

ارائه الگو بهینه شهر هوشمند در راستای توسعه اهداف مدیریت شهری با تکنیک سنجش از دور (مطالعه موردی: کلان‌شهر شیراز)

امین فخار^۱، مرضیه موغلی^۲✉، عبدالرسول قنبری^۳

نوع مقاله: علمی پژوهشی

صفحه ۷۳ تا ۸۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۳۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۱۴

چکیده

در دهه‌های اخیر، رشد سریع و گسترش کلان‌شهرها مسائل پیچیده‌ای در حوزه‌های زیست‌محیطی، حمل‌ونقل، منابع انرژی و آب، مدیریت پسماند و توسعه فضای سبز ایجاد کرده است. مواجهه با این چالش‌ها نیازمند به‌کارگیری رویکردهای نوین و فناوریهای است که بتوانند فرآیندهای تصمیم‌گیری شهری را ارتقا بخشند و زمینه تحقق توسعه پایدار و شکل‌گیری شهرهای هوشمند را فراهم آورند. شهر هوشمند به‌عنوان مفهومی میان‌رشته‌ای و فناوری، با اتکا بر فناوری‌های نوین امکان پایش، تحلیل و مدیریت بهینه زیرساخت‌ها و داده‌های شهری را میسر می‌سازد. این پژوهش الگوی پیشنهادی برای مدیریت هوشمندانه کلان‌شهر شیراز ارائه می‌دهد که ترکیبی از فناوری سنجش از دور و شبکه‌های عصبی مصنوعی است. در ادامه، روش‌های تحلیل چندسطحی (MLC) برای طبقه‌بندی داده‌های پیچیده و چندبعدی به کار گرفته می‌شوند تا مناطق شهری براساس شاخص‌هایی چون تراکم جمعیت، دسترسی به خدمات، میزان پوشش سبز و مصرف انرژی شناسایی شوند. خروجی این فرآیند، نقشه‌های دقیق و به‌روز شهری است که به تصمیم‌گیری سریع‌تر، دقیق‌تر و مبتنی بر داده کمک می‌کند. به‌کارگیری یادگیری عمیق و شبکه‌های عصبی امکان کشف روابط پنهان میان عوامل شهری، پیش‌بینی روند تغییرات، اولویت‌بندی مداخلات و تخصیص بهینه منابع را فراهم می‌سازد. بدین ترتیب، این مدل می‌تواند در برنامه‌ریزی حمل‌ونقل عمومی، مدیریت بحران و توسعه پایدار شهری نقشی مؤثر ایفا کند. نتایج این مطالعه راهنمایی عملی برای مدیران و سیاست‌گذاران در جهت ارتقای بهره‌وری، بهبود کیفیت زندگی و حرکت به سوی شهرهای پایدار و هوشمند فراهم می‌سازد.

واژگان کلیدی: شهر هوشمند، مدیریت شهری، سنجش از دور، شهر شیراز

^۱ دانشجوی دکتری جغرافیا، واحد لار، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان، ایران draminfakhar@gmail.com

^۲ ✉ دانشیار گروه جغرافیا، واحد لار، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان، ایران (نویسنده مسئول) mmoghali@yahoo.com

^۳ استادیار گروه جغرافیا، واحد لار، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان، ایران dr.ghanbari121@yahoo.com

مقدمه

در دهه‌های اخیر، با رشد سریع جمعیت شهری و توسعه شهرها، بسیاری از شهرها با چالش‌ها و مشکلات عدیده‌ای مواجه شده‌اند. این مشکلات شامل ترافیک سنگین، سطح بالای آلودگی هوا و آب، ناکارآمدی در بهره‌برداری از منابع طبیعی، کمبود فضای سبز، افزایش ناراحتی‌های اجتماعی، وقوع بحران‌های زیست‌محیطی و ناتوانی در پاسخ‌گویی مؤثر به نیازهای شهروندان است. این چالش‌ها اثرات منفی قابل توجهی بر کیفیت زندگی ساکنان، پایداری زیست‌محیطی و توسعه اقتصادی شهرها دارند و نیازمند راهکارهای نوآورانه و سیستمی در حوزه مدیریت شهری هستند. در این راستا، مفهوم «شهرهای هوشمند» مطرح شده است که هدف آن ایجاد زیرساخت‌های فناوری، بهره‌گیری از فناوری اطلاعات و ارتباطات^۴ و مدیریت بهینه منابع است. این شهرها با ایجاد سامانه‌های هوشمند، امکان نظارت در لحظه، تحلیل پیشرفته، تصمیم‌گیری سریع و اجرای هوشمند پروژه‌ها را فراهم می‌کنند. فناوری‌هایی مانند اینترنت اشیاء، سنجش از دور، هوش مصنوعی، شبکه‌های عصبی و داده‌کاوی، نقش کلیدی در تحقق اهداف شهرهای هوشمند دارند. در این مقاله، به بررسی رویکردی نوین در راستای بهبود فرآیند مدیریت شهری در شهر شیراز می‌پردازیم که بر بهره‌گیری از فناوری‌های سنجش از دور و شبکه‌های عصبی^۵ استوار است. با تحلیل داده‌های جغرافیایی و زیست‌محیطی منطقه، قابلیت شناسایی الگوهای اثرگذار و پیش‌بینی تغییرات در تراکم، آلودگی، کاربری زمین و وضعیت منابع شهری فراهم می‌شود. این رویکرد، به مدیران شهری امکان می‌دهد ضمن نظارت بر وضعیت جاری، برنامه‌ریزی استراتژیک و تصمیم‌گیری‌های مبتنی بر داده‌های دقیق و در لحظه را انجام دهند. هدف نهایی این مطالعه، توسعه یک مدل جامع و کارآمد است که بتواند فرآیندهای مدیریت

شهری را به سمت بهره‌وری بالا، پایداری و پاسخ‌گویی بهتر سوق دهد. با استفاده از این راهکار، نه تنها خواهند توانست چالش‌های فعلی را کنترل و کاهش دهند، بلکه زمینه توسعه منابع اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی را در قالب شهرهایی هوشمند و پایدار فراهم سازند. در نتیجه، این رویکرد می‌تواند نمونه‌ای قابل‌الاستفاده در دیگر شهرهای منطقه باشد و نقشی مؤثر در روند تحول و تعالی مدیریت شهری ایفا کند. این مقاله با هدف بررسی و توسعه یک الگوی عملی و علمی برای مدیریت شهری هوشمند در کلان‌شهر شیراز، به تحلیل داده‌های شهری و زیست‌محیطی می‌پردازد. داده‌هایی که با استفاده از فناوری‌های سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی^۶ جمع‌آوری می‌شوند، نقش حیاتی در شناخت نقاط قوت و ضعف شهر و یافتن راهکارهای مؤثر دارند. در این فرآیند، تکنیک طبقه‌بندی چندسطحی^۷ و روش شبکه‌های عصبی به عنوان یک روش قدرتمند در تحلیل و دسته‌بندی این داده‌ها مورد توجه قرار گرفته است.

داده‌ها و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه

شیراز، مرکز استان فارس و پنجمین شهر پرجمعیت ایران با جمعیتی حدود ۲,۲۷۹,۱۴۰ نفر است. این شهر در ارتفاع ۱۴۸۶ متری از سطح دریا و در دامنه‌های رشته‌کوه زاگرس واقع شده، که موقعیتی کوهستانی و طبیعی دارد. شیراز دارای آب و هوای معتدل، با تابستان‌های گرم و زمستان‌های سرد است. مساحت این شهر تقریباً ۲۴۰ کیلومتر مربع می‌باشد. ترکیب موقعیت جغرافیایی و اقلیم مساعد شیراز، به رونق کشاورزی و زیبایی‌های طبیعی آن کمک کرده و تاریخ غنی و فرهنگ این شهر را شکل داده است.

^۶ GIS

^۷ MLC

^۴ ICT

^۵ Neural Networks

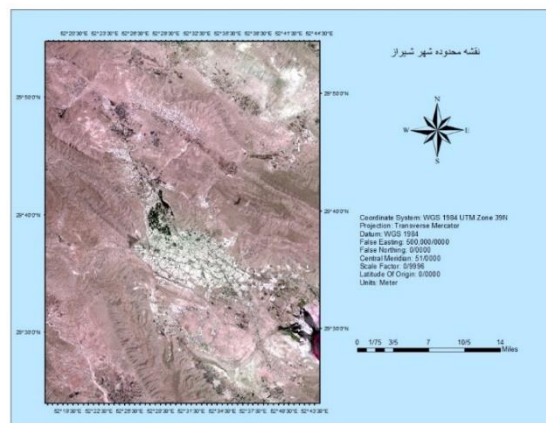
باند B7، در همان حوزه، در شناسایی کانی‌ها و مواد معدنی نقش‌آفرین است. باند B8، پانتوکروماتیک، با رزولوشن بسیار بالا (۱۵ متر)، تصاویری دقیق و واضح در برنامه‌ریزی شهری و نقشه‌برداری ارائه می‌دهد. باند B9، Cirrus، برای مشاهده لایه‌های ابری و ذرات معلق در جو کاربرد دارد. باندهای B10 و B11، در حوزه گرما و حرارت سطح زمین به کار می‌روند و می‌توانند تغییرات حرارتی در محیط‌های مختلف را نشان دهند. این باندها در کنار هم، امکان تحلیل‌های کامل و چندبعدی را فراهم می‌کنند و در تصمیم‌گیری‌های سریع و دقیق نقش مهم دارند.

جدول ۱. مشخصات فنی ماهواره لندست ۹

Band	Band Name	Wavelength (Micrometers)	Spatial Resolution
B1	Coastal / Cirrus	0.43 – 0.45	30 meters
B2	Blue	0.45 – 0.51	30 meters
B3	Green	0.53 – 0.59	30 meters
B4	Red	0.64 – 0.67	30 meters
B5	Near Infrared (NIR)	0.85 – 0.88	30 meters
B6	Shortwave Infrared 1 (SWIR 1)	1.57 – 1.65	30 meters
B7	Shortwave Infrared 2 (SWIR 2)	2.11 – 2.29	30 meters
B8	Panchromatic	0.50 – 0.68	15 meters
B9	Cirrus	1.36 – 1.38	30 meters
B10	Thermal Infrared (TIRS) 1	10.60 – 11.19	100 meters (resampled to 30m)
B11	Thermal Infrared (TIRS) 2	11.50 – 12.51	100 meters (resampled to 30m)

روش پژوهش

روش MLC یکی از تکنیک‌های قدرتمند و پرکاربرد در حوزه یادگیری ماشین است که برای تحلیل و طبقه‌بندی داده‌های پیچیده و چندمتغیره طراحی شده است. این روش قادر است داده‌های ورودی را بر اساس ویژگی‌های گوناگون، در دسته‌بندی‌های چندسطحی و چندطبقه قرار دهد، به گونه‌ای که بتوان الگوهای پنهان و روابط میان متغیرها را بهتر شناخت و تحلیل کرد. در فرآیند اجرای MLC، داده‌ها در چندین سطح یا لایه پردازش می‌شوند که هر سطح وظیفه‌ی جداگانه‌ای در طبقه‌بندی نهایی دارد. به عنوان مثال،



شکل ۱. تصویر ماهواره ای کلان شهر شیراز

ماهواره مورد استفاده در تحقیق

ماهواره لندست ۹ یک ماهواره پیشرفته تصاویر زمین‌پایه است که برای ادامه و بهبود برنامه طولانی‌مدت لندست طراحی شده است. این ماهواره تصاویر چندطیفی با رزولوشن بالا ارائه می‌دهد تا نقش مهمی در مانیتورینگ محیط زیست، مدیریت منابع و تحقیقات علمی ایفا کند. با بهره‌گیری از حسگرهای پیشرفته، لندست ۹ دقت داده‌های بهبود یافته و فرکانس تصویربرداری بیشتری دارد تا ثبت تغییرات سطح زمین به صورت منظم و معتبر انجام شود. تصویر ماهواره اخذ و مورد استفاده قرار گرفته مربوط به تاریخ ۱۴۰۳/۰۴/۰۷ میلادی معادل تاریخ ۲۰۲۴/۰۶/۲۷ می‌باشد.

ماهواره لندست ۹ دارای چندین باند طیفی است که هر کدام نقش مهمی در تحلیل و پایش سطح زمین دارند. باند B1 با نام Coastal/Cirrus برای مطالعه سواحل، رطوبت هوا و ذرات گرد و غبار در جو به کار می‌رود. باند B2، رنگ آبی، در بررسی آب‌های سطحی و پوشش گیاهی کاربرد دارد. باند B3، سبز، برای تحلیل سلامت گیاهان و ارزیابی پوشش گیاهی استفاده می‌شود. باند B4، قرمز، نقش مهمی در تشخیص گیاهان سالم و وضعیت زمین دارد. باند B5، نزدیک به مادون قرمز، در ارزیابی سلامت و رشد گیاهان، مخصوصاً در جنگل‌ها، کاربرد دارد. باند B6، زیرمجموعه کوتاه‌موج‌های مادون قرمز، در تحلیل خاک، خاک‌شناسی و تشخیص مواد معدنی استفاده می‌شود.

هدف این روش، پیدا کردن کلاسی است که داده جدید به آن بیشترین احتمال تعلق دارد.

اصول پایه‌ای

۱. توزیع احتمال: این روش بر این باور استوار است که ویژگی‌های داده‌ها به ازای هر کلاس یک توزیع احتمال خاص دارند. به عنوان مثال، فرض می‌شود که داده‌ها از توزیع نرمال (گوسی) پیروی می‌کنند، و بنابراین برای هر کلاس، میانگین و واریانس محاسبه می‌شود.

۲. احتمال شرطی: MLC از قاعده بیز استفاده می‌کند تا احتمال یک داده خاص را در نسبت به هر کلاس محاسبه کند. قاعده بیز بیان می‌کند که برای هر داده ورودی، احتمال تعلق آن به یک کلاس مشخص به شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$\frac{P(x|C_c) \cdot P(C_c)}{P(x)} = P(C_c|x) \quad \text{رابطه ۱}$$

که در آن:

- $P(C_c|x)$: احتمال تعلق داده x به کلاس C_c .
- $P(x|C_c)$: احتمال دیدن داده x در کلاس C_c .
- $P(C_c)$: احتمال پیش‌آمد کلاس C_c (احتمال prior).
- $P(x)$: احتمال کلی ورود داده‌ها، که می‌تواند از مجموع احتمال‌ها برای تمام کلاس‌ها به دست آید.

۳. طبقه‌بندی نهایی: داده جدید به کلاسی نسبت داده می‌شود که احتمال تعلق به آن، بالاترین مقدار را داشته باشد. بنابراین، کلاس نهایی با استفاده از فرایند زیر انتخاب می‌شود:

$$\arg \max_C P(C_c|x) = C^* \quad \text{رابطه ۲}$$

در این مطالعه، داده‌های سنجش از دور مورد استفاده قرار گرفتند تا بتوان تصویری جامع و دقیق از وضعیت کاربری زمین، پوشش گیاهی، معابر، منابع آبی و خاک در شهر شیراز تهیه کرد. این داده‌ها از منبع ماهواره‌ای Landsat 9 جمع‌آوری شدند، که با بهره‌گیری از تصاویر چندطیفی و با رزولوشن مناسب، امکان تحلیل دقیقی از وضعیت‌های مختلف محیطی و شهری را فراهم

در تحلیل داده‌های جغرافیایی و زیست‌محیطی، این روش می‌تواند مجموعه‌ای از ویژگی‌ها مانند میزان آلودگی، تراکم جمعیت، کیفیت فضاها، سبز، نوع کاربری زمین و فاصله از منابع آب را به عنوان ورودی بگیرد و بر اساس این ویژگی‌ها، مناطق مختلف را در دسته‌های مشخصی قرار دهد؛ مثلاً مناطق پرتنش زیست‌محیطی، مناطق کم‌خطر، مناطق توسعه‌یافته و مناطق حفاظت‌شده. یکی از مزایای مهم MLC، توانایی آن در مدیریت داده‌های ناهمگن و متراکم است. این الگوریتم می‌تواند به صورت خودکار، روابط میان ویژگی‌ها و طبقات مختلف را شناسایی و از آن‌ها برای تصمیم‌گیری‌های دقیق‌تر بهره‌برداری کند. همچنین، در مقایسه با سایر روش‌های طبقه‌بندی، MLC قابلیت تطبیق بهتر با داده‌های پیچیده و چندمتغیره را دارد و نتایج بهتری در دقت و صحت تحلیل‌ها ارائه می‌دهد.

کاربرد گسترده این روش در پردازش داده‌های جغرافیایی و زیست‌محیطی، به دلیل نیاز به تحلیل مجموعه‌ای از پارامترهای مختلف و شناخت الگوهای چندبعدی درون داده‌ها، مورد استقبال محققان و مدیران شهری قرار گرفته است. برای مثال، در برنامه‌ریزی شهری، این تکنیک می‌تواند در شناسایی مناطق نیازمند توسعه، کنترل آلودگی، مدیریت منابع، و تعیین اولویت‌بندی‌های محیط‌زیستی نقش کلیدی ایفا کند. همچنین، در حوزه تحلیل خطر و بحران، MLC می‌تواند در دسته‌بندی مناطق آسیب‌پذیر و پیش‌بینی وقوع حوادث طبیعی کمک‌کننده باشد. به طور کلی، ترکیب قدرت یادگیری ماشین و قابلیت تحلیل چندبعدی و چندسطحی، روش MLC را به ابزاری ارزشمند برای تحلیل‌های شهری و محیط زیستی تبدیل کرده است که می‌تواند تصمیم‌گیری‌های هوشمند و مبتنی بر داده را تسهیل و بهبود بخشد.

الگوریتم بیشترین احتمال MLC: یا طبقه‌بندی بهینه با بیشینه‌سازی احتمال، یک متد آماری است که برای تعیین کلاس یا دسته یک داده، از توزیع احتمال آن داده‌ها نسبت به کلاس‌های مختلف استفاده می‌کند.

گردیده است. در عمل، این فرآیند شامل آموزش مدل بر روی نمونه‌های واقعی، تنظیم پارامترهای مدل، و ارزیابی صحت و دقت طبقه‌بندی نهایی است. نتایج این فرآیند، نقشه‌های دقیق و گرافیکی است که توزیع کاربری زمین و پوشش‌های مختلف را در سطح شهر نشان می‌دهد. این نقشه‌ها علاوه بر کمک به درک بهتر وضعیت موجود، برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی، برنامه‌ریزی شهری، نظارت بر تغییرات و حفاظت محیط‌زیست بسیار ارزشمند هستند. در نهایت، نتایج حاصل از پیاده‌سازی مدل MLC، به مدیران و متولیان توسعه شهری فرصت می‌دهد تا اقدامات مبتنی بر داده، به‌روز و هوشمندانه انجام دهند؛ از جمله اصلاح مسیر حمل‌ونقل، تخصیص منابع، برنامه‌ریزی فضای سبز، و کنترل پروژه‌های توسعه شهری. استفاده از این فناوری‌ها در فرآیندهای مدیریت، ضمن ارتقاء سطح بهره‌وری، می‌تواند نقش مهمی در ساخت شهری پایدار و هوشمند ایفا کند.

پیاده‌سازی روش شبکه‌های عصبی

در پروژه‌های تحلیل داده‌های شهری با استفاده از تکنیک سنجش از دور و شبکه‌های عصبی، هدف اصلی مدل‌سازی روابط پیچیده و غیرخطی بین داده‌های چندبعدی است. این مدل‌ها، با توانایی استخراج ویژگی‌های مهم از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های فضایی، به مدیران شهری کمک می‌کنند تا الگوهای تغییر و توسعه شهر، بحران‌های زیست‌محیطی و زیرساخت‌ها را به صورت دقیق و به‌روز شناسایی کنند. در این فرآیند، شبکه‌های عصبی عمیق مانند شبکه‌های کانولوشنی^۸ برای تحلیل تصاویر و استخراج ویژگی‌های فضایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. آموزش این شبکه‌ها بر پایه داده‌های برچسب‌خورده انجام می‌شود که هدف آن کاهش خطا و بهبود دقت است. یکی از مهم‌ترین معیارهای ارزیابی مدل، تابع هزینه است که معمولاً به شکل زیر تعریف می‌شود:

می‌کنند. استفاده از این داده‌ها به قابلیت‌های گسترده‌ای در تحلیل‌های مکانی و زمانی منجر می‌شود و به مدیران شهری کمک می‌کند تا به صورت مستمر و به‌روز وضعیت مناطق مختلف شهر را بررسی و مدیریت کنند.

جمع‌آوری داده‌ها

در این مرحله، تصاویر ماهواره‌ای Landsat 9 که شامل اطلاعات در حوزه‌های مختلف مانند کاربری زمین، نوع پوشش گیاهی، معابر عمومی، منابع آب، و خاک هستند، برای منطقه شیراز دریافت و انحصار شدند. این داده‌ها به صورت چندطیفی هستند که هر باند اطلاعات خاصی را در بر می‌گیرد و قابلیت تحلیل چندبعدی را فراهم می‌کنند. همچنین، دقت در جمع‌آوری و نگهداری صحیح داده‌ها اهمیت زیادی دارد تا صحت و قابلیت اعتماد نتایج نهایی تضمین شود.

پیش‌پردازش داده‌ها

پیش‌پردازش داده‌ها یکی از مراحل حیاتی در فرآیند تحلیل است که کیفیت و دقت نتایج نهایی را تعیین می‌کند. این مرحله شامل چندین اقدام مهم است:

- ۱) تصحیح هندسی
- ۲) تصحیح اتمسفری
- ۳) طبقه‌بندی نظارت شده

پیاده‌سازی روش MLC

پس از آماده‌سازی داده‌ها، مرحله پیاده‌سازی مدل MLC انجام می‌شود. در این مرحله، با استفاده از نرم‌افزارهای تخصصی و الگوریتم‌های یادگیری ماشین، داده‌ها در دسته‌بندی‌های مختلف قرار می‌گیرند. این مدل می‌تواند طیف وسیعی از طبقات، مانند مناطق مسکونی، فضاهای سبز، معابر، منابع آبی و خاک را شناسایی کند. با استفاده از ۵ کلاس جهت طبقه‌بندی نظارت شده استفاده گردیده است، کلاس‌ها شامل (معابر، مناطق مسکونی، آب، خاک، فضای سبز بوده است) در هر کلاس به میزان بسیار مناسب تلفیق میدانی و کارشناسی شده در هر کلاس نمونه برداری

^۸ CNN

$$\left[(\hat{y}_i - y_i) \log(1 - 1) + (\hat{y}_i - y_i) \log \right] \sum_{i=1}^N \frac{1}{N} = L(\theta)$$

در ارتباط فرمول، y_i برچسب واقعی نمونه و $\hat{y}_i$ پیش‌بینی مدل است. هدف آموزش شبکه، حداقل‌سازی این تابع هزینه است تا دقت پیش‌بینی‌ها افزایش یابد و شباهت بیشتری با داده‌های واقعی برقرار شود. پس از آموزش، نتایج به دست آمده در قالب نقشه‌های تفکیک و تحلیل وضعیت منطقه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند تا تصمیمات شهرسازی هوشمندانه‌تر و موثرتر اتخاذ شود.

فرمول دیگر، تابع فعال‌سازی خروجی است که در مدل‌های طبقه‌بندی باینری، اغلب به صورت

$$\sigma(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}} \quad \text{رابطه ۴}$$

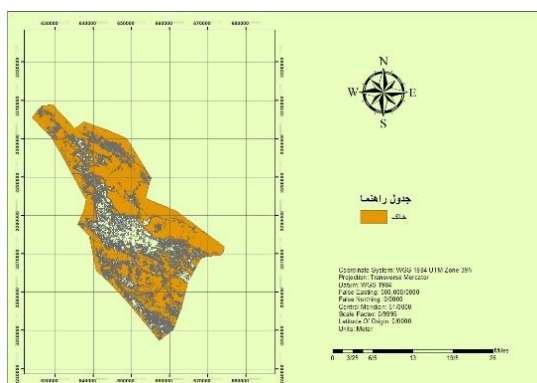
سیگموئید است:

یافته‌های پژوهش

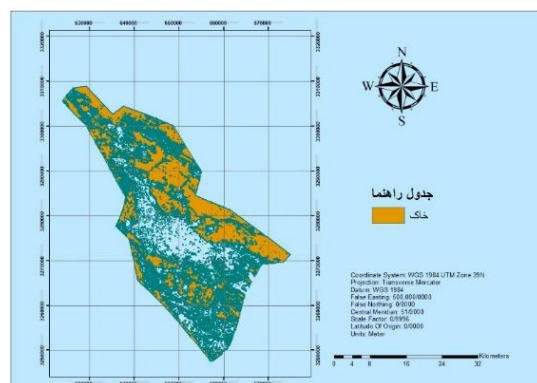
در این تحقیق، دو روش مجزا، یعنی روش طبقه‌بندی چندسطحی و شبکه‌های عصبی، به طور مستقل مورد آزمایش و بررسی قرار گرفتند تا کارایی آن‌ها در تحلیل و مدیریت کاربری زمین در شهر شیراز مقایسه شود. هدف از این مطالعه، ارزیابی هر یک از این فناوری‌ها در شناسایی دقیق و طبقه‌بندی مناطق مختلف شهری، برآورد وضعیت فضایی و زیست‌محیطی، و ارائه پیشنهاداتی برای سیاست‌گذاری و مدیریت شهری بود. یافته‌های اصلی نشان می‌دهد که هر دو روش در بهبود فرآیندهای تحلیل داده‌های سنجش از دور نقش مهمی ایفا می‌کنند، اما در عین حال، تفاوت‌های قابل توجهی در عملکرد آن‌ها وجود دارد. در مقایسه، روش شبکه‌های عصبی توانسته است دقت بالاتری در طبقه‌بندی و تفکیک کاربری‌های مختلف شهری ارائه کند، به‌خصوص در مناطق پیچیده و با ویژگی‌های چندبعدی، که این امر به دلیل توانایی مدل‌سازی روابط غیرخطی و استخراج ویژگی‌های پنهان در داده‌ها است. در مقابل، روش MLC نیز در طبقه‌بندی سلسله‌مراتب

که در آن Z ترکیبی خطی از ورودی‌ها و وزن‌ها است. این تابع، در کنار تابع هزینه، کمک می‌کند تا خروجی مدل، میزان احتمال هر کلاس را نشان دهد. در نهایت، پس از آموزش، مدل می‌تواند وضعیت‌های مختلف شهری، تغییرات کاربری، زلزله، آلودگی و بحران‌های زیست‌محیطی را به صورت طبقه‌بندی شده و نقشه‌های فضایی ارائه کند. این نتایج به مدیران شهری در تصمیم‌گیری‌های سریع و هدفمند کمک می‌کند و منجر به توسعه هوشمند و پایدار کلان‌شهر شیراز می‌شود.

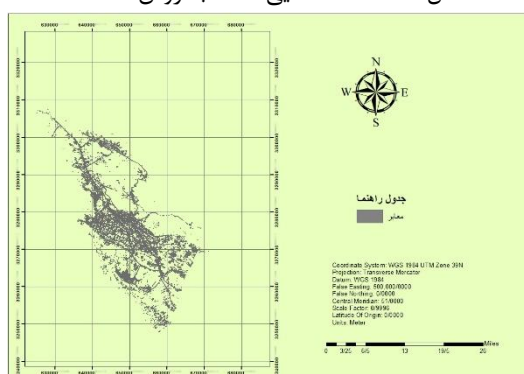
و چندسطحی عملکرد قابل قبولی داشته است، اما در مقایسه با شبکه‌های عصبی، دقت و انعطاف‌پذیری کمتری نشان داده است. بر اساس نتایج به دست آمده، هر دو فناوری توانسته‌اند رابطه معناداری میان ویژگی‌های جغرافیایی، شاخص‌های زیست‌محیطی و کاربری زمین برقرار کنند، اما مدل‌های مبتنی بر شبکه عصبی، بهتر قادر به تحلیل روابط پیچیده و ارائه برآوردهای دقیق‌تر هستند. در نتیجه، در ارزیابی نهایی، شبکه‌های عصبی با ارائه نتایج دقیق‌تر و حساس‌تر، در پیاده‌سازی فرآیندهای تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری‌های شهری کارآمدتر عمل می‌کنند. در مجموع، یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که هر دو روش در تحلیل داده‌های سنجش از دور ارزشمند هستند و بسته به نیاز و شرایط خاص هر پروژه، می‌توان یکی از آن‌ها را انتخاب یا در کنار یکدیگر مورد استفاده قرار داد تا مقایسه و ارزیابی تطبیقی صورت گیرد و بهترین نتایج به دست آید. این مطالعه، نقش مهم فناوری‌های یادگیری ماشین در توسعه شهر شیراز و مدیریت هوشمندانه فضای شهری را به خوبی نشان می‌دهد.



