

تحلیل تأثیر پیاده‌سازی شهر هوشمند بر بهبود بهره‌وری سازمانی شهرداری؛ مطالعه موردی: سامانه‌های دیجیتال خدمات شهری

علی حاجیانی^۱، امیر اعتباری^۲

۱- کارشناسی فناوری اطلاعات، دانشگاه علمی کاربردی بوشهر. (رییس اداره زیرساخت و مرکز داده سازمان فناوری اطلاعات شهرداری بندر بوشهر)

۲- کارشناسی نرم افزار کامپیوتر، دانشگاه آزاد واحد دیلم. (رییس اداره فنی و پشتیبانی سازمان فناوری اطلاعات شهرداری بندر بوشهر)

چکیده

پژوهش مروری تحلیلی حاضر با هدف بررسی تأثیرات پیاده‌سازی مفاهیم شهر هوشمند بر ارتقاء بهره‌وری در نهاد شهرداری انجام شده است. در دنیای معاصر، شهرها به عنوان کانون‌های اصلی تعاملات اجتماعی، اقتصادی و حکمرانی، با چالش‌های پیچیده‌ای همچون رشد فزاینده شهرنشینی، نیاز به مدیریت منابع محدود و انتظارات روزافزون شهروندان مواجه‌اند. در این راستا، رویکرد شهر هوشمند به عنوان یک پارادایم نوین مدیریت شهری، با تکیه بر فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی (ICTs)، اینترنت اشیا (IoT)، و تحلیل داده‌های کلان، مطرح شده است تا پاسخگوی این نیازمندی‌ها باشد. هدف اصلی این پژوهش، تبیین سازوکارهای دقیق اثرگذاری اجزای شهر هوشمند، به ویژه سامانه‌های دیجیتال خدمات شهری، بر مولفه‌های کارایی، اثربخشی و صرفه‌جویی در هزینه‌های عملیاتی شهرداری‌ها است. روش تحقیق حاضر، مروری جامع بر ادبیات پژوهشی داخلی (با تمرکز بر مطالعات انجام‌شده در ایران) در حوزه‌های شهرداری الکترونیک، شهر هوشمند، و بهره‌وری سازمانی بوده است. یافته‌های این مرور نشان می‌دهند که گرچه زیرساخت‌های فنی اولیه در بسیاری از شهرهای ایران فراهم شده، