ارزیابی شاخص‌های رشد هوشمند شهری با استفاده از داده‌کاوی مکانی (مورد شناسی: شهر یزد)

علی حسن‌آبادی (دانشجوی دکتری گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران)
سید علی المدرسی* (دکتری ژئومورفولوژی، دانشیار گروه سنجش از دور و GIS، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران)
احمد استقلال (استادیار گروه شهرسازی، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران)

تاریخ دریافت: ۱۴ خرداد ۱۳۹۹
تاریخ پذیرش: ۶ مهر ۱۳۹۹
صفحات: ۲۳۰-۲۱۱

کلید واژه‌ها:
رشد هوشمند، داده کاوی مکانی، یزد، ANP.

چکیده

هم‌اکنون برنامه‌های متعددی برای هوشمندسازی یزد درحال اجرا است، ولی به‌منظور حرکت هدفمند و همه‌جانبه به سمت شهر هوشمند یزد، تدوین یک چشم‌انداز روشن و واضح برای آن ضروری است. به‌منظور تضمین دستیابی به چشم‌انداز شهر هوشمند یزد، ذی‌نفعان باید ریسک‌های متعددی را مدیریت کنند که ازجملهٔ این ریسک‌ها می‌توان به ریسک‌های فناوری، پذیرش جامعه و پایداری محیطی اشاره کرد. این پژوهش با هدف ارزیابی شاخص‌های رشد هوشمند شهری با استفاده از داده کاوی مکانی در شهر یزد، به روش توصیفی-تحلیلی و با استفاده از مدل ANP انجام پذیرفت. داده‌های موردنیاز از طرح جامع شهری استخراج و ازنظر سیستم مختصات کنترل شد. زیرشاخص تراکم جمعیت در شاخص فشردگی و زیرشاخص مسیر ویژهٔ دوچرخه، اتوبوس و تاکسی در شاخص دسترسی و زیرشاخص بافت فرسوده، فضای سبز، کاربری تجاری در شاخص محیط‌زیست درنظر گرفته شدند. شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها از دیدگاه هوشمندسازی در ۵ منطقهٔ شهر یزد بررسی شدند. مطابق با نتایج تلفیقی در مدل ANP شاخص رشد هوشمند منطقهٔ تاریخی، با امتیاز ۰.۳۷ به‌عنوان منطقه‌ای با بیشترین ساختار رشد هوشمندانه شناخته شده‌است. پس از منطقهٔ تاریخی، منطقهٔ ۳ با اختلاف بسیار کمی با امتیاز ۰.۲ در ردهٔ بعدی قرار دارد. منطقهٔ ۲ با امتیاز ۰.۱۱ در انتها قرار گرفته‌است. منطقهٔ تاریخی که هستهٔ مرکزی شهر نیز محسوب می‌شود، دارای بافتی متراکم است. استقرار کاربری‌های اداری، تجاری، درمانی و... باعث مراجعهٔ شهروندان از سایر مناطق به این منطقه شده‌است.

** نویسنده مسئول: دکتر سید علی المدرسی
پست الکترونیک: Almodaresi@iauyazd.ac.ir

مقدمه

امروزه مدیران با پدیده ای به‌نام شهرنشینی روبه‌رو هستند و شهرهای امروزی که تقریباً نیمی از جمعیت جهان در آن‌ها زندگی می‌کنند، به‌عنوان شبکه‌ها و سیستم‌های پیچیده‌ای در نظر گرفته‌شده و از اجزایی مانند: شهروندان، صنایع و کسب‌وکار، حمل‌ونقل، ارتباطات، زیرساخت های انرژی، خدمات شهری و دیگر زیرسیستم‌های شهری، تشکیل شده‌اند. برنامه‌ریزان و مدیران امور شهری اغلب با مشکل درگیربودن با موقعیت های پیچیدهٔ تصمیم گیری روبه‌رو هستند. این پیچیدگی، به طور عمده درنتیجهٔ این واقعیت است که تعداد بسیار زیادی از معیارهای مؤثرِ تصمیم گیری بایستی در نظر گرفته شوند و گاهی درک روابط درونی و متقابل میان معیارهای مختلف مشکل است (Witlox et al, 2009: 88).

در این میان قابلیت‌های سیستم‌های مبتنی بر کامپیوتر، کمک‌های قابل‌توجهی در زمینهٔ تصمیم‌گیری‌های گوناگون و پیچیده به برنامه‌ریزان شهری کرده است که در شهرهای هوشمند به‌کار گرفته می‌شود. در گذشته اکثر شهرها فاقد برنامه‌ریزیِ ازپیش‌اندیشیده بودند و شهرها به صورت تصادفی و بدون برنامه‌ریزی شکل گرفته‌اند، اما پس از انقلاب صنعتی با ظهور مسائل و مشکلات فراوان زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی و فرهنگی، توجه به برنامه ریزی و روند توسعهٔ شهرها ضرورت یافت (زیاری، ۱۳۸۱: ۶۹). با توجه به این نکته که شهرها سیستم های پیچیده، پویا، باز و خودسازمانده هستند؛ با مدل سازی سیستم پیچیدهٔ شهری می توان الگوهای فضایی و روندهای رشد شهری را شبیه‌سازی کرد تا به کمک آن درک بهتری از کلیت هویّت و مفهوم شهر به‌دست آورد (رضازاده و میراحمدی، ۱۳۸۸: ۳۸، رستمی‌گله و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۷۱). شهر هوشمند اصطلاحی بدیع نیست، اما در سال‌های اخیر با تمرکز بر استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات برای ایجاد و یکپارچه‌سازی زیرساخت‌ها و خدمات‌رسانی بهتر به شهروندان، این اصطلاح محبوبیت فراوانی پیدا کرده‌است و ابتکار عمل هایی برای هوشمندسازی شهرها به‌عنوان مدل های کاهش‌دهندهٔ معضلات محلی یا رافع مشکلات متداول شهری و تبدیل شهرها به مکانی بهتر برای امرارمعاش و زندگی مرفه به منصهٔ ظهور رسیده‌اند؛ به‌خصوص اگر مدیران و مهندسان به تحقق شهر پایدار و شهری سبز نائل شده‌باشند. شهر هوشمند تعاریف متنوعی دارد، زیرا مفهومی فازی است و برداشت دانشمندان از آن، ثابت و یکسان نیست.

وقتی شهر رشد می کند، درحقیقت نشانهٔ سلامت و رونق شهر است و توقف در رشد شهر نیز نشانهٔ بیماری آن و به مفهوم رکود شهر در ابعاد مختلف اقتصادی، اجتماعی، کالبدی و... است، ولی این سرعتِ خیلی‌زیاد رشد و توسعه، افقی است که می‌تواند زندگی شهر را دچار اختلال کند و پیامدهای منفی زیادی را به‌دنبال داشته باشد (عزیزپور و اسمعیل‌پور، ۱۳۸۸: ۲). لیکن تا به امروز تلاش های زیادی برای توجه به پایدارکردن توسعهٔ شهرها و بر ازبین‌بردن اثرات منفی گسترش پراکندهٔ شهرها به عمل آمده‌است. دراین‌راستا اشکال و الگوهای مختلفی برای توسعهٔ پایدار شهری و شهر پایدار ارائه شده‌است که از آن جمله می توان به الگوی رشد هوشمند شهری اشاره کرد که با دیدی سیستمی به شهر نگریسته و موجب توسعه و پایداری شهر در بلندمدت می‌شود.

رشد هوشمند به‌دنبال محدودکردن رشد نیست، بلکه سعی در وفق‌دادن مسئله به مسائل محیطی و اقتصادی و اجتماعی دارد. اهداف این تئوری این است که مردم را آگاهی دهد که چگونه توسعه می‌تواند کیفیت زندگی را ارتقا بخشد (زیاری و جانبابازاده، ۱۳۸۸: ۱۶)؛ بنابراین می‌توان گفت رشد هوشمند یعنی: «برنامه ریزی، طراحی و توسعهٔ جوامع برای افزایش

کیفیت های زندگی مانند حس مکان، فرهنگ و توزیع عادلانهٔ مزایای توسعه و حفاظت از محیط‌زیست» (عرفانیان، ۱۳۹۲: ۱۸۹).

با این مقدمه در این پژوهش، به ارزیابی شاخص‌های رشد هوشمند شهری با استفاده از داده‌کاوی مکانی در شهر یزد پرداخته می‌شود. گرچه توسعهٔ روش‌ها و ساخت مدل‌های جدید در داده‌کاوی مکانی موضوع اصلی دانش‌هایی نظیر شهرسازی یا مهندسی سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی نیست، اما پیاده‌سازی این روش‌ها در قالب مدل‌های تصمیم‌گیری یا تجزیه‌وتحلیل اطلاعات به‌وسیلهٔ آن‌ها به‌عنوان یکی از موضوعات اساسی و به‌عنوان دانشی بین‌رشته‌ای محسوب می‌شود؛ بنابراین درک مفاهیم و روش‌های به‌کاررفته در آن‌ها اهمیت فراوانی خواهدداشت. بدون شک یکی از اهداف اساسی در استفاده از چنین ابزارهایی استخراج اطلاعات ارزشمند و دستیابی به دانش لازم در یک فرایند تصمیم‌سازی است. آنچه در داده‌کاوی مکانی مورد تأکید است، انطباق آن با مدل‌های تصمیم‌سازی، بهبود کارکرد مفهومی و درنهایت تأکید بر جنبه‌های کاربردی و قابل‌تفسیر است. با توسعهٔ سامانه‌های پردازش اطلاعات مکانی و فراگیرشدن آن در زنجیرهٔ تصمیم‌سازی، انتظار می‌رود که به‌کارگیری روش‌های داده‌کاوی فضایی به‌عنوان یک نیاز ضروری بیش‌ازپیش معمول شود؛ بنابراین داده‌کاوی مکانی یکی از بهترین گزینه‌ها در تصمیم‌گیری در شهرهای امروزی و رشد هوشمند شهری است. با این مقدمه و لزوم بررسی رشد هوشمند شهری و توانایی بالای داده‌کاوی مکانی، تحقیق حاضر در پی پاسخگویی به سؤالات ذیل است:

≠ کدام‌یک از شاخص‌های درنظرگرفته‌شده در پژوهش دارای ارزش بیشتری در رشد هوشمند شهری در یزد است؟

≠ کدام‌یک از مناطق ۵گانهٔ یزد استعداد بیشتری درراستای رشد هوشمند شهری دارد؟

مبانی نظری و پیشینهٔ تحقیق

رشد هوشمند و شهر هوشمند

در معرفی مفهوم شهر هوشمند ما باید به برخی از سؤالات اساسی پاسخ دهیم. اول از همه: هدف از این مفهوم چیست؟ می‌توانیم بگوییم هدف این است که شهرهای امروزی را به شهرهای هوشمند تبدیل کنیم تا قادر به توسعهٔ پایدار در آینده باشیم که این مسئله منجر به ایجاد سؤال دیگری برای ما می‌شود: شهر هوشمند چگونه ساخته می‌شود؟ (Lacinak, 2017: 523 & Ristvej).

بین رشد هوشمند و شهر هوشمند تفاوت وجود دارد. اگر رشد هوشمند به‌عنوان گلدان[1] در ماهیّت فیزیکی مناطق شهری نقش داشته‌باشد، شهر هوشمند بخشی از آن و به‌عنوان محتوی[2] مناطق شهری است. ایدهٔ شهر هوشمند به‌دلیل دو شرط دینامیکی یا پویایی به‌وجود آمده‌است: اول، افزایش توسعهٔ تکنولوژی و دوم برطرف‌ساختن نیازهای مردم است. مفهوم شهر هوشمند نخستین‌بار توسط Dameri وCocchia در سال ۱۹۹۴ مطرح شد و از سال ۲۰۱۰ شمار انتشارات دربارهٔ شهر هوشمند به‌سرعت افزایش یافت. رشد هوشمند یکی از تلاش‌های کنترل مصرف منابع طبیعی است. اهداف شهر هوشمند ایجاد زندگی با کیفیت بالاست. رشد هوشمند، توسعه‌ای سالم در اقتصاد، محیط زیست و اجتماع است. مفهوم اصلی رشد هوشمند بدین قرار است: کاربری زمین مختلط یا ترکیبی، طراحی فشرده و مؤثر ساختمان‌ها در شهر، دسترسی آسان به محیط‌زیست با پیاده‌روی، داشتن حس قوی نسبت‌به مکان یا محیط، حفاظت از فضاهای باز، توسعه بر پایهٔ نیازهای جامعه، داشتن حق انتخاب وسایل حمل‌ونقل، تصمیم برای توسعهٔ منصفانه و مقرون‌به‌صرفه و براساس توافق مردم و سایر ذی‌نفعان (Susanti et al, 2016: 195). در جدول ۱ تعاریف شهر هوشمند از نظر تعدادی از محققان آورده شده‌است:

1. Pot
2. Content

جدول ۱. تعاریف شهر هوشمند

Harrison et al (۲۰۱۰: ۳۹۴)	**شهری متصل به زیرساخت‌های فیزیکی، زیرساخت‌های فناوری اطلاعات، زیرساخت‌های اجتماعی و زیرساخت‌های تجاری، درراستای استفاده از هوش جمعی شهر**
Chen (۲۰۱۰: ۳)	**شهرهای هوشمند از مزیت ارتباطات و توانایی سنسورها در زیرساخت های شهری برای بهینه سازی الکتریکی، حمل‌ونقل و دیگر عملیات تدارکاتی که از زندگی روزمره حمایت می‌کند، به‌منظور بهبود کیفیت زندگی برای همه استفاده می‌کند.**
Caragliu Et al (۲۰۱۱: ۶۸)	**شهری هوشمندانه است که سرمایه‌گذاری در سرمایه‌های اجتماعی، انسانی و فناوری اطلاعات و ارتباطات سنتی و مدرن، رشد اقتصادی پایدار و کیفیت بالای زندگی، با مدیریت خردمندانهٔ منابع طبیعی، از طریق حکمرانی مشارکتی، تأمین شود.**
Lazaroiu & Roscia (۲۰۱۲: ۳۲۹)	**جامعه‌ای که تا حد متوسطی از تکنولوژیِ متحد و پایدار، راحت، جذاب و امن برخوردار باشد.**
Mohanty (۲۰۱۶: ۵۵)	**شهر هوشمند، مکانی است که در آن شبکه‌ها و خدمات سنتی با استفاده از فناوری‌های اطلاعاتی، دیجیتال و ارتباطات دوربرد برای بهبود فعالیت‌ها و عملکردها، به نفع ساکنان آن مکان، انعطاف‌پذیر، کارآمد و پایدار ساخته می‌شوند. شهرهای هوشمند سبزتر، امن‌تر، سریع‌تر و دوستانه‌تر هستند.**

(منبع: Susanti et al, 2013: 195)

تکاملِ مفهوم شهر هوشمند به‌وسیلهٔ ترکیبی پیچیده از فناوری‌ها، عوامل اجتماعی و اقتصادی، تدارکات حکومتی و سیاست‌گذاران و اقتصاددانان شکل می‌گیرد؛ بنابراین اجرای مفهوم شهر هوشمند مسیرهای متنوعی را که بستگی به سیاست‌ها یا خط‌مشی‌های مختص هر شهر، اهداف، تأمین بودجه و گسترهٔ آن دارد، دنبال می‌کنند. هر تعریف کارآمدی از یک شهر هوشمند نیاز به ترکیب شرایط فوق دارد و درعین‌حال نیز می‌بایست قادر به درک بهتر از عملکرد خوب، پتانسیل مقیاس‌بندی و توسعهٔ سیاست‌های مربوطه باشد (Manville et al، ۲۰۱۴: ۲۱). شهرهای هوشمند درراستای نیل به ارتقای کیفیت زندگیِ شهروندان از ترکیب اهداف متعدد سیاسی/ حکمرانی، اقتصادی، اجتماعی و همچنین گستره‌ای از مفاهیم مرتبط با شهرهایی انسان‌محور مواجه هستند. در جدول زیر مفاهیم موفقیت در شهرهای آینده گویا شده‌است.

جدول ۲. شهرهای آینده: مفاهیم موفقیت

حکمرانی	اقتصادی	اجتماعی	قلمرو
شهرهای موفق	**شهرهای کارآفرین**	**شهرهای مشارکتی**	**باغ شهرها**
شهرهای هوشمند	**شهرهای رقابتی**	**شهرهای پیاده‌مدار**	**شهرهای پایدار**
شهرهای مولد	**شهرهای تولیدکننده**	**شهرهای متحد و یکپارچه**	**اکوشهرها**
شهرهای کارآمد	**شهرهای خلاق و نوآور**	**شهرهای جامع و کامل**	**شهرهای سبز**
شهرهای مدبر	**شهرهای تجاری دوستانه**	**شهرهای دادگر**	**شهرهای فشرده**
شهرهای باهوش	**شهرهای جهانی**	**شهرهای باز**	**شهرهای هوشمند**
شهرهای آینده	**شهرهای تاب‌آور**	**شهرهای زیست‌پذیر**	**شهرهای تاب‌آور**

(منبع: Beretta, 2018: 114)

شاخص‌ها و ویژگی‌های شهر هوشمند

یک شهر هوشمند نیاز به ابزارهایی دارد تا قادر به کمک به مدیریت کارآمد و هماهنگی بین خدمات مختلف موجود باشد. مهم است که طراحی و پیاده‌سازی راه‌حل‌ها برای مدیریت شهری بر پایهٔ دانش دولت محلی شهر که اجازه می‌دهد اطلاعات را با خدمات ثالثی به اشتراک بگذاریم و بدین‌ترتیب کیفیت زندگی در داخل شهر را ارتقا دهیم، باشد (Cecilio 2018: 417 et al,). شهرهای هوشمند اغلب به‌عنوان کهکشانی از ادوات و وسایل در مقیاسی وسیع متصور می‌شوند که از طریق شبکه‌های متعددی باهم در ارتباط‌اند و اطلاعات مداومی را دربارهٔ حرکات افراد ازنظر جریان تصمیم‌گیری شکل فیزیکی و اجتماعی شهر ارائه می‌دهند. شهرهایی هوشمندند که دارای کارکردهای اطلاعاتی باشند که قادر به ادغام و ترکیب داده‌ها با بعضی اهداف، راه‌های بهبود کارایی، عدالت، پایداری و کیفیت زندگی در شهرها باشند (Batty et al، ۲۰۱۲: ۴۸۲). به‌طورکلی تمامی راه‌حل‌های شهر هوشمند باید از پس حجم بزرگی از داده‌های متنوع، گوناگون و حقیقی بربیاید. داده‌های آشکار یا مشخص به‌عنوان داده‌های ایستا یا بی‌حرکت، منبع اصلی اطلاعات در شهر نیستند، بلکه بیشتر مشکلات داده های بزرگ مرتبط با پلتفرم شهر هوشمند است که مربوط به داده‌های زمان واقعی، مانند جابه‌جایی خودروها و تحرک انسان‌ها در شهر، مصرف انرژی، مراقبت‌های بهداشتی و اینترنت اشیا است. به‌طوری‌که معماری شهر هوشمند باید قادر به استفاده از مقدار زیادی از داده‌هایی وسیع از چندین دامنه در سرعت‌های مختلف برای بهره‌برداری و تجزیه‌وتحلیل آن‌ها درجهت محاسبهٔ یکپارچهٔ اطلاعات چنددامنه‌ای، پیش‌بینی، تشخیص ناهنجاری برای هشدار زودهنگام و ارائهٔ پیشنهادها و توصیه‌هایی به کاربران و مسئولان شهری باشد (Badii et al, ۲۰۱۷ :۱۶). یک شهر هوشمند از سه مؤلفه یا ستون اصلی برای ارتقای کیفیت زندگی شهری برخوردار است:

۱- ارتقای کیفیت زندگی در یک مرکز برتر برای ارائهٔ خدمات به هر شهروند.

۲- ترویج توسعهٔ پایدار از طریق مدیریت هماهنگ خدمات عمومی که باعث افزایش بهره‌وری و صرفه‌جویی انرژی خواهدشد.

۳- کار برروی توسعهٔ اقتصادی، به‌طوری‌که شهر همچنان یک اهرم ضروری در توسعهٔ خدمات جدید و نوآوری در کسب‌وکار و فعالیت‌ها باشد (Budde, 2014: 11). یک شهر هوشمند از مجموعه‌ای از ویژگی‌ها و خصایص درونی و بیرونی، مرتبط با زندگی شهری همانند جدول ۳ تشکیل شده‌است.