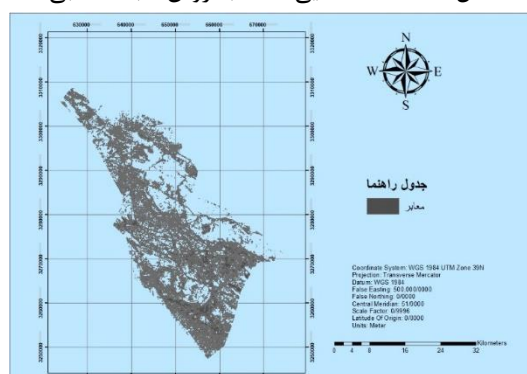
شکل ۳. نقشه شناسایی خاک به روش MLC



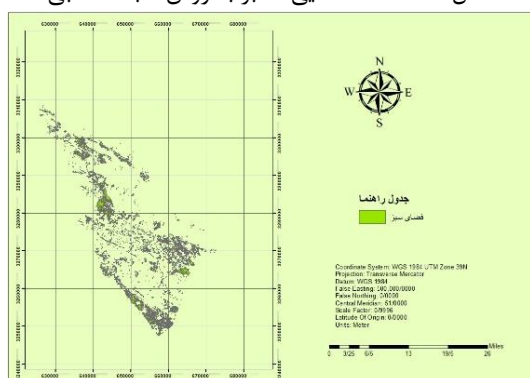
شکل ۲. نقشه شناسایی خاک به روش شبکه عصبی



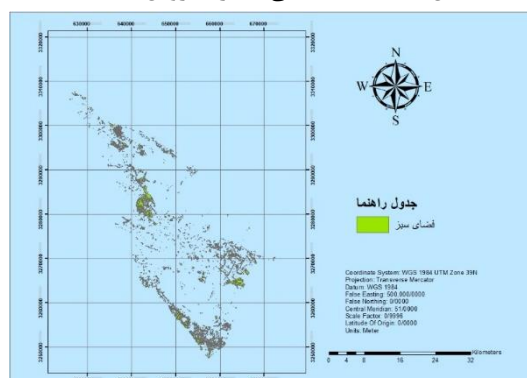
شکل ۵. نقشه شناسایی مغایر به روش شبکه عصبی



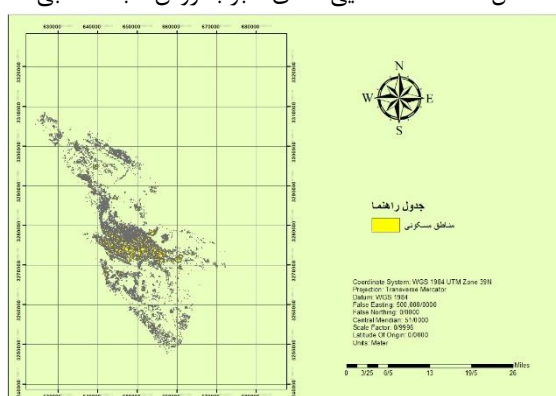
شکل ۴. نقشه شناسایی مغایر به روش MLC



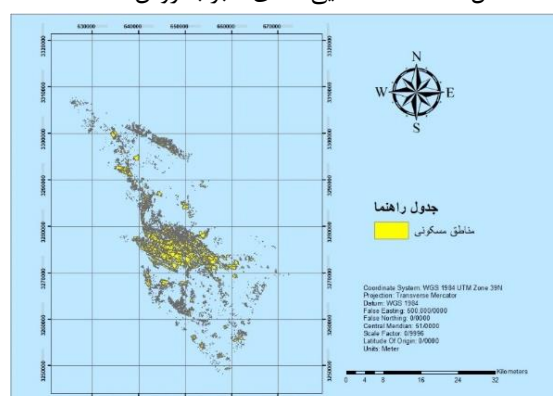
شکل ۷. نقشه شناسایی فضای سبز به روش شبکه عصبی



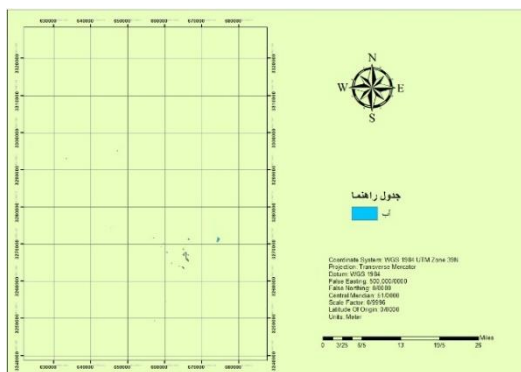
شکل ۶. نقشه شناسایی فضای سبز به روش MLC



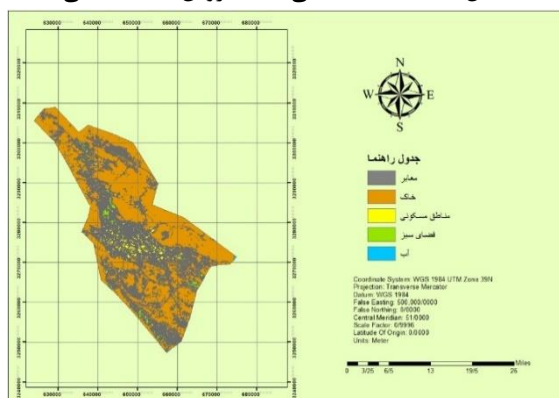
شکل ۹. نقشه شناسایی مناطق مسکونی به روش شبکه عصبی



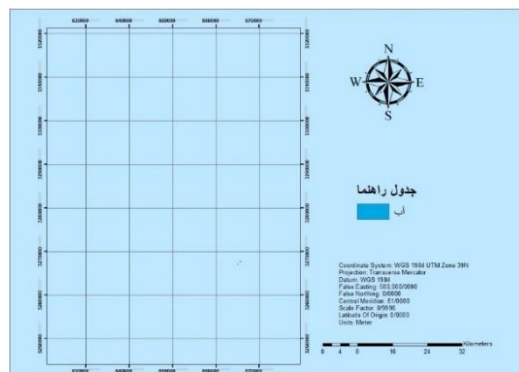
شکل ۸. نقشه شناسایی مناطق مسکونی به روش MLC



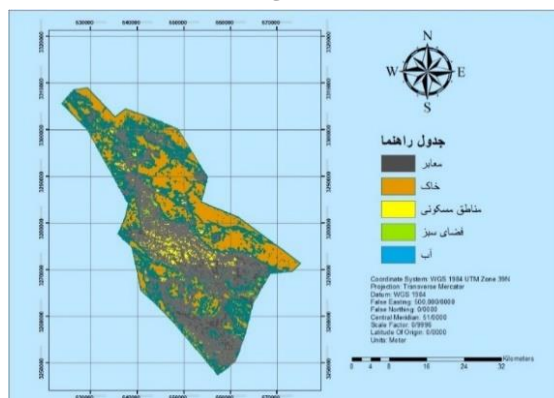
شکل ۱۱. نقشه شناسایی آب به روش شبکه عصبی



شکل ۱۳. نقشه نهایی به روش شبکه عصبی



شکل ۱۰. نقشه شناسایی آب به روش MLC



شکل ۱۲. نقشه نهایی به روش MLC

در بهبود سیاست‌های توسعه پایدار، حفاظت از اراضی و جلوگیری از توسعه بی‌رویه نقش کلیدی ایفا می‌کند. هدف اصلی ما در این مطالعه، داشتن یک نقشه دقیق و قابل اعتماد برای مدیریت زمین در منطقه شیراز بوده است.

