

کارایی هزینه و بهره‌وری مالی پروژه‌های هوشمند شهری

حمیده رنجبر دهقان

کارشناسی ارشد حسابداری، موسسه آموزش عالی خرد بوشهر، بوشهر، ایران. (نویسنده مسئول).

hamideh.ranjbar1401@gmail.com

محمد اردشیری

کارشناسی ارشد مدیریت اجرایی، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران.

Mohamad.ardeshiri68@gmail.com

لیلا سادات صالحی زاده

کارشناسی شیمی محض، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران.

Salehizadebahar@gmail.com

چکیده

پروژه‌های شهر هوشمند با هدف بهبود کیفیت خدمات شهری، ارتقای کارایی زیرساخت‌ها و افزایش رفاه شهروندان طراحی می‌شوند. با این حال، موفقیت این پروژه‌ها تا حد زیادی به کارایی هزینه و بهره‌وری مالی آن‌ها وابسته است. پژوهش حاضر با بهره‌گیری از روش مرور نظام‌مند ادبیات و مطالعات کتابخانه‌ای، به بررسی عوامل مؤثر بر کارایی اقتصادی پروژه‌های هوشمند شهری می‌پردازد. یافته‌ها نشان می‌دهند که ارزیابی امکان‌سنجی اقتصادی، شناسایی هزینه‌های اولیه، تحلیل مقیاس‌پذیری، و ارزیابی عدم قطعیت متغیرها، از مهم‌ترین عناصر تضمین‌کننده بهره‌وری مالی هستند. ابزارهای تحلیلی مانند MAFEIP و اندازه‌گیری حساسیت قیمت (PSM) می‌توانند ارزش درک شده توسط کاربران و دامنه قیمت قابل قبول خدمات را مشخص کنند و به تصمیم‌گیری‌های سرمایه‌گذاری کارآمد کمک کنند. علاوه بر این، روش‌های تأمین مالی متنوع شامل منابع عمومی، خصوصی و مشارکت‌های عمومی-خصوصی (PPP) نقش کلیدی در پایداری مالی و افزایش کارایی هزینه پروژه‌ها دارند. نتایج این مرور نشان می‌دهد که ادغام فناوری‌های نوین مانند اینترنت اشیا (IoT) و مدل‌های مالی مناسب، علاوه بر افزایش کارایی هزینه، می‌تواند مزایای اقتصادی و اجتماعی قابل توجهی برای شهرها فراهم آورد. این مطالعه می‌تواند به برنامه‌ریزان شهری و تصمیم‌گیرندگان کمک کند تا پروژه‌های هوشمند شهری را با رویکردی مقرون‌به‌صرفه، پایدار و کارآمد طراحی و اجرا کنند.

کلمات کلیدی: شهر هوشمند، کارایی هزینه، بهره‌وری مالی، ارزیابی اقتصادی، تأمین مالی، اینترنت اشیا، مشارکت‌های عمومی-خصوصی.

مقدمه

پروژه‌های شهرهای هوشمند با هدف ارتقای کارایی، پایداری و فراگیری خدمات شهری، توسعه زیرساخت‌ها و بهبود کیفیت زندگی شهروندان، نیازمند تأمین مالی مناسب و مدیریت دقیق منابع هستند (هدگار، همکاران، ۲۰۲۴). در این پروژه‌ها، کارایی هزینه و بهره‌وری مالی از عوامل کلیدی موفقیت محسوب می‌شوند و برنامه‌ریزی اقتصادی دقیق می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در دستیابی به اهداف پروژه ایفا کند (چیوفولتی، ۲۰۱۸؛ کیم، ۲۰۲۴). ارزیابی امکان‌سنجی اقتصادی پروژه‌های توسعه فضای هوشمند، به ویژه با استفاده از روش‌هایی مانند اندازه‌گیری حساسیت قیمت (PSM)،

می‌تواند ارزش درک شده توسط کاربران و دامنه قیمت قابل قبول برای خدمات را شناسایی کند و این امر به تعیین مقرون‌به‌صرفه بودن پروژه و جلب پذیرش عمومی کمک شایانی می‌کند (کیم، ۲۰۲۵).

از جمله عوامل اصلی موفقیت پروژه‌های شهر هوشمند، هزینه اولیه و مقیاس‌پذیری آن‌ها است. مقیاس‌پذیری تنها زمانی تحقق می‌یابد که هزینه‌های پروژه در سطحی مقرون‌به‌صرفه باقی بمانند (چیوفولتی، ۲۰۱۸). برای ارزیابی کارایی هزینه در این پروژه‌ها، ابزارهایی مانند MAFEIP مورد استفاده قرار می‌گیرند که قادرند نتایج نوآوری‌های اجتماعی و فناوری را تخمین زده و با مقایسه هزینه‌ها و تلاش‌های سرمایه‌گذاری شده با نتایج حاصل، به بهبود کارایی و اثربخشی پروژه کمک کنند (فبزر، همکاران، ۲۰۲۱). همچنین، توجه به عدم قطعیت متغیرهای مختلف در برنامه‌ریزی پروژه‌های هوشمند، اهمیت زیادی دارد، زیرا این امر امکان اتخاذ تصمیمات بهینه را فراهم می‌آورد و از منابع مالی و زمانی پروژه در راستای دستیابی به نتایج مطلوب و کارایی هزینه محافظت می‌کند (پریک، همکاران، ۲۰۲۲).

روش‌های تأمین مالی پروژه‌های شهر هوشمند نیز متنوع هستند و شامل ابزارهای مالی عمومی مانند اوراق قرضه سبز و یارانه‌های دولتی، ابزارهای مالی خصوصی از جمله سرمایه‌گذاری‌های خطرپذیر و همچنین مشارکت‌های عمومی-خصوصی (PPPs) می‌شوند (هدگار، همکاران، ۲۰۲۴). مشارکت‌های عمومی-خصوصی با توزیع توافقی ریسک‌ها و مسئولیت‌ها میان ذینفعان می‌توانند کارایی تأمین مالی پروژه‌ها را افزایش دهند و به تثبیت و توسعه خدمات شهری کمک کنند. علاوه بر این، ظرفیت‌سازی مشارکت‌های عمومی-خصوصی و خصوصی-نقش مهمی در مقیاس‌پذیری کسب‌وکار و تثبیت خدمات هوشمند دارد، زیرا پایداری این خدمات معمولاً با مشارکت فعال و رهبری بخش خصوصی تحقق می‌یابد (کیم، ۲۰۲۴). مطالعات نشان می‌دهند که بهره‌گیری از فناوری‌های نوین مانند اینترنت اشیا (IoT) در پروژه‌های شهر هوشمند، امکان ارائه راه‌حل‌های کارآمدتر و مقرون‌به‌صرفه‌تر برای چالش‌های شهری را فراهم می‌آورد و مزایای اقتصادی و اجتماعی قابل توجهی برای جامعه به همراه دارد (خان، همکاران، ۲۰۲۵).

لذا با توجه به مطالب مطرح‌شده سؤال اساسی این پژوهش به این صورت مطرح می‌شود که آیا کارایی هزینه و بهره‌وری مالی پروژه‌های هوشمند شهری اثرگذار است؟

مبانی نظری و ادبیات پژوهش

پیوند مدیریت ریسک و تاب‌آوری

مدیریت ریسک و تاب‌آوری مفاهیمی به هم پیوسته و مکمل هستند که در دهه‌های اخیر، به ویژه در زمینه برنامه‌ریزی و توسعه شهری، توجه زیادی به آن‌ها شده است. با افزایش شهرنشینی و رشد جمعیت در شهرها، به ویژه در کشورهای در حال توسعه، چالش‌ها و تهدیدهای شهری پیچیده‌تر شده و این دو مفهوم اهمیت فزاینده‌ای یافته‌اند (سر، همکاران، ۲۰۱۲) (رزوانی، همکاران، ۲۰۲۳). مدیریت ریسک به طور مشخص بر شناسایی، ارزیابی و کاهش تهدیدات احتمالی تمرکز دارد و سعی می‌کند از طریق پیش‌بینی و آماده‌سازی، شدت پیامدهای منفی بلایا و بحران‌ها را کاهش دهد. در مقابل، تاب‌آوری به توانایی یک سیستم، به ویژه یک شهر، برای مقاومت در برابر شوک‌ها، انطباق با شرایط تغییر یافته و بازگشت به وضعیت پایدار پس از وقوع رویدادهای نامطلوب اشاره دارد (بلوکس-زیولا و زیولا، ۲۰۲۴؛ ریپ و همکاران، ۲۰۲۴). این دو مفهوم در عمل، مکمل یکدیگر هستند؛ به گونه‌ای که بدون مدیریت ریسک، ظرفیت تاب‌آوری شهری کاهش یافته و بدون توجه به تاب‌آوری، اقدامات مدیریت ریسک تنها جنبه واکنشی خواهند داشت و اثر بلندمدت نخواهند داشت.

یکپارچه‌سازی مدیریت ریسک در چارچوب تاب‌آوری شهری، فراتر از پاسخ‌های کوتاه‌مدت به بلایا است و به سمت رویکردی پیشگیرانه و انطباقی حرکت می‌کند (پنگ و همکاران، ۲۰۲۵). این رویکرد شامل تدوین استراتژی‌ها و اقداماتی

است که آسیب‌پذیری شهرها را کاهش داده و ظرفیت‌های انطباقی آن‌ها را افزایش می‌دهد. به عنوان نمونه، اقدامات سازگاری با تغییرات اقلیمی، مانند تقویت زیرساخت‌های مقاوم در برابر سیل، مدیریت رواناب‌ها و احداث فضاهای سبز حفاظتی، می‌توانند به طور مستقیم تاب‌آوری شهری را تقویت کنند، به طوری که شهرها نه تنها قادر به مقابله با بلایا هستند، بلکه می‌توانند پس از بحران سریع‌تر بازسازی شده و عملکرد طبیعی خود را از سر بگیرند (رزوانی، همکاران، ۲۰۲۳).

تجربه شهرهایی مانند سنژن چین نشان می‌دهد که برنامه‌ریزی مدیریت ریسک شهری، وقتی با هدف ایجاد «فرهنگ تاب‌آوری» انجام شود، می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در کاهش آسیب‌پذیری و افزایش ظرفیت پاسخگویی داشته باشد (ژای و همکاران، ۲۰۱۵). در این شهر، ترکیب برنامه‌ریزی فضایی، کنترل سیلاب، ارتقای زیرساخت‌های شهری و آموزش جوامع محلی، توانسته است خطرات ناشی از بلایا را کاهش داده و همزمان حس مسئولیت و مشارکت شهروندان در فرآیند مدیریت بحران را تقویت کند. چنین اقدامات یکپارچه‌ای نشان می‌دهد که مدیریت ریسک تنها به کاهش احتمال و شدت وقوع رویدادهای نامطلوب محدود نمی‌شود، بلکه با ایجاد ظرفیت‌های لازم برای انطباق و بازیابی پس از بحران، به طور مستقیم به افزایش تاب‌آوری کلی شهرها کمک می‌کند (هارات و ویجسکر، ۲۰۱۹).

علاوه بر ابعاد زیست‌محیطی و فیزیکی، مدیریت ریسک و تاب‌آوری شهری شامل ابعاد اجتماعی و اقتصادی نیز می‌شود. برای مثال، تصمیم‌گیری‌های مالی و سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های مقاوم، تخصیص بودجه برای برنامه‌های کاهش خطر و ایجاد سازوکارهای تأمین مالی مناسب برای بازسازی پس از بلایا، همگی بخش جدایی‌ناپذیر تاب‌آوری شهری هستند. بدون توجه به این ابعاد مالی، حتی برنامه‌های فیزیکی و مهندسی مدیریت ریسک نیز نمی‌توانند پایدار باقی بمانند. به همین دلیل، یکپارچه‌سازی مدیریت ریسک مالی با تاب‌آوری شهری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و تضمین می‌کند که شهرها نه تنها در برابر بلایا مقاوم باشند، بلکه توانایی بازسازی و بهبود عملکرد خود را در بلندمدت داشته باشند (بلوکس-زیولا و زیولا، ۲۰۲۴).

در نهایت، می‌توان گفت که پیوند مدیریت ریسک و تاب‌آوری شهری، نمایانگر یک رویکرد جامع و چندبعدی در مدیریت شهرها است. این پیوند، هم شامل اقدامات پیشگیرانه و کاهش خطرهای بالقوه، هم تقویت ظرفیت‌های انطباقی و هم توانمندسازی شهروندان و نهادهای محلی است. با گسترش این رویکرد و به‌کارگیری آن در برنامه‌ریزی شهری، شهرها می‌توانند نه تنها در مواجهه با بلایا و تغییرات اقلیمی، بلکه در برابر هرگونه فشار اقتصادی، اجتماعی یا زیست‌محیطی، مقاوم و پایدار باقی بمانند و فرآیند توسعه خود را با کمترین آسیب و بیشترین بهره‌وری ادامه دهند.

پایداری مالی و چالش‌های هزینه

پایداری مالی و چالش‌های هزینه در پروژه‌های شهرهای هوشمند از مسائل حیاتی هستند که موفقیت بلندمدت این ابتکارات را تحت تأثیر قرار می‌دهند. شهرهای هوشمند با هدف بهبود عملیات داخلی، تصمیم‌گیری بهتر و ارتقاء کیفیت زندگی شهروندان، نیازمند سرمایه‌گذاری‌های قابل توجهی در زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) هستند (پورون-سید و گیل-گارسیا، ۲۰۲۲). این سرمایه‌گذاری‌های اولیه اغلب بسیار زیاد هستند و ممکن است در بلندمدت از نظر مالی پایدار نباشند (پورون-سید و گیل-گارسیا، ۲۰۲۲). به‌ویژه در کشورهای جنوب جهانی، چالش‌هایی مانند رشد سریع جمعیت، محدودیت‌های مالی و کمبود زیرساخت‌ها، به ویژه در حوزه دیجیتال و هوش مصنوعی، موانع قابل توجهی برای توسعه شهرهای هوشمند پایدار ایجاد می‌کنند (داس، ۲۰۲۵).

چارچوب پایداری مالی برای ارزیابی توانایی دولت‌ها در انجام تعهدات مالی خود در طول زمان، با استفاده از شاخص‌های عملکرد مالی و کنترل عوامل زمینه‌ای، ابزاری مفید محسوب می‌شود (پورون-سید و گیل-گارسیا، ۲۰۲۲). مطالعات نشان

داده‌اند که ارتباطی بین زیرساخت‌های ICT و برخی ابعاد پایداری مالی وجود دارد که بر اهمیت تحلیل مالی مناسب برای تصمیم‌گیری‌های بلندمدت سرمایه‌ای و بودجه‌بندی تأکید می‌کند تا یک استراتژی مالی مستحکم برای شهرهای هوشمند در بلندمدت ایجاد شود (پورون-سید، ۲۰۲۲). علاوه بر هزینه‌های اولیه، چالش‌های دیگری نیز وجود دارد؛ مدل‌های سنتی مدیریت ریسک برای پروژه‌های شهرهای هوشمند کافی نیستند، زیرا تغییرات سریع تکنولوژیکی، خطرات امنیت سایبری و چالش‌های هماهنگی بین ذینفعان متعدد، ریسک‌ها را پویا و پیچیده می‌سازند (المری و بوسابین، ۲۰۲۵). این امر نیاز به رویکردهای تطبیقی در مدیریت ریسک را برجسته می‌کند که شامل تنظیمات میانی پروژه و ارزیابی مستمر می‌شود (المری و بوسابین، ۲۰۲۵).

برای غلبه بر این چالش‌های مالی، نیاز به مدل‌های تأمین مالی نوآورانه فراتر از تخصیص‌های سنتی دولتی است (میناکشی، ۲۰۲۵؛ یو، ۲۰۲۴). سرمایه‌گذاری تأثیرگذار به عنوان یک مکانیزم کلیدی برای هدایت تحول پایدار شهری ظهور کرده است که بازده مالی را با مزایای اجتماعی و زیست‌محیطی همسو می‌کند و از بخش‌هایی مانند انرژی‌های تجدیدپذیر، زیرساخت‌های هوشمند، مدیریت پسماند و حکمرانی دیجیتال حمایت می‌کند (میناکشی، ۲۰۲۵). ابزارهای مالی مانند اوراق قرضه سبز، اوراق قرضه تأثیر اجتماعی، سرمایه‌گذاری خطرپذیر و مدل‌های مالی ترکیبی نیز می‌توانند در تأمین مالی این پروژه‌ها نقش داشته باشند (میناکشی، ۲۰۲۵). مشارکت‌های عمومی-خصوصی نیز به عنوان یکی از مؤثرترین راه‌ها برای رفع محدودیت‌های بودجه‌ای و گسترش پروژه‌های زیرساختی شهرهای هوشمند شناخته می‌شوند (المری و بوسابین، ۲۰۲۳). با این حال، این مشارکت‌ها نیازمند بازنگری در چارچوب‌های مدیریت ریسک و ارزش در برابر پول (VFM) هستند تا معیارهای عملکرد مالی و غیرمالی را در بر گیرند و رویکردهای تطبیقی را برای مدیریت ریسک‌های پویا اتخاذ کنند (المری و بوسابین، ۲۰۲۵). همچنین، ظرفیت‌سازی مشارکت‌های عمومی-خصوصی و خصوصی-خصوصی برای مقیاس‌پذیری کسب‌وکار و تثبیت خدمات شهر هوشمند اهمیت دارد، زیرا پایداری این خدمات اغلب با مشارکت و رهبری بخش خصوصی محقق می‌شود (کیم، ۲۰۲۴).

مطالعات همچنین نشان می‌دهند که راه‌حل‌های کم‌هزینه می‌توانند در حمایت از توسعه شهری هوشمند بسیار مؤثر باشند و باید پیش از راه‌حل‌های پرهزینه‌تر که نیازمند تلاش مالی و مدیریتی بیشتری هستند، مورد توجه قرار گیرند (ایونسکو و همکاران، ۲۰۲۳). فناوری مالی (فین‌تک) نیز می‌تواند با بهینه‌سازی مدیریت منابع، افزایش مشارکت شهروندان و ترویج مدل‌های حکمرانی مشارکتی، به پایداری زیست‌محیطی در ابتکارات شهرهای هوشمند کمک کند (اگوچوکو و همکاران، ۲۰۲۴). در نهایت، ارزیابی دقیق قدرت مالی شهرها برای پوشش بدهی‌های موجود و جذب سرمایه‌های اضافی ضروری است، زیرا حتی شهرهایی که اوراق قرضه منتشر کرده‌اند نیز ممکن است با چالش‌های مالی مواجه باشند و نیاز به تقویت آمادگی مالی خود داشته باشند (سینگ و همکاران، ۲۰۲۵). مدل‌های تحلیل چندمعیاره نیز می‌توانند به بهینه‌سازی استفاده از منابع پولی و انتخاب پروژه‌ها بر اساس معیارهای اقتصادی، مالی و غیرمالی کمک کنند (نتیسکو و ماره، ۲۰۱۸).

پایداری مالی و چالش‌های هزینه در پروژه‌های شهرهای هوشمند

پایداری مالی و مدیریت چالش‌های هزینه در پروژه‌های شهرهای هوشمند از مهم‌ترین عوامل موفقیت بلندمدت این ابتکارات محسوب می‌شوند. شهرهای هوشمند به دلیل هدفمندی در ارتقای کیفیت زندگی شهروندان، بهبود تصمیم‌گیری و افزایش کارایی خدمات شهری، نیازمند سرمایه‌گذاری‌های گسترده و مداوم در زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) هستند (پورون-سید و گیل-گاریسا، ۲۰۲۲). هزینه‌های اولیه این پروژه‌ها معمولاً بسیار بالا هستند و می‌توانند فشار مالی قابل توجهی بر بودجه شهری وارد کنند، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه و جنوب جهانی که با

محدودیت‌های مالی، رشد سریع جمعیت و کمبود زیرساخت‌های دیجیتال مواجه‌اند (داس، ۲۰۲۵). این محدودیت‌ها موجب می‌شوند که حتی پروژه‌هایی با ارزش اجتماعی و اقتصادی بالا، با چالش‌های جدی در زمینه تأمین مالی و پایداری اقتصادی روبرو شوند و نیاز به برنامه‌ریزی دقیق و راهبردی در مدیریت منابع مالی احساس شود.

ارزیابی پایداری مالی شهرها شامل بررسی توانایی دولت‌ها و شهرداری‌ها در انجام تعهدات مالی بلندمدت و مدیریت بهینه منابع است. این ارزیابی معمولاً با استفاده از شاخص‌های عملکرد مالی، تحلیل جریان نقدی، کنترل بدهی و بررسی عوامل زمینه‌ای مرتبط با توسعه شهری انجام می‌شود (پورون-سید و گیل-گاریسا، ۲۰۲۲). مطالعات نشان می‌دهند که توسعه زیرساخت‌های ICT و ادغام فناوری‌های نوین در مدیریت شهری، می‌تواند بر برخی ابعاد پایداری مالی تأثیر مستقیم داشته باشد و اهمیت تحلیل مالی دقیق برای اتخاذ تصمیمات سرمایه‌گذاری بلندمدت را افزایش می‌دهد (پورون-سید، ۲۰۲۲). با این حال، هزینه‌های اولیه تنها بخشی از چالش مالی محسوب می‌شوند؛ تغییرات سریع تکنولوژیکی، تهدیدات امنیت سایبری و پیچیدگی‌های هماهنگی بین ذینفعان متعدد، ریسک‌های پروژه‌های شهرهای هوشمند را به صورت پویا و پیچیده مطرح می‌کنند (المری و بوسابین، ۲۰۲۵). از این رو، مدل‌های سنتی مدیریت ریسک برای این پروژه‌ها کافی نیستند و نیاز به رویکردهای تطبیقی، ارزیابی مستمر و تنظیمات میانی پروژه احساس می‌شود. این رویکردها به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کنند تا با انعطاف‌پذیری در مدیریت پروژه، ریسک‌های مالی و عملیاتی را کاهش داده و پایداری پروژه را تضمین کنند (المری و بوسابین، ۲۰۲۵).

به منظور مقابله با محدودیت‌های بودجه‌ای و چالش‌های مالی، نیاز به مدل‌های تأمین مالی نوآورانه فراتر از تخصیص‌های سنتی دولتی وجود دارد (میناکشی، ۲۰۲۵؛ یو، ۲۰۲۴). یکی از راهکارهای کلیدی در این زمینه، سرمایه‌گذاری تأثیرگذار (Impact Investing) است که بازده مالی را با مزایای اجتماعی و زیست‌محیطی ترکیب می‌کند و پروژه‌های شهری هوشمند، زیرساخت‌های انرژی‌های تجدیدپذیر، مدیریت پسماند، فناوری‌های دیجیتال و حکمرانی هوشمند را تحت پوشش قرار می‌دهد (میناکشی، ۲۰۲۵). ابزارهای مالی متنوعی مانند اوراق قرضه سبز، اوراق قرضه با اثر اجتماعی، سرمایه‌گذاری خطرپذیر و مدل‌های مالی ترکیبی می‌توانند نقش مهمی در تأمین منابع مالی پایدار ایفا کنند و به مدیریت ریسک مالی کمک کنند (میناکشی، ۲۰۲۵). علاوه بر این، مشارکت‌های عمومی-خصوصی (PPPs) به عنوان یکی از مؤثرترین راهکارها برای گسترش پروژه‌های زیرساختی و کاهش فشار مالی بر بودجه شهری مطرح هستند (المری و بوسابین، ۲۰۲۳). این مشارکت‌ها، با توزیع ریسک میان ذینفعان و تقویت ظرفیت‌های اجرایی بخش خصوصی، به پایداری پروژه کمک می‌کنند، اما برای موفقیت آن‌ها نیازمند بازنگری در چارچوب‌های مدیریت ریسک و ارزیابی ارزش در برابر پول (VFM) و اتخاذ رویکردهای تطبیقی در مدیریت ریسک‌های پویا هستند (المری و بوسابین، ۲۰۲۵). ظرفیت‌سازی مشارکت‌های عمومی-خصوصی و خصوصی-خصوصی نیز برای مقیاس‌پذیری کسب‌وکار، تثبیت خدمات هوشمند و ارتقای پایداری اقتصادی اهمیت دارد، زیرا پایداری خدمات اغلب با رهبری و مشارکت فعال بخش خصوصی تحقق می‌یابد (کیم، ۲۰۲۴).

تحقیقات نشان می‌دهند که راه‌حل‌های کم‌هزینه در پروژه‌های شهر هوشمند، پیش از راه‌حل‌های پرهزینه‌تر که نیازمند سرمایه و مدیریت بیشتری هستند، می‌توانند اثرگذاری بالایی داشته باشند (ایونسکو و همکاران، ۲۰۲۳). فناوری‌های مالی (Fintech) نیز با بهینه‌سازی مدیریت منابع، افزایش مشارکت شهروندان و ترویج مدل‌های حکمرانی مشارکتی، نقش مهمی در تقویت پایداری زیست‌محیطی و مالی پروژه‌های هوشمند شهری ایفا می‌کنند (اگوچوکو و همکاران، ۲۰۲۴). علاوه بر این، ارزیابی دقیق توانایی مالی شهرها برای پوشش بدهی‌های جاری و جذب سرمایه‌های جدید ضروری است، زیرا حتی شهرهایی که اوراق قرضه منتشر کرده‌اند نیز ممکن است با محدودیت‌های مالی مواجه شوند و نیاز به تقویت آمادگی مالی دارند (سینگ و همکاران، ۲۰۲۵). استفاده از مدل‌های تحلیل چندمعیاره می‌تواند به تصمیم‌گیری در انتخاب

پروژه‌ها بر اساس معیارهای اقتصادی، مالی و غیرمالی کمک کند و بهره‌وری منابع مالی را بهینه سازد (نتیسکو و ماره، ۲۰۱۸). در مجموع، پایداری مالی پروژه‌های شهرهای هوشمند مستلزم برنامه‌ریزی دقیق، مدیریت ریسک تطبیقی، تأمین مالی نوآورانه و مشارکت فعال ذینفعان است. ترکیب استراتژی‌های کم‌هزینه، فناوری‌های نوین و ابزارهای مالی متنوع می‌تواند تضمین‌کننده موفقیت بلندمدت این پروژه‌ها و دستیابی به اهداف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی آن‌ها باشد.

۳. مدل‌های نوین تأمین مالی و مدیریت هزینه (مطالعات ایران)

مطالعات موجود پیرامون پروژه‌های شهرهای هوشمند در ایران نشان می‌دهند که مدل‌های نوین تأمین مالی و مدیریت هزینه به‌طور خاص و جامع مورد بررسی قرار نگرفته‌اند، اما چالش‌های مالی و نیاز به سرمایه‌گذاری در این پروژه‌ها به‌وضوح مورد توجه محققان قرار گرفته است (طاهری و همکاران، ۱۴۰۴؛ اناری و یاکوبی، ۱۴۰۴). با توجه به ویژگی‌های اقتصادی، اجتماعی و ساختاری شهرهای ایرانی، محدودیت‌های مالی، نبود چارچوب‌های قانونی و نبود تجربه کافی در مدیریت پروژه‌های هوشمند، از اصلی‌ترین موانع توسعه این شهرها به شمار می‌روند. این مسأله به ویژه در پروژه‌های بزرگ فناوری اطلاعات و ارتباطات، سیستم‌های داده‌ای و زیرساخت‌های دیجیتال پرهزینه، نمود پیدا می‌کند و ضرورت طراحی مدل‌های مالی نوآورانه و مناسب با شرایط بومی را افزایش می‌دهد.

تحقیقات انجام شده نشان می‌دهند که آمادگی شهرهای ایران برای تبدیل شدن به شهر هوشمند با چالش‌های متعددی مواجه است. نوری و همکاران (۱۳۹۹)، در مطالعه‌ای جامع بر ارزیابی ظرفیت‌ها و محدودیت‌های شهری در ایران تأکید کرده‌اند که بستر سیاسی، مدل حکمرانی شهری و میزان شفافیت در تصمیم‌گیری‌های مالی، از عوامل کلیدی در جذب و مدیریت منابع مالی محسوب می‌شوند. این یافته‌ها بیانگر آن هستند که بدون وجود یک چارچوب قانونی و مدیریتی روشن، حتی در شهرهایی که زیرساخت‌های تکنولوژیک در حال توسعه هستند، تأمین منابع مالی پایدار و مدیریت هزینه‌ها با دشواری مواجه می‌شود و پروژه‌ها ممکن است با تأخیر، کاهش کیفیت خدمات یا شکست مواجه شوند. به عبارت دیگر، توانایی مدیریت مالی در پروژه‌های شهرهای هوشمند ایرانی به شدت با ظرفیت‌های حکمرانی و انسجام مدیریتی مرتبط است و نیازمند سازوکارهای اختصاصی برای مدیریت هزینه و تأمین منابع مالی است.

در بررسی‌های میدانی انجام شده در برخی پروژه‌های هوشمند ایرانی، محدودیت‌های مالی به عنوان یکی از اصلی‌ترین موانع همراه با کمبود تخصص فنی و چارچوب‌های نظارتی ناکافی شناسایی شده است. برای مثال، مطالعه‌ای در زمینه امکان‌سنجی سیستم‌های هوشمند تأمین آب در قزوین نشان می‌دهد که کمبود منابع مالی، علاوه بر محدودیت‌های تخصصی، مانع اصلی برای پیاده‌سازی پروژه‌های هوشمند شهری بوده است (طاهری و همکاران، ۱۴۰۴). این یافته‌ها تأکید می‌کنند که بدون برنامه‌ریزی دقیق در زمینه مدیریت هزینه، استفاده بهینه از منابع و طراحی مکانیزم‌های تأمین مالی انعطاف‌پذیر، حتی پروژه‌هایی با ارزش بالای اجتماعی و اقتصادی نیز با ریسک‌های جدی مواجه می‌شوند.

چالش‌های مالی در کلان‌شهرهایی مانند تهران نیز نمود عینی پیدا کرده‌اند. توسعه داده‌های بزرگ شهری و پیاده‌سازی سیستم‌های هوشمند در تهران با محدودیت‌های متعددی مواجه است که شامل زیرساخت‌های ناکافی، پراکندگی داده‌ها، نبود هماهنگی میان دستگاه‌های مختلف و محدودیت‌های مالی است (اناری و یاکوبی، ۱۴۰۴). این مسائل نشان می‌دهند که مدیریت هزینه و تأمین مالی پروژه‌های هوشمند شهری در ایران نیازمند راهکارهای جامع و نوآورانه است که هم شامل استفاده از سرمایه‌های بخش خصوصی باشد و هم چارچوب‌های حمایتی و نظارتی دولتی را در بر گیرد.

در ادبیات بین‌المللی، مشارکت‌های عمومی-خصوصی (PPPs) به عنوان یکی از راهکارهای موفق برای غلبه بر محدودیت‌های بودجه و توسعه زیرساخت‌های هوشمند مطرح شده‌اند (جایاسنا و همکاران، ۲۰۲۰). این مدل‌ها با بسیج سرمایه‌های بخش خصوصی، بهبود بهره‌وری منابع و تقسیم ریسک میان ذینفعان، می‌توانند به توسعه زیرساخت‌های هوشمند کمک کنند. با این حال، تجربه پیاده‌سازی این مدل‌ها در ایران محدود است و مطالعات اندکی به بررسی

سازوکارهای اجرایی، میزان تأثیرگذاری و قابلیت انطباق این مدل‌ها با شرایط بومی پرداخته‌اند. علاوه بر PPP، ابزارهای مالی نوین مانند اوراق قرضه سبز، سرمایه‌گذاری تأثیرگذار و مدل‌های مالی ترکیبی نیز در سطح بین‌المللی برای تأمین مالی پروژه‌های هوشمند شهری به کار گرفته شده‌اند، اما میزان پذیرش و استفاده از این ابزارها در ایران هنوز محدود و نیازمند مطالعات جامع است.

با توجه به اهمیت جذب سرمایه‌های نوآورانه و مدیریت هزینه، پژوهش‌های آتی باید بر توسعه مدل‌های تأمین مالی بومی تمرکز کنند که ویژگی‌های اقتصادی، سیاسی و اجتماعی ایران را مدنظر قرار دهند. این مدل‌ها می‌توانند شامل ترکیبی از مشارکت‌های عمومی-خصوصی، سرمایه‌گذاری تأثیرگذار، استفاده از فناوری مالی (Fintech) برای بهینه‌سازی مدیریت منابع، و ایجاد چارچوب‌های قانونی و نظارتی شفاف برای مدیریت پروژه‌های هوشمند باشند. چنین رویکردی می‌تواند امکان استفاده بهینه از منابع مالی محدود، کاهش ریسک پروژه‌ها و افزایش پایداری اقتصادی و اجتماعی پروژه‌های شهرهای هوشمند را فراهم کند و به شهرداری‌ها و مدیران شهری در برنامه‌ریزی و اجرای پروژه‌های هوشمند کمک کند (اناری و یاکوبی، ۱۴۰۴). در نهایت، ضرورت دارد که تحقیقات میدانی و مطالعات تجربی در ایران به طور ویژه به مدل‌های نوین تأمین مالی و مدیریت هزینه در پروژه‌های شهرهای هوشمند پرداخته و چارچوب‌های عملیاتی، ابزارهای مالی نوآورانه و سازوکارهای مشارکتی مؤثر را شناسایی کنند تا دانش کافی برای پیاده‌سازی پایدار و موفق این پروژه‌ها در ایران فراهم شود.

نقش فناوری‌های مالی (Fintech)

فناوری‌های مالی (Fintech) به عنوان یکی از ابزارهای کلیدی در توسعه شهرهای هوشمند، نقشی حیاتی در افزایش کارایی مدیریت منابع، پایداری اقتصادی و مشارکت شهروندان ایفا می‌کنند. این فناوری‌ها با ادغام فناوری و خدمات مالی، امکان ارائه طیف گسترده‌ای از راهکارهای نوآورانه را فراهم می‌آورند که می‌توانند جریان سرمایه، تخصیص منابع و مدیریت هزینه‌های شهری را بهینه کنند (اگوچوکو و همکاران، ۲۰۲۴). به طور مشخص، فناوری‌های مالی می‌توانند فرآیندهای مالی سنتی را تسریع کرده، شفافیت تراکنش‌ها را افزایش دهد و به ایجاد مدل‌های حکمرانی مشارکتی کمک کند. این رویکرد به تصمیم‌گیرندگان شهری اجازه می‌دهد که پروژه‌های هوشمند را با دید اقتصادی و زیست‌محیطی همسو اجرا کنند و به اهداف توسعه پایدار سازمان ملل (UN SDGs) دست یابند (ماسلون-اوراز و ایسو، ۲۰۲۴).

نقش فناوری‌های مالی در پایداری زیست‌محیطی و توسعه پایدار

یکی از برجسته‌ترین نقش‌های فناوری‌های مالی در شهرهای هوشمند، پیشبرد پایداری زیست‌محیطی است. این فناوری‌ها با ارائه ابزارهای مالی سبز، سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر، توسعه زیرساخت‌های پایدار و تأمین مالی پروژه‌های کم‌کربن، امکان مدیریت منابع طبیعی را بهینه می‌کنند (اگوچوکو و همکاران، ۲۰۲۴). علاوه بر این، پلتفرم‌های فناوری‌های مالی می‌توانند تخصیص منابع را شفاف‌تر کرده و تراکنش‌های مالی میان بخش‌های خصوصی و دولتی را تسهیل کنند، که این امر شهروندان را برای مشارکت در ابتکارات زیست‌محیطی توانمند می‌سازد (اگوچوکو و همکاران، ۲۰۲۴). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که افزایش پذیرش فناوری‌های مالی در مناطق شهری می‌تواند به کاهش انتشار آلاینده‌ها کمک کرده و بهبود کیفیت محیط زیست را تسریع کند (ژانگ، ۲۰۲۴). علاوه بر این، فناوری‌های مالی نقش مهمی در نظارت بر اثرات زیست‌محیطی پروژه‌های شهری ایفا می‌کند و با جمع‌آوری داده‌ها و تحلیل الگوهای مصرف منابع، به مدیریت پایدار شهرهای کم‌کربن و سیاست‌گذاری‌های محیط‌زیست شهری کمک می‌کند (پاتا و همکاران، ۲۰۲۴).

نقش فناوری‌های مالی در شمول مالی و خدمات مالی

فناوری‌های مالی در افزایش شمول مالی و دسترسی شهروندان به خدمات مالی نوآورانه نیز نقش قابل توجهی دارد (ماسلون-اوراز و ایسو، ۲۰۲۴). این فناوری‌ها با ایجاد سیستم‌های پرداخت آنلاین، انتقال پول دیجیتال، وام‌دهی هم‌تا به هم‌تا (P2P)، سرمایه‌گذاری جمعی، روبات‌های سرمایه‌گذاری و استفاده از ارزهای دیجیتال و بلاکچین، زمینه تعامل گسترده‌تر افراد و نهادها را فراهم می‌کنند (کالنیوک و همکاران، ۲۰۲۴). این ابزارها باعث تسهیل تراکنش‌های سریع‌تر، کاهش هزینه‌های مبادلات مالی و افزایش رضایت مصرف‌کننده می‌شوند (کالنیوک، ۲۰۲۴). همچنین، فناوری‌های مالی می‌تواند سواد مالی را در میان شهروندان افزایش داده و دسترسی اقشار کم‌درآمد و آسیب‌پذیر به خدمات مالی را تسهیل کند، که این امر به کاهش فقر و افزایش عدالت اقتصادی در محیط‌های شهری کمک می‌کند (ماسلون-اوراز و ایسو، ۲۰۲۴).

نقش فناوری‌های مالی در تأمین مالی و مدیریت پروژه‌های شهری

یکی از مهم‌ترین کاربردهای فناوری‌های مالی در پروژه‌های شهرهای هوشمند، تأمین مالی و مدیریت منابع پروژه است. پیاده‌سازی پروژه‌های هوشمند نیازمند سرمایه قابل توجه است و فناوری‌های مالی ابزارهایی برای افزایش ظرفیت مالی شهرداری‌ها و سازمان‌های محلی ارائه می‌دهد (کالنیوک و همکاران، ۲۰۲۴). این ابزارها شامل تأمین مالی عمومی، مشارکت با بخش خصوصی، سرمایه‌گذاری جمعی، برنامه‌ها و ابتکارات بین‌المللی، صندوق‌های سرمایه‌گذاری و وام‌های خرد هستند (کالنیوک و همکاران، ۲۰۲۴). با استفاده از این ابزارها، مقامات شهری می‌توانند منابع محدود خود را به شکل کارآمد تخصیص دهند، ریسک پروژه‌ها را مدیریت کنند و پایداری مالی و زیست‌محیطی پروژه‌ها را تضمین نمایند (اگوچوکو و همکاران، ۲۰۲۴).

فناوری‌های مالی و هوش مصنوعی در برنامه‌ریزی شهری

همگرایی فناوری‌های مالی و هوش مصنوعی (AI) می‌تواند تأثیر قابل توجهی در برنامه‌ریزی شهری داشته باشد. این ترکیب امکان تحلیل داده‌های بزرگ شهری، پیش‌بینی نیازهای منابع و شناسایی الگوهای مصرف انرژی و مالی را فراهم می‌کند و می‌تواند به تصمیم‌گیری‌های بهینه در زمینه توسعه زیرساخت‌ها کمک کند (عبدالرحمن و همکاران، ۲۰۲۴). فناوری‌های مالی هوشمند، تقویت شده توسط هوش مصنوعی و علم داده، امکان خودکارسازی فرایندهای مالی، شخصی‌سازی خدمات اقتصادی و مدیریت هوشمند پروژه‌ها را فراهم می‌کند (چائو و همکاران، ۲۰۲۰). این فناوری می‌تواند به برنامه‌ریزان شهری در کاهش هزینه‌ها، بهینه‌سازی تخصیص منابع و افزایش بهره‌وری پروژه‌های هوشمند کمک کند و همزمان به ایجاد شهرهای پایدارتر و مقاوم‌تر منجر شود.

چالش‌ها و ملاحظات فناوری‌های مالی

با وجود مزایای گسترده، استفاده از فناوری‌های مالی با چالش‌ها و تهدیداتی همراه است. از جمله مهم‌ترین این چالش‌ها می‌توان به تهدیدات سایبری، حفاظت از داده‌های شخصی، خطر عملیات غیرقانونی و جنبه‌های روانشناختی کاربران اشاره کرد (کالنیوک و همکاران، ۲۰۲۴). همچنین، تأثیر مثبت فناوری‌های مالی بر تاب‌آوری اقتصادی و توسعه پایدار، به ویژه در شهرهایی با ظرفیت نوآوری پایین‌تر، نیازمند چارچوب‌های قانونی مناسب، سیاست‌گذاری شفاف و آموزش شهروندان است (لیو و همکاران، ۲۰۲۵). بنابراین، موفقیت فناوری‌های مالی در شهرهای هوشمند نه تنها وابسته به نوآوری تکنولوژیک، بلکه به سیاست‌گذاری دقیق، مدیریت ریسک و طراحی استراتژی‌های مشارکتی بستگی دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

پروژه‌های شهرهای هوشمند با هدف بهبود کیفیت زندگی شهروندان، افزایش بهره‌وری زیرساخت‌ها و توسعه خدمات شهری طراحی می‌شوند. بررسی مطالعات بین‌المللی و پژوهش‌های انجام شده در ایران نشان می‌دهد که موفقیت این

پروژه‌ها تا حد زیادی به کارایی هزینه و بهره‌وری مالی وابسته است (چوفولتی، ۲۰۱۸؛ کیم، ۲۰۲۴). چالش‌های مالی، محدودیت منابع و هزینه‌های اولیه بالا از مهم‌ترین موانع پیشرفت پروژه‌های شهر هوشمند محسوب می‌شوند و در صورت عدم مدیریت مناسب، می‌توانند موجب تأخیر، کاهش کیفیت خدمات و حتی شکست پروژه‌ها شوند (طاهری و همکاران، ۲۰۲۵؛ اناری و یاکوبی، ۲۰۲۵). این یافته‌ها اهمیت طراحی مدل‌های تأمین مالی نوآورانه و برنامه‌ریزی دقیق برای مدیریت هزینه‌ها را در پروژه‌های شهر هوشمند تأکید می‌کنند، به‌ویژه در کشورهایی مانند ایران که محدودیت‌های بودجه‌ای و زیرساختی وجود دارد.

یکی از مهم‌ترین راهکارهای تأمین مالی پایدار، استفاده از مشارکت‌های عمومی-خصوصی (PPP) است که به توزیع ریسک میان ذینفعان و بسیج سرمایه‌های بخش خصوصی کمک می‌کند و ظرفیت توسعه زیرساخت‌های هوشمند شهری را افزایش می‌دهد (المری و بوسابین، ۲۰۲۵). تحقیقات نشان می‌دهد که مشارکت‌های عمومی-خصوصی، به ویژه در پروژه‌های پیچیده فناوری اطلاعات و ارتباطات، می‌توانند به کاهش فشار مالی دولت‌ها کمک کرده و امکان اجرای پروژه‌ها را در مقیاس بزرگ فراهم کنند (جایاسنا و همکاران، ۲۰۲۰). با این حال، برای تحقق کامل مزایای PPP، نیاز به چارچوب‌های قانونی شفاف، سیاست‌گذاری دقیق و ابزارهای ارزیابی کارایی مالی و غیرمالی وجود دارد (المری و بوسابین، ۲۰۲۵).

علاوه بر مشارکت‌های عمومی-خصوصی، ابزارهای نوین مالی شامل اوراق قرضه سبز، سرمایه‌گذاری تأثیرگذار و مدل‌های ترکیبی مالی نیز می‌توانند نقش کلیدی در پایداری پروژه‌ها ایفا کنند (مینکاشی، ۲۰۲۵). این ابزارها نه تنها منابع مالی لازم را تأمین می‌کنند، بلکه به همسو کردن اهداف اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی کمک می‌کنند و امکان سرمایه‌گذاری در پروژه‌های پایدار شهری را فراهم می‌آورند. بنابراین، ترکیب ابزارهای نوین مالی با رویکردهای مدیریت ریسک پویا، چارچوب‌های تطبیقی و ارزیابی مستمر پروژه‌ها می‌تواند موفقیت پروژه‌های شهر هوشمند را تضمین کند (پورون-سید و گیل-گارسیا، ۲۰۲۲).

یکی از یافته‌های کلیدی دیگر، نقش فناوری‌های مالی (Fintech) در توسعه و مدیریت پروژه‌های شهر هوشمند است (اگوچوکو و همکاران، ۲۰۲۴). نقش فناوری‌های مالی با ارائه ابزارهای نوین مالی شامل سرمایه‌گذاری جمعی، وام‌دهی هم‌تا به هم‌تا، سیستم‌های پرداخت دیجیتال و روبات‌های سرمایه‌گذاری، امکان افزایش ظرفیت مالی پروژه‌ها را فراهم می‌کند و هم‌زمان امکان رصد و ارزیابی تأثیرات زیست‌محیطی و اقتصادی پروژه‌ها را بهبود می‌بخشد (ماسلون-اوراز و ایسو، ۲۰۲۴؛ کالنیوک و همکاران، ۲۰۲۴). همگرایی نقش فناوری‌های مالی با هوش مصنوعی، مدیریت منابع و برنامه‌ریزی شهری را دقیق‌تر و کارآمدتر می‌کند و چشم‌انداز شهرهای هوشمند آینده را به سمت پایداری، انعطاف‌پذیری و کاهش هزینه‌های عملیاتی هدایت می‌کند (عبدالرحمن و همکاران، ۲۰۲۴؛ چائو و همکاران، ۲۰۲۰).