جدول ۳. ابعاد یک شهر هوشمند و جنبه‌های مرتبط با زندگی شهری

ابعاد شهر هوشمند	جنبه‌های زندگی شهری
اقتصاد هوشمند	صنعت
مردم هوشمند	آموزش
مدیریت هوشمند	دموکراسی
جابه‌جایی هوشمند	زیرساخت‌ها و تدارکات
محیط‌زیست هوشمند	پایداری و کارآمدی
زندگی هوشمند	کیفیت و امنیت

(منبع: Lombardi et al, 2012: 66)

همان‌طور که از جدول فوق نمایان است، لازمهٔ رسیدن به شهری هوشمند و پایدار، دستیابی به شش شاخصهٔ اساسی است. یعنی شهری که بتواند اقتصادی فعال و دوستدار طبیعت، حکمروایی شهری دموکراتیک و پایبند به حقوق شهروندان، زیرساخت‌ها و خدمات زیربنایی مدرن و کارآمد و همچنین از مردمی آگاه و مطلع برخوردار باشد تا بتواند ضمن تأمین نیازهای ساکنان فعلی شهرها با کم‌ترین هزینه و مصرف انرژی، نیازهای نسل آینده برای داشتن محیطی قابل‌زیست را به مخاطره نیندازد.

نیاز شهرهای آینده به هوشمندسازی

با توجه به رشد روزافزون جوامع شهرنشین، مسائل و مشکلات زیادی نیز در تأمین نیازهای آنان پیش‌روی مسئولان و مدیران شهری به‌وجود خواهدآمد؛ از تأمین مسکن، آب و برق گرفته تا دیگر نیازهای فراغتی، فضای سبز و... . امروزه دیگر مشکلات و محدودیت هایی که منطقه‌بندی‌های کاربری سنتی که تنها زمین شهری را با توجه به ساکنان و فعالیت‌هایشان بر پایهٔ نقشه و جداول کاربری و سرانهٔ زمین طبقه‌بندی می‌کرد بر همگان روشن است و دیگر سال‌هاست تفکیک سنتی زمین شهری براساس طرح‌های فرمایشی جامع در کشورهای پیشرفتهٔ جهان منسوخ شده‌است. به‌ویژه از نیمهٔ دوم قرن بیستم بدین سو، نظریات متنوعی در زمینهٔ بهبود و ارتقای سطح کیفی زندگی شهروندان مانند تاب‌آوری، نوشهرگرایی، توسعهٔ میان‌افزا و... مطرح‌شده‌اند که در این میان نظریهٔ شهر هوشمند به نظر می‌رسد با توجه به اهداف و معیارهای پایداری که در تحقق آن‌ها قدم برمی‌دارد و در این مسیر نیز نیازمند حکمروایی شهری دموکراتیک، مشارکت شهروندان، به‌کارگیری فناوری‌های نوین ارتباطی و اطلاعاتی و... است، موردتوجه ویژهٔ محققان عرصهٔ شهری قرارگرفته است. جوامع شهری امروزی برای مقابله با آلودگی‌های ناشی از استفاده از وسایل نقلیهٔ شخصی، دسترسی سخت با طی فواصلی طولانی به‌منظور دستیابی به کاربری‌ها و خدمات، انزواگزینی اجتماعی، زندگی ماشین‌وار، دست‌اندازی به زمین‌های مرغوب کشاورزی حومه، جنگل‌زدایی و... نیازمند توزیع متناسب کاربری‌ها با تجمیع و یا اختلاط آن‌ها، فشرده‌سازی، حفظ محیط زیست، پیاده‌محوری، تجدید حیات مراکز شهری و در کل برتری شاخصه‌های انسانی در محیط شهری هستند، دیدگاه‌هایی که نظریهٔ شهر هوشمند به‌دنبال تحقق آن‌هاست؛ زیرا همان‌طور که بر همگان و به‌ویژه متخصصان عرصهٔ شهری روشن است، یکی از مزایای این نظریه در زمینهٔ فشرده‌سازی، استفاده از زیرساخت‌های موجود و حفظ زمین‌های کشاورزی یا جنگلی اطراف شهرهاست که اولی منجر به رشد اقتصادی و کاهش هزینه‌ها از دوش سازمان‌های شهری و دومی نیز منجر به حفظ محیط زیست خواهدشد. شهرهای امروزی موتورهای اقتصاد اطلاعات جدید هستند. ظهور خدمات جدید دیجیتال مانند: حمل‌ونقل بر اساس تقاضا، مدیریت هوشمند آب، روشنایی پاسخگو و منابع انرژی توزیع‌شده به‌سرعت جایگزین زیرساخت‌های قدیمی و مدل‌های تحویل خدمات می‌شود که برای شهرهای قرن بیستم به‌کار برده می‌شد (Barns, 2018: 5). در سال ۲۰۱۴ دولت ایالت سیدنی برنامه‌ای درجهت رشد سیدنی برای هدایت استفاده از زمین و تصمیمات برنامه‌ریزی برای افزایش جمعیت طی ۲۰ سال آینده را منتشر کرد. این طرح بر یک سری اهداف به منظور دستیابی به دیدگاه موردنظر تکیه دارد؛ ازجمله تمرکز بر اقتصاد رقابتی، انتخاب مسکن، ارتباطات سالم، جوامع سالم و محیط‌زیستی پایدار و تاب‌آور (Pettit et al, 2018: 16). شبکهٔ شهرهای هوشمند پرتغالی در سال ۲۰۰۹ با ۲۵ شهرداری به‌عنوان یک شبکهٔ آزمایشی برای تحرکی الکتریکی توسط دولت پرتغال آغاز شد که در سال ۲۰۱۳ به‌منظور گسترش فعالیت‌ها در زمینه‌های بهره‌وری انرژی، انرژی‌های تجدیدپذیر، مدیریت آب و فاضلاب، حکومت‌داری و شهروندی، فرهنگ و گردشگری سرمایه گزاری شد که درمجموع یک مدل جامع از شهرهای هوشمند است. درحال‌حاضر ترکیبی از ۴۶ شهرداری در سراسر قلمرو ملی است که به‌عنوان سایت‌های توسعه و آزمایش راه‌حل‌های شهری، فعالیت می‌کنند. این ایده در به‌اشتراک‌گذاری تجربه میان شهرداری‌ها، توانسته با ایجاد شبکهٔ شهرهای هوشمند

ایبرین[1] به اسپانیا برسد که هم‌اکنون از ۱۱۱ شهر تشکیل‌شده است.

دراین‌راستا تحقیقاتی در ایران و جهان انجام پذیرفته است. پژوهشی (کیانی، ۱۳۹۰: ۳۹) تحت عنوان «شهر هوشمند ضرورت هزارهٔ سوم در تعاملات یکپارچهٔ شهرداری الکترونیک (ارائه مدل مفهومی- اجرایی با تأکید بر شهرهای ایران)» انجام شد. تحقیق ایشان پیرامون موضوع شهر الکترونیک و شهرداری الکترونیکی با رویکردی جامع، تأکید بر داده‌ها و اطلاعات زمین مرجع یا مختصات‌پذیر داشته است و تلاش کرده تا در قالب ابر نقشهٔ الکترونیکی کلان‌شهرها و شرایط پیچیدهٔ محیط طبیعی و انسانی، سیستمی را طرح کند که به‌طور خودکار و هوشمند بتواند به نیازها پاسخ دهد. «سیف‌الدینی و همکاران،۱۳۹۲؛۲۴۱» بررسی بسترها و موانع رشد شهر هوشمند در شهرهای میانی خرم‌آباد را انجام دادند. نتایج نشان داد که دسترسی به فناوری‌های هوشمند می‌تواند نقش مهمی در بهبود وضعیت زندگی شهروندان خرم‌آبادی داشته باشد. «رهنما و حیاتی، ۱۳۹۲: ۱۴» به تحلیل شاخص‌های رشد هوشمند شهری در مشهد پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد که در شاخص فشردگی که از روش‌های پیشنهادی تسای و مدل‌های هلدرن، هرفیندال و هندرسون استفاده‌شده، منطقهٔ ۱ با امتیاز ۰.۱۵ در شاخص دسترسی به وسایل حمل‌ونقل همگانی و مسیرهای ویژهٔ دوچرخه که با استفاده از روش شعاع خدمات‌رسانی در GIS تحلیل شده، منطقهٔ ثامن با امتیاز ۰.۱۶۶ و در شاخص زیست‌محیطی که با استفاده از روش‌های مختلف در GIS مورد سنجش قرار گرفت، منطقهٔ یازده با امتیاز ۰.۱۶۳ بهترین وضعیت را داشته‌اند. پژوهشی توسط (Sta، 2017؛21)، تحت عنوان کیفیت و بهره‌وری از داده‌ها در «شهر هوشمند» انجام شد. یافته‌های مطالعه نشان داد که اطلاعات لازم برای ساخت یک پایگاه دادهٔ کامل در تونس وجود ندارد و برای این منظور ناچار به استفاده از منابع با همگنی متفاوت برای خلق شهر هوشمند بود. (Hashem et al, 2016: 749) نقش داده‌های بزرگ در شهر هوشمند را بررسی کرد. یافته‌های مطالعه نشان داد که سند چشم‌انداز از تجزیه‌وتحلیل داده بزرگ برای حمایت از شهر هوشمند با تمرکز بر چگونگی استفاده از این داده‌ها می‌تواند سبب تغییر جمعیت شهری در سطوح مختلف شود؛ علاوه‌براین یک مدل کسب‌وکار آینده از داده‌های بزرگ برای شهرستان‌های هوشمند در این مطالعه ارائه شد. (Chin et al, 2019: 203)، درک و شخصی‌سازی سرویس‌های شهر هوشمند با استفاده از یادگیری ماشین، اینترنت اشیا و داده‌های بزرگ را ارزیابی کرد. نتایج نشان داد که همبستگی بالایی بین مشخصه‌های آب‌وهوایی و داده‌های بزرگ آنالیزشده وجود دارد. مشاهدات قابل‌توجهی وجود دارند که به‌طور متوسط در آن‌ها الگوریتم J48 درخت تصمیم‌گیری به‌خوبی ازنظر دقت انجام‌گرفته است، درحالی‌که الگوریتم kNN IBK سرعت بیشتری در ایجاد مدل‌ها دارد. نهایتاً یک کاربر شهر هوشمند IoT پیشنهاد داده‌شد که می‌تواند مزایای زیادی را به‌همراه داشته باشد. (آزادخانی و همکاران، ۱۳۹۸: ۵۹)، تحلیل فضایی شاخص‌های رشد هوشمند شهری در ایلام را بررسی کردند. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از تلفیق تحلیل شبکه‌ای ANP و نقشه‌های GIS انجام شد. نتایج نشان داد که توزیع فضایی شاخص‌های رشد هوشمند شهری در سطح شهر یکسان نیست و منطقهٔ ۱ شهری با رتبه ۰.۱۴۴ انطباق بیشتری با شاخص‌های رشد هوشمند شهری دارد. ازنظر کارشناسان، شاخص کالبدی بیشترین نقش را در تبیین رشد هوشمند شهری شهر ایلام داشته است. با بررسی پیشینهٔ تحقیقات انجام‌شده

1. Iberian

در زمینهٔ تحقیق، می‌توان چنین نتیجه گرفت که در تحقیقات اندکی با داده‌کاوی‌های مکانی و GIS به بررسی هوشمندسازی شهری پرداخته‌شده‌است؛ بنابراین تحقیق حاضر گامی نو در این زمینه پیشِ‌روی مدیران و برنامه‌ریزان قرار می‌دهد.

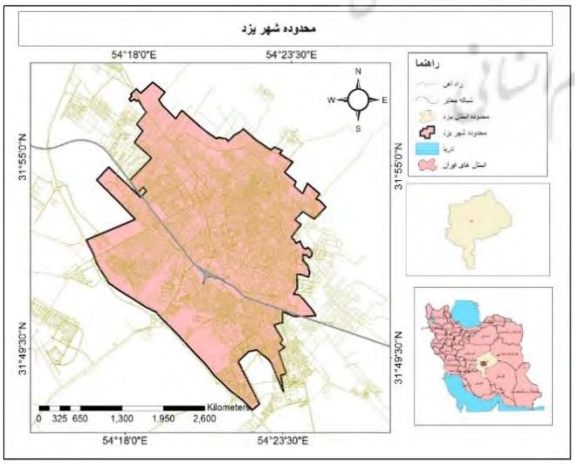
مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر ازنظر هدف، پژوهش کاربردی و ازنظر ماهیّت و روش کار، پژوهش توصیفی-تحلیلی بوده‌است. بخشی از اطلاعات نظری از طریق مطالعات اطلاعات کتابخانه‌ای، استفاده از اسناد، مدارک و گزارش‌ها و پایان‌نامه‌های مربوط با موضوع تحقیق جمع‌آوری شد. سپس براساس مطالعات، شاخص‌های مناسب به‌همراه روش سنجش آن‌ها تعیین شد. در مرحلهٔ بعد داده‌های موردنیاز جمع‌آوری شد و سپس ویرایش و آماده‌سازی داده‌ها صورت پذیرفت. شاخص‌های فشردگی، دسترسی به حمل‌ونقل عمومی و زیست‌محیطی انتخاب شد. برای سنجش میزان دسترسی شهروندان ساکن شهر یزد به گزینه‌های مختلف حمل‌ونقل عمومی از روش تحلیل شبکه در نرم‌افزار GIS استفاده و برای سنجش شاخص زیست محیطی نیز از آنالیزهای Buffer، Interpolation و مدل Fuzzy در GIS استفاده شد.

برای رتبه‌بندی مناطق به لحاظ شاخص‌های موردبررسی نیز از مدل ANP در نرم‌افزار Super Decision استفاده شد. ازآنجاکه این روش در خطاب با جامعهٔ نخبگان به‌کار گرفته می‌شود، در اینجا نیز اولویت کار براساس جامعهٔ نخبگان دردسترس هستند. برای اجرای این روش محققان تعداد ۱ تا ۴ خبره یا کارشناس را کافی دانسته‌اند، ولی در این مطالعه به‌منظور کاهش اریبی نتایج و اعتماد بیشتر به داده‌ها تعداد ۱۵ نفر از متخصصان این حوزه انتخاب شد. در گام بعدی پس از طراحی پرسشنامه، مقایسات زوجی معیارها و زیرمعیارها و درنهایت پرکردن آن ها توسط جامعهٔ هدف، به‌منظور یکپارچه‌سازی داده‌های جمع آوری‌شده، میانگین هندسی داده ها محاسبه و در ادامه از منظر قضاوت‌های فردی و جامعهٔ نخبگان موردبررسی قرار گرفت. درنهایت با تلفیق نتایج حاصل از تحلیل شبکه‌ای و لایه‌های رقومی GIS به تحلیل و ارزیابی فضاهای شهری شهر یزد براساس شاخص های رشد هوشمند پرداخته شد.

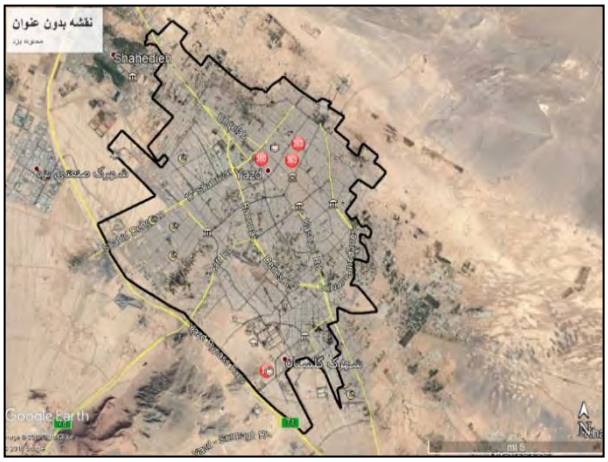
معرفی محدودهٔ مطالعاتی

محدودهٔ مطالعاتیِ پژوهش، شهر یزد است که در استان یزد واقع شده‌است. شهر یزد مرکز شهرستان یزد با ۱۰۰ کیلومترمربع وسعت در مسیر راه اصفهان-کرمان قرار دارد. ازنظر موقعیت جغرافیایی در مرکز شهرستان و استان یزد بین ″۴۷ ′۲۲ °۵۴ تا ″۳۳ ′۲۴ °۵۴ طولِ‌شرقی و ″۳۹ ′۴۷ °۳۱ تا ″۵۱ ′۵۶ °۳۱ عرضِ‌شمالی واقع‌شده و دارای ۱۲۱۵ متر ارتفاع از سطح دریا است. یزد با جمعیت ۵۲۹,۶۷۳ تَن دوازدهمین شهر پرجمعیت ایران و با مساحت ۱۰۰ کیلومترمربع هفتمین شهر بزرگ ایران است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵). در شکل ۱ و ۲، نمایی از محدودهٔ مطالعاتی شهر یزد مشاهده می‌شود.



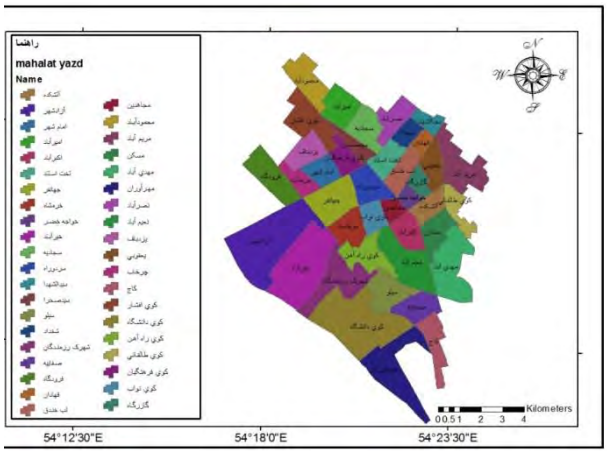
شکل۱. نمایی از محدودهٔ مطالعاتی

(منبع: محقق، ۱۳۹۹)



شکل ۲. محدوده در Google earth

(منبع: محقق، ۱۳۹۹)



شکل۳. نقشهٔ محلات شهر یزد در طرح تفضیلی

(منبع: شهرداری یزد)

مطالعات اجتماعی و جمعیتی شهر یزد

شهر یزد مطابق با تقسیمات شهری طرح مصوب سال ۱۳۹۵، شامل۵ منطقه‌و ۴۲ محله‌است(شکل شمارهٔ ۳).

تعداد جمعیت و روند تغییرات آن

سیر تحول جمعیت شهر یزد در گذر زمان همواره سریع‌تر از سایر نقاط شهری استان بوده‌است. این روند باعث شده تا سهم جمعیتی این شهر از کل جمعیت شهری شهرستان و حتی استان فزونی یابد و طی یک دورهٔ ۵۰ساله (۹۵-۱۳۵۵) جمعیت شهر یزد از ۱۳۵۹۲۵ نفر به ۴۸۶۱۵۲ نفر رسیده که تقریباً ۵ برابر شده‌است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵).

جدول۴. سهم جمعیت شهر یزد از جمعیت شهری شهرستان و استان طی سال‌های ۱۳۵۵- ۱۳۹۵.

سال	۱۳۵۵	۱۳۶۵	۱۳۷۰	۱۳۷۵	۱۳۸۵	۱۳۹۰	۱۳۹۵
تعداد جمعیت (نفر)	۱۳۵۹۲۵	۲۳۰۴۸۳	۲۷۵۲۹۸	۳۲۶۷۷۶	۴۳۲۱۹۴	۴۸۶۱۵۲	۵۲۹,۶۷۳
سهم از جمعیت شهری شهرستان	۸۴/۶	۹۲	۸۶/۵	۸۷/۲	۸۹/۳	۹۳/۵	۹۴/۷
سهم از جمعیت شهری استان	۵۹/۵	۵۵/۱	۵۸/۵	۵۷/۹	۵۴/۷	۶۱/۳	۷۲/۸
نرخ رشد جمعیت	-	۵/۴	۳/۶	۳/۵	۲/۸	۲/۶	۳/۵۳

(منبع: مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵)

تعداد واحدهای مسکونی

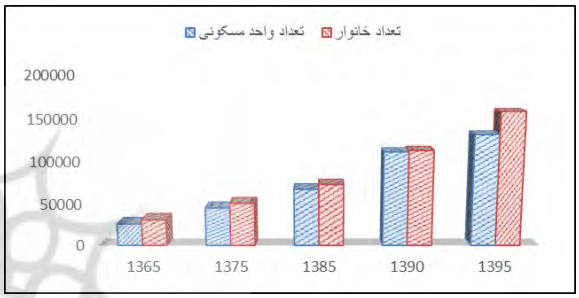
شهر یزد در سال ۱۳۷۵ دارای ۲۵۹۰۸ واحد مسکونی بوده که در سال ۱۳۸۵ به ۴۵۲۸۲ واحد، در سال ۱۳۹۰ به ۶۷۴۷۲ واحد و در سال ۱۳۹۵ به ۱۱۱۴۹۱ واحد افزایش یافته‌است. نرخ رشد تعداد واحد مسکونی به‌ترتیب ۵/۷ درصد، ۴/۱ درصد و ۵/۲ درصد بوده‌است.

جدول ۵. تراکم نفر و خانوار در واحدهای مسکونی شهر یزد، سال‌های ۱۳۷۵-۱۳۹۵

سال	جمعیت	تعداد خانوار	نرخ رشد	واحد مسکونی	نرخ رشد	تراکم نفر در واحد مسکونی	تراکم خانوار به واحد مسکونی
۱۳۷۵	۱۳۵۹۲۵	۳۰۸۵۳	_	۲۵۹۰۸	_	۵/۲۵	۱/۱۹
۱۳۸۵	۲۳۰۴۸۳	۵۰۸۰۹	۵/۱	۴۵۲۸۲	۵/۷	۵/۰۹	۱/۱۲
۱۳۹۰	۳۲۶۷۷۶	۷۳۲۲۲	۳/۷	۶۷۴۷۲	۴/۱	۴/۸۴	۱/۰۹
۱۳۹۵	۴۳۲۱۹۴	۱۱۳۱۴۹	۴/۴	۱۱۱۴۹۱	۵/۲	۳/۹	۱/۰۱

(منبع: مرکزآمارایران،۱۳۹۵)

جدول شمارهٔ ۲ بیانگر کاهش تراکم نفر و خانوار در واحد مسکونی است و این امر بیانگر تغییر خانوارهای گسترده به خانوار هسته‌ای در شهر یزد است.



شکل ۴. تعداد واحد مسکونی و خانوار شهر یزد طی سال‌های ۱۳۶۵-۱۳۹۵ (منبع: مرکزآمارایران،۱۳۹۵)

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

بررسی مؤلفه‌های شهر هوشمند در مناطق شهری یزد

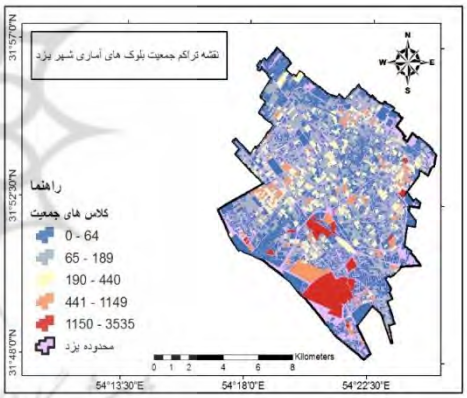
شاخص‌ها و زیرشاخص‌های درنظرگرفته‌شده در مناطق مختلف شهر یزد به شرح جدول ۶ بوده‌است. در این پژوهش به‌منظور بررسی و تحلیل شاخص‌های شهری و مطالعهٔ وضعیت مناطق از نقشهٔ دریافتی از شهرداری به‌منظور استخراج و آماده‌سازی زیرشاخص‌ها استفاده شد که در شکل‌های ۵ تا ۱۱، نشان داده شده‌است.

جدول ۶. شاخص‌ها، زیرشاخص‌ها و مدل‌های مورداستفاده در پژوهش

شاخص	زیرشاخص	توضیحات	مدل
فشردگی	جمعیت	با بررسی تراکم در سال‌های مختلف، رشد جمعیت یزد از حالت پراکنده به حالت فشرده نزدیک می‌شود.	Kernel Density
دسترسی	دسترسی به خطوط ویژهٔ دوچرخه	شعاع معمول حرکت برای اغلب مردم با دوچرخه برای رسیدن به مسیرهای ویژهٔ دوچرخه به‌طور متوسط بین ۴۰۰ تا ۷۰۰ متر است (Gehl، ۲۰۰۱).	Euclidian distance در GIS
	دسترسی به ایستگاه‌های اتوبوس	شعاع معمول حرکت برای اغلب مردم به‌صورت پیاده به ایستگاه‌های اتوبوس، مترو و خطوط ویژهٔ تاکسی خطی ۴۰۰ تا ۵۰۰ متر است (Gehl، ۲۰۰۱).	
	دسترسی به خطوط ویژهٔ تاکسی خطی		
زیست‌محیطی	دسترسی به فضای سبز	با توجه به سرانهٔ فضای سبز در هر منطقه نسبت‌به جمعیت منطقه، بالاترین سرانه دارای بالاترین ارزش بوده‌است (رهنما و حیاتی، ۱۳۹۲).	نسبت گیری مساحت فضای سبز به جمعیت در هر منطقه
	بافت فرسوده	وجود بافت فرسوده ارتباط معکوس با هوشمندسازی دارد (آزادخانی و همکاران، ۱۳۹۸).	Euclidian distance در GIS
	کاربری‌های تجاری	با توجه به سرانهٔ کاربری تجاری در هر منطقه نسبت‌به جمعیت منطقه، بالاترین سرانه دارای بالاترین ارزش بوده‌است (آزادخانی و همکاران، ۱۳۹۸).	

(منبع: محقق، ۱۳۹۹)

در بررسی شکل‌های ۵ تا ۱۱، توضیحات ذیل ارائه می‌شود. شکل ۵ نقشهٔ تراکم جمعیت است که بلوک‌های آماری در آن مشاهده می‌شود. جمعیت بلوک‌ها از ۰ تا ۳۵۳۵ نفر در هر بلوک مشاهده می‌شود. شکل ۶، نقشهٔ مسیر ویژهٔ دوچرخه‌سواری در شهر یزد است که در شمالِ‌غرب و جنوبِ‌شرق شهر منطقهٔ ۲ و منطقهٔ ۴ مشاهده می‌شود. در شکل ۷ و ۸، نقشهٔ ایستگاه‌های اتوبوس و خط ویژهٔ تاکسی دریافتی از شهرداری مشاهده می‌شود که با بازدیدهای میدانی و برداشت با GPS کنترل شده‌است. شکل ۹، ۱۰ و ۱۱ نقشهٔ پارک‌ها و فضای سبز، محدودهٔ بافت فرسوده و کاربری تجاری مشاهده می‌شود که از طرح تفصیلی سال ۱۳۹۶ شهر یزد استخراج شده‌است.



شکل ۵. نقشهٔ تراکم جمعیت بلوک‌های آماری شهر یزد

(منبع: محقق، ۱۳۹۹)

شکل۶. نقشهٔ خطوط ویژهٔ دوچرخهٔ شهر یزد

(منبع: محقق، ۱۳۹۹)

شکل۷. نقشهٔ ایستگاه‌های اتوبوس شهر یزد

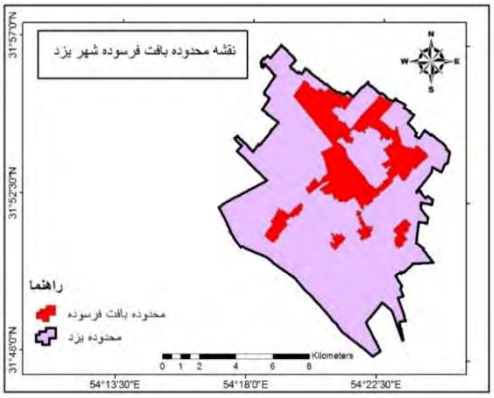
(منبع: محقق، ۱۳۹۹)

شکل ۸. نقشهٔ دسترسی به خطوط ویژهٔ تاکسی خطی شهر یزد

(منبع: محقق، ۱۳۹۹)

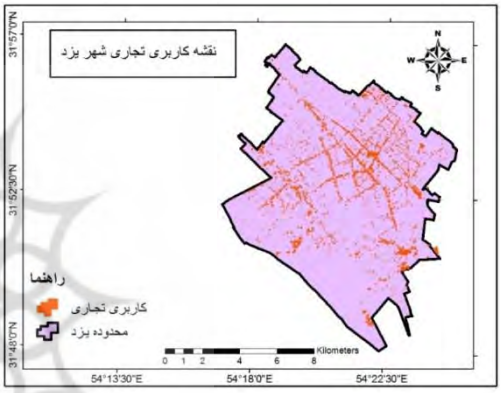
شکل ۹. نقشهٔ پارک‌ها و فضای سبز شهر یزد

(منبع: محقق، ۱۳۹۹)



شکل۱۰. نقشهٔ محدودهٔ بافت فرسودهٔ شهر یزد

(منبع: محقق، ۱۳۹۹)

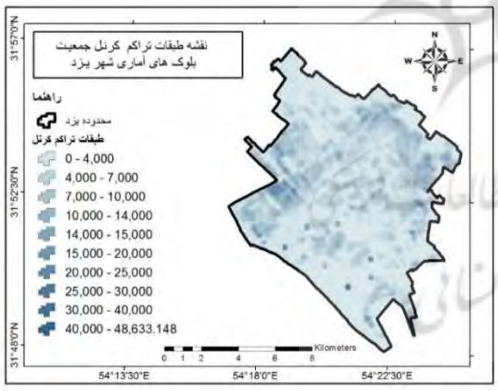


شکل۱۱. نقشهٔ کاربری تجاری شهر یزد

(منبع: محقق، ۱۳۹۹)

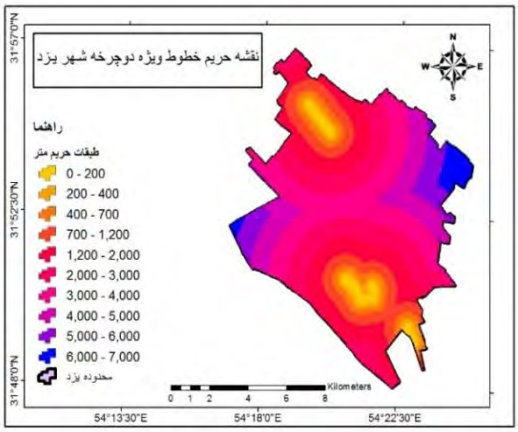
پس از آماده‌سازی لایه‌ها، در مرحلهٔ بعد در شاخص فشردگی برای لایهٔ جمعیت از Kernel Density استفاده شد. به‌منظور دستیابی به نقشه‌های نهایی سایر لایه‌های خطی می‌توان از تابع استفاده کرد، یا برای عوارض پلی‌گونی از تابع Buffer استفاده کرد؛ اما به‌دلیل اینکه خروجی تابع مذکور کل پهنهٔ منطقه مطالعاتی را دربرنمی‌گیرد، از تابع Euclidian distance به‌منظور پهنه‌بندی محدوده برای نیل به هدف ارزیابی شاخص‌های رشد هوشمند شهری در یزد استفاده شد که در شکل‌های ۱۲ تا ۱۸، نشان داده شده‌است. اعداد به‌دست‌آمده از نقشهٔ تراکم جمعیت در تحلیل تراکم کرنل نشان می‌دهد که از میزان رشد پراکندهٔ جمعیت شهر یزد کاسته شده و این شهر به سمت فشردگی در حال حرکت است. توضیحات تکمیلی پیرامون سایر شاخص‌ها در جدول ۴ ارائه شده‌است.