شکل ۴ و شکل ۵ با موضوع نقشه معابر، یکی از گروه ۵ گانه طبقه‌بندی به روش نظارت‌شده است که در محدوده کلان شهر شیراز انجام شده است. این نقشه نشان دهنده مساحت حدود ۳,۳۶۲,۷۳۴ هکتار در روش MLC و مساحت ۱۰۸,۳۳۹ هکتار در روش شبکه عصبی از معابر و مسیرهای دسترسی اصلی و فرعی در برای طبقه‌بندی بهره‌برداری شده و نتایج نشان‌دهنده و انطباق آن‌ها با یک دیگر از دقت بالا روش شبکه‌های عصبی نسبت به بیشترین احتمال برای ما به نمایش قرارداده شده است. شناسایی و

شکل ۲ و شکل ۳ با موضوع نقشه خاک، یکی از گروه ۵ گانه طبقه‌بندی به روش نظارت‌شده است که در محدوده کلان شهر شیراز انجام شده است. این نقشه نشان‌دهنده مساحت حدود ۶,۴۸۵,۵۰۹ هکتار در روش MLC و مساحت ۹,۰۳۳,۸۸۷ هکتار در روش شبکه عصبی از زمین‌های خاکی و بایر در منطقه است. برای طبقه‌بندی بهره‌برداری شده و نتایج نشان‌دهنده و انطباق آن‌ها با یک دیگر از دقت بالا روش شبکه‌های عصبی نسبت به بیشترین احتمال برای ما به نمایش قرارداده شده است. شناسایی دقیق خاک‌ها و ارزیابی زمین‌های بایر، نقش مهمی در تعیین کاربری‌های مناسب و برنامه‌ریزی‌های هدفمند در توسعه شهری دارد. این اطلاعات به مدیران شهری کمک می‌کند تا در تخصیص منابع و تدوین سیاست‌های توسعه، تصمیم‌های جامع‌تری اتخاذ کنند. در ضمن، این نقشه

نقشه‌برداری مسیرهای دسترسی، نقش حیاتی در برنامه‌ریزی‌های هدفمند و توسعه زیرساخت‌های شهری ایفا می‌کند. این اطلاعات به مدیران شهری کمک می‌کند تا در جهت هدف‌گذاری و تخصیص منابع، تصمیم‌های دقیق‌تر و کارآمدتری اتخاذ کنند. همچنین، این نقشه راه را برای مدیریت موثر ترافیک، بهبود مسیرهای عبور و توسعه فضای شهری هموار می‌سازد. در نهایت، نتیجه این مطالعه، ابزار ارزشمندی در جهت توسعه پایدار و بهبود روندهای مدیریت شهری در شیراز است.

شکل ۶ و شکل ۷ با موضوع نقشه فضای سبز، یکی از گروه ۵ گانه طبقه‌بندی به روش نظارت‌شده است که در محدوده کلان شهر شیراز انجام شده است. این نقشه نشان دهنده مساحت حدود ۵۵۷۰۴۸ هکتار در روش MLC و مساحت ۹۷۰۷۲۸ هکتار در روش شبکه عصبی از فضای سبز، شامل پارک‌ها، بوستان‌ها و فضای سبز شهری است. برای طبقه‌بندی بهره‌برداری شده و نتایج نشان‌دهنده و انطباق آن‌ها با یک دیگر از دقت بالا روش شبکه‌های عصبی نسبت به بیشترین احتمال برای ما به نمایش قرارداد شده است. شناسایی و نقشه‌برداری فضای سبز شهری و هم‌راستایی آن با عوامل زیست‌محیطی، نقش مهمی در توسعه پایدار و تحقق اهداف برنامه‌ریزی شهری دارد. این اطلاعات به مدیران شهری کمک می‌کند تا استراتژی‌های مناسب در نگهداری، توسعه و بهره‌برداری از فضای سبز به کار گیرند و روندهای تغییرات را بهتر مدیریت کنند. همچنین، این نقشه ابزار مؤثری در ارزیابی اثرات زیست‌محیطی و حفظ اکوسیستم شهری است. در مجموع، این مطالعه نشان می‌دهد که فناوری‌های نوین در نظارت بر فضاهای سبز و برنامه‌ریزی بلندمدت، نقش بسزایی ایفا می‌کنند.

شکل ۸ و شکل ۹ با موضوع نقشه مناطق مسکونی، یکی از گروه ۵ گانه طبقه‌بندی به روش نظارت‌شده است که در محدوده کلان شهر شیراز انجام شده است. این نقشه نشان دهنده مساحت حدود ۱۰۳۴۱۰۵۵۶ هکتار در روش MLC و مساحت ۱۴۱۰۹۸۳ هکتار در روش شبکه عصبی از مناطق مسکونی در شهر است. برای طبقه‌بندی بهره‌برداری شده و نتایج نشان‌دهنده و انطباق آن‌ها با یک دیگر از دقت بالا روش شبکه‌های عصبی نسبت به بیشترین احتمال برای ما به نمایش قرارداد شده است. این تحلیل، با دقت بسیار مناسب، امکان رصد و شناخت دقیق‌تر مناطق مسکونی را فراهم می‌کند و نقش مهمی در توسعه و برنامه‌ریزی مدیریت شهری دارد. اطلاعات این نقشه می‌تواند در تخصیص منابع، برنامه‌ریزی راه‌های توسعه، و بهبود زیرساخت‌های سکونتی مورد استفاده قرار گیرد. علاوه بر این، استفاده از این نقشه در تصمیم‌گیری‌های شهری، پایداری و توسعه بلندمدت منطقه را تضمین می‌کند. در نتیجه، این مطالعه اهمیت فناوری‌های نوین در تحلیل و مدیریت مناطق مسکونی در شهر شیراز را برجسته می‌سازد.

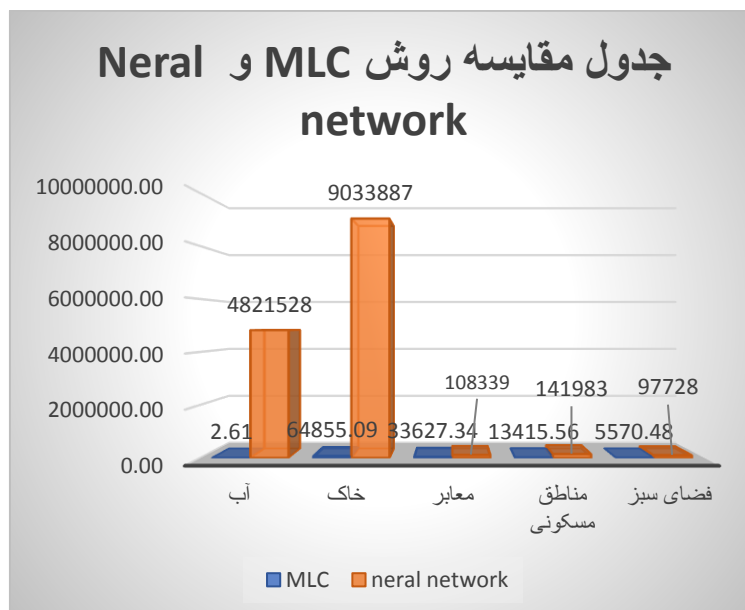
شکل ۱۰ و شکل ۱۱ با موضوع نقشه آب، یکی از گروه ۵ گانه طبقه‌بندی به روش نظارت‌شده است که در محدوده کلان شهر شیراز انجام شده است. این نقشه نشان دهنده شناسایی حدود ۲۰۶۱ هکتار در روش MLC و مساحت ۴۰۸۲۱۰۵۲۸ هکتار در روش شبکه عصبی از حوزه‌های آب‌گیر، منابع آب سطحی و زیرسطحی در منطقه است. برای طبقه‌بندی بهره‌برداری شده و نتایج نشان‌دهنده و انطباق آن‌ها با یک دیگر از دقت بالا روش شبکه‌های عصبی نسبت به بیشترین احتمال برای ما به نمایش قرارداد شده است. این تحلیل با دقت بالا، امکان رصد و مدیریت منابع آبی

در شهر شیراز را تسهیل می‌کند و گامی مهم در راستای توسعه اهداف مدیریت شهری است. اطلاعات ارائه شده در این نقشه، می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های لازم برای حفاظت، بهره‌برداری پایدار و بهبود زیرساخت‌های آبی شهر، نقش موثری ایفا کند. بهره‌گیری از این نقشه‌ها در فرآیند تصمیم‌گیری، نه تنها کارایی را افزایش می‌دهد، بلکه به پایداری و توسعه بلندمدت منطقه کمک می‌کند. در نتیجه، این مطالعه، نشان‌دهنده اهمیت فناوری‌های پیشرفته در مدیریت منابع طبیعی و شهری است.

شکل ۱۲ و شکل ۱۳ با موضوع نقشه نهایی، شامل ادغام گروه ۵ گانه طبقه‌بندی به صورت نظارت‌شده است که در محدوده کلان شهر شیراز ارائه شده است. نقشه شماره ۱۲ به روش بیشترین احتمال و نقشه شماره ۱۳ به روش شبکه‌های عصبی تهیه شده و نتایج حاکی از انعطاف‌پذیری و دقت بالا در شناسایی و تفکیک انواع مختلف کاربری‌ها و مناطق شهری است. در فرآیند تولید نقشه، داده‌های گام به گام با دقت جمع‌آوری، تحلیل و پردازش شده و نتیجه نهایی، نقشه‌ای جامع و قابل اعتماد ارائه می‌دهد. میزان تطابق این نقشه با یک دیگر، نمایان‌کننده این است شبکه‌های عصبی به صورت جزئی‌تر و محتوا دقیق‌تر نسبت به روش بیشترین احتمال دستاورد خود را به نمایش قرارداده است. که نشان از صحت و کارایی بالای روش به‌کار رفته دارد. این دقت بالا می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های شهری، مدیریت منابع و توسعه زیرساخت‌ها نقش حیاتی ایفا کند. هم‌چنین، این نقشه می‌تواند به عنوان ابزار مهم در برآورد نیازهای آینده، تحلیل روندها و تصمیم‌گیری‌های راهبردی شهری مورد استفاده قرار گیرد. این پروژه، گامی مؤثر در جهت

بهبود مستمر نقشه‌های مکانی و افزایش جامعیت و صحت مدل‌های طبقه‌بندی است. در نهایت، این نتایج نشان می‌دهد که ترکیب روش‌های نظارت‌شده و ادغام چندگانه گروه‌های طبقه‌بندی، راهکار کارآمدی برای تحلیل‌های پیچیده شهری به شمار می‌رود.

شکل ۱۴ با موضوع جدول شناسایی عوارض به میزان هکتار در محدوده کلان شهر شیراز، در قالب ۵ گروه طبقه‌بندی نظارت‌شده، ارائه شده است. این عوارض شامل اراضی مختلف مانند معابر، خاک، آب، فضاهای سبز، مناطق مسکونی و سایر کاربری‌ها می‌باشد که در مساحت کل ۱۱۷,۴۷۱.۰۸ هکتار در منطقه مورد پردازش قرار گرفته است. در این فرآیند، از روش بیشترین احتمال و روش شبکه‌های عصبی برای طبقه‌بندی دقیق و سریع داده‌ها استفاده شده است و نتایج حاکی از تطابق این دو روش با یک دیگر است که نشان‌دهنده صحت بالا و کارایی این روش است. این مدل، پس از پیاده‌سازی، به تحلیل داده‌ها و شناسایی الگوهای فضایی کمک می‌کند و قابلیت طبقه‌بندی مؤثر عوارض مختلف را فراهم می‌سازد. داده‌های طبقه‌بندی شده، نقش مهمی در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی، برنامه‌ریزی توسعه شهری، حفاظت و مدیریت منابع طبیعی ایفا می‌کنند. اطلاعات به دست آمده از این تحلیل، مدیران شهری را در تدوین سیاست‌ها، تصویب طرح‌های بلندمدت و بهبود بهره‌برداری از اراضی یاری می‌رساند. این نقشه و مدل، ابزار کارآمدی برای تسهیل مدیریت و نظارت بر توسعه منطقی و پایدار در کلان شهر شیراز است. در نتیجه، این مطالعه نشان می‌دهد که فناوری‌های نوین و الگوریتم‌های پیشرفته، نقش کلیدی در بهبود فرآیندهای تصمیم‌گیری در مدیریت شهری دارند.



شکل ۱۴. جدول مقایسه روش MLC و شبکه عصبی به هکتار

نتیجه‌گیری

در مقایسه روش‌های MLC و شبکه‌های عصبی در حوزه تحلیل داده‌های شهری و سنجش از دور، هر کدام نقش کلیدی و تاثیرگذاری در ارائه الگوهای بهینه مدیریت شهری ایفا می‌کنند. روش MLC به دلیل توانایی بالای در تفکیک و طبقه‌بندی داده‌های چندبعدی، در مواردی که حجم داده‌ها محدود است و نیاز به تصمیم‌گیری سریع و قابل تفسیر داریم، بسیار مؤثر عمل می‌کند. این روش معمولاً تنظیمات کمتری نیاز دارد و ساده‌تر در پیاده‌سازی است، به همین دلیل در برخی پروژه‌های شهری و تحلیل‌های منطقه‌ای مانند شهر شیراز، کاربرد گسترده‌تری پیدا می‌کند. همچنین، قدرت تفکیک خطی و غیرخطی که در MLC وجود دارد، آن را برای تحلیل‌های سنجش از دور، که معمولاً با داده‌های حجیم و چند بعدی مواجه هستند، مناسب می‌سازد. از طرف دیگر، شبکه‌های عصبی، به ویژه نوع عمیق آن‌ها، توانایی مدل‌سازی روابط پیچیده، الگوهای پنهان و روابط غیرخطی بین داده‌های مختلف را دارند. این فناوری در تحلیل‌های مرتبط با تغییرات آلودگی، تغییرات کاربری اراضی، رشد جمعیت و زیرساخت‌های شهری در منطقه شیراز، بسیار مؤثر است. شبکه‌های عصبی قادرند با یادگیری

از داده‌های حجیم و متنوع، پیش‌بینی‌هایی دقیق‌تر و جامع‌تر ارائه دهند، اما در مقابل، نیازمند آموزش‌های طولانی، مجموعه داده‌های بزرگ و منابع محاسباتی قوی هستند. این امر ممکن است در برخی موارد محدودیت‌هایی را برای پروژه‌های کوتاه‌مدت و با بودجه محدود ایجاد کند. در منطقه شیراز، که از نظر تنوع داده‌ها، ویژگی‌های جغرافیایی و اقلیمی غنی است، امکان بهره‌گیری همزمان از هر دو روش وجود دارد. به عنوان مثال، می‌توان از MLC برای طبقه‌بندی سریع ویژگی‌های منطقه و از شبکه‌های عصبی برای تحلیل عمیق‌تر و پیش‌بینی‌های بلندمدت و شناخت روابط پنهان بهره برد. همچنین، ترکیب این دو رویکرد، روش‌های هیبریدی، می‌تواند دقیقاً نیازهای مدیریت شهری شیراز را برآورده سازد و نتایج بهتر و قابل اعتمادتر ارائه دهد. در واقع، این تلفیق می‌تواند مزایای هر دو فناوری را در کنار هم قرار دهد و ضعف‌های آنها را تا حد زیادی کاهش دهد. علاوه بر این، در فرآیندهای تصمیم‌گیری شهری، رویکردهای تلفیقی می‌توانند به تصمیم‌گیران کمک کنند تا تصویر کامل‌تری از وضعیت کنونی و روندهای آینده منطقه داشته باشند. این اهمیت زمانی بیشتر می‌شود که پایش و ارزیابی مداوم تغییرات شهری، با استفاده از فناوری‌هایی مانند

استفاده قرار گیرد، و در عین حال، از روش MLC برای تحلیل سریع و تصمیم‌گیری‌های فوری بهره‌گیری شود. این رویکرد چندسطحی می‌تواند به شهرداری‌ها و مدیران منطقه‌ای کمک کند که با دقت و کارآمدی بیشتری به مشکلات شهری پاسخ دهند و برنامه‌ریزی منطقی و هوشمندانه‌تری انجام دهند. در نهایت، توسعه مدل‌های هیبریدی و بکارگیری فناوری‌های جدید، راهکاری نوین برای مدیریت بهتر و پایداری شهر شیراز در آینده می‌تواند باشد.

انتشارات سازمان جغرافیایی وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح
۱۳۷۹،

۱۳) بررسی ارتباط بین گسترش شهری و دمای زمین با کاهش پوشش گیاهی بوسیله سنجش از دور در شهر شیراز (حمیدرضا اقبال پور شیرازی ۱۳۹۶)

14) Paskin, J. (2007). Urban Remote Sensing: The Role of Earth Observing Satellites. Remote Sensing of Environment, 120, 127-135.

Bhatta, B. (2010). Remote Sensing and Urban Planning. Springer Series on Environmental Management.

15) Cocchia, A. (2014). Smart and Digital City: The Impacts of Information and Communication Technologies (ICTs) on Urban Areas. The 4th International Workshop on Smart Cities.

16) Kitchin, R. (2014). The Data Revolution: Big Data, Open Data, Data Infrastructures and Their Consequences. SAGE Publications.

17) Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. M. (2015). Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives. Journal of Urban Technology, 22(1), 3-21.

18) Batty, M., et al. (2012). Smart Cities of the Future. The European Physical Journal Special Topics, 214(1), 1-9.

19) Alawadhi, S., et al. (2012). Building Understanding of Smart City Initiatives through Ontological Approaches. International Journal of Information Management, 32(4), 220-236.

20) Hashem, I. A. T., et al. (2016). The Role of Big Data in Smart City Development: A Literature Review. MDPI Sustainability, 8(8), 686.

21) Zhou, Y., & Hsiao, H. (2018). A Review of Smart City Developments in China: Current News and Future Direction. Sustainable Cities and Society, 41, 67-75.

Zhou, Z., & Wang, H. (2019). Urban Resilience and Integrating Innovation in Smart City Initiatives Stakeholders' Perspectives. Cities, 90, 54-64.

سنجش از دور، نیازمند دقت و سرعت بالاست. در نتیجه، استفاده از روش‌های ترکیبی، همچنین نیازمند توسعه ابزارهای نرم‌افزاری هوشمند، آموزش نیروی انسانی متخصص و سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین است. در نهایت، باید گفت که انتخاب بین این دو روش یا تلفیق آنها باید بر اساس نیازهای خاص پروژه، محدودیت‌های منابع، کیفیت و حجم داده‌ها، و هدف نهایی مدیریت شهری باشد. در پروژه‌های استراتژیک بلندمدت، پیشنهاد می‌شود که شبکه‌های عصبی برای تحلیل‌های عمیق‌تر و پیش‌بینی‌های بلندمدت مورد

منابع

- ۱) اسماعیل شیعه، ۱۳۹۷: مدیریت شهری و برنامه ریزی فضایی، تهران انتشارات دانشگاه
- ۲) اسماعیل شیعه، ۱۳۹۳: برنامه ریزی شهری در عصر دیجیتال، تهران انتشارات جامعه شناسی
- ۳) اسماعیل شیعه. ۱۳۹۱. کارگاه برنامه‌ریزی شهری. دانشگاه علم و صنعت ایران، مرکز انتشارات
- ۴) اینترنت آدم‌ها: تعریف شهر هوشمند، شهر هوشمند در کتاب "شهرهای هوشمند انسانی و پایدار" ۱۴۰۰. ریزپردازنده ۲۸۳-۳۰۰
- ۵) پل آر. ولف، مجید همراه. ۱۳۹۷. مبانی فتوگرامتری (نقشه‌برداری هوایی). دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
- ۶) محمد ابراهیم عقیقی عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد لارستان سال انتشار ۱۴۰۱ انتشارات ماهواره تحلیل نظری های برنامه ریزی شهری در جغرافیا
- ۷) جمشیدزهی، محمداکرم؛ کریمیان بستانی، مریم؛ حافظ رضازاده، معصومه (۱۴۰۱) تحلیل شاخص های شهر هوشمند در شهر زاهدان. فصلنامه مطالعات برنامه ریزی سکونتگاه های انسانی ۱۷، (۲). ۵۳۵-۵۴۶
- ۸) شیرین اعتضادزاده، سیدحسین حاتمی‌نژاد، رامین ضربی‌کناری. ۱۳۹۹. شهر هوشمند - شهر آینده؟: شهر هوشمند ۲۰ به عنوان شهر قابل زندگی و بازار آینده. پاپلی. کتاب امید
- ۹) علیرضا درخشان و همکاران، شهر هوشمند، شهر دانش محو ر، دومین کنفرانس شهر هوشمند،
- ۱۰) مرتضی نظری‌هریس، میرمهدی صفری، آرمین حسینی‌رضائی‌اصل، احسان صادقی. ۱۳۹۷. شهر هوشمند مبانی و تجهیزات. عصر زندگی
- ۱۱) اصول عکس های هوایی (رشته جغرافیا) ، دکتر بهلول علیجانی ، انتشارات دانشگاه پیام نور ، ۱۳۷۱
- ۱۲) اصول و مبانی سنجش از دور و تعبیر و تفسیر تصاویر هوایی و ماهواره ای ، لیلساند و کی فر ، ترجمه مهندس حمید المامیریان ،

An Optimized Smart City Framework for Advancing Urban Management Objectives Using Remote Sensing Techniques :A Case Study of Shiraz Metropolis

Abstract

In recent decades, the rapid growth and expansion of metropolitan areas have generated complex challenges in domains such as environmental management, transportation, energy and water resources, waste disposal, and the preservation of green spaces. Addressing these challenges requires the integration of innovative, technology-driven approaches capable of enhancing decision-making processes and promoting both sustainable development and the realization of smart cities. A smart city, as a multidisciplinary and technologically advanced concept, enables systematic monitoring, analysis, and efficient management of urban infrastructures and datasets. This study introduces a proposed framework for the intelligent management of Shiraz metropolitan area, based on the combined application of remote sensing technologies and artificial neural networks. Subsequently, multi-level classification (MLC) techniques are employed to structure and classify multidimensional urban datasets into meaningful categories. Such classification allows for the identification of urban areas according to criteria such as population density, accessibility to public services, distribution of green spaces, and energy consumption levels. The outcome is the generation of more accurate and up-to-date urban maps, designed to support faster and more precise data-driven decision-making. The integration of deep learning methods, particularly neural networks, provides the capacity to model and predict hidden and complex interrelations among diverse urban variables. This capability supports the identification of critical zones, prioritization of intervention areas, forecasting of urban transformation trends, and optimal allocation of resources. Consequently, the proposed model can significantly contribute to the planning of public transportation, resource distribution, crisis management, and sustainable urban development. Overall, the findings of this study aim to enhance urban planning, policy-making, and the implementation of development projects. The proposed framework not only strengthens resource and infrastructure management efficiency in Shiraz but also offers a transferable model applicable to other cities confronting similar urban challenges worldwide.

Keywords : Smart City; Urban Management; Remote Sensing; Shiraz Metropolis

