

Evaluation and Analysis of Smart City Performance Indicators from a Sustainable Development Perspective: A Case Study of Kerman, Iran

1. Mahdiyeh Zeinali Kermani : Department of Urban Planning, Ke.C., Islamic Azad University, Kerman, Iran

2. Kourosh Afzali *: Department of Urban Planning, Ke.C., Islamic Azad University, Kerman, Iran.

3. Hooshmand Alizadeh : Department of Urban Planning, Kurdistan University, Sanandaj, Iran

*Corresponding Author's Email Address: K.afzali@iau.ac.ir

How to Cite: Zeinali Kermani, M., Afzali, K., & Alizadeh, H. (2027). Evaluation and Analysis of Smart City Performance Indicators from a Sustainable Development Perspective: A Case Study of Kerman, Iran. *Manifestation of Art in Architecture and Urban Engineering*, 5(1), 1-27.

Abstract:

This study aimed to develop and empirically validate a context-sensitive framework of smart city performance indicators emphasizing sustainable urban development in Kerman, Iran. An applied sequential exploratory mixed-methods design was employed in two phases. In the qualitative phase, grounded theory was used to analyze expert interviews in urban planning, urban management, and smart-city development following Strauss and Corbin's open, axial, and selective coding procedures, resulting in 10 main categories and 58 subcategories. The extracted indicators were subsequently operationalized into a 58-item questionnaire. In the quantitative phase, survey data were analyzed using SmartPLS and partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM). Measurement and structural models were evaluated through reliability and validity indices, path coefficients, and bootstrapping procedures. All tested structural relationships were statistically significant. Smart technology infrastructure ($\beta = 0.400$, $t = 6.825$, $p < 0.001$) and information technology implementation ($\beta = 0.204$, $t = 3.463$, $p = 0.001$) positively predicted strategic formulation capacity. Smart society ($\beta = 0.279$, $t = 4.224$, $p < 0.001$), smart governance ($\beta = 0.226$, $t = 3.241$, $p = 0.001$), smart structures ($\beta = 0.171$, $t = 2.549$, $p = 0.011$), and sustainable transportation ($\beta = 0.301$, $t = 4.570$, $p < 0.001$) significantly predicted smart-city performance. Smart-city performance also positively affected strategic formulation ($\beta = 0.339$, $t = 5.223$, $p < 0.001$). The strongest effects were observed for strategic formulation on sustainable urban development ($\beta = 0.809$, $t = 29.194$, $p < 0.001$) and environmental conservation ($\beta = 0.808$, $t = 35.352$, $p < 0.001$). The model explained approximately 73% of the variance in smart-city outcomes. Sustainable smart-city development in Kerman depends on the coordinated integration of technological, social, governance, physical, and transportation capacities rather than technological advancement alone. The particularly strong effects of strategic formulation on sustainability outcomes indicate that effective strategy development and implementation constitute the principal mechanism through which smart-city capabilities can be translated into sustainable urban and environmental outcomes.

Keywords: Smart City; Sustainable Urban Development; Grounded Theory; Performance Indicators; PLS-SEM; Kerman.

Received: 13 June 2026

Revised: 03 October 2026

Accepted: 10 October 2026

Initial Publication: 11 October 2026

Final Publication: 21 April 2027



ارزیابی و تحلیل شاخص‌های عملکردی شهر هوشمند با رویکرد توسعه پایدار در شهر کرمان

۱. مهدیه زینلی کرمانی^{1*}: گروه برنامه‌ریزی شهری، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران

۲. کوروش افضلی²: گروه برنامه‌ریزی شهری، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران، (نویسنده مسئول)

۳. هوشمند علیزاده³: گروه برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

*پست الکترونیک نویسنده مسئول: K.afzali@iau.ac.ir

نحوه استناددهی: زینلی کرمانی، مهدیه، افضلی، کوروش، و علیزاده، هوشمند. (۱۴۰۶). ارزیابی و تحلیل شاخص‌های عملکردی شهر هوشمند با رویکرد توسعه پایدار در شهر کرمان. *تجلی هنر در معماری و شهرسازی*، ۵(۱)، ۱-۲۷.

چکیده

هدف پژوهش حاضر، تدوین و اعتبارسنجی تجربی چارچوبی زمینه‌محور از شاخص‌های عملکردی شهر هوشمند با تأکید بر توسعه پایدار در شهر کرمان بود. این پژوهش کاربردی با طرح آمیخته اکتشافی متوالی در دو مرحله انجام شد. در مرحله کیفی، با استفاده از نظریه داده‌بنیاد و مصاحبه با خبرگان حوزه‌های شهرسازی، مدیریت شهری و شهر هوشمند، داده‌ها بر اساس رویکرد استراوس و کوربین و طی کدگذاری باز، محوری و انتخابی تحلیل شدند که در نهایت به استخراج ۱۰ مقوله اصلی و ۵۸ مقوله فرعی انجامید. سپس ۵۸ شاخص استخراج‌شده به گویه‌های پرسشنامه تبدیل شدند. در مرحله کمی، داده‌های پرسشنامه با استفاده از نرم‌افزار SmartPLS و مدل‌سازی معادلات ساختاری مبتنی بر حداقل مربعات جزئی (PLS-SEM) تحلیل و مدل اندازه‌گیری و ساختاری با ضرایب مسیر و بوت‌استرپ ارزیابی شدند. نتایج استنباطی نشان داد همه روابط ساختاری آزمون‌شده معنادار بودند. زیرساخت فناوری هوشمند ($\beta = 0.400, t = 6.825, p < 0.001$) و پیاده‌سازی فناوری اطلاعات ($\beta = 0.204, t = 3.463, p = 0.001$) بر ظرفیت تدوین راهبردها اثر مثبت داشتند. اجتماع هوشمند ($\beta = 0.279, t = 4.224, p < 0.001$)، حکمرانی هوشمند ($\beta = 0.226, t = 3.241, p = 0.001$)، سازه‌های هوشمند ($\beta = 0.171, t = 2.549, p = 0.011$) و حمل‌ونقل پایدار ($\beta = 0.301, t = 4.570, p < 0.001$) عملکرد شهر هوشمند را به‌طور مثبت پیش‌بینی کردند. عملکرد شهر هوشمند نیز بر تدوین راهبردها اثر معناداری داشت ($\beta = 0.339, t = 5.233, p < 0.001$). قوی‌ترین روابط مربوط به اثر تدوین راهبردها بر توسعه پایدار شهری ($\beta = 0.809, t = 29.194, p < 0.001$) و حفاظت از محیط‌زیست ($\beta = 0.808, t = 35.352, p < 0.001$) بود و مدل حدود ۷۳ درصد از واریانس پیامدهای شهر هوشمند را تبیین کرد. یافته‌ها نشان می‌دهد تحقق شهر هوشمند پایدار در کرمان صرفاً به توسعه فناوری وابسته نیست، بلکه مستلزم یکپارچگی ظرفیت‌های فناوریانه، اجتماعی، حکمرانی، کالبدی و حمل‌ونقلی در قالب راهبردهای منسجم شهری است. نقش بسیار قوی ظرفیت راهبردی در توسعه پایدار و حفاظت محیط‌زیست نشان می‌دهد که تبدیل قابلیت‌های هوشمند به پیامدهای پایدار، بیش از هر چیز به تدوین و اجرای اثربخش راهبردهای شهری وابسته است.

کلیدواژگان: شهر هوشمند؛ توسعه پایدار شهری؛ نظریه داده‌بنیاد؛ شاخص‌های عملکردی؛ PLS-SEM؛ کرمان.

تاریخ دریافت: ۲۳ خرداد ۱۴۰۵

تاریخ بازنگری: ۱۱ مهر ۱۴۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۸ مهر ۱۴۰۵

اولین انتشار: ۱۹ مهر ۱۴۰۵

انتشار نهایی: ۱ اردیبهشت ۱۴۰۶



مقدمه

رشد شتابان شهرنشینی، افزایش تراکم جمعیت، گسترش تقاضا برای خدمات عمومی، فشار روزافزون بر منابع طبیعی، تشدید مشکلات زیست‌محیطی و پیچیده‌تر شدن فرایندهای حکمرانی شهری، مدیریت شهرها را با مجموعه‌ای از چالش‌های درهم‌تنیده مواجه ساخته است. در چنین شرایطی، رویکردهای سنتی برنامه‌ریزی شهری که عمدتاً بر توسعه فیزیکی و افزایش ظرفیت زیرساخت‌ها استوار بودند، دیگر به‌تنهایی پاسخگوی الزامات اداره شهرهای معاصر نیستند. مفهوم «شهر هوشمند» در پاسخ به همین تحولات شکل گرفته و به‌تدریج از رویکردی محدود به توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات، دیجیتالی‌کردن خدمات و استفاده از داده‌های شهری، به چارچوبی چندبعدی برای ارتقای کیفیت زندگی، کارایی مدیریت، مشارکت شهروندی، پایداری محیطی و تاب‌آوری شهری تبدیل شده است. مطالعات جدید نشان می‌دهند که هوشمندی شهری زمانی می‌تواند به پیامدهای مطلوب اجتماعی و زیست‌محیطی منجر شود که استفاده از فناوری در خدمت اهداف گسترده‌تر توسعه شهری قرار گیرد و میان تحول دیجیتال، مدیریت منابع، رفاه شهروندان و پایداری ارتباط نظام‌مند برقرار شود (1). بنابراین، سنجش میزان هوشمندی شهرها نیز نمی‌تواند صرفاً بر تعداد زیرساخت‌های دیجیتال، سامانه‌های الکترونیکی یا سطح نفوذ فناوری استوار باشد، بلکه نیازمند مجموعه‌ای از شاخص‌های چندبعدی است که عملکرد واقعی شهر را در حوزه‌های اجتماعی، اقتصادی، نهادی، کالبدی و زیست‌محیطی بازتاب دهند.

تحول نظری مفهوم شهر هوشمند در سال‌های اخیر بیش از هر چیز تحت تأثیر پیوند آن با توسعه پایدار قرار گرفته است. اگرچه شهر هوشمند و شهر پایدار از نظر مفهومی کاملاً یکسان نیستند، اما اشتراک قابل‌توجهی در اهدافی مانند بهبود کیفیت زندگی، افزایش کارایی منابع، تقویت حکمرانی، ارتقای تاب‌آوری و کاهش فشارهای محیطی دارند. مرورهای تلفیقی نشان داده‌اند که فناوری در شهر هوشمند عمدتاً نقش یک توانمندساز را بر عهده دارد و نمی‌توان آن را هدف نهایی سیاست‌گذاری شهری تلقی کرد؛ در مقابل، شهر پایدار بر پیامدهای بلندمدت اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی متمرکز است و ارزش فناوری را در میزان کمک آن به تحقق این پیامدها ارزیابی می‌کند (2). از همین رو، ادبیات جدید بر مفهوم «شهر هوشمند پایدار» تأکید می‌کند؛ مفهومی که در آن نوآوری فناورانه، مدیریت داده، زیرساخت‌های هوشمند و خدمات دیجیتال در کنار عدالت اجتماعی، کیفیت محیط‌زیست، بهره‌وری منابع و حکمرانی مشارکتی قرار می‌گیرند. در همین چارچوب، پیوند نظری میان شهرهای هوشمند و اهداف توسعه پایدار سازمان ملل متحد نیز تقویت شده است و پژوهش‌ها نشان داده‌اند که برنامه‌های هوشمندسازی، در صورت طراحی مناسب، می‌توانند به تحقق اهدافی مانند شهرها و اجتماعات پایدار، انرژی پاک، اقدام اقلیمی، نوآوری زیرساختی و کاهش نابرابری کمک کنند (3). بااین‌حال، این پیوند خودکار نیست و به نحوه انتخاب شاخص‌ها، اولویت‌های سیاستی و سازوکارهای اجرایی وابسته است.

یکی از مسائل کلیدی در این زمینه، چگونگی ارزیابی عملکرد شهرهای هوشمند و انتخاب شاخص‌هایی است که بتوانند به‌طور معتبر ابعاد مختلف هوشمندی و پایداری را اندازه‌گیری کنند. شاخص‌های عملکردی صرفاً ابزارهای آماری برای توصیف وضعیت موجود نیستند، بلکه در سطح سیاست‌گذاری، نقش سازوکارهای راهبردی برای تعیین اولویت‌ها، تخصیص منابع، مقایسه عملکرد، پایش پیشرفت و اصلاح برنامه‌های شهری را ایفا می‌کنند. مطالعات مروری نشان می‌دهند که در ادبیات شهر هوشمند، مجموعه بسیار متنوعی از شاخص‌ها پیشنهاد شده است؛ بااین‌حال، نبود توافق درباره ابعاد اصلی، تفاوت شرایط شهرها و غلبه برخی رویکردهای فناوری‌محور، همچنان از چالش‌های اساسی این حوزه محسوب می‌شود (4). همچنین، بررسی نظام‌مند چارچوب‌های سنجش عملکرد شهرهای هوشمند و پایدار نشان داده است که مدل‌های ارزیابی باید بتوانند به‌صورت هم‌زمان ابعاد فناوری، محیط‌زیست، اقتصاد، جامعه، حکمرانی و کیفیت زندگی را

پوشش دهند و از تمرکز یک‌جانبه بر یک حوزه خاص پرهیز کنند (5). بنابراین، ارزش یک نظام شاخص‌گذاری نه در تعداد زیاد شاخص‌ها، بلکه در میزان ارتباط آنها با اهداف راهبردی، قابلیت سنجش، امکان مقایسه و انطباق با واقعیت زمینه‌ای شهر مورد مطالعه است.

در همین راستا، برخی پژوهشگران بر ضرورت طراحی چارچوب‌های منسجم و یکپارچه برای ارزیابی هم‌زمان عملکرد هوشمندی و پایداری تأکید کرده‌اند. توسعه شاخص‌های تلفیقی می‌تواند مدیران شهری را قادر سازد تا آثار تصمیمات فناورانه و مدیریتی را نه فقط بر کارایی خدمات، بلکه بر مصرف انرژی، کیفیت محیط‌زیست، رفاه اجتماعی و پایداری بلندمدت ارزیابی کنند (6). چارچوب‌های جدیدتر ارزیابی نیز بر تفکیک میان «ورودی‌ها»، «ظرفیت‌ها»، «خروجی‌ها» و «پیامدها» تأکید دارند؛ بدین معنا که وجود زیرساخت دیجیتال یا سرمایه‌گذاری فناورانه به تنهایی نمی‌تواند نشانه موفقیت شهر هوشمند باشد، مگر آنکه به بهبود قابل‌اندازه‌گیری در عملکرد شهری منجر شود (7). این رویکرد، نگاه ارزیابی را از سنجش دارایی‌های فناورانه به سنجش اثر واقعی سیاست‌ها منتقل می‌کند. همچنین، تأکید شده است که انتخاب شاخص‌ها باید متناسب با مرحله توسعه، هدف ارزیابی و کاربران نتایج صورت گیرد، زیرا یک مجموعه ثابت از شاخص‌ها نمی‌تواند برای همه شهرها و همه مراحل برنامه‌ریزی مناسب باشد (8). این موضوع ضرورت بومی‌سازی نظام ارزیابی را به‌ویژه در شهرهای کشورهای در حال توسعه برجسته می‌سازد.

از منظر ساختاری، شهر هوشمند را می‌توان حاصل تعامل مجموعه‌ای از ظرفیت‌های فناورانه، اجتماعی، نهادی و کالبدی دانست. فناوری اطلاعات و ارتباطات، داده‌های شهری و زیرساخت‌های دیجیتال از ارکان مهم این نظام هستند، اما اثربخشی آنها زمانی افزایش می‌یابد که با ظرفیت‌های مدیریتی، سرمایه انسانی، همکاری نهادی و سازوکارهای تصمیم‌گیری راهبردی همراه شوند. مفهوم «ظرفیت‌های شهر هوشمند» در ادبیات جدید دقیقاً بر همین موضوع متمرکز است و نشان می‌دهد که تحقق هوشمندی نه حاصل یک فناوری منفرد، بلکه پیامد توان سازمانی شهر برای جذب، ترکیب و به‌کارگیری منابع مختلف است (9). از این منظر، زیرساخت فناوری باید در خدمت تقویت ظرفیت راهبردی و توان مدیریت شهری قرار گیرد. همچنین، حکمرانی شهر هوشمند بیش از آنکه صرفاً به الکترونیکی کردن خدمات مربوط باشد، به توانایی نهادهای شهری در مدیریت نوآوری، هماهنگی میان بازیگران، ایجاد سازوکارهای مشارکتی، افزایش شفافیت و انطباق با تغییرات سریع فناورانه وابسته است (10). بنابراین، حکمرانی هوشمند بخشی جدایی‌ناپذیر از عملکرد شهر هوشمند است و بدون وجود سازوکارهای نهادی مناسب، سرمایه‌گذاری فناورانه ممکن است به نتایج مورد انتظار منجر نشود.

بعد اجتماعی شهر هوشمند نیز در سال‌های اخیر اهمیت بیشتری یافته است. مطالعات نشان داده‌اند که موفقیت برنامه‌های هوشمندسازی صرفاً با افزایش کارایی خدمات عمومی سنجیده نمی‌شود، بلکه باید آثار آنها بر کیفیت زندگی، رضایت شهروندان، مشارکت اجتماعی، فرصت‌های اقتصادی و عدالت نیز بررسی شود. شواهد تجربی نشان می‌دهد اجرای برنامه‌های شهر هوشمند می‌تواند با بهبود ادراک شهروندان از کیفیت زندگی همراه باشد، به‌ویژه زمانی که خدمات دیجیتال، حمل‌ونقل، دسترسی به اطلاعات و کیفیت مدیریت شهری بهبود یابد (11). همچنین، برنامه‌ریزی شهر هوشمند می‌تواند به منافع اقتصادی و اجتماعی از طریق افزایش بهره‌وری، توسعه فرصت‌های جدید، بهبود کیفیت خدمات و تقویت ارتباطات شهری منجر شود (12). در عین حال، بررسی‌های بین‌المللی نشان می‌دهند که افزایش «هوشمندی» یک شهر لزوماً به کاهش خودکار نابرابری‌ها یا بهبود یکسان محیط شهری منجر نمی‌شود و نتایج به ساختارهای نهادی، توزیع منابع و نوع سیاست‌های اجرایی بستگی دارد (13). به همین دلیل، در سنجش عملکرد شهر هوشمند باید شاخص‌های اجتماعی و توزیعی در کنار شاخص‌های فناوری و زیرساخت قرار گیرند.

کیفیت زندگی و زیست‌پذیری از دیگر مؤلفه‌های اساسی در ارزیابی شهر هوشمند هستند. در رویکردهای جدید، هدف نهایی هوشمندسازی نه افزایش تعداد سامانه‌های دیجیتال، بلکه ایجاد محیط شهری مطلوب‌تر برای زندگی شهروندان در نظر گرفته می‌شود. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که میان مؤلفه‌های شهر هوشمند، رضایت از زندگی، رفاه ذهنی و زیست‌پذیری شهری رابطه معناداری وجود دارد و فناوری زمانی می‌تواند ارزش اجتماعی ایجاد کند که به بهبود تجربه روزمره شهروندان، کاهش زمان و هزینه دسترسی به خدمات و افزایش امنیت و آسایش منجر شود (14). این رویکرد انسان‌محور، مفهوم شهر هوشمند را از یک پروژه فناوریانه به یک الگوی جامع توسعه شهری تبدیل می‌کند. بر همین اساس، طبقه‌بندی‌های جدید شاخص‌های شهر هوشمند پایدار نیز حوزه‌های اجتماعی، فرهنگی، اقتصادی، محیط‌زیستی و حکمرانی را در کنار فناوری قرار می‌دهند و بر ضرورت توازن میان این حوزه‌ها تأکید دارند (15). چنین نگاهی به‌ویژه برای شهرهایی ضروری است که با محدودیت‌های منابع، تفاوت‌های اجتماعی و زیرساخت‌های نامتوازن روبه‌رو هستند.

یکی دیگر از مؤلفه‌های محوری شهر هوشمند پایدار، نظام حمل‌ونقل است. حمل‌ونقل شهری هم‌زمان با مسائل انرژی، آلودگی هوا، دسترسی اجتماعی، بهره‌وری اقتصادی، ایمنی و کیفیت زندگی مرتبط است و از این رو، به یکی از مهم‌ترین حوزه‌های مداخله در برنامه‌های هوشمندسازی تبدیل شده است. سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند با استفاده از داده‌های بلادرنگ، مدیریت هوشمند ترافیک، سامانه‌های حمل‌ونقل عمومی یکپارچه، فناوری‌های ارتباطی و ابزارهای تصمیم‌یار می‌توانند در کاهش ازدحام، بهینه‌سازی مسیرها و کاهش مصرف انرژی مؤثر باشند (16). افزون بر این، ادبیات توسعه شهری پایدار نشان می‌دهد که حمل‌ونقل هوشمند باید در چارچوب گسترده‌تری از دسترسی عادلانه، ایمنی، سازگاری محیطی و اتصال بین‌بخشی ارزیابی شود. از این منظر، اهمیت حمل‌ونقل تنها به نقش آن در جابه‌جایی محدود نیست، بلکه این حوزه به‌طور مستقیم با عملکرد کلی شهر و تجربه شهروندان از هوشمندی شهری پیوند دارد. در نتیجه، ارزیابی شهر هوشمند بدون سنجش کیفیت و پایداری نظام حمل‌ونقل، تصویری ناقص از عملکرد واقعی شهر ارائه خواهد کرد.

بعد زیست‌محیطی نیز یکی از نقاط اتصال اساسی میان شهر هوشمند و توسعه پایدار است. استفاده از فناوری می‌تواند امکان پایش بهتر مصرف انرژی و آب، مدیریت پسماند، کنترل آلودگی، نظارت بر کیفیت هوا و بهینه‌سازی زیرساخت‌ها را فراهم کند، اما اثرات مثبت محیطی به نحوه طراحی و اجرای سیاست‌ها وابسته است. مرور نظام‌مند ارتباط میان شهر هوشمند و اهداف توسعه پایدار نشان داده است که برنامه‌های هوشمندسازی می‌توانند منافع مشترک قابل توجهی برای توسعه پایدار ایجاد کنند، اما در برخی موارد نیز با هزینه‌های انرژی، مصرف منابع و تعارض میان اهداف مختلف همراه هستند (17). بنابراین، ارزیابی عملکرد باید علاوه بر منافع فناوریانه، مبادلات و پیامدهای ناخواسته را نیز بررسی کند. چارچوب‌های جهانی ارزیابی شهرهای هوشمند بر همین مبنا تلاش کرده‌اند تا شاخص‌های محیط‌زیستی را در کنار شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی و حکمرانی قرار دهند و امکان سنجش جامع‌تر پایداری را فراهم سازند (18). این موضوع در شهرهای واقع در مناطق خشک و نیمه‌خشک، که با محدودیت منابع آب و حساسیت‌های اکولوژیکی مواجه‌اند، اهمیت دوچندان دارد.

با وجود توسعه گسترده چارچوب‌های نظری و تجربی، مسئله زمینه‌مندی همچنان یکی از چالش‌های اساسی در مطالعات شهر هوشمند است. بسیاری از چارچوب‌های شناخته‌شده در کشورهای توسعه‌یافته و کلان‌شهرهایی با زیرساخت‌های دیجیتال پیشرفته طراحی شده‌اند؛ از این رو، تعمیم مستقیم آنها به شهرهای کشورهای در حال توسعه ممکن است به نادیده‌گرفتن محدودیت‌های نهادی، اقتصادی، اجتماعی و زیرساختی منجر شود. پژوهش‌های انجام‌شده در کشورهای جنوب جهانی نشان داده‌اند که ارزیابی پروژه‌های شهر هوشمند باید با توجه به ظرفیت اجرایی دولت محلی، محدودیت منابع، نابرابری‌های دسترسی، سطح بلوغ فناوری و اولویت‌های واقعی شهروندان انجام گیرد (19). تجربه رتبه‌بندی و ارزیابی شهرهای هوشمند پایدار در اروپا نیز نشان داده است که حتی در میان

شهرهایی با سطح توسعه نسبتاً مشابه، تفاوت در وزندهی شاخص‌ها و ویژگی‌های محلی می‌تواند نتایج متفاوتی ایجاد کند (20). در نتیجه، یک چارچوب معتبر ارزیابی باید ضمن برخورداری از قابلیت مقایسه، از انعطاف لازم برای تطبیق با ویژگی‌های زمینه‌ای هر شهر برخوردار باشد.

این ضرورت در مورد شهر کرمان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. کرمان به‌عنوان یکی از شهرهای مهم جنوب‌شرق ایران، هم‌زمان با فرایند رشد شهری و تحول اقتصادی، با مسائل متعددی نظیر محدودیت منابع آب، گسترش کالبدی، فشار بر زیرساخت‌های حمل‌ونقل، نیاز به ارتقای کارایی خدمات شهری و ضرورت تقویت سازوکارهای حکمرانی مواجه است. در چنین بستری، توسعه شهر هوشمند نمی‌تواند صرفاً به استقرار فناوری‌های جدید یا دیجیتالی‌کردن برخی خدمات محدود شود، بلکه باید با اولویت‌های توسعه پایدار و ویژگی‌های محیطی و اجتماعی شهر پیوند برقرار کند. مطالعات مربوط به راهبردهای توسعه شهرهای هوشمند تأکید دارند که موفقیت این رویکرد نیازمند چارچوبی است که میان چشم‌انداز راهبردی، ظرفیت نهادی، فناوری، مشارکت اجتماعی و پیامدهای پایداری ارتباط برقرار کند (21). از سوی دیگر، شواهد مربوط به سنجش شهرهای هوشمند نشان می‌دهد که انتخاب یک نظام شاخص متناسب با شرایط محلی می‌تواند به مدیران در شناسایی نقاط ضعف، تعیین اولویت‌های سرمایه‌گذاری و پایش اثربخشی اقدامات کمک کند.

بر این اساس، شکاف موجود را می‌توان در سه سطح مفهومی، زمینه‌ای و روش‌شناختی مطرح کرد. در سطح مفهومی، بخشی از ادبیات هنوز میان توسعه فناوری و تحقق پایداری رابطه‌ای ضمنی و مستقیم فرض می‌کند، درحالی‌که شواهد جدید نشان می‌دهند این رابطه تحت تأثیر ظرفیت‌های راهبردی، اجتماعی و نهادی قرار دارد. در سطح زمینه‌ای، بسیاری از چارچوب‌های موجود به‌صورت عمومی طراحی شده‌اند و حساسیت کافی نسبت به ویژگی‌های شهرهای متوسط در کشورهای در حال توسعه ندارند. در سطح روش‌شناختی نیز بخش مهمی از مطالعات یا بر استخراج شاخص‌ها متمرکز بوده‌اند یا روابط میان سازه‌های از پیش تعیین‌شده را با روش‌های کمی آزمون کرده‌اند، درحالی‌که تلفیق نظام‌مند استخراج زمینه‌محور شاخص‌ها با اعتبارسنجی تجربی مدل ساختاری کمتر مورد توجه قرار گرفته است. رویکردهای معاصر در ارزیابی شهرهای هوشمند تأکید می‌کنند که ترکیب شناسایی بومی شاخص‌ها با سنجش تجربی روابط میان آنها می‌تواند اعتبار کاربردی مدل‌ها را افزایش دهد و زمینه استفاده مؤثرتر از نتایج در برنامه‌ریزی را فراهم سازد (7, 8).

از این منظر، استفاده از یک طرح آمیخته که در آن ابتدا مؤلفه‌ها و شاخص‌های مرتبط با شرایط محلی از طریق رویکرد کیفی استخراج و سپس روابط میان سازه‌ها در یک مدل کمی آزمون شوند، می‌تواند بخشی از محدودیت‌های مطالعات پیشین را برطرف سازد. نظریه داده‌بنیاد امکان می‌دهد مفاهیم از تجربه خبرگان و ویژگی‌های بستر شهری استخراج شوند و از تحمیل مستقیم طبقه‌بندی‌های از پیش تعیین‌شده جلوگیری شود؛ در ادامه، مدل‌سازی معادلات ساختاری مبتنی بر حداقل مربعات جزئی امکان ارزیابی هم‌زمان مدل اندازه‌گیری، روابط میان ظرفیت‌های هوشمند و پیامدهای پایداری را فراهم می‌آورد. چنین رویکردی با جهت‌گیری ادبیات جدید که خواستار حرکت از شاخص‌های صرفاً توصیفی به مدل‌های عملکردی و علی است، همسو است و می‌تواند نشان دهد که چگونه فناوری، اجتماع، حکمرانی، سازه‌های شهری و حمل‌ونقل از مسیر ظرفیت‌های راهبردی به نتایج توسعه پایدار تبدیل می‌شوند (9, 18). علاوه بر این، تمرکز بر ظرفیت راهبردی می‌تواند حلقه مفقوده میان وجود امکانات هوشمند و تحقق پیامدهای عینی شهری را روشن سازد؛ زیرا حتی برخورداری از فناوری و داده بدون چشم‌انداز، برنامه‌ریزی و سازوکارهای اجرایی منسجم، الزاماً به توسعه پایدار منجر نخواهد شد.

در مجموع، ادبیات موجود نشان می‌دهد که ارزیابی شهر هوشمند نیازمند عبور از نگاه فناوری‌محور و حرکت به سمت چارچوبی چندبعدی، زمینه‌محور و مبتنی بر عملکرد است؛ چارچوبی که در آن زیرساخت دیجیتال، اجتماع هوشمند، حکمرانی، سازه‌ها، حمل‌ونقل، ظرفیت راهبردی و پیامدهای زیست‌محیطی و

توسعه‌ای در یک نظام منسجم مورد ارزیابی قرار گیرند. اگرچه پیشرفت‌های مهمی در زمینه تدوین طبقه‌بندی شاخص‌ها، طراحی چارچوب‌های ارزیابی و تحلیل ارتباط شهر هوشمند با توسعه پایدار صورت گرفته است، همچنان نیاز به مدل‌هایی وجود دارد که بتوانند این روابط را در شرایط واقعی شهرهای متوسط کشورهای در حال توسعه اعتبارسنجی کنند و برای تصمیم‌گیری شهری شواهد قابل‌اتکا فراهم آورند. بنابراین، هدف پژوهش حاضر تدوین و اعتبارسنجی تجربی یک چارچوب زمینه‌محور برای ارزیابی و تحلیل شاخص‌های عملکردی شهر هوشمند با تأکید بر توسعه پایدار در شهر کرمان است.