در توضیح تکمیلی شکل‌های ۱۲ تا ۱۸ موارد ذیل را می‌توان بیان کرد. نقشهٔ تراکم جمعیت با استفاده از تحلیل تراکم کرنل و روش خاص آن در درون‌یابی و مشخص‌شدن لکه‌های پرجمعیت آماده‌سازی شد. در نقشهٔ آماده‌شده با تراکم بیشتر، بیشترین تراکم را ازنظر جمعیت داراست. در تهیهٔ نقشه‌های حریم شکل‌های ۱۳، ۱۴، ۱۶ و ۱۷، به‌دلیل اینکه لایه‌های خام این داده‌ها از نوع کیفی بوده و در تحلیل‌های مکان‌مند داده‌های کیفی موردنیاز است، نقشهٔ فاصلهٔ اقلیدسی به‌منظور کمّی‌سازی و تهیهٔ نقشهٔ حریم از کاربری‌های نقطه‌ای، خطی و سطحی تهیه شد. برای تهیهٔ نقشه‌های سرانهٔ کاربری تجاری و کاربری مسکونی، شکل ۱۵ و ۱۸، مساحت فضای سبز و مسکونی، نسبت‌به جمعیت سرانه محاسبه شد.



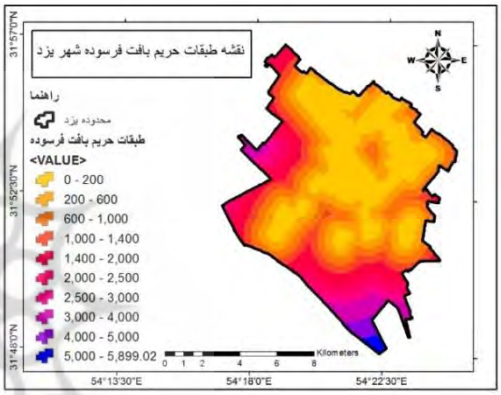
شکل ۱۲. نقشهٔ تراکم کرنل جمعیت شهر یزد

(منبع: محقق، ۱۳۹۹)



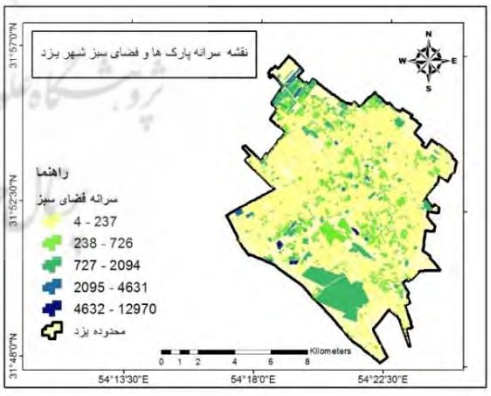
شکل ۱۳. نقشهٔ حریم خطوط ویژهٔ دوچرخهٔ شهر یزد

(منبع: محقق، ۱۳۹۹)



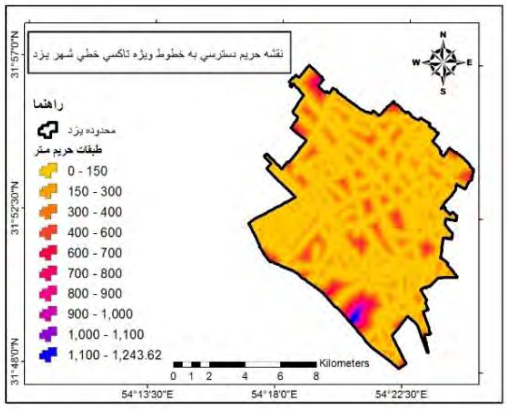
شکل ۱۴. نقشهٔ طبقات حریم بافت فرسودهٔ شهر یزد

(منبع: محقق، ۱۳۹۹)



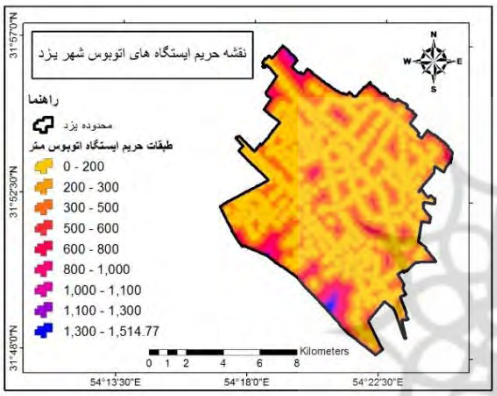
شکل ۱۵. نقشهٔ سرانهٔ پارک‌ها و فضای سبز شهر یزد

(منبع: محقق، ۱۳۹۹)



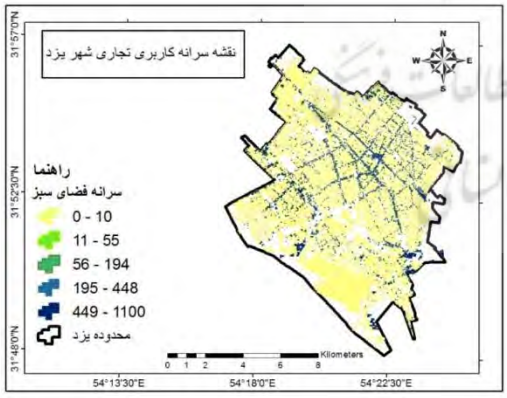
شکل ۱۶. نقشهٔ حریم دسترسی به خطوط ویژهٔ تاکسی شهر یزد

(منبع: محقق، ۱۳۹۹)



شکل ۱۷. نقشهٔ حریم ایستگاه‌های اتوبوس شهر یزد

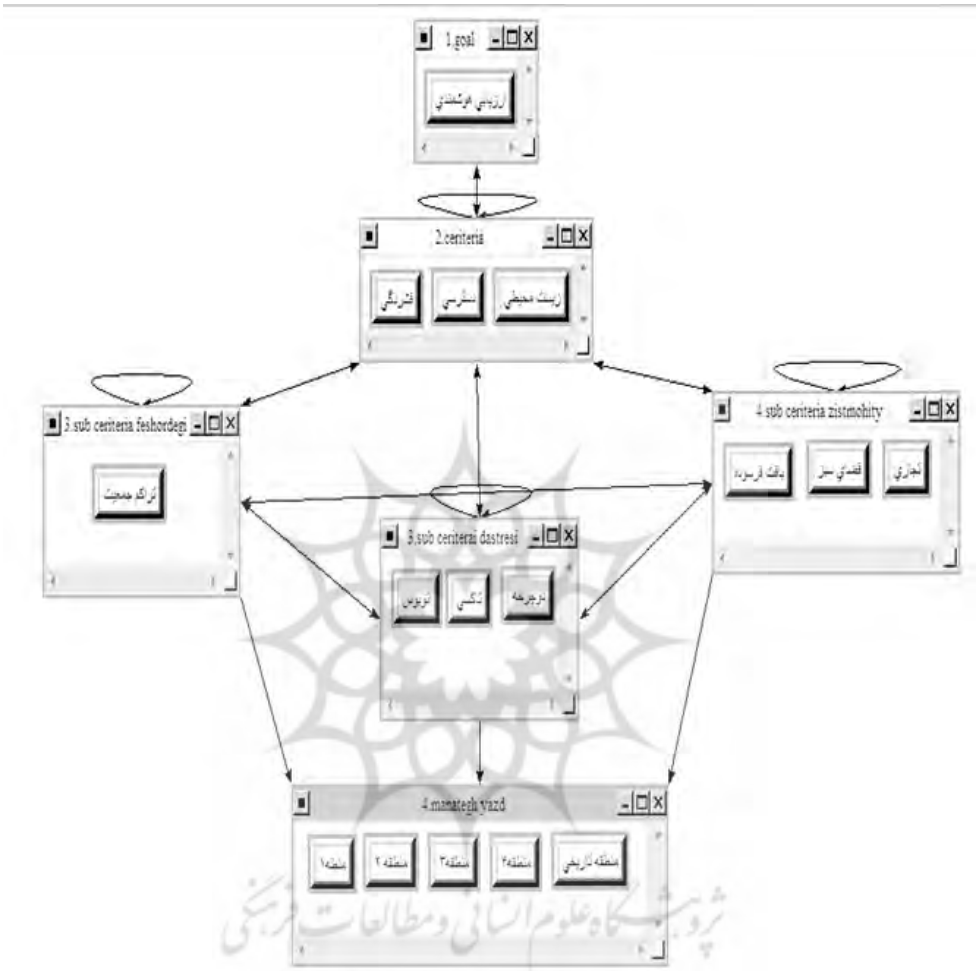
(منبع: محقق، ۱۳۹۹)



شکل ۱۸. نقشهٔ سرانهٔ کاربری تجاری شهر یزد

(منبع: محقق، ۱۳۹۹)

شبکهٔ طراحی‌شده در محیط نرم‌افزار Super Decision شامل خوشه‌ها و اجزای درون این خوشه‌هاست که شامل سه سطح است. ۱- سطح هدف؛ ۲- سطح معیارها؛ ۳- گزینه‌ها. شمای کلی شبکهٔ طراحی‌شده در شکل ۱۹، نشان داده شده‌است.



شکل ۱۹. ساختار شبکه‌ای بررسی و اولویت‌بندی شاخص‌های شهر هوشمند در مناطق شهری یزد
(منبع: محقق، ۱۳۹۹)

در مراحل بعدی اَبَرماتریس وزن‌دهی‌نشده از حاصل جمع بردار اولویت‌های داخلی ضرایب اهمیت عناصر و خوشه‌ها در اَبَرماتریس اولیه ایجاد شد. سپس اَبَرماتریس وزن‌دهی‌شده از ضرب مقادیر اَبَرماتریس وزن‌دهی‌نشده در ماتریس خوشه‌ای محاسبه شد. با نرمالیزه‌کردن اَبَرماتریس وزن‌دهی‌شده، اَبَرماتریس به لحاظ ستونی به حالت تصادفی تبدیل شد. در انتها ماتریس حد با به‌توان‌رساندن همهٔ عناصر اَبَرماتریس موزون محاسبه شد که در ماتریس بدون وزن[1] نشان داده‌شدند. در مرحلهٔ نهایی، با نرمال‌سازی وزن‌های به‌دست‌آمده، وزن تمامی معیارها و درنهایت اولویت‌بندی نهایی محاسبه شد.