نقش فناوری‌های مالی همچنین نقش مهمی در شمول مالی و عدالت اقتصادی شهری ایفا می‌کند. این فناوری با افزایش دسترسی به خدمات مالی، کاهش فقر، بهبود سواد مالی و تسهیل تعامل میان شهروندان و نهادهای مالی، زمینه‌ای برای مشارکت گسترده شهروندان در برنامه‌های شهری فراهم می‌آورد (ماسلون-اوراز و ایسو، ۲۰۲۴). در واقع، نقش فناوری‌های مالی نه تنها یک ابزار مالی است، بلکه به عنوان محرک توسعه اجتماعی و اقتصادی و پشتیبان سیاست‌های شهری هوشمند عمل می‌کند. این ویژگی به ویژه در کشورهای با ظرفیت نوآوری پایین‌تر و محدودیت‌های زیرساختی، مانند ایران، اهمیت ویژه‌ای دارد.

با وجود مزایای نقش فناوری‌های مالی، چالش‌ها و تهدیداتی نیز وجود دارد که باید مورد توجه قرار گیرد. از جمله این چالش‌ها می‌توان به تهدیدات سایبری، حفاظت از داده‌های شخصی، خطرات عملیات غیرقانونی و جنبه‌های روانشناختی کاربران اشاره کرد (کالنیوک و همکاران، ۲۰۲۴). علاوه بر این، تأثیر مثبت نقش فناوری‌های مالی بر تاب‌آوری اقتصادی

و پایداری شهری نیازمند چارچوب‌های قانونی مناسب، سیاست‌گذاری شفاف و آموزش و فرهنگ‌سازی برای شهروندان است (لیو و همکاران، ۲۰۲۵). به همین دلیل، موفقیت نقش فناوری‌های مالی در پروژه‌های هوشمند شهری تنها با نوآوری تکنولوژیک حاصل نمی‌شود، بلکه به همگرایی سیاست‌گذاری، مدیریت ریسک و مشارکت فعال شهروندان وابسته است.

در مطالعات ایرانی، محدودیت‌های مالی و زیرساختی به‌ویژه برجسته هستند و علی‌رغم پیشرفت‌های تکنولوژیک، مدل‌های نوین تأمین مالی هنوز به طور کامل بومی‌سازی نشده‌اند (طاهری و همکاران، ۲۰۲۵؛ نوری و همکاران، ۲۰۲۰). این یافته‌ها ضرورت انجام تحقیقات میدانی و توسعه مدل‌های مالی نوآورانه، طراحی چارچوب‌های قانونی شفاف و سیاست‌گذاری‌های حمایتی را برجسته می‌کند تا پروژه‌های شهرهای هوشمند در ایران بتوانند به صورت پایدار و کارآمد اجرا شوند.

در نهایت، می‌توان نتیجه گرفت که پایداری اقتصادی و موفقیت پروژه‌های شهرهای هوشمند نیازمند یک رویکرد چندبعدی و ترکیبی است. این رویکرد شامل تأمین مالی نوآورانه، مدیریت کارآمد هزینه‌ها، بهره‌گیری از فناوری‌های مالی، شمول مالی و حکمرانی مشارکتی است. همزمان، موفقیت این رویکردها نیازمند سیاست‌گذاری هوشمند، چارچوب‌های قانونی روشن، آموزش و مشارکت فعال شهروندان و نظارت مستمر بر پروژه‌ها است. چنین رویکردی می‌تواند به ایجاد شهرهای هوشمند پایدار، مقاوم، کم‌هزینه و با قابلیت ارتقاء مستمر خدمات شهری منجر شود. محدودیت‌های تحقیق

این مقاله با رویکرد مروری و کتابخانه‌ای به بررسی پروژه‌های شهرهای هوشمند، کارایی هزینه، تأمین مالی و نقش فناوری‌های مالی (Fintech) پرداخته است. با توجه به ماهیت تحقیق، کلیه داده‌ها و تحلیل‌ها مبتنی بر مطالعات پیشین، مقالات علمی، گزارش‌های بین‌المللی و منابع کتابخانه‌ای گردآوری شده‌اند. از آنجا که داده‌های میدانی و آماری محدود یا در دسترس نبودند، تحلیل‌ها بیشتر توصیفی، تحلیلی و بر اساس منابع موجود انجام شده است و امکان انجام تحلیل‌های تجربی یا آزمون فرضیات میدانی فراهم نشده است.

با توجه به محدودیت‌های تحقیق، نتایج و یافته‌ها به صورت کلی و چارچوبی ارائه شده‌اند و امکان تعمیم مستقیم به همه شهرها یا کشورها محدود است. همچنین، سرعت بالای تحول تکنولوژیک در حوزه فناوری‌های مالی و شهرهای هوشمند باعث شده است که برخی مفاهیم و مدل‌های نوین هنوز به‌طور کامل مستندسازی نشده باشند و تحلیل‌ها بر مبنای منابع موجود و شناخته شده ارائه شوند.

علاوه بر این، پیچیدگی متغیرهای مؤثر بر موفقیت پروژه‌های شهر هوشمند، شامل عوامل اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و تکنولوژیک، باعث شده است که بررسی دقیق تأثیر هر عامل به صورت جداگانه محدود باشد و نتایج بیشتر به عنوان روندها و الگوهای کلی ارائه شود. محدودیت‌های زمانی و منابع نیز به این معناست که بررسی طولی پروژه‌ها و اثرات بلندمدت آنها در این مطالعه ممکن نبوده و ارزیابی‌ها عمدتاً مبتنی بر تحلیل داده‌ها و مطالعات موجود کوتاه‌مدت و میان‌مدت است.

با این حال، استفاده از روش مروری و کتابخانه‌ای امکان جمع‌بندی و تحلیل گسترده‌تر دانش موجود در سطح بین‌المللی و ملی را فراهم کرده است و چارچوبی برای تحقیقات آتی، توسعه مدل‌های تأمین مالی، بهبود مدیریت هزینه و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین فراهم می‌آورد. این رویکرد همچنین به شناسایی روندها، چالش‌ها و فرصت‌های توسعه شهرهای هوشمند در ایران و جهان کمک کرده و زمینه را برای تحقیقات آینده با داده‌های میدانی و تحلیلی فراهم می‌سازد.

پیشنهادهای کاربردی

توسعه مدل‌های تأمین مالی نوآورانه

یکی از مهم‌ترین پیش‌نیازهای موفقیت پروژه‌های شهر هوشمند، تأمین مالی پایدار است. به‌کارگیری مدل‌های ترکیبی شامل مشارکت‌های عمومی-خصوصی (PPP)، سرمایه‌گذاری تأثیرگذار، اوراق قرضه سبز و سرمایه‌گذاری جمعی می‌تواند به کاهش فشار مالی دولت‌ها و افزایش ظرفیت سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند کمک کند. همچنین، توصیه می‌شود شهرداری‌ها و نهادهای اجرایی با همکاری بخش خصوصی و بانک‌ها چارچوب‌های مشخص و شفاف برای مدیریت ریسک و ارزیابی ارزش در برابر پول (VFM) تدوین کنند تا منابع مالی به شکل بهینه تخصیص یابد.

بهره‌گیری از فناوری‌های مالی (Fintech) و هوش مصنوعی

Fintech می‌تواند ابزارهای مؤثر برای مدیریت منابع، شفافیت تراکنش‌ها و افزایش مشارکت شهروندان فراهم کند. استفاده از سیستم‌های پرداخت دیجیتال، وام‌دهی همتا به همتا، سرمایه‌گذاری جمعی و پلتفرم‌های هوشمند نظارت مالی، می‌تواند ظرفیت مالی پروژه‌ها را افزایش دهد و امکان رصد تأثیرات اقتصادی و زیست‌محیطی را فراهم سازد. همگرایی Fintech و هوش مصنوعی نیز می‌تواند به پیش‌بینی نیازهای منابع، تخصیص بهینه بودجه و مدیریت هوشمند پروژه‌ها کمک کند.

بهبود حکمرانی و مدیریت مشارکتی

مدیریت مؤثر پروژه‌های شهرهای هوشمند نیازمند حکمرانی مشارکتی است. توصیه می‌شود که ذینفعان مختلف شامل نهادهای دولتی، بخش خصوصی، دانشگاه‌ها و جامعه مدنی در فرآیند تصمیم‌گیری، اجرا و نظارت پروژه‌ها مشارکت فعال داشته باشند. این رویکرد می‌تواند ریسک‌های اجرایی را کاهش داده، شفافیت را افزایش دهد و پذیرش عمومی پروژه‌ها را تقویت کند.

توسعه ظرفیت انسانی و آموزش شهروندان

پایداری و موفقیت پروژه‌های شهرهای هوشمند بدون آموزش و ظرفیت‌سازی نیروی انسانی و شهروندان امکان‌پذیر نیست. توصیه می‌شود برنامه‌های آموزشی و کارگاه‌های تخصصی برای مدیران شهری و کارکنان فنی برگزار شود و همچنین شهروندان با نحوه استفاده از خدمات هوشمند و ابزارهای Fintech آشنا شوند. این امر باعث افزایش مشارکت عمومی و بهبود کارایی پروژه‌ها می‌شود.

ارزیابی مداوم و پایش عملکرد پروژه‌ها

برای اطمینان از کارایی هزینه و تأثیرگذاری پروژه‌ها، ایجاد سیستم‌های پایش و ارزیابی مستمر ضروری است. این سیستم‌ها باید شامل شاخص‌های اقتصادی، مالی، زیست‌محیطی و اجتماعی باشند تا تصمیم‌گیری‌ها بر پایه داده‌های واقعی و تحلیل دقیق انجام شود. به علاوه، بازنگری دوره‌ای و تطبیق پروژه‌ها با تغییرات تکنولوژیک و شرایط محیطی می‌تواند ریسک شکست را کاهش دهد.

تمرکز بر راهکارهای کم‌هزینه و مقرون‌به‌صرفه

در طراحی پروژه‌های هوشمند، اولویت با راهکارهای کم‌هزینه، مقیاس‌پذیر و سریع‌الاجرا است تا منابع مالی محدود به شکل مؤثرتری مورد استفاده قرار گیرد. استفاده از فناوری‌های مقرون‌به‌صرفه، بهینه‌سازی انرژی و زیرساخت‌های موجود، می‌تواند هزینه‌های اولیه و عملیاتی را کاهش دهد و امکان توسعه تدریجی پروژه‌ها را فراهم کند.

هماهنگی سیاست‌ها و استانداردهای ملی و منطقه‌ای

اجرای پروژه‌های هوشمند نیازمند هماهنگی میان سیاست‌ها، استانداردها و چارچوب‌های قانونی ملی و منطقه‌ای است. توصیه می‌شود که دولت و نهادهای تنظیم‌گر، قوانین و مقررات مشخص برای مدیریت داده، امنیت سایبری، حریم خصوصی و استفاده از فناوری‌های نوین تدوین کنند تا محیط امن و پایدار برای اجرای پروژه‌ها فراهم شود.

پیشنهادات آتی

۱. انجام مطالعات میدانی و جمع‌آوری داده‌های حقیقی در شهرهای هوشمند
۲. بررسی مدل‌های نوین تأمین مالی در بستر ایران
۳. نقش فناوری‌های مالی (Fintech) و هوش مصنوعی در بهبود پایداری شهری
۴. شمول مالی و مشارکت شهروندان در پروژه‌های هوشمند
۵. تحلیل اثرات بلندمدت اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی پروژه‌ها
۶. توسعه چارچوب‌های سیاست‌گذاری و استانداردسازی برای شهرهای هوشمند
۷. مطالعات مقایسه‌ای بین‌المللی و تطبیقی برای شناسایی مدل‌های موفق

منابع

- ✓ اناری، م، س، یاکوبی، آ، (۱۴۰۴)، هوشمندسازی یک شهر در حال توسعه: چالش‌های توسعه شهر هوشمند و داده‌های بزرگ شهری در تهران، دفترچه‌های استراتژیک شمال مجارستان، دوره ۲۲، شماره ۰۲، صص ۵۳-۶۳.
- ✓ طاهری، محمود، سعیدی رضوانی، نوید، شورمیچ، رضانعلی، (۱۴۰۴)، توسعه شهر هوشمند: تحلیل امکان‌سنجی سیستم‌های تأمین آب هوشمند در قزوین، مجله استفاده از زمین و توسعه پایدار، دوره ۱، شماره ۲، صص ۴۰.
- ✓ نوری، ن، ده یونگ، م، هاپ، ت، (۱۳۹۹)، به سمت یک چارچوب یکپارچه برای سنجش آمادگی شهر هوشمند: مطالعه موردی شهرهای ایرانی، شهرهای هوشمند، دوره ۳، شماره ۳، صص ۶۷۶-۷۰۴.
- ✓ Abedalrhman, K., Alzaydi, A., & Shiban, Y. (2024). The convergence of Artificial Intelligence (AI) and Financial Technologies (FinTech) in shaping future urban landscape planning. *Advances in Research*, 25(5), 10-9734.
- ✓ Almarri, K., & Boussabaine, H. (2025). Critical success factors for public-private partnerships in smart city infrastructure projects. *Construction Innovation*, 25(2), 224-247.
- ✓ Almarri, K., & Boussabaine, H. (2025). Re-evaluating risk management frameworks for smart city projects in public-private partnerships (PPPs). *Journal of Facilities Management*, 1-13.
- ✓ Cao, L., Yang, Q., & Yu, P. S. (2021). Data science and AI in FinTech: An overview. *International Journal of Data Science and Analytics*, 12(2), 81-99.
- ✓ Ciuffoletti, A. (2018). Low-cost IoT: A holistic approach. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 7(2), 19.
- ✓ Das, D. K. (2025). Digital technology and AI for smart sustainable cities in the global south: A critical review of literature and case studies. *Urban Science*, 9(3), 72.
- ✓ Febrer, N., Folkvord, F., & Lupiañez-Villanueva, F. (2021). Cost-effectiveness assessment of internet of things in smart cities. *Frontiers in digital health*, 3, 662874.
- ✓ Hedegaard, M., Kuzior, A., Tverezovska, O., Hrytsenko, L., & Kolomiets, S. (2024). Smart city projects financing. *SocioEconomic Challenges*, 8(1), 286-309.
- ✓ Ionescu, R. V., Zlati, M. L., & Antohi, V. M. (2025). Smart cities from low cost to expensive solutions under an optimal analysis. In *Blockchain, Crypto Assets, and Financial Innovation: A Decade of Insights and Advances* (pp. 483-522). Singapore: Springer Nature Singapore.

- ✓ Jayasena, N. S., Chan, D. W., & Kumaraswamy, M. (2021). A systematic literature review and analysis towards developing PPP models for delivering smart infrastructure. *Built Environment Project and Asset Management*, 11(1), 121-137.
- ✓ Kalenyuk, I., Kuklin, O., Panchenko, E., Dyakon, A., & Bohun, M. (2024). Financial innovations in the smart city ecosystem. *Financial and credit activity problems of theory and practice*, 1(54), 102-113.
- ✓ Khan, R. A., Farooqui, M. F., & Khan, M. W. (2025). Mathematical insights into framework design for ethical and cyber-secure smart cities. *Journal of Information Systems Engineering and Management*, 10(15s). <https://doi.org/10.52783/jisem.v10i15s.2432>
- ✓ Kim Jae-hwan. (2025). Economic Feasibility Assessment of Smart Space Development Projects: Focusing on User Value Assessment through Price Sensitivity Analysis (PSM). *Journal of the Korean Real Estate Association*, 27-51.
- ✓ Kim, J. (2024). The Evaluation and Significance of Smart City Projects in Korea: Targeting Enterprises within the Smart City Association Convergence Alliance. *Sustainability*, 16(7), 2697.
- ✓ Kim, J. (2024). The Evaluation and Significance of Smart City Projects in Korea: Targeting Enterprises within the Smart City Association Convergence Alliance. *Sustainability*, 16(7), 2697.