روش‌شناسی

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش، دارای طرح ترکیبی اکتشافی متوالی است. پژوهش در دو مرحله انجام شد؛ در مرحله نخست، با استفاده از روش کیفی و نظریه داده‌بنیاد، مؤلفه‌ها و شاخص‌های متناسب با زمینه شهر کرمان شناسایی و سازمان‌دهی شدند. در مرحله دوم، یافته‌های مرحله کیفی به ابزار سنجش تبدیل و با استفاده از مدل‌سازی معادلات ساختاری مبتنی بر حداقل مربعات جزئی (PLS-SEM) اعتبارسنجی و روابط میان سازه‌های پژوهش آزمون شد. بنابراین، مرحله کمی مستقیماً بر خروجی مرحله کیفی مبتنی است.

مرحله کیفی با هدف شناسایی مؤلفه‌ها و شاخص‌های زمینه‌محور شهر هوشمند در شهر کرمان انجام شد. داده‌ها از طریق مصاحبه با خبرگان حوزه شهرسازی، مدیریت شهری و شهر هوشمند گردآوری و به‌صورت هم‌زمان با جمع‌آوری داده‌ها تحلیل شدند. تحلیل داده‌ها بر اساس رویکرد استراوس و کوربین و در سه مرحله کدگذاری باز، محوری و انتخابی انجام گرفت. در کدگذاری باز، مفاهیم اولیه از داده‌های مصاحبه استخراج و کدهای مشابه تجمیع شدند. در کدگذاری محوری، مفاهیم مرتبط در قالب مقوله‌های اصلی و فرعی سازمان‌دهی شدند و در مرحله کدگذاری انتخابی، ارتباط میان مقوله‌ها و جایگاه آنها در چارچوب کلی پژوهش مشخص شد. بر اساس نتایج گزارش‌شده، این فرایند به استخراج ۱۰ مقوله اصلی و ۵۸ مقوله فرعی منجر شد که مبنای تدوین شاخص‌های قابل سنجش قرار گرفتند.

پس از نهایی شدن یافته‌های کیفی، شاخص‌های استخراج‌شده عملیاتی و به گویه‌های پرسشنامه تبدیل شدند. در مجموع، ۵۸ گویه برای سنجش سازه‌های مدل کمی تدوین و با کدهای Q۰۱ تا Q۵۸ سازمان‌دهی شدند. بدین ترتیب، ارتباط میان دو مرحله پژوهش حفظ شد؛ به گونه‌ای که ابزار کمی حاصل مستقیم فرایند شناسایی شاخص‌ها در مرحله کیفی بود.

در مرحله کمی، پرسشنامه تدوین‌شده در میان جامعه مورد مطالعه توزیع و داده‌های حاصل برای ارزیابی مدل اندازه‌گیری و مدل ساختاری مورد استفاده قرار گرفت. تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SmartPLS و به روش PLS-SEM انجام شد. در ارزیابی مدل اندازه‌گیری، پایایی شاخص‌ها، سازگاری درونی و روایی همگرا بررسی شد. در مرحله بعد، مدل ساختاری با استفاده از ضرایب مسیر و آزمون بوت‌استرپ ارزیابی و فرضیه‌های پژوهش آزمون شدند. همچنین، قدرت تبیین و قابلیت پیش‌بینی سازه‌های درون‌زا و شاخص‌های برازش مدل بررسی شد. در مدل نهایی، روابط میان اجتماع هوشمند، حکمرانی هوشمند، سازه‌های هوشمند و حمل‌ونقل پایدار با عملکرد شهر هوشمند و نیز روابط زیرساخت فناوری هوشمند، پیاده‌سازی فناوری اطلاعات و عملکرد شهر هوشمند با ظرفیت راهبردی بررسی شد. در نهایت، ارتباط ظرفیت راهبردی با حفاظت از محیط‌زیست و توسعه پایدار شهری مورد آزمون قرار گرفت.

یافته‌ها

این پژوهش با استفاده از روش کیفی گراند تئوری به تبیین فرآیند و عوامل مؤثر بر شهر هوشمند در منطقه مورد مطالعه می‌پردازد. با توجه به روش پژوهش داده بنیاد که روش مورد نظر می باشد، نظریه پردازان داده بنیاد از روالی استفاده می کنند، که مستلزم جمع آوری و تحلیل همزمان و زنجیره وار داده‌هاست. همچنین در این روش تحلیل گر است که تصمیم می گیرد، به منظور بهبود نظریه خود تا هنگام آن، در آینده چه داده هایی را جمع آوری کند و در کجا آنها را پیدا کند. این مطالعه در مناطق ۵ گانه شهر کرمان صورت گرفته است. بنابراین در این بخش توصیف و تحلیل داده ها بصورت همزمان انجام می شود.

در این مرحله با توجه به مصاحبه‌های صورت گرفته شده توسط خبرگان و استخراج مفاهیم اصلی و مرتبط با مدل مورد نظر مولفه‌های مهم شناسایی شده اند که برای هر یک از خبرگان در چارچوب نظری مدنظر به صورت مجزا قابل مشاهده است که منبع شناسایی این مولفه ها هستند به عبارت دیگر در این مرحله پژوهشگر با مرور مجموعه داده‌های گردآوری شده، مفاهیم مستتر در آن را بازشناسایی نمود. پس از شناسایی کدهای اولیه و در نظر گرفتن کدهای مشابه، کدهای مفهومی استخراج شد و سپس در مرحله بعد با بررسی این کدها و طبقه بندی آنها، مقوله‌های فرعی شناسایی شدند. در کدگذاری باز که فرایندی تحلیلی است طی آن مفاهیم شناسایی شده و ویژگی ها و ابعاد مربوط به هر مفهوم کشف می گردد. دو فعالیت کلیدی از کدگذاری باز مفهوم سازی و مقوله بندی هستند. مطابق سوالات تحقیق، افراد در پاسخ به سوالات کاملاً آزاد بودند. سوالات به صورت کلی بیان می شد و مصاحبه شونده گان از زوایای مختلف به موضوع می پرداختند. در این مرحله ابتدا مطالب مربوط به مولفه‌های شهر هوشمند بررسی و نکات و مضامین کلیدی آن کد گذاری می شوند. این کدها در قالب مفاهیمی هستند که از جملات متنهای مرتبط با شهر هوشمند بدست می آیند با بررسی و مطالعه اطلاعات ۱۱۰ جمله مرتبط با موضوع از متون استخراج شده، در نهایت ۵۸ جمله کدگذاری شده و در جدول ۱ جمع آوری شده است.

جدول ۱- کدگذاری باز

شناسه	مقوله فرعی	متن مصاحبه مربوطه
B۱	مشارکت بین سازمانها از طریق شبکه‌های الکترونیکی	مشارکت بین سازمانها از طریق شبکه‌های الکترونیکی در تحقق شهرهای هوشمند نقش مهمی دارد.
B۲	مشارکت افراد در شبکه‌های اجتماعی جهت یکپارچه	مشارکت افراد در شبکه‌های اجتماعی جهت مدیریت یکپارچه در تحقق شهرهای هوشمند نقش مهمی دارد.
B۳	اشتراک اطلاعات با شهروندان از طریق شبکه‌های اجتماعی	اشتراک اطلاعات با شهروندان از طریق شبکه‌های اجتماعی در تحقق شهرهای هوشمند نقش مهمی دارد.
B۴	نسبت دستگاه‌های اجرایی متصل به شبکه ملی اطلاعات و اینترنت	نسبت دستگاه‌های اجرایی متصل به شبکه ملی اطلاعات و اینترنت در تحقق شهرهای هوشمند نقش مهمی دارد.
B۵	نسبت معاملات الکترونیکی نسبت به کل معاملات	نسبت معاملات الکترونیکی نسبت به کل معاملات در تحقق شهرهای هوشمند نقش مهمی دارد.
B۶	استفاده ساکنین از خریدهای اینترنتی و آنلاین	استفاده ساکنین از خریدهای اینترنتی و آنلاین در تحقق شهرهای هوشمند نقش مهمی دارد.
B۷	سیستم حمل و نقل ایمن	در یک شهر هوشمند سیستم حمل و نقل پایدار و ایمن که مبتنی بر نوآوری است لازم می باشد.
B۸	سیستم حمل و نقل سازگار با محیط زیست	سیستم حمل و نقل باید با محیط سازگار باشند.
B۹	هوشمندسازی سیستم حمل و نقل	سیستم حمل و نقل می‌بایست در تمامی عناصر خود هوشمند باشد.

B۱۰	دسترسی بین المللی	دسترسی بین المللی از مهمترین پیامدهای تحقق شهرهای هوشمند است.
B۱۱	استانداردسازی در سیستم حمل و نقل	رعایت استانداردها در سیستم حمل و نقل لازمه هوشمندسازی شهر است.
B۱۲	دسترسی محلی	دسترسی محلی به اماکن مختلف باید از مهمترین بخش های تحقق شهرهای هوشمند باشد.
B۱۳	به کارگیری خلاقیت در سیستم حمل و نقل	سیستم حمل و نقل باید با خلاقیت ارائه گردد.
B۱۴	کثرت اجتماعی و قومی	کثرت اجتماعی و قومی نقش مهمی در تحقق شهر هوشمند دارد.
B۱۵	جذابیت های توریستی	جذابیت های توریستی می تواند نقش مهمی در تحقق شهرهای هوشمند داشته باشد.
B۱۶	مشارکت اجتماعی هوشمند	مشارکت در زندگی اجتماعی از سوی شهروندان به تحقق شهرهای هوشمند کمک می نماید.
B۱۷	انعطاف پذیری و خلاقیت	انعطاف پذیری شهری می تواند در فرایند تحقق شهر هوشمند کارگشا باشد. همچنین خلاقیت نیروی انسانی و نحوه مدیریت شهرها باید در تحقق شهر هوشمند مورد توجه باشد.
B۱۸	آموزش الکترونیک	با ارائه آموزش الکترونیک به شهروندان موافق هستیم.
B۱۹	انسجام در زندگی اجتماعی	در تحقق شهرهای هوشمند انسجام اجتماعی نقش مهمی دارد.
B۲۰	دموکراسی الکترونیکی	در الکترونیکی نمودن ارکان مختلف، رعایت دموکراسی الکترونیکی الزامی است.
B۲۱	به کارگیری کارآفرینان هوشمند	شناسایی کارآفرینان هوشمند و به کارگیری آنها سبب گذر از چالش های مربوط به هوشمندسازی شهر می شود.
B۲۲	تدوین برنامه های استراتژیک جهت ترویج دولت الکترونیک	دولت الکترونیک باید نسبت به تدوین برنامه های استراتژیک اقدامات مقتضی را به انجام برساند.
B۲۳	ارائه خدمات عمومی آنلاین با دسترسی آسان	اهمیت دسترسی افراد به خدمات ارائه شده از سوی دولت غیرقابل انکار است.
B۲۴	شمول بین المللی	شهر هوشمند پدیده ای محلی و مختص به یک استان نیست بلکه جنبشی ملی با رویکرد جهانی و دستاوردهایی جهان شمول است.
B۲۵	شفافیت در عملکرد و پاسخگویی	حکومتداری شفاف/ حکمرانی شفاف می تواند به شکل گیری شهرهای هوشمند کمک نماید.
B۲۶	مدیریت آب، گاز، برق و انرژی	با هوشمندسازی شهری، مدیریت همه منابع مورد استفاده هوشمند خواهد بود.
B۲۷	ساختمان های پایدار با ابزارها و لوازم خانگی هوشمند	ایجاد ساختمان های پایدار با ابزارها و لوازم خانگی هوشمند از ارکان اصلی و ابتدایی شهر هوشمند محسوب می شود.
B۲۸	سیستم کنترل دسترسی	وجود سیستم کنترل دسترسی برای سازه های هوشمند ضروری است.
B۲۹	پارکینگ هوشمند	در سازه های هوشمند، پارکینگ ها نیز به صورت هوشمند ساخته و تعبیه می شوند.
B۳۰	سیستم های گرمایش و سرمایش	در تمامی سازه های هوشمند، سیستم های گرمایش و سرمایش به صورت هوشمندانه برقرار است.
B۳۱	کاهش آسیب زیست محیطی و حفظ آن برای نسل های آتی	اصلی ترین رکن در هوشمندسازی شهر، کاهش آسیب به محیط زیست است و رعایت این مهم که این محیط در دست ما امانت بوده و برای نسل های آتی باید حفظ گردد.
B۳۲	افزایش رضایت و اعتماد شهروندان	اولین و مهم ترین نتیجه از هوشمندسازی شهری، افزایش رضایت و اعتماد شهروندان است.
B۳۳	شرایط بهداشتی و سلامت هوشمند فردی	توجه به سیستم بهداشتی و سلامت فردی از ارکان تحقق شهر هوشمند است.
B۳۴	کیفیت مسکن	توجه به کیفیت ساخت مسکن باید در تحقق شهرهای هوشمند مورد توجه باشد.
B۳۵	تسهیلات آموزشی	تسهیلات آموزشی از ارکان اولیه و مهم تحقق شهر هوشمند است.
B۳۶	مدیریت منابع پایدار	مدیریت منابع پایدار از ارکان مهم تحقق شهر هوشمند است.
B۳۷	بهبودسازی در مصرف منابع طبیعی (برق، آب و انرژی و...)	با هوشمندسازی منابع مصرفی در سازه های هوشمند، بهینه سازی در مصرف منابع طبیعی (برق، آب و انرژی و...) نیز رخ می دهد.
B۳۸	تدوین چشم انداز شهر هوشمند	با تدوین چشم انداز شهر هوشمند توسط مدیران ذی ربط موافق هستیم.

B۳۹	تدوین ماموریت‌ها و اهداف در شهر هوشمند	پس از تدوین چشم‌انداز، نوبت به تدوین ماموریت‌ها و اهداف در شهر هوشمند می‌رسد.
B۴۰	تدوین و اجرای سیاست‌های منسجم	قطعا جهت دستیابی به اهداف شهر هوشمند نیاز به تدوین و اجرای سیاست‌های منسجم وجود دارد.
B۴۱	کاهش موانع قانونی و مقرراتی	در بدو شروع ساخت شهر هوشمند، نیاز به کاهش موانع قانونی و مقرراتی غیرقابل انکار است.
B۴۲	بازبینی حقوق شهروندی	بازبینی حقوق شهروندی و رعایت آن در شهر هوشمند الزامی است.
B۴۳	عدم توانایی همه افراد در استفاده از فناوری	عدم توانایی همه افراد در استفاده از فناوری باید در برنامه‌ای بررسی و مورد حل و فصل قرار گیرد.
B۴۴	عدم دسترسی همه افراد به ابزارهای فناورانه	عدم دسترسی همه افراد به ابزارهای فناورانه با توسعه امکانات مذکور قابل رفع است.
B۴۵	تحمل فشار به زیرساخت‌های شبکه ارتباطی کشور	جهت کاهش تحمل فشار به زیرساخت‌های شبکه ارتباطی کشور، نیاز به نظر متخصصان حوزه IT وجود دارد.
B۴۶	هزینه بالای آموزش فناوری	با تامین بودجه جهت پرداخت هزینه بالای آموزش فناوری موافق هستیم.
B۴۷	احتمال رخداد حملات سایبری	احتمال رخداد حملات سایبری با به‌کارگیری کارشناسان زبده IT کاهش می‌یابد.
B۴۸	مدیریت صحیح پسماند زیاله‌ها	با هوشمندسازی ساختمان‌ها، امکان مدیریت صحیح پسماند زیاله‌ها فراهم می‌گردد.
B۴۹	جمع‌آوری و بازیافت هوشمند زیاله‌ها	جمع‌آوری و بازیافت هوشمند زیاله‌ها به حفظ محیط زیست کمک شایانی می‌نماید.
B۵۰	کنترل نمودن کیفیت هوا	کاهش آلودگی هوا و کنترل نمودن کیفیت آن از نتایج مثبت و مهم هوشمندسازی شهر است.
B۵۱	حفظ انرژی‌های تجدید ناپذیر و کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی	با هوشمندسازی شهری، حفظ انرژی‌های تجدید ناپذیر و کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی قابل حصول است.
B۵۲	کاهش گازهای گلخانه‌ای	کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی منجر به کاهش گازهای گلخانه‌ای می‌شود.
B۵۳	عملکرد رقابتی، پشتیبانی، اکولوژیکی، اقتصادی- اجتماعی	عملکرد رقابتی، پشتیبانی، اکولوژیکی، اقتصادی- اجتماعی جهت دستیابی به توسعه پایدار امکان‌پذیر است.
B۵۴	توسعه اقتصادی و ارزآوری	توسعه اقتصادی و ارزآوری با افزایش جذب توریست و گردشگر به کشور امکان‌پذیر است.
B۵۵	افزایش امنیت شهروندان	افزایش امنیت شهروندان در شهر هوشمند تضمین می‌گردد.
B۵۶	بهبود کیفیت زندگی شهروندان	شهر هوشمند موجب بهبود کیفیت زندگی شهروندان می‌شود.
B۵۷	جذب توریست	جذب توریست یکی از پیامدهای استقرار شهر هوشمند است.
B۵۸	حفظ تعادل انسان و زمین	حفظ تعادل انسان و زمین از مهم‌ترین نتایج پیاده‌سازی شهر هوشمند به شمار می‌آید.

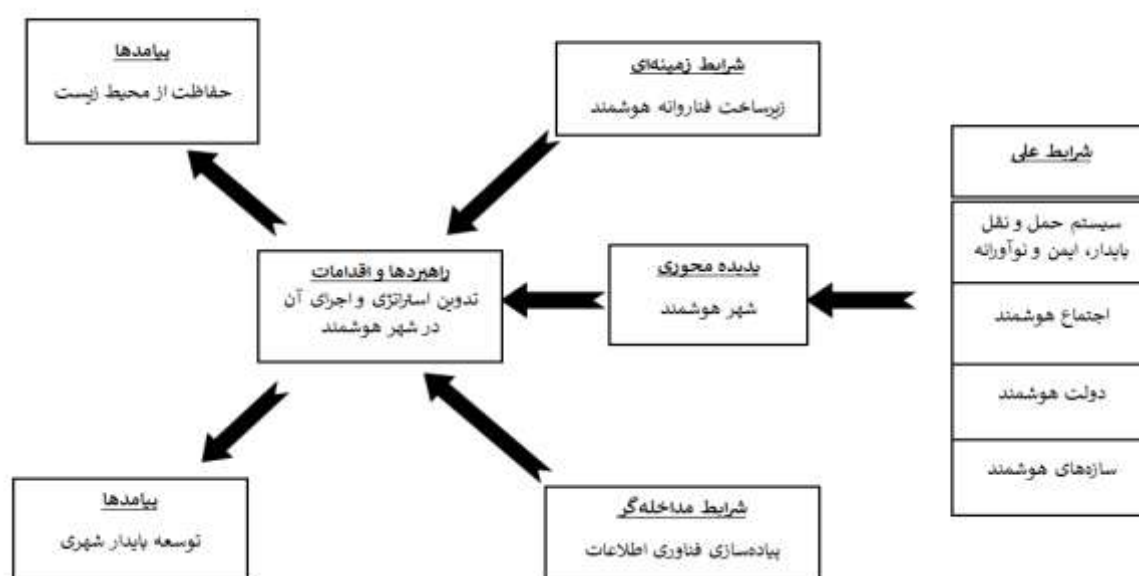
کدگذاری محوری دومین مرحله تجزیه و تحلیل در نظریه‌پردازی داده بنیاد است. هدف از این مرحله برقراری رابطه بین طبقه‌های تولید شده در مرحله کدگذاری باز است. در این مرحله، با غربالگری، حذف کدهای تکراری و یکپارچه نمودن کدهای هم‌معنی، شاخص‌های استخراج شده از متون مصاحبه‌ها مقوله‌بندی می‌شوند. ارتباط سایر طبقه‌ها با طبقه محوری در شش عنوان می‌تواند تحقق داشته باشد که عبارتند از شرایط علی، پدیده محوری، راهبردها و اقدامات، شرایط مداخله‌گر، شرایط زمینه‌ای و پیامدها (استراوس و کوربین، ۱۹۹۸). لذا از کلیه شاخص‌های به دست آمده از مرحله کدگذاری باز، در این مرحله به تعیین مقوله‌ها پرداخته شده و ۱۰ مقوله اصلی و تعداد ۵۸ مقوله فرعی حاصل گردید. در ادامه، موارد مذکور در جدول شماره ۲ ارائه گردیده است.

جدول ۲- بعد، مقوله‌های اصلی و فرعی پژوهش

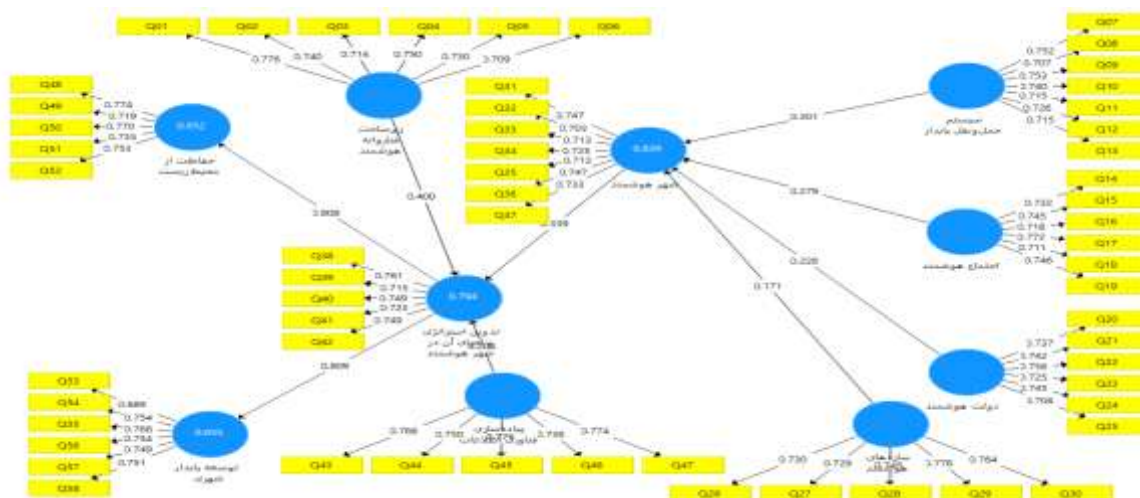
بعد	مقوله اصلی	مقوله فرعی
شرایط زمینه‌ای	زیرساخت فناوریانه هوشمند	۱- مشارکت بین سازمانها از طریق شبکه‌های الکترونیکی
		۲- مشارکت افراد در شبکه‌های اجتماعی جهت مدیریت یکپارچه
		۳- اشتراک اطلاعات با شهروندان از طریق شبکه‌های اجتماعی
		۴- نسبت دستگاه‌های اجرایی متصل به شبکه ملی اطلاعات و اینترنت
		۵- نسبت معاملات الکترونیکی نسبت به کل معاملات
		۶- استفاده ساکنین از خریدهای اینترنتی و آنلاین
شرایط علی	سیستم حمل و نقل پایدار، ایمن و نوآورانه	۷- سیستم حمل و نقل ایمن
		۸- سیستم حمل و نقل سازگار با محیط زیست
		۹- هوشمندسازی سیستم حمل و نقل
		۱۰- دسترسی بین المللی
		۱۱- استانداردسازی در سیستم حمل و نقل
		۱۲- دسترسی محلی
		۱۳- به‌کارگیری خلاقیت در سیستم حمل و نقل
	اجتماع هوشمند	۱۴- کثرت اجتماعی و قومی
		۱۵- جذابیت‌های توریستی
		۱۶- مشارکت اجتماعی هوشمند
		۱۷- انعطاف‌پذیری و خلاقیت
		۱۸- آموزش الکترونیک
		۱۹- انسجام در زندگی اجتماعی
دولت هوشمند		۲۰- دموکراسی الکترونیکی
		۲۱- به‌کارگیری کارآفرینان هوشمند
		۲۲- تدوین برنامه‌های استراتژیک جهت ترویج دولت الکترونیک
		۲۳- ارائه خدمات عمومی آنلاین با دسترسی آسان
		۲۴- شمول بین المللی
		۲۵- شفافیت در عملکرد و پاسخگویی
	سازه‌های هوشمند	۲۶- مدیریت آب، گاز، برق و انرژی
		۲۷- ساختمان‌های پایدار با ابزارها و لوازم خانگی هوشمند
		۲۸- سیستم کنترل دسترسی
		۲۹- پارکینگ هوشمند
		۳۰- سیستم‌های گرمایش و سرمایش
پدیده محوری	شهر هوشمند	۳۱- کاهش آسیب زیست‌محیطی و حفظ آن برای نسل‌های آتی
		۳۲- افزایش رضایت و اعتماد شهروندان
		۳۳- شرایط بهداشتی و سلامت هوشمند فردی
		۳۴- کیفیت مسکن
		۳۵- تسهیلات آموزشی
		۳۶- مدیریت منابع پایدار
		۳۷- بهینه‌سازی در مصرف منابع طبیعی (برق، آب و انرژی و...)
راهبردها و اقدامات	تدوین استراتژی و اجرای آن در شهر هوشمند	۳۸- تدوین چشم‌انداز شهر هوشمند
		۳۹- تدوین مأموریت‌ها و اهداف در شهر هوشمند
		۴۰- تدوین و اجرای سیاست‌های منسجم

۴۱- کاهش موانع قانونی و مقرراتی		
۴۲- بازیابی حقوق شهروندی		
۴۳- عدم توانایی همه افراد در استفاده از فناوری	پیاده‌سازی فناوری اطلاعات	شرایط مداخله‌گر
۴۴- عدم دسترسی همه افراد به ابزارهای فناورانه		
۴۵- تحمیل فشار به زیرساخت‌های شبکه ارتباطی کشور		
۴۶- هزینه بالای آموزش فناوری		
۴۷- احتمال رخداد حملات سایبری		
۴۸- مدیریت صحیح پسماند زباله‌ها	حفاظت از محیط زیست	پیامد
۴۹- جمع‌آوری و بازیافت هوشمند زباله‌ها		
۵۰- کنترل نمودن کیفیت هوا		
۵۱- حفظ انرژی‌های تجدید ناپذیر و کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی		
۵۲- کاهش گازهای گلخانه‌ای		
۵۳- عملکرد رقابتی، پشتیبانی، اکولوژیکی، اقتصادی- اجتماعی	توسعه پایدار شهری	
۵۴- توسعه اقتصادی و ارزآوری		
۵۵- افزایش امنیت شهروندان		
۵۶- بهبود کیفیت زندگی شهروندان		
۵۷- جذب توریست		
۵۸- حفظ تعادل انسان و زمین		

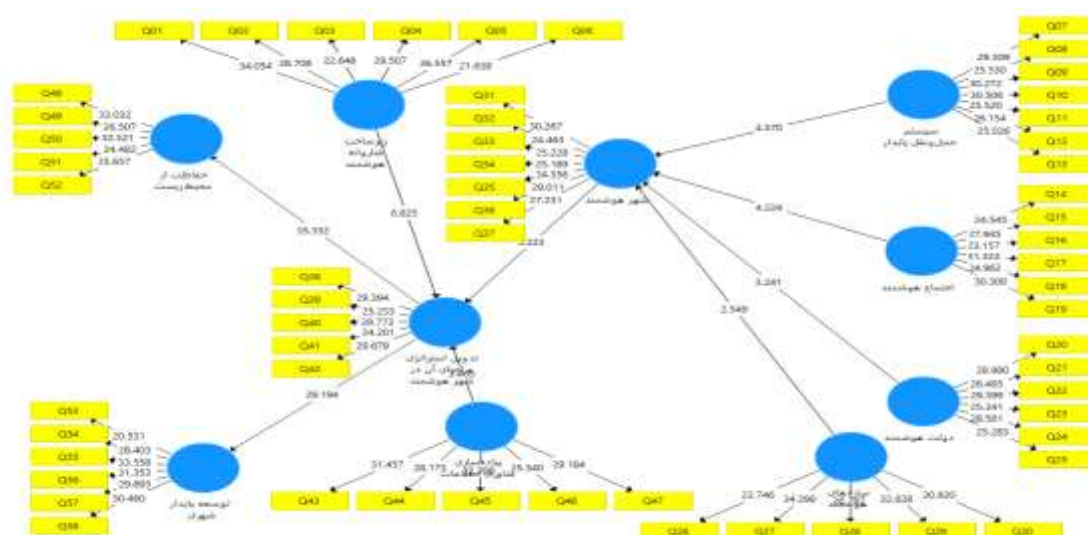
در نظریه‌پردازی بنیادی، تلفیق داده‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. در فرآیند تحقیق پس از گردآوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل و تفسیر آن‌ها نوبت به ارائه مدل، نتیجه‌گیری و جمع‌بندی تحقیق می‌رسد. در گام اول با بررسی وضعیت موجود، داده‌های به دست آمده در ۶ مقوله اصلی طبقه‌بندی می‌شوند. با نظر اساتید و کارشناسان امر، از کلیه شاخص‌های به دست آمده از تحلیل کیفی مصاحبه‌ها، تعداد ۵۸ شاخص، جهت تحلیل و امکان‌سنجی تحقق اهداف اصول و معیارهای شهر هوشمند به کار گرفته شده است. شکل زیر، نشان‌دهنده مدل پارادایمی تحلیل و امکان‌سنجی تحقق اهداف اصول و معیارهای شهر هوشمند می‌باشد.



نمودار ۱- مدل پارادایمی تحلیل و امکان‌سنجی تحقق اهداف اصول و معیارهای شهر هوشمند



نمودار ۲- خروجی اعتبارسنجی مدل با روش حداقل مربعات جزئی



نمودار ۳- معناداری روابط متغیرها با روش حداقل مربعات جزئی (بوت استرپینگ)

بخش بیرونی (مدل اندازه گیری) نشان می دهد گویه هایی که برای سنجش هر یک از عوامل اصلی در نظر گرفته شده، از اعتبار کافی برخوردار است. قدرت رابطه بین گویه ها با عوامل مربوط بوسیله بارعاملی و معناداری آنها با آماره t مورد سنجش قرار می گیرد. نتایج مدل بیرونی (مدل اندازه گیری) در جدول شماره ۳ زیر ارائه شده است.

جدول ۳- نتایج مدل بیرونی (مدل اندازه گیری)

گویه ها	بارعاملی	آماره تی
Q۰۱ → زیرساخت فناوریانه هوشمند	۰/۷۷۶	۳۴/۰۵۴
Q۰۲ → زیرساخت فناوریانه هوشمند	۰/۷۴۰	۲۸/۷۰۸
Q۰۳ → زیرساخت فناوریانه هوشمند	۰/۷۱۴	۲۲/۶۴۸

۲۹/۵۰۷	۰/۷۵۰	Q۰۴ → زیرساخت فناوریانه هوشمند
۲۶/۵۵۷	۰/۷۳۰	Q۰۵ → زیرساخت فناوریانه هوشمند
۲۱/۶۳۸	۰/۷۰۹	Q۰۶ → زیرساخت فناوریانه هوشمند
۲۹/۳۰۹	۰/۷۵۲	Q۰۷ → سیستم حمل‌ونقل پایدار
۲۵/۵۳	۰/۷۰۷	Q۰۸ → سیستم حمل‌ونقل پایدار
۳۰/۲۷۲	۰/۷۵۳	Q۰۹ → سیستم حمل‌ونقل پایدار
۳۰/۵۰۶	۰/۷۴۰	Q۱۰ → سیستم حمل‌ونقل پایدار
۲۵/۵۲	۰/۷۱۵	Q۱۱ → سیستم حمل‌ونقل پایدار
۲۶/۱۵۴	۰/۷۲۶	Q۱۲ → سیستم حمل‌ونقل پایدار
۲۵/۰۲۶	۰/۷۱۵	Q۱۳ → سیستم حمل‌ونقل پایدار
۲۴/۵۴۵	۰/۷۳۲	Q۱۴ → اجتماع هوشمند
۲۷/۹۴۵	۰/۷۴۵	Q۱۵ → اجتماع هوشمند
۲۳/۱۵۷	۰/۷۱۸	Q۱۶ → اجتماع هوشمند
۳۱/۳۲۳	۰/۷۷۲	Q۱۷ → اجتماع هوشمند
۲۴/۹۶۲	۰/۷۱۱	Q۱۸ → اجتماع هوشمند
۳۰/۳	۰/۷۴۶	Q۱۹ → اجتماع هوشمند
۲۸/۹۸	۰/۷۳۷	Q۲۰ → دولت هوشمند
۲۶/۴۸۵	۰/۷۴۲	Q۲۱ → دولت هوشمند
۲۹/۳۹۹	۰/۷۵۶	Q۲۲ → دولت هوشمند
۲۵/۲۴۱	۰/۷۲۵	Q۲۳ → دولت هوشمند
۲۸/۵۸۱	۰/۷۴۵	Q۲۴ → دولت هوشمند
۲۵/۲۸۳	۰/۷۰۶	Q۲۵ → دولت هوشمند
۲۳/۷۴۶	۰/۷۳۰	Q۲۶ → سازه‌های هوشمند
۲۴/۲۹۸	۰/۷۲۹	Q۲۷ → سازه‌های هوشمند
۲۶/۷۹۷	۰/۷۴۵	Q۲۸ → سازه‌های هوشمند
۳۲/۸۲۸	۰/۷۷۸	Q۲۹ → سازه‌های هوشمند
۳۰/۹۲	۰/۷۶۴	Q۳۰ → سازه‌های هوشمند
۳۰/۲۶۷	۰/۷۴۷	Q۳۱ → شهر هوشمند
۲۴/۴۶۳	۰/۷۰۳	Q۳۲ → شهر هوشمند
۲۵/۲۲۸	۰/۷۱۳	Q۳۳ → شهر هوشمند
۲۵/۱۸۹	۰/۷۲۵	Q۳۴ → شهر هوشمند
۲۴/۳۵۶	۰/۷۱۳	Q۳۵ → شهر هوشمند
۲۹/۰۱۱	۰/۷۴۷	Q۳۶ → شهر هوشمند
۲۷/۲۳۱	۰/۷۳۳	Q۳۷ → شهر هوشمند
۲۹/۳۹۴	۰/۷۶۱	Q۳۸ → تدوین استراتژی و اجرای آن در شهر هوشمند
۲۵/۲۳۳	۰/۷۱۵	Q۳۹ → تدوین استراتژی و اجرای آن در شهر هوشمند
۲۹/۷۷۳	۰/۷۴۹	Q۴۰ → تدوین استراتژی و اجرای آن در شهر هوشمند
۲۴/۲۰۱	۰/۷۲۳	Q۴۱ → تدوین استراتژی و اجرای آن در شهر هوشمند
۲۹/۶۷۹	۰/۷۴۹	Q۴۲ → تدوین استراتژی و اجرای آن در شهر هوشمند
۳۱/۴۵۷	۰/۷۶۸	Q۴۳ → پیاده‌سازی فناوری اطلاعات
۲۸/۱۷۳	۰/۷۵۰	Q۴۴ → پیاده‌سازی فناوری اطلاعات
۳۲/۳۹۸	۰/۷۷۶	Q۴۵ → پیاده‌سازی فناوری اطلاعات
۲۵/۵۴	۰/۷۳۶	Q۴۶ → پیاده‌سازی فناوری اطلاعات

۲۹/۱۸۴	۰/۷۷۴	Q۴۷ → پیاده‌سازی فناوری اطلاعات
۳۳/۰۳۲	۰/۷۷۴	Q۴۸ → حفاظت از محیط‌زیست
۲۶/۵۰۷	۰/۷۱۹	Q۴۹ → حفاظت از محیط‌زیست
۳۲/۵۲۱	۰/۷۷۰	Q۵۰ → حفاظت از محیط‌زیست
۲۴/۴۸۲	۰/۷۳۵	Q۵۱ → حفاظت از محیط‌زیست
۲۵/۶۵۷	۰/۷۵۳	Q۵۲ → حفاظت از محیط‌زیست
۲۰/۵۳۱	۰/۶۸۹	Q۵۳ → توسعه پایدار شهری
۲۸/۴۰۳	۰/۷۵۴	Q۵۴ → توسعه پایدار شهری
۳۳/۵۵۸	۰/۷۶۸	Q۵۵ → توسعه پایدار شهری
۳۱/۳۵۳	۰/۷۵۴	Q۵۶ → توسعه پایدار شهری
۲۹/۸۹۳	۰/۷۴۹	Q۵۷ → توسعه پایدار شهری
۳۰/۴۶	۰/۷۵۱	Q۵۸ → توسعه پایدار شهری

مقادیر بارهای عاملی مشاهده شده بزرگتر از ۰/۵ بدست آمده است و آماره t نیز بزرگتر از ۱/۹۶ می‌باشد. بنابراین مدل بیرونی (اندازه‌گیری) مورد تایید می‌باشد.

بخش درونی (مدل ساختاری)

روابط میان سازه‌های اصلی پژوهش در بخش ساختاری بررسی شد. براساس ضریب مسیر مشاهده شده و مقدار آماره t (بوت‌استرپینگ) روابط متغیرها به صورت زیر قابل تفسیر است:

ضریب تاثیر اجتماع هوشمند بر شهر هوشمند مقدار ۰/۲۷۹ بدست آمد و آماره t نیز ۴/۲۲۴ محاسبه شد. بنابراین با اطمینان ۹۵٪ می‌توان ادعا کرد: این فرضیه تایید می‌شود.

ضریب تاثیر تدوین استراتژی و اجرای آن در شهر هوشمند بر توسعه پایدار شهری مقدار ۰/۸۰۹ بدست آمد و آماره t نیز ۲۹/۱۹۴ محاسبه شد. بنابراین با اطمینان ۹۵٪ می‌توان ادعا کرد: این فرضیه تایید می‌شود.

ضریب تاثیر تدوین استراتژی و اجرای آن در شهر هوشمند بر حفاظت از محیط‌زیست مقدار ۰/۸۰۸ بدست آمد و آماره t نیز ۳۵/۳۵۲ محاسبه شد. بنابراین با اطمینان ۹۵٪ می‌توان ادعا کرد: این فرضیه تایید می‌شود.

ضریب تاثیر دولت هوشمند بر شهر هوشمند مقدار ۰/۲۲۶ بدست آمد و آماره t نیز ۳/۲۴۱ محاسبه شد. بنابراین با اطمینان ۹۵٪ می‌توان ادعا کرد: این فرضیه تایید می‌شود.

ضریب تاثیر زیرساخت فناوری هوشمند بر تدوین استراتژی و اجرای آن در شهر هوشمند مقدار ۰/۴۰۰ بدست آمد و آماره t نیز ۶/۸۲۵ محاسبه شد. بنابراین با اطمینان ۹۵٪ می‌توان ادعا کرد: این فرضیه تایید می‌شود.

ضریب تاثیر سازه‌های هوشمند بر شهر هوشمند مقدار ۰/۱۷۱ بدست آمد و آماره t نیز ۲/۵۴۹ محاسبه شد. بنابراین با اطمینان ۹۵٪ می‌توان ادعا کرد: این فرضیه تایید می‌شود.

ضریب تاثیر سیستم حمل‌ونقل پایدار بر شهر هوشمند مقدار ۰/۳۰۱ بدست آمد و آماره t نیز ۴/۵۷ محاسبه شد. بنابراین با اطمینان ۹۵٪ می‌توان ادعا کرد: این فرضیه تایید می‌شود.

ضریب تاثیر شهر هوشمند بر تدوین استراتژی و اجرای آن در شهر هوشمند مقدار ۰/۳۳۹ بدست آمد و آماره t نیز ۵/۲۲۳ محاسبه شد. بنابراین با اطمینان ۹۵٪ می‌توان ادعا کرد: این فرضیه تایید می‌شود.

جدول ۴ - نتایج مدل درونی (مدل اندازه‌گیری)

رابطه	ضریب تاثیر	آماره t	معناداری	نتیجه
اجتماع هوشمند ← شهر هوشمند	۰/۲۷۹	۴/۲۲۴	۰/۰۰۰	تایید
تدوین استراتژی ← توسعه پایدار شهری	۰/۸۰۹	۲۹/۱۹۴	۰/۰۰۰	تایید
تدوین استراتژی ← حفاظت از محیط‌زیست	۰/۸۰۸	۳۵/۳۵۲	۰/۰۰۰	تایید
دولت هوشمند ← شهر هوشمند	۰/۲۲۶	۳/۲۴۱	۰/۰۰۱	تایید
زیرساخت فناوری هوشمند ← تدوین استراتژی	۰/۴۰۰	۶۸۲۵	۰/۰۰۰	تایید
سازه‌های هوشمند ← شهر هوشمند	۰/۱۷۱	۲/۵۴۹	۰/۰۱۱	تایید
سیستم حمل‌ونقل پایدار ← شهر هوشمند	۰/۳۰۱	۴/۵۷	۰/۰۰۰	تایید
شهر هوشمند ← تدوین استراتژی	۰/۳۳۹	۵/۲۲۳	۰/۰۰۰	تایید
پیاده‌سازی فناوری اطلاعات ← تدوین استراتژی	۰/۲۰۴	۳/۴۶۳	۰/۰۰۱	تایید

ضریب تاثیر پیاده‌سازی فناوری اطلاعات بر تدوین استراتژی و اجرای آن در شهر هوشمند مقدار ۰/۲۰۴ بدست آمد و آماره t نیز ۳/۴۶۳ محاسبه شد. بنابراین با اطمینان ۹۵٪ می‌توان ادعا کرد: این فرضیه تایید می‌شود.

نتایج بوت‌استرپ در سطح معناداری ۵ درصد، هر ۹ فرضیه پژوهش را تأیید کردند. مدل، فرایندی یکپارچه را نشان می‌دهد که در آن ظرفیت‌های فناوری به شکل‌گیری ظرفیت راهبردی کمک می‌کنند؛ درحالی‌که ظرفیت‌های اجتماعی، حکومتی، کالبدی و حمل‌ونقلی با عملکرد شهر هوشمند ارتباط دارند. عملکرد شهر هوشمند نیز با تدوین راهبردها مرتبط است و تدوین راهبردها، به نوبه خود، روابط مثبت و قوی با توسعه پایدار شهری و حفاظت از محیط‌زیست نشان می‌دهد. قوی‌ترین روابط ساختاری مشاهده‌شده عبارت‌اند از:

• تدوین راهبردها ← توسعه پایدار شهری $\beta = 0.809$:

• تدوین راهبردها ← حفاظت از محیط‌زیست $\beta = 0.808$:

فرضیه اول (H_1)، مبنی بر وجود رابطه مثبت میان زیرساخت فناوری هوشمند و تدوین راهبردها، تأیید شد ($\beta = 0.400$, $t = 6.825$, $p < 0.001$). فرضیه دوم

(H_2)، درباره رابطه پیاده‌سازی فناوری اطلاعات با تدوین راهبردها، نیز تأیید شد ($\beta = 0.204$, $t = 3.463$, $p = 0.001$).

همچنین، فرضیه سوم (H_3)، مبنی بر رابطه اجتماع هوشمند با عملکرد شهر هوشمند ($\beta = 0.279$, $t = 4.224$, $p < 0.001$)، فرضیه چهارم (H_4)، درباره رابطه

دولت هوشمند با عملکرد شهر هوشمند ($\beta = 0.226$, $t = 3.241$, $p = 0.001$) و فرضیه پنجم (H_5)، درباره رابطه سازه‌های هوشمند با عملکرد شهر هوشمند (β)

($\beta = 0.171$, $t = 2.549$, $p = 0.011$)، تأیید شدند.

فرضیه ششم (H۶)، مربوط به رابطه حمل و نقل پایدار با عملکرد شهر هوشمند، نیز تأیید شد. این رابطه مثبت و معنادار بود ($\beta = ۰.۳۰۱$, $t = ۴.۵۷۰$, $p < ۰.۰۰۱$). فرضیه هفتم (H۷)، مبنی بر وجود رابطه مثبت میان عملکرد شهر هوشمند و تدوین راهبردها، تأیید شد ($\beta = ۰.۳۳۹$, $t = ۵.۲۲۳$, $p < ۰.۰۰۱$). قوی ترین روابط در میان مسیرهای مربوط به تدوین راهبردها و پیامدهای پایداری مشاهده شدند. فرضیه هشتم (H۸)، درباره رابطه تدوین راهبردها با توسعه پایدار شهری، با ضریب مسیر ۰.۸۰۹ ، آماره t برابر با ۲۹.۱۹۴ و سطح معناداری کمتر از ۰.۰۰۱ تأیید شد. همچنین، فرضیه نهم (H۹)، مربوط به رابطه تدوین راهبردها با حفاظت از محیط زیست، رابطه ای به همان اندازه قوی نشان داد ($\beta = ۰.۸۰۸$, $t = ۳۵.۳۵۲$, $p < ۰.۰۰۱$). در مجموع، هر ۸ فرضیه پژوهش تأیید شدند. این نتایج نشان می دهند که ظرفیت های فناورانه و فناوری اطلاعات با تدوین راهبردها ارتباط مثبت دارند؛ درحالی که ظرفیت های اجتماعی، حکومتی، کالبدی و حمل و نقلی با عملکرد شهر هوشمند مرتبط هستند. عملکرد شهر هوشمند نیز با تدوین راهبردها ارتباط دارد و تدوین راهبردها با حفاظت از محیط زیست و توسعه پایدار شهری روابط مثبت و قوی نشان می دهد.

بحث و نتیجه گیری

یافته های پژوهش حاضر نشان داد که مدل پیشنهادی شهر هوشمند در کرمان از ساختاری چندبعدی برخوردار است و تحقق عملکرد مطلوب شهر هوشمند و پیامدهای توسعه پایدار را نمی توان به یک عامل منفرد، به ویژه فناوری، تقلیل داد. نتایج مدل ساختاری نشان داد که هر ۹ رابطه آزمون شده از نظر آماری معنادار بودند و مجموعه ای از ظرفیت های فناورانه، اجتماعی، حکمرانی، کالبدی و حمل و نقلی در شکل گیری عملکرد شهر هوشمند و ظرفیت راهبردی نقش دارند. همچنین، قوی ترین روابط مدل در بخش پیامدهای پایداری مشاهده شد؛ به گونه ای که تدوین و اجرای راهبردهای شهر هوشمند اثر بسیار قوی بر توسعه پایدار شهری و حفاظت از محیط زیست داشت. این یافته، جهت گیری نظری پژوهش را تأیید می کند که بر اساس آن فناوری، زیرساخت، حکمرانی و جامعه زمانی می توانند به نتایج پایدار منجر شوند که در قالب یک ظرفیت راهبردی منسجم به برنامه ها و اقدامات اجرایی تبدیل شوند. در واقع، مدل حاضر از یک منطق زنجیره ای حمایت می کند که در آن ظرفیت های اولیه شهر، عملکرد هوشمند را تقویت می کنند، عملکرد هوشمند به شکل گیری و اجرای راهبردها کمک می کند و راهبردهای تدوین شده در نهایت به پیامدهای توسعه ای و زیست محیطی منجر می شوند. این الگو با دیدگاه های جدید درباره شهر هوشمند پایدار همسو است که هوشمندی شهری را نه مجموعه ای از فناوری های مجزا، بلکه نظامی از ظرفیت ها، فرایندهای تصمیم گیری و پیامدهای قابل اندازه گیری می داند. (9, 17, 21)

یکی از یافته های مهم پژوهش، اثر مثبت و معنادار زیرساخت فناوری هوشمند بر تدوین و اجرای راهبردهای شهر هوشمند بود ($\beta = ۰.۴۰۰$, $t = ۶.۸۲۵$, $p < ۰.۰۰۱$). این ضریب نشان می دهد که زیرساخت فناورانه در مدل حاضر نقش مهمی در ایجاد ظرفیت برنامه ریزی و جهت دهی راهبردی دارد. چنین نتیجه ای قابل تبیین است، زیرا زیرساخت های ارتباطی، شبکه های اطلاعاتی، سامانه های داده محور و قابلیت های دیجیتال، اطلاعات مورد نیاز مدیران را فراهم کرده و هماهنگی بین بخشی، پایش عملکرد و تصمیم گیری مبتنی بر شواهد را تسهیل می کنند. باین حال، اهمیت این یافته در آن است که فناوری به عنوان پیامد نهایی در نظر گرفته نشده، بلکه به عنوان ظرفیتی برای تقویت مدیریت و تدوین راهبرد عمل می کند. این نتیجه با دیدگاه Mills و همکاران درباره «ظرفیت های شهر هوشمند» همسو است که بر ضرورت تبدیل منابع فناورانه به توان سازمانی و مدیریتی تأکید دارند (9). همچنین، مطالعات مربوط به سنجش شهرهای هوشمند

نشان داده‌اند که زیرساخت‌های دیجیتال هنگامی اثربخش‌تر هستند که در چارچوب اهداف راهبردی شهر تعریف و ارزیابی شوند (5, 8). از این منظر، نتیجه حاضر مؤید آن است که سرمایه‌گذاری در فناوری باید بخشی از معماری راهبردی توسعه شهری باشد، نه هدفی مستقل و خودبسنده.

پیاده‌سازی فناوری اطلاعات نیز اثر مثبت و معناداری بر تدوین راهبردها نشان داد ($\beta = 0.204$, $t = 3.463$, $p = 0.001$)، هرچند شدت این اثر از زیرساخت فناوری هوشمند کمتر بود. این تفاوت می‌تواند نشان دهد که صرف استفاده عملیاتی از فناوری اطلاعات، بدون وجود زیرساخت مناسب و ظرفیت‌های نهادی، توان محدودتری برای تقویت برنامه‌ریزی راهبردی دارد. اجرای سامانه‌های اطلاعاتی، دولت الکترونیک، ارائه خدمات دیجیتال و تبادل داده می‌تواند جریان اطلاعات میان شهروندان و سازمان‌های شهری را تسریع کند، اما اثر راهبردی آن به کیفیت زیرساخت، یکپارچگی داده‌ها و قابلیت استفاده مدیریتی از اطلاعات وابسته است. پژوهش‌های حوزه حکمرانی شهر هوشمند نیز نشان می‌دهند که ارزش فناوری زمانی افزایش می‌یابد که از سطح دیجیتالی کردن خدمات عبور کرده و به ابزار نوآوری در مدیریت، تصمیم‌گیری و هماهنگی نهادی تبدیل شود (10). همچنین، مطالعات ارزیابی پروژه‌های هوشمند بر ضرورت تمایز میان «وجود فناوری» و «اثربخشی فناوری» تأکید کرده‌اند؛ زیرا فناوری تنها زمانی ارزشمند است که به بهبود قابل‌مشاهده در عملکرد، مدیریت و نتایج توسعه‌ای منجر شود (7, 19). بنابراین، یافته حاضر از ضرورت پیوند میان پیاده‌سازی فناوری و ظرفیت راهبردی مدیریت شهری حمایت می‌کند.

در بخش عوامل مرتبط با عملکرد شهر هوشمند، حمل‌ونقل پایدار با ضریب مسیر 0.301 ($t = 4.570$, $p < 0.001$) قوی‌ترین اثر مستقیم را نشان داد. این یافته اهمیت ویژه نظام حمل‌ونقل در تجربه واقعی شهروندان از هوشمندی و کارآمدی شهری را نشان می‌دهد. حمل‌ونقل یکی از حوزه‌هایی است که اثرات هوشمندسازی در آن به‌صورت مستقیم و روزمره قابل مشاهده است؛ کاهش زمان سفر، بهینه‌سازی جریان ترافیک، افزایش ایمنی، بهبود دسترسی، کاهش مصرف سوخت و کاهش آلودگی از جمله پیامدهایی هستند که می‌توانند هم بر کارایی شهر و هم بر کیفیت زندگی تأثیر بگذارند. نتیجه حاضر با یافته‌های Elassy و همکاران همسو است که سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند را یکی از زیرساخت‌های اساسی شهرهای هوشمند پایدار می‌دانند و بر نقش آنها در کارایی، ایمنی و پایداری محیطی تأکید می‌کنند (16). همچنین، چارچوب AbuRayash و Dincer نشان می‌دهد که عملکرد حمل‌ونقل باید در کنار شاخص‌های انرژی، محیط‌زیست و مدیریت منابع به‌عنوان یکی از اجزای کلیدی سنجش پایداری شهری مورد توجه قرار گیرد (6). در بستر شهری کرمان، که با گسترش فضایی و فشار بر شبکه‌های جابه‌جایی مواجه است، اهمیت نسبی بالاتر حمل‌ونقل پایدار در مقایسه با سایر ابعاد نیز از نظر زمینه‌ای قابل درک است.

اجتماع هوشمند نیز اثر مثبت و معناداری بر عملکرد شهر هوشمند داشت ($\beta = 0.279$, $t = 4.224$, $p < 0.001$) و پس از حمل‌ونقل پایدار، دومین اثر مستقیم قوی را نشان داد. این نتیجه تأیید می‌کند که شهر هوشمند بدون مشارکت شهروندان، سرمایه اجتماعی، آموزش، تعاملات شبکه‌ای و توانایی استفاده از خدمات دیجیتال تحقق نمی‌یابد. در الگوهای اولیه شهر هوشمند، شهروند اغلب به‌عنوان مصرف‌کننده خدمات فناورانه در نظر گرفته می‌شد، اما ادبیات جدید نقش فعال شهروندان را در تولید داده، مشارکت در تصمیم‌گیری، نوآوری اجتماعی و ارزیابی کیفیت خدمات برجسته کرده است. یافته حاضر با نتایج Wang و Bastos همسو است که نشان دادند اجرای برنامه‌های شهر هوشمند می‌تواند از طریق بهبود خدمات و تجربه شهری با کیفیت زندگی ذهنی شهروندان ارتباط داشته باشد (11). همچنین، Zhang و Zhao بر پیامدهای اجتماعی و اقتصادی برنامه‌ریزی شهر هوشمند و اهمیت مشارکت و بهره‌مندی اجتماعی از توسعه هوشمند تأکید کرده‌اند (12). از سوی دیگر، طبقه‌بندی Pira نشان می‌دهد که مؤلفه‌های اجتماعی و فرهنگی باید هم‌وزن مؤلفه‌های فناورانه در ارزیابی شهر هوشمند پایدار

لحاظ شوند (15). بنابراین، یافته حاضر نشان می‌دهد که در کرمان نیز کیفیت عملکرد هوشمند تا حد زیادی به ظرفیت اجتماعی برای تعامل با فرایندهای هوشمندسازی وابسته است.

حکمرانی هوشمند نیز رابطه مثبت و معناداری با عملکرد شهر هوشمند داشت ($\beta = 0.226$, $t = 3.241$, $p = 0.001$). این نتیجه نشان می‌دهد که شفافیت، پاسخگویی، ارائه خدمات عمومی کارآمد، هماهنگی بین‌سازمانی و استفاده از فناوری در فرایندهای حکمرانی از عناصر مهم عملکرد شهر هوشمند هستند. یافته حاضر با چارچوب Mora و همکاران مطابقت دارد که حکمرانی هوشمند را فراتر از دولت الکترونیک و در قالب مدیریت نوآوری، شبکه‌سازی نهادی و مشارکت چندبازیگری تبیین می‌کنند (10). همچنین، نتایج Dashkevych و Portnov نشان می‌دهد که هوشمندی شهرها زمانی می‌تواند به بهبود محیط شهری و پیامدهای اجتماعی منجر شود که ظرفیت‌های نهادی و توزیعی مناسب نیز وجود داشته باشند (13). این همسویی نشان می‌دهد که فناوری بدون سازوکارهای حکمرانی اثربخش، ظرفیت محدودی برای ارتقای عملکرد شهر دارد. به بیان دیگر، حکمرانی هوشمند حلقه‌ای است که منابع فناورانه را با تصمیم‌گیری، خدمات عمومی و نیازهای شهروندان پیوند می‌دهد.

اثر سازه‌های هوشمند بر عملکرد شهر هوشمند نیز مثبت و معنادار بود ($\beta = 0.171$, $t = 2.549$, $p = 0.011$). اگرچه در مقایسه با حمل‌ونقل، اجتماع و حکمرانی، ضریب مسیر کوچک‌تری داشت. این نتیجه نشان می‌دهد که کیفیت محیط ساخته‌شده، ساختمان‌های پایدار، سیستم‌های کنترل هوشمند، مدیریت انرژی و زیرساخت‌های فیزیکی هوشمند بخشی از عملکرد کلی شهر هستند، اما در بستر مورد مطالعه، نقش آنها احتمالاً در تعامل با عوامل گسترده‌تر اجتماعی و مدیریتی معنا پیدا می‌کند. این یافته با رویکردهای جدید ارزیابی شهر هوشمند سازگار است که به جای تمرکز منفرد بر ساختمان یا فناوری، عملکرد محیط ساخته‌شده را بخشی از شبکه‌ای بزرگ‌تر از شاخص‌های اجتماعی، اقتصادی و محیطی تلقی می‌کنند (4, 18). همچنین، Chen نشان داده است که کیفیت محیط ساخته‌شده و زیست‌پذیری شهری می‌توانند با رفاه و رضایت شهروندان ارتباط داشته باشند (14). بنابراین، اگرچه اثر مستقیم سازه‌های هوشمند در مدل حاضر از سایر عوامل کمتر است، اهمیت آن در ایجاد بستر فیزیکی لازم برای تحقق خدمات کارآمد و زیست‌پذیری شهری همچنان قابل توجه است.

یافته دیگر پژوهش نشان داد عملکرد شهر هوشمند اثر مثبت و معناداری بر تدوین و اجرای راهبردها دارد ($\beta = 0.339$, $t = 5.223$, $p < 0.001$). این نتیجه بیانگر وجود نوعی رابطه بازخوردی میان عملکرد و برنامه‌ریزی است؛ به این معنا که تجربه موفق در عملکرد حوزه‌های هوشمند می‌تواند ظرفیت مدیریت شهری برای تدوین راهبردهای منسجم‌تر را تقویت کند. هنگامی که عملکرد شهر از طریق شاخص‌های معتبر اندازه‌گیری شود، مدیران می‌توانند شکاف‌ها، نقاط قوت و روندهای تغییر را بهتر تشخیص دهند و راهبردهای آینده را بر مبنای شواهد تنظیم کنند. این برداشت با دیدگاه Huovila همسو است که شاخص‌ها را نه صرفاً ابزار گزارش‌دهی، بلکه بخشی از چرخه تصمیم‌گیری و بازخورد برای هدایت توسعه شهرهای هوشمند و پایدار می‌داند (8). Karal و Soyer نیز بر نقش نظام‌های اندازه‌گیری عملکرد در تبدیل داده‌های شهری به اطلاعات تصمیم‌پذیر و در نتیجه تقویت سیاست‌گذاری تأکید کرده‌اند (5). بنابراین، یافته پژوهش حاضر نشان می‌دهد که سنجش عملکرد می‌تواند خود به یک ظرفیت راهبردی تبدیل شود.

مهم‌ترین یافته مدل مربوط به اثر تدوین و اجرای راهبردها بر توسعه پایدار شهری بود که با ضریب مسیر 0.809 ، مقدار t برابر 29.194 و $p < 0.001$ قوی‌ترین رابطه ساختاری پژوهش را تشکیل داد. بزرگی این ضریب نشان می‌دهد که دستیابی به توسعه پایدار بیش از آنکه نتیجه مستقیم برخورداری از فناوری یا زیرساخت باشد، به توانایی شهر برای تبدیل ظرفیت‌ها به چشم‌انداز، اهداف، سیاست‌ها و اقدامات منسجم وابسته است. این نتیجه به‌طور مستقیم با چارچوب Min و Shao

همخوانی دارد که توسعه پایدار شهرهای هوشمند را نیازمند هماهنگی میان فناوری، حکمرانی، جامعه و برنامه‌ریزی راهبردی می‌داند (21). همچنین، Blasi و همکاران نشان داده‌اند که پیوند شهر هوشمند با اهداف توسعه پایدار نیازمند سازوکارهایی است که ظرفیت‌های هوشمند را به اهداف و نتایج توسعه‌ای قابل‌اندازه‌گیری متصل کنند (3). یافته حاضر همچنین با چارچوب Qian و همکاران سازگار است که ارزیابی شهرهای هوشمند را باید بر اساس میزان کمک آنها به توسعه پایدار و نه صرفاً سطح دیجیتالی شدن انجام داد (18). بنابراین، ظرفیت راهبردی را می‌توان در مدل حاضر به‌عنوان مکانیسم اصلی تبدیل منابع هوشمند به نتایج پایدار تلقی کرد.

اثر تدوین راهبردها بر حفاظت از محیط‌زیست نیز بسیار قوی بود ($\beta = 0.808$, $t = 35.352$, $p < 0.001$) و تقریباً با اثر آن بر توسعه پایدار شهری برابری می‌کرد. این نتیجه نشان می‌دهد که حفاظت محیطی در شهر هوشمند بیش از آنکه صرفاً حاصل فناوری‌های سبز یا ابزارهای پایش باشد، به جایگاه محیط‌زیست در نظام برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری بستگی دارد. اگر اهدافی مانند مدیریت آب، کاهش مصرف انرژی، کنترل آلودگی، مدیریت پسماند و کاهش انتشار در برنامه‌های راهبردی گنجانده شوند، فناوری می‌تواند به ابزاری برای تحقق آنها تبدیل شود. این یافته با بررسی Sharifi و همکاران همسو است که نشان می‌دهد رابطه میان شهر هوشمند و اهداف توسعه پایدار می‌تواند هم دارای هم‌افزایی و هم تعارض باشد و کیفیت سیاست‌گذاری تعیین می‌کند که کدام پیامد غالب شود (17). Hwang و Verhulsdonck نیز در تحلیل اثرات پایداری فناوری‌های شهر هوشمند و هوش مصنوعی بر این نکته تأکید کرده‌اند که منافع محیطی فناوری به نحوه استقرار و مدیریت آن وابسته است و استفاده از فناوری به‌خودی‌خود تضمین‌کننده پایداری نیست (1). این نتیجه به‌ویژه برای کرمان، با توجه به محدودیت‌های منابع و آسیب‌پذیری‌های محیطی، اهمیت سیاستی بالایی دارد.

در سطح کلی، نتایج پژوهش حاضر از دیدگاهی حمایت می‌کنند که میان «هوشمندی» و «پایداری» تمایز قائل است، اما این دو را از طریق سازوکارهای عملکردی و راهبردی به یکدیگر پیوند می‌دهد. Almeida و همکاران نشان داده‌اند که شهر هوشمند و شهر پایدار دو مفهوم متمایز با حوزه‌های هم‌پوشان هستند و هوشمندی زمانی در خدمت پایداری قرار می‌گیرد که فناوری برای تحقق کیفیت زندگی، مدیریت منابع و اهداف محیطی به کار گرفته شود (2). همچنین، یافته‌های Akande و همکاران درباره رتبه‌بندی شهرهای هوشمند پایدار نشان می‌دهد که عملکرد مطلوب زمانی حاصل می‌شود که شاخص‌های فناوری، محیط‌زیست، اقتصاد و جامعه در یک ارزیابی جامع ترکیب شوند (20). از سوی دیگر، نتایج مطالعه حاضر تأیید می‌کند که استفاده از چارچوب‌های عمومی بدون توجه به زمینه محلی می‌تواند بخشی از واقعیت عملکرد شهری را نادیده بگیرد؛ موضوعی که در مطالعات کشورهای جنوب جهانی نیز مورد تأکید قرار گرفته است (19). از این رو، استخراج شاخص‌ها از بستر محلی کرمان و سپس اعتبارسنجی کمی روابط آنها را می‌توان یکی از نقاط قوت مدل حاضر دانست.

نتایج همچنین نشان می‌دهد که نظام ارزیابی شهر هوشمند باید از تمرکز صرف بر ورودی‌ها عبور کرده و زنجیره «ظرفیت - عملکرد - راهبرد - پیامد» را پوشش دهد. چارچوب‌های جدید ارزیابی تأکید می‌کنند که تعداد سامانه‌های دیجیتال، میزان سرمایه‌گذاری فناورانه یا سطح اتصال به شبکه به‌تنهایی نمی‌توانند موفقیت یک شهر هوشمند را نشان دهند و لازم است آثار این ظرفیت‌ها بر پیامدهای واقعی سنجیده شوند (7). یافته‌های مطالعه حاضر نیز همین منطق را تقویت می‌کند: زیرساخت فناوری و پیاده‌سازی فناوری اطلاعات به ظرفیت راهبردی مربوط شدند؛ عوامل اجتماعی، حکمرانی، سازه‌ای و حمل‌ونقلی عملکرد شهر هوشمند را تقویت کردند؛ و ظرفیت راهبردی با شدت بسیار زیاد به توسعه پایدار و حفاظت محیطی مرتبط بود. این ساختار با رویکرد شاخص محور AbuRayash و Dincer و نیز چارچوب ارزیابی عملکردی Huovila سازگار است که بر ضرورت اندازه‌گیری ارتباط میان منابع، عملکرد و پیامدهای پایداری تأکید دارند.

(6, 8). در نتیجه، ارزش کاربردی مدل پیشنهادی در آن است که می‌تواند به مدیران شهری کمک کند نه تنها وضعیت هر بعد را اندازه‌گیری کنند، بلکه مسیرهای اثرگذاری میان ابعاد را نیز در تصمیم‌گیری مورد توجه قرار دهند.

این پژوهش با چند محدودیت همراه بود که باید در تفسیر یافته‌ها مورد توجه قرار گیرد. نخست، مطالعه در بستر شهر کرمان انجام شده است و ویژگی‌های اقلیمی، اجتماعی، اقتصادی و نهادی این شهر ممکن است تعمیم مستقیم نتایج به کلان‌شهرها، شهرهای کوچک یا شهرهای دارای شرایط محیطی متفاوت را محدود کند. دوم، بخش کمی پژوهش مبتنی بر داده‌های مقطعی و پرسشنامه‌ای بود و بنابراین روابط مشاهده‌شده را باید به‌عنوان روابط ساختاری مبتنی بر داده‌های هم‌زمان تفسیر کرد و از استنباط قطعی علی پرهیز نمود. سوم، هرچند شاخص‌های کمی بر پایه مرحله کیفی و مصاحبه با خبرگان شکل گرفتند، اتکای بخشی از داده‌ها به قضاوت خبرگان و پاسخ‌های ادراکی می‌تواند با سوگیری پاسخ یا تفاوت در برداشت مشارکت‌کنندگان همراه باشد. چهارم، ماهیت پویا و سریع‌التغییر فناوری‌های شهری سبب می‌شود برخی شاخص‌های فناورانه و عملیاتی در طول زمان نیازمند بازنگری باشند. در نهایت، مدل حاضر بر مجموعه مشخصی از ابعاد تمرکز داشت و عواملی مانند تاب‌آوری در برابر بحران‌ها، امنیت سایبری، عدالت دیجیتال، آمادگی سازمانی، تأمین مالی هوشمندسازی و تفاوت‌های درون‌شهری میان مناطق مختلف به‌صورت مستقل در مدل ساختاری بررسی نشدند.

پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده مدل حاضر را در شهرهای دیگر ایران و همچنین شهرهایی با اندازه، اقلیم و سطح توسعه متفاوت آزمون کنند تا پایداری ضرایب مسیر و قابلیت تعمیم ساختار پیشنهادی ارزیابی شود. انجام مطالعات مقایسه‌ای میان شهرهای خشک و نیمه‌خشک، کلان‌شهرها و شهرهای متوسط می‌تواند نقش زمینه جغرافیایی و نهادی را روشن‌تر سازد. استفاده از طرح‌های طولی نیز می‌تواند امکان بررسی تغییرات شاخص‌های شهر هوشمند و پیامدهای توسعه پایدار در طول زمان را فراهم کند و شواهد دقیق‌تری درباره جهت روابط به دست دهد. همچنین، پیشنهاد می‌شود در مدل‌های بعدی متغیرهایی مانند عدالت دیجیتال، شکاف دسترسی به فناوری، امنیت سایبری، تاب‌آوری شهری، بلوغ داده، ظرفیت مالی شهرداری و اعتماد شهروندان وارد شوند. ترکیب داده‌های ادراکی با داده‌های عینی حاصل از سامانه‌های شهری، داده‌های مکانی، سنجش از دور و شاخص‌های محیطی نیز می‌تواند اعتبار بیرونی ارزیابی‌ها را افزایش دهد. بررسی اثرات میانجی و تعدیل‌گر، تحلیل تفاوت مناطق پنج‌گانه شهر، و مقایسه دیدگاه شهروندان، مدیران و متخصصان نیز می‌تواند شناخت دقیق‌تری از سازوکارهای تحقق شهر هوشمند پایدار فراهم کند.

بر مبنای یافته‌های پژوهش، مدیران شهری کرمان باید برنامه‌های هوشمندسازی را در قالب یک نقشه راه یکپارچه و مبتنی بر توسعه پایدار سامان دهند و از اجرای پروژه‌های پراکنده فناورانه بدون ارتباط مشخص با اهداف راهبردی پرهیز کنند. با توجه به نقش برجسته حمل‌ونقل پایدار، توسعه سامانه‌های مدیریت هوشمند ترافیک، یکپارچه‌سازی حمل‌ونقل عمومی، ارتقای دسترسی محلی و کاهش آثار زیست‌محیطی جابه‌جایی باید در اولویت قرار گیرد. هم‌زمان، تقویت مشارکت شهروندان، آموزش مهارت‌های دیجیتال، شفافیت و پاسخگویی مدیریت شهری و گسترش خدمات عمومی دیجیتال ضروری است. سرمایه‌گذاری در زیرساخت فناوری باید با ایجاد سامانه‌های یکپارچه داده، قابلیت تبادل اطلاعات میان سازمان‌ها و استفاده از داده‌ها در تصمیم‌گیری راهبردی همراه باشد. همچنین، لازم است برای حفاظت از محیط‌زیست اهداف کمی مشخصی در زمینه مصرف آب و انرژی، کیفیت هوا، مدیریت پسماند و کاهش انتشار تعریف و به داشبوردهای پایش عملکرد متصل شود. در سطح مدیریتی نیز پیشنهاد می‌شود مجموعه شاخص‌های اعتبارسنجی‌شده پژوهش به‌صورت دوره‌ای پایش شود و نتایج آن مستقیماً در بودجه‌بندی، اولویت‌بندی پروژه‌ها و ارزیابی عملکرد دستگاه‌های شهری مورد استفاده قرار گیرد.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

تشکر و قدردانی

از تمامی کسانی که در طی مراحل این پژوهش به ما یاری رساندند تشکر و قدردانی می‌گردد.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

حمایت مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

موازن اخلاقی

در انجام این پژوهش تمامی موازن و اصول اخلاقی رعایت گردیده است.

خلاصه مبسوط

Extended Abstract

Rapid urbanization, population growth, increasing pressure on natural resources, environmental degradation, infrastructure congestion, and the growing complexity of urban governance have transformed the management of contemporary cities into a multidimensional challenge. In response, the smart city concept has evolved from an initially technology-centered approach focused on information and communication technologies, digital infrastructure, and service automation into a broader framework integrating governance, social participation, environmental sustainability, quality of life, and resource efficiency. Recent evidence indicates that the sustainability contribution of smart-city technologies depends not merely on the availability of digital tools but on the extent to which technological capabilities are strategically integrated with environmental, institutional, and social objectives (1). Accordingly, contemporary smart-city development increasingly emphasizes sustainable development strategies capable of coordinating technological innovation with long-term urban resilience, environmental protection, and citizen well-being (21). Performance evaluation has therefore become central to smart-city planning because cities require integrated systems of indicators capable of distinguishing technological inputs from actual impacts and outcomes (7). The literature nevertheless reveals substantial heterogeneity in the indicators used to assess smartness and sustainability, reflecting differences in theoretical approaches, urban contexts, and policy priorities (4). Systematic evidence further demonstrates that the relationship between smart cities and the Sustainable Development Goals involves both important co-benefits and potential trade-offs, reinforcing the need for context-sensitive assessment rather than assuming that technological

advancement automatically produces sustainability (17). Global assessment frameworks similarly emphasize the integration of technological, economic, social, governance, and environmental indicators to provide a comprehensive representation of urban performance (18). From a capacity perspective, smart-city development depends on the ability of urban institutions to combine technological resources, managerial competencies, organizational learning, and strategic decision-making (9). Consequently, performance measurement should capture not only the existence of technological systems but also their contribution to practical urban outcomes, as emphasized in systematic reviews of smart and sustainable city measurement (5). The usefulness of indicators also varies according to the stage of urban development, the purpose of evaluation, and the decision-making context in which they are employed (8). Among the operational dimensions of smart-city performance, intelligent and sustainable transportation is particularly important because it affects accessibility, congestion, energy consumption, emissions, safety, and citizens' everyday experience of the city (16). At the conceptual level, smart cities and sustainable cities are related but not identical; their principal convergence lies in improving quality of life, resource efficiency, effective governance, and environmental performance through purposeful technological use (2). Governance therefore represents a critical mediating structure through which innovation, interorganizational coordination, participation, and digital capabilities are translated into urban value (10). Empirical comparisons also indicate that greater city smartness does not necessarily produce uniform improvements in environmental quality or social equality, highlighting the role of institutional and distributive conditions (13). Likewise, the contribution of smart-city development to urban livability and subjective well-being depends on whether technological interventions generate tangible improvements in everyday urban conditions (14). Evidence from China further suggests that smart-city implementation can improve citizens' perceived quality of life when digital transformation translates into better services and urban experiences (11). Theoretical work linking smart cities with the Sustainable Development Goals also emphasizes the need to move beyond technological modernization toward integrated sustainability-oriented development (3). Accordingly, taxonomies of smart sustainable city indicators increasingly incorporate social, cultural, governance, economic, environmental, and technological dimensions within the same assessment architecture (15). In the Global South, however, the transfer of standardized smart-city frameworks may be problematic because institutional capacity, resource constraints, infrastructure maturity, and citizens' priorities differ substantially across contexts (19). Integrated sustainability indicators can help address this problem by connecting smart-city interventions with measurable environmental, social, and economic performance (6). Comparative urban rankings likewise show that even cities with similar levels of development may perform differently depending on how smartness and sustainability dimensions are conceptualized and weighted (20). Finally, smart-city planning has been associated with economic and social benefits, but the magnitude and distribution of these benefits depend on how urban strategies are designed and implemented (12). Against this background, Kerman represents an important case because its urban growth, infrastructure pressures, environmental constraints, and need for more effective governance require a locally grounded framework rather than the direct application of generic smart-city models. This study therefore aimed to develop and empirically validate a context-sensitive framework for evaluating and analyzing smart-city performance indicators from a sustainable development perspective in Kerman, Iran.

The study employed an applied sequential exploratory mixed-methods design conducted in two interconnected phases. In the qualitative phase, grounded theory was used to identify locally relevant smart-city components and indicators. Data were collected through interviews with experts in urban planning, urban management, and smart-city development and were analyzed concurrently with data collection using open, axial, and selective coding procedures. Initial concepts were identified and consolidated during open coding, related concepts were organized into main and subsidiary categories during axial coding,

and the relationships among categories were integrated during selective coding. This process generated 10 main categories and 58 subcategories, which formed the empirical foundation for the quantitative measurement instrument. The qualitative results were then operationalized into a 58-item questionnaire corresponding to the identified indicators. In the quantitative phase, the questionnaire data were analyzed using SmartPLS and partial least squares structural equation modeling. The measurement model was evaluated in terms of indicator reliability, internal consistency, and convergent validity. The structural model was then assessed using path coefficients and bootstrapping procedures. The final model examined the effects of smart technology infrastructure and information technology implementation on strategic formulation capacity; the effects of smart society, smart governance, smart structures, and sustainable transportation on smart-city performance; the relationship between smart-city performance and strategic formulation; and the effects of strategic formulation on sustainable urban development and environmental protection.

The inferential results supported all nine structural relationships tested in the model. Smart technology infrastructure had a positive and statistically significant effect on strategic formulation capacity ($\beta = 0.400$, $t = 6.825$, $p < 0.001$), whereas information technology implementation also positively predicted strategic formulation, although with a smaller effect ($\beta = 0.204$, $t = 3.463$, $p = 0.001$). Regarding overall smart-city performance, sustainable transportation had the strongest direct effect ($\beta = 0.301$, $t = 4.570$, $p < 0.001$), followed by smart society ($\beta = 0.279$, $t = 4.224$, $p < 0.001$), smart governance ($\beta = 0.226$, $t = 3.241$, $p = 0.001$), and smart structures ($\beta = 0.171$, $t = 2.549$, $p = 0.011$). Smart-city performance, in turn, exerted a significant positive effect on strategic formulation capacity ($\beta = 0.339$, $t = 5.223$, $p < 0.001$). The strongest structural relationships in the entire model were observed between strategic formulation and the two sustainability outcomes. Strategic formulation had a very strong positive effect on sustainable urban development ($\beta = 0.809$, $t = 29.194$, $p < 0.001$) and an almost identical effect on environmental protection ($\beta = 0.808$, $t = 35.352$, $p < 0.001$). The validated structural model explained approximately 73% of the variance in smart-city outcomes, indicating substantial explanatory power. Overall, the results demonstrated a coherent sequence in which technological capacities supported strategic capacity, social, governance, physical, and transportation capacities contributed to smart-city performance, and strategic formulation served as the principal mechanism connecting smart-city capabilities with sustainable urban and environmental outcomes.

The findings indicate that smart-city performance in Kerman should be understood as the outcome of an integrated urban system rather than as a direct consequence of technological modernization. The significant effect of smart technology infrastructure on strategic formulation demonstrates that digital infrastructure is most valuable when it improves the city's ability to formulate, coordinate, and implement coherent strategies. The smaller but significant contribution of information technology implementation suggests that technology use alone is insufficient unless supported by a broader infrastructural and organizational environment. Among the determinants of smart-city performance, sustainable transportation emerged as the strongest predictor, underscoring the centrality of mobility, accessibility, safety, environmental compatibility, and transportation efficiency to the practical experience of urban smartness. Smart society also showed a substantial effect, indicating that citizen participation, social cohesion, digital inclusion, education, and social adaptability are essential to successful smart-city development. The significant contribution of smart governance confirms that transparency, responsiveness, interorganizational coordination, and accessible public services represent core dimensions of smart urban performance. Smart structures also contributed significantly, although more modestly, suggesting that intelligent buildings, resource-efficient infrastructure, and the quality of the built environment constitute necessary but not independently sufficient components of smart-city performance.

The most important result was the very strong influence of strategic formulation on both sustainable urban development and environmental protection. This finding suggests that the decisive link between smart-city capacities and sustainability lies in the ability of urban institutions to translate technological, social, governance, physical, and transportation capabilities into explicit strategies, priorities, policies, and coordinated actions. In other words, technological sophistication does not automatically produce environmental protection or sustainable development; these outcomes depend on strategic governance capable of directing available capacities toward defined sustainability objectives. The model therefore supports a performance logic in which smart-city resources and capacities represent enabling conditions, smart-city performance reflects the operational functioning of these capacities, and strategic formulation converts them into long-term developmental and environmental outcomes.

In conclusion, the study provides a context-sensitive and empirically validated framework for evaluating smart-city performance in Kerman. Its principal contribution lies in integrating locally derived indicators with structural validation, thereby avoiding the uncritical transfer of standardized smart-city frameworks. The results demonstrate that sustainable smart-city development requires coordinated technological, social, governance, physical, and transportation capacities, with strategic formulation functioning as the critical mechanism through which these capacities are transformed into sustainable urban development and environmental protection. The framework can therefore serve as an evidence-based basis for prioritizing investments, monitoring urban performance, strengthening strategic planning, and guiding citizen-centered and sustainability-oriented smart-city development in Kerman and other cities with comparable contextual characteristics.

References

1. Hwang M, Verhulsdonck G. Quantifying the sustainability impacts of smart cities and AI: A meta-analysis. *Sustainable Cities and Society: Advances*. 2026;2(1):100027.
2. Almeida F, Guimarães CM, Amorim V. Exploring the differences and similarities between smart cities and sustainable cities through an integrative review. *Sustainability*. 2024;16(20):8890.
3. Blasi S, Ganzaroli A, De Noni I. Smartening sustainable development in cities: Strengthening the theoretical linkage between smart cities and SDGs. *Sustainable Cities and Society*. 2022;80:103793.
4. Tomadon LdS, do Couto EV, de Vries WT. Smart city and sustainability indicators: A bibliometric literature review. *Discover Sustainability*. 2024;5(1):28.
5. Karal FS, Soyer A. A systematic literature review: Setting a basis for smart and sustainable city performance measurement. *Sustainable Development*. 2024;32:555-73.
6. AbuRayash A, Dincer I. Development of integrated sustainability performance indicators for better management of smart cities. *Sustainable Cities and Society*. 2021;67:102704.
7. Esteban-Narro R, Lo-Iacono-Ferreira VG, Torregrosa-López JI. Evaluating smart and sustainable city projects: An integrated framework of impact and performance indicators. *Smart Cities*. 2025;8(5):172.
8. Huovila A. Evaluation of smart and sustainable city development: What indicators to use, why and when? *Sustainable Cities and Society*. 2024;102:104012.
9. Mills DE, Pudney S, Correa Gomes R, Sarturi G. Smart city capacities: Extant knowledge and future research for sustainable practical applications. *Sustainability*. 2024;16(9):3719.
10. Mora L, Gerli P, Ardito L, Messeni Petruzzelli A. Smart city governance from an innovation management perspective: Theoretical framing, review of current practices, and future research agenda. *Technovation*. 2023;123:102717.
11. Wang M, Bastos T. Does smart city implementation improve the subjective quality of life? Evidence from China. *Technology in Society*. 2022;72:102161.
12. Zhao Z, Zhang Y. Impact of smart city planning on economic and social benefits. *Complexity*. 2020;2020:8879132.
13. Dashkevych O, Portnov BA. Does city smartness improve urban environment and reduce income disparity? Evidence from an empirical analysis of major cities worldwide. 2023.
14. Chen CW. Can smart cities bring happiness to promote sustainable development? Contexts and clues of subjective well-being and urban livability. *Developments in the Built Environment*. 2023;13:100108.
15. Pira M. A novel taxonomy of smart sustainable city indicators. *Humanities and Social Sciences Communications*. 2021;8:197.
16. Elassy M, Al-Hattab M, Takruri M, Badawi S. Intelligent transportation systems for sustainable smart cities. *Transportation Engineering*. 2024:100252.

17. Sharifi A, Allam Z, Bibri SE, Khavarian-Garmsir AR. Smart cities and sustainable development goals (SDGs): A systematic literature review of co-benefits and trade-offs. *Cities*. 2024;146:104659.
18. Qian X, Liu Y, Zhang H, Li J. An assessment framework of global smart cities for sustainable development. *Cities*. 2024;145:104567.
19. Anand PB. Assessing smart city projects and their implications for public policy in the Global South. *Contemporary Social Science*. 2021;16:199-212.
20. Akande A, Cabral P, Gomes P, Casteleyn S. The Lisbon ranking for smart sustainable cities in Europe. *Sustainable Cities and Society*. 2019;44:475-87.
21. Shao J, Min B. Sustainable development strategies for smart cities: Review and development framework. *Cities*. 2025;158:105663.
22. Izadfar N, Rezaei MR. Identifying key factors influencing sustainable urban regeneration through futures studies: Inefficient urban fabric in Yazd. *Geography and Urban Spatial Planning*. 2020;10(34):109-30.
23. Roberts P, Sykes H, Granger R. *Urban regeneration*: SAGE; 2017.
24. Couch C, Sykes O, Börstinghaus W. Thirty years of urban regeneration in Britain, Germany and France: The importance of context and path dependency. *Progress in Planning*. 2011;75(1):1-52.
25. Puraahmad A, Habibi K, Keshavarz M. The conceptual evolution of urban regeneration as a new approach to deteriorated urban fabrics. *Iranian-Islamic Studies*. 2010;1(1):73-93.
26. United N. *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*. United Nations; 2019.
27. Sharifi A. Urban climate resilience: A review of concepts, frameworks, and strategies. *Sustainable Cities and Society*. 2024.
28. Izadi A, Nasekhian S, Mohammadi M. Explaining a conceptual framework for sustainable regeneration of historic urban fabrics: A review of documents, declarations and regeneration charters. *Parseh Archaeological Studies*. 2018(6):161-77.
29. Ricci L, Mariano C, Marino M. Cities in emergency: Practices of sustainable urban regeneration in Spain and the United Kingdom. *Sustainability*. 2024;16(15):6462.
30. Khan Mohammadi M, Qalenui M. Culture-led regeneration through creative industries and cultural neighborhoods in historic urban fabrics. *Restoration and Architecture of Iran*. 2016;6(12):67-84.
31. Meerow S, Newell JP, Stults M. Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning*. 2016;147:38-49.
32. Partow P. Climate-responsive urban planning and architectural strategies for improving public spaces in Bandar Abbas. 33rd National Conference on Urban Planning, Architecture, Civil Engineering and Environment 2026. p. <https://civilica.com/doc/2713981>.
33. Shao J, Yao W, Luo L, Zeng L, He Z, Guo H. A sustainable development perspective on urban-scale roof greening priorities and benefits. *Sustainable Cities and Society*. 2024;108:105489.
34. Sheikh Alishahi S, Kiani M. A climate-responsive framework for using local materials to improve climate resilience and reduce embodied carbon in smart cities. 5th International Conference on Seismic Retrofitting 2026. p. <https://civilica.com/doc/2723093>.
35. Khalili R, Hosseinzadeh Dalir K, Purmohammadi MR. Revitalizing historic urban fabrics through urban tourism: Tabriz. *Geography of Tourism Space*. 2020;9(34):97-114.
36. Kibert CJ. *Sustainable construction: Green building design and delivery*: Wiley; 2016.
37. Sarlak M. Architectural regeneration of deteriorated urban fabrics through sustainable development. 2026. p. <https://civilica.com/doc/2683174>.
38. Jafari GH. Regenerating deteriorated urban fabrics through sustainable architecture. 14th International Conference on Modern Studies in Civil Engineering, Architecture, Urban Planning and Environment in the 21st Century 2025. p. <https://civilica.com/doc/2541048>.
39. Eshraghi P, Talami R, Nikkhah Dehnavi A, Mirdamadi M, Zomorodian ZS. Adopting explainable-AI to investigate the impact of urban morphology design on energy and environmental performance in dry-arid climates. *Energy and Buildings*. 2024.
40. Khosravi MJ, Estelaji A, Piri S, Sabbaghi HR. Analyzing and assessing resilience in deteriorated urban fabric: District 7 of Tehran. 2022. p. <https://civilica.com/doc/1552995>.
41. Kukabi L, Barmayehvar B. *Sustainable cities and communities: Indicators for resilient cities (International Standard ISO 37123)*: Qazvin University Jihad Publications; 2020.
42. Shafiei Dastjerdi M, Lak A, Ghaffari A. Developing an urban form evaluation model based on spatial resilience. *Urban Planning Geography Research*. 2021;10(2):1-27.
43. Atashkhiz M. An integrated neighborhood regeneration model based on urban resilience and citizen participation in municipalities. 29th National Conference on Urban Planning, Architecture, Civil Engineering and Environment 2025. p. <https://civilica.com/doc/2437759>.
44. Fattahizadeh F, Yazdani S, Sheikh al-Eslami A, Etemad G. Sustainable urban regeneration in historic fabrics through an integrated approach: Darvazeh Rey neighborhood and the bazaar area of Qom. *Geographical Research*. 2021;36(4):437-46.
45. Kalantari Khalilabad H, Elmi SM. Developing urban regeneration strategies based on physical resilience in the deteriorated urban fabric of District 1, Qazvin. 3rd National Conference on Innovation in Architectural Engineering and Urban Planning 2020. p. <https://civilica.com/doc/1181839>.
46. Hasanpur SS. Developing strategies for sustainable regeneration of deteriorated urban fabric based on its components and criteria: Mohammadabad neighborhood, Mashhad. *Space and Place Studies*. 2025(12):47-62.
47. Sedaqati A, Asubar K, Talebkah H. Analyzing the capacities and limitations of informal settlements in Bojnurd through sustainable urban regeneration: Baqerkhan 1, Baqerkhan 2 and Persi Gaz neighborhoods. *Sustainable Urban Development*. 2025(19):81-102.
48. Qanbari E, Mahdavi A, Afzali K. Developing a conceptual framework for urban regeneration: A review study of Qeshm. *Geography (Regional Planning)*. 2023;13(4):737-46.
49. Tubchi Sani A, Masud M, Rabbani A, Sarraami Forushani G. Scenario-based planning and its application to sustainable urban regeneration: The deteriorated urban fabric of Dargahan, Qeshm Island. *Sustainable Urban Development*. 2022(7):40-59.

50. Obeyat M, Maleki S, Obeyat M, Obeyat M. Assessing the effects of land-use changes on spatiotemporal patterns of land surface temperature and heat islands in Ahvaz using satellite imagery. *Human Geography Research*. 2023;55(2):39-61.
51. Yazdanifard F, Adibi Saadinejad F, Arbabi Sabzevari A, Judaki HR. Futures studies of resilience components in deteriorated urban fabric: Central Ahvaz. *Iranian Futures Studies*. 2025;10(1).
52. Gudarzi M, Soltani Z, Alibakhshi A. Assessing the effects of access to urban facilities and services on place attachment in deteriorated urban fabrics of Ahvaz metropolis. *Geographical Studies of Coastal Regions*. 2023;4(3):89-103.
53. Bahadori B. Examining changes and physical development in Ahvaz metropolis with emphasis on social, urban and environmental indicators. 2019. p. <https://civilica.com/doc/1547371>.