1. Unweight Matrix

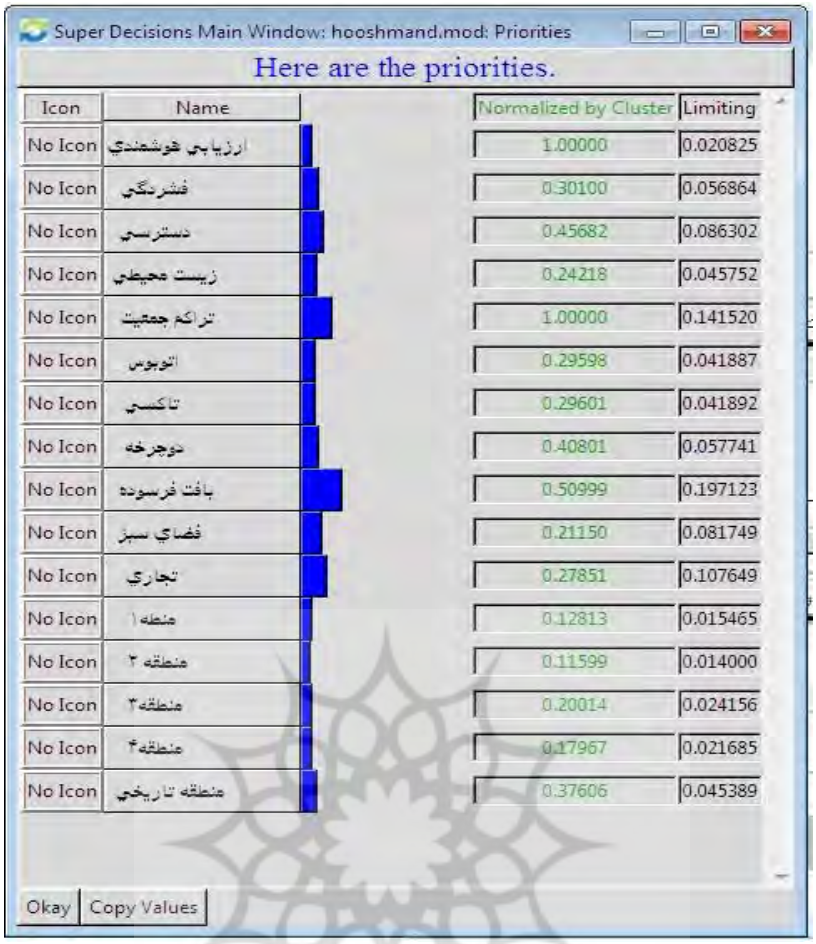
بحث و نتیجه‌گیری

محدودهٔ موردمطالعه در این پژوهش ۵ منطقهٔ شهر یزد بود که ازنظر مطابقت با شاخص‌های رشد هوشمند شهری مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج بررسی‌ها حاکی از آن است که رشد و توسعهٔ فیزیکی شهر یزد در طول سالیان، روند پرفرازونشیبی را سپری کرده‌است، به‌طوری‌که محدودهٔ شهری آن به ۱۰۰ کیلومترمربع رسیده‌است. این توسعه به‌صورت ناموزون، ناهماهنگ، پراکنده و بدون توجه به توزیع فضایی کاربری‌های شهری صورت گرفته است.

برای دستیابی به رتبه‌بندی قطعی ازلحاظ شاخص‌های رشد هوشمند، همهٔ شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها با استفاده از مدل ANP به‌صورت تلفیقی موردمحاسبه قرار گرفتند. پس از محاسبهٔ وزن و تعیین اهمیت تمامی زیرشاخص‌ها، به اولویت‌بندی گزینه‌های نهایی (مناطق ۵گانهٔ یزد) پرداخته شد. وزن‌های به‌دست‌آمده در شکل ۲۰ و ۲۱ نشان داده شده‌است.

شکل ۲۰. وزن‌ها در سوپرماتریس ANP قبل از نرمال‌سازی

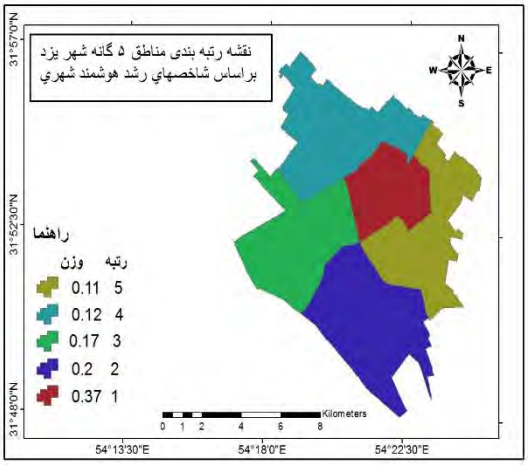
(منبع: محقق، ۱۳۹۹)



شکل ۲۱. وزن‌ها در سوپرماتریس ANP پس از نرمال‌سازی

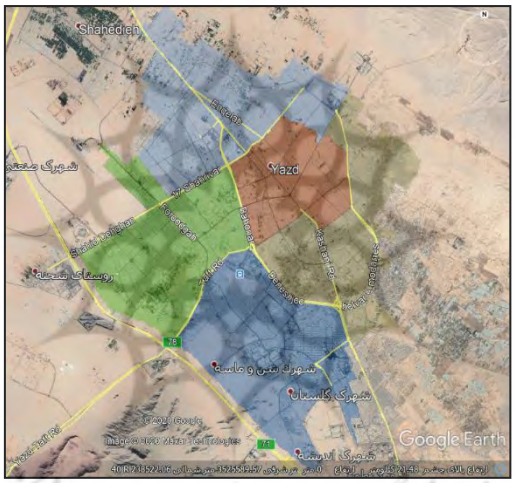
(منبع: محقق، ۱۳۹۹)

مطابق با نتایج جداول فوق، اولویت‌بندی نهایی مناطق پنج‌گانهٔ شهر یزد ازنظر رشد و توسعه درراستای رشد هوشمند شهری در نرم‌افزار Super Decision صورت گرفت. با توجه به سؤالات مطرح‌شده در پژوهش، کدام شاخص ارزش بالاتری در رشد هوشمند شهری دارد و کدام منطقهٔ شهرداری یزد دارای استعداد بالاتری در این زمینه است؟ در بین شاخص‌های اصلی موردبررسی شاخص دسترسی با وزن ۰.۴۵ دارای بالاترین تأثیر در رشد هوشمند شهری بوده‌است. در بین زیرشاخص‌ها نیز تراکم جمعیت با وزن ۰.۱۴ دارای بالاترین ارزش بوده‌است. در نقشهٔ پهنه‌بندی نهایی، وزن‌های به‌دست‌آمده منطقهٔ تاریخی با وزن ۰.۳۷ دارای بالاترین پتانسیل ازنظر شاخص‌های هوشمندسازی و مناطق ۳، ۴، ۱ و ۲ با وزن ۰.۲، ۰.۱۷، ۰.۱۲، ۰.۱۱ هستند. در این پژوهش که به بررسی و تحلیل شاخص های رشد هوشمند شهری در میان مناطق ۵گانه پرداخته‌شده، نتایج نشان می‌دهد که این مناطق هرکدام در شاخص‌های مختلف، رتبه‌های متفاوتی را به‌دست آورده‌اند. این امر نشانگر نابرابری و تفاوت چشم‌گیر در برخی از شاخص‌ها در مناطق شهر یزد است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که شهر یزد در حال گذار از الگوی پراکنده به فشرده است؛ بنابراین ضرورت درک اصول و قواعد شهر فشرده توسط نهادهای تصمیم ساز و تصمیم‌گیر باید قوت بخشیده شود، تا برمبنای چنین رویکردی نوین و با سازوکارهایی مناسب‌تر، زایش و بالندگی شهری، تحقّق و تداوم یابد.



شکل ۲۲. نقشهٔ رتبه‌بندی مناطق ۵گانهٔ شهر یزد براساس شاخص‌های رشد هوشمند شهری

(منبع: محقق، ۱۳۹۹)



شکل ۲۳. نقشهٔ رتبه‌بندی مناطق ۵گانهٔ شهر یزد براساس شاخص‌های رشد هوشمند شهری در Google earth

(منبع: محقق، ۱۳۹۹)

همان‌طور که در بندهای پیشین مطرح شد، طبق نتایج تلفیقی در مدل ANP شاخص رشد هوشمند منطقهٔ تاریخی، با امتیاز ۰.۳۷ به‌عنوان منطقه‌ای با بیشترین ساختار رشد هوشمندانه شناخته شده‌است. پس از منطقهٔ تاریخی، منطقهٔ ۳ با اختلاف بسیار کمی با امتیاز ۰.۲ در ردهٔ بعدی قرار دارد. منطقهٔ ۲ با امتیاز ۰.۱۱ در انتها قرار گرفته است. منطقهٔ تاریخی که هستهٔ مرکزی شهر نیز محسوب می‌شود، دارای بافتی متراکم است. استقرار کاربری‌های اداری، تجاری، درمانی و... باعث مراجعهٔ شهروندان از سایر مناطق به این منطقه شده‌است. سایر مناطق شهر یزد از عدالت توزیع کاربری‌ها برخوردار نبوده که در سال‌های اخیر سازماندهی و عدالت بخشی کاربری‌ها در حال انجام است. این نتایج با نتایج پژوهش‌های (ضرابی و همکاران، ۱۳۹۰؛۱۷)، (رهنما و حیاتی، ۱۳۹۲: ۲۳)، (ویسی‌پور، ۱۳۹۳: ۱۲۱)، (آزادخانی، ۱۳۹۸: ۶۸) مطابقت داشت. نتایج پژوهش در بخش تحلیل‌های مکان‌مند با استفاده از داده‌کاوی مکانی با توجه به بازدیدهای میدانی مطابقت بالایی را با وضع موجود شهر نشان داد. از آن جهت که پیاده‌سازی این روش‌ها

منجر به افزایش کارایی در پردازش داده‌ها و تحلیل اطلاعات می‌شود، این امر در شرایطی که بررسی و استخراج نتایج از منابع داده‌ای با حجم زیاد و گستردگی ابعاد پایگاه اطلاعاتی مورد نظر باشد، نمود بیشتری می‌یابد. درنهایت برای دستیابی به الگوی رشد هوشمند در شهر یزد پیشنهادهای زیر ارائه می‌شود:

- پیشنهاد می‌شود به‌منظور بهبود وضعیت کاربری اراضی شهری در برنامه‌های اجرایی آیندهٔ شهر یزد، سطح سرانهٔ کاربری‌های شهری را در حواشی شهر و مناطق کمتر برخوردار توسعه و بهبود ببخشند.

- با توجه به عدم انطباق منطقهٔ ۱ و ۲ با استراتژی رشد هوشمند شهری، پیشنهاد می‌شود که تراکم ساختمانی، توزیع فضایی کاربری‌ها و... را در این مناطق افزایش داده و به مسئلهٔ کمبود زمین و فضای شهری برای نسل‌های آتی نیز توجه شود.

- طراحی مسیرهای پیاده و دوچرخه با توجه به وضعیت موجود.

- استفادهٔ بهینه از فضاهای بایر.

