت تهران
 ۹. قراگوزلو، علیرضا؛ کرمانی، علی نوری و کشمیری، زهرا. ۱۳۸۸. «ارزیابی تغییرات کالبدی و تحلیل توسعه‌ی شهری با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای با قدرت بالا و سامانه‌های GIS/RS مطالعه موردی منطقه ۵ شهر تهران». مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست. دوره‌ی یازدهم. شماره یک. ویژه نامه بهار. ۸۸.
 ۱۰. مطیعی لنگرودی، حسن، ۱۳۸۱. جغرافیای کشاورزی ایران کشاورزی، جهاد دانشگاهی مشهد
 11. Bella, K.P., and Irwin, E.G. 2002. Spatially Explicit Micro-level modeling of land use change at the Rural urban interface, *Agricultural Economics*, 27: 217-232.
 12. Dellepian, S.G., and Smith, P.C. 1999. Quality assessment of image classification algorithms for land cover