منابع

آزادخانی، پاکزاد.، حسین زاده، جعفر.، احمدی، قدرت.،(۱۳۹۸)، تحلیل فضایی شاخص های رشد هوشمند شهری در ایلام، فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی - سال هشتم – شماره بیست و نه، صص۵۹-۶۸. سال انتشار ۱۳۹۸.

http://journals.iau.ir/article_667811.html.

رستمی گله، فرهاد.، شاد، روزبه.، قائمی، مرجان.، لهرابی، یاسمن.، (۱۳۹۷)، مدلسازی احتمال تغییر رشد شهری با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون لجستیک(مطالعه موردی: شهر مشهد)، نشریه پژوهش و برنامهریزی شهری، سال ۹، شماره پیاپی ۳۴، صص ۱۶۹-۱۸۲. سال انتشار ۱۳۷۹.

http://jupm.miau.ac.ir/mobile/article_3136_37344ad92527fa0208895eb0bc6bf8ab.pdf

رضازاده، ر.، میراحمدی، م.،(۱۳۸۸)، مدل اتوماسیون سلولی روشی نوین در شبیه سازی رشد شهری، نشریه فناوری آموزش، شماره۶، صص۳۵-۴۷. سال انتشار ۱۳۸۸.

https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=105745

رهنما، محمد رحیم، حیاتی، سلمان، (۱۳۹۳)، تحلیل شاخصهای رشد هوشمند شهری در مشهد، فصلنامه مطالعات برنامه ریزی شهری،سال‌اول،شماره‌چهارم،صص ۷۱ تا ۹۸.سال‌انتشار ۱۳۹۳.

http://shahr.journals.umz.ac.ir/article_886_1f668c58db448c912c6de243ff920fa9.pdf.

زیاری، کرامت الله، جان بابانژاد، محمدحسین،(۱۳۸۸)، دیدگاهها و نظریات شهر سالم، شهرداریها، سال نهم، شماره۹۵، صص ۱۴-۲۳. سال انتشار ۱۳۸۸.

http://ensani.ir/file/download/article/20120426122934-3090-277.pdf

زیاری، کرامت اله.، (۱۳۸۱)، برنامه ریزی کاربری اراضی شهری(مورد: میناب)، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۵-۶۶، صص ۶۳-۷۸. سال انتشار ۱۳۸۰.

https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?id=18362

سیف الدینی، فرانک.، پوراحمد، احمد.، زیاری، کرامت اله.، دهقانی الوار، سیدعلی نادر.، (۱۳۹۲)، بررسی بسترها و موانع رشد شهر هوشمند در شهرهای میانی(مطالعهٔ موردی: خرم آباد)، آمایش سرزمین، دورهٔ ۵، شماره۲، صص ۲۴۱- ۲۶۰. سال انتشار ۱۳۹۲.

https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=225297.

ضرابی، اصغر؛ صابری، حمید؛ محمدی، جمال؛ وارتی، حمیدرضا؛(۱۳۹۰)، تحلیل فضایی شاخص های رشد هوشمند شهر مطالعه موردی مناطق شهر اصفهان، مجله پژوهشهای جغرافیای انسانی، شماره۷۷، ۱-۱۷. سال انتشار ۱۳۹۰

https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=146259.

عرفانیان ستاریان، مریم،(۱۳۹۲)، بهسازی و نوسازی بافت فرسوده با رویکرد رشد هوشمند، اولین همایش ملی جغرافیا، شهرسازی و توسعه پایدار. سال انتشار ۱۳۹۲.

html.0150_GUPSD01-GUPSD01-Paper/com.civilica.www://h

عزیز پور، ملکه و نجما اسمعیل پور.، (۱۳۸۸)، رشد افقی سریع شهر یزد و تاثیر آن بر سفرهای شهری در محدوده مرکز و پیرامون این شهر، نشریه جغرافیا و برنامه ریزی، شماره ۳، صص ۱۸۵- ۲۰۹ سال انتشار ۱۳۸۸ .

https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=147219.

کیانی، اکبر.، (۱۳۹۰). شهر هوشمند ضرورت هزاره سوم در تعاملات یکپارچه شهرداری الکترونیک(ارائه مدل مفهومی- اجرایی با تاکید بر شهر های ایران)، فصلنامه جغرافیایی آمایش محیط، شماره ۱۴، صص ۳۹- ۶۴. سال انتشار ۱۳۸۸.

https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=156724

مرکزآمار ایران(۱۳۹۵)، سرشماری عمومی نفوس و مسکن، صص ۱۰-۱۸. سال انتشار ۱۳۹۵.

https://www.amar.org.ir/Portals/0/Files/fulltext/1395/n_Salname_95-V3.pdf

ویسی پور، معصومه،(۱۳۹۳)، تحلیل فضایی شاخصهای رشد هوشمند شهری در شهر اهواز، پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد، رشته جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه شهیدچمران اهواز، دانشکده علوم زمین وGIS، استاد راهنما: دکتر مسعود صفایی پور. سال انتشار ۱۳۹۳.

http://lib.scu.ac.ir.

Baddi, Bellini, Cenni, Difino, Nesi & Paolucci (2017), Analysis and assessment of a knowledge based smart city architecture providing service APIs, Future Generation Computer Systems 75 (2017) 14-29.

https://www.semanticscholar.org/paper/Analysis-and-assessment-of-a-knowledge-based-smart-Badii-Bellini/9061dae5f85bbc1011cfdbb34d6eaab817aa5c0c

Barns, Sarah (2018), Smart cities and urban data platforms: Designing interfaces for smart governance, City,Culture and Society 12 (2018) 5-12.

https://www.researchgate.net/publication/321079119_Smart_cities_and_urban_data_platforms_Designing_interfaces_for_smart_governance.

Batty and others (2012), Smart cities of the future, THE EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL SPECIAL TOPICS, This article is published with open access at Springerlink.com DOI: 10.1140/epjst/e2012-01703-3, 481-518 (2012).

https://link.springer.com/article/10.1140/epjst/e2012-01703-3.

Beretta, Ilaria (2018), The social effects of eco-innovations in Italian smart cities, Cities 72(115˚ 121).http://iranarze.ir/wp-content/uploads/2018/04/E6578-IranArze.pdf

Budde, Paul (2014), Smart Cities of Tomorrow, Cities for Smart Environmental and Energy Futures, Energy Systems, DOI 10.1007/978-3-642-37661-0 2, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014.

https://www.springer.com/gp/book/9783642376603.

Caragliu, A., Del Bo, C., Nijkamp, P. (2011) Smart Cities in Europe, Journal of Urban Technology, Vol. 18, No.2, pp. 65-82.

https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10630732.2011.601117

Cecilio, Caldeira & Wanzeller, Jose, Filipe & Cristina (2018), CityMii - An integration and interoperable middleware to manage a Smart City, Procedia Computer Science 130 (2018) 416-423. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050918304174.

Chen, T.M. (2010) Smart Grids, Smart Cities Need Better Networks. IEEE Network,Vol. 24, No. 2,2-3. https://www.semanticscholar.org/paper/Smartgrids%2C-smart-cities-need-better-networks-Chen/d882156e20b63293313d415662c34b59e28f7950

Chin, Jeannette, Callaghan, Vic, Lam, Ivan, 2019, Understanding and Personalising Smart City Services Using Machine Learning, the Internet-of-Things and Big Data.

https://ieeexplore.ieee.org/document/8001570?section=abstract.

Dameri, R.P. & Cocchia, A (2013). Smart City and Digital City: Twenty Years of Terminology Evolution, X Conference of the Italian Chapter of AIS, ITAIS 2013, Università Commerciale Luigi Bocconi, Milan (Italy), 1-8.

https://www.researchgate.net/publication/308676640_Smart_city_and_digital_city_Twenty_years_of_terminology_evolution

Gehl, J. (2001) “Life between Building”. the Danish Architectural Press, Copenhagen, Denmark, 4 th edition. http://eprints.utm.my/id/eprint/34612/1/SaberMohammedSalehMFAB2013.pdf

Harrison, C., Eckman, B., Hamilton, R., Hartswick, P., Kalagnanam, J., Paraszczak, J., & Williams, P.

http://www.europarl.europa.eu/studiesMohanty, s.p (2016), Everything You Wanted to Know About Smart Cities, DOI: 10.1109/MCE.2016. 2556879, (2016).

https://ieeexplore.ieee.org/document/7539244.

Pettit, Christopher and others (2018), Planning support systems for smart cities, City, Culture and Society 12(2018).

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1877916617302175.

Sta, H. B. Quality and the efficiency of data in "Smart-Cities". Future Generation Computer Systems.

doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.future.2016.12.021.

Susanti, Soetomo, Buchori & Brotosunaryo, Retno, Sugiono, Imam & Pm (2016), Smart growth, smart city and density: in search of the appropriate indicator for residential density in Indonesia, Procedia - Social and Behavioral Sciences 227 (2016) 194 – 201.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042816307479.

Witlox, F.Antrop, M. Bogaert, P. De Maeyer, P. Derudder, B. Neutens, T. Van Acker, V. Van de Weghe, N. (2009),"Introducing functional classification theory to land use planning by means of decision tables", Decision Support Systems, 46(4): 875–881.

https://biblio.ugent.be/publication/538653.

(2010)Foundations for Smarter Cities. IBM Journal of Research and Development, 54(4). https://books.google.com.bz/books?id=Y6fIdYvL3TsC&hl=it&source=gbs_navlinks_s

Hashem, I. A. T., Chang, V., Anuar, N. B., Adewole, K., Yaqoob, I., Gani, A., . . . Chiroma, H. (2016). The role of big data in smart city. International Journal of Information Management, 36(5), 748-758.

doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2016.05.002 http://daneshemrouz.com.

Lacinak, Ristvej, Maros & Jozef (2017), Smart city, Safety and Security, Procedia Engineering 192 (2017)522-527.

https://www.researchgate.net/publication/317832332_Smart_City_Safety_and_Security.

Lombardi, P., Giordano, S., Farouh, H., Yousef, W. (2012) Modelling the smart city performance, Innovation:The European Journal of Social Science Research, Vol. 25, No. 2, pp. 137-149. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13511610.2012.660325

Lazaroiu, G.C., Roscia, M. (2012) Definition methodology for the smart cities model, Energy, Vol. 47, No. 1,pp. 326-332.

https://ideas.repec.org/a/eee/energy/v47y2012i1p326-332.html.

Manville, a., (2014), Mapping Smart Cities in the EU, To contact Policy Department A or to subscribe to its newsletter please write to: Poldep-Economy-Science@ep.europa.eu,

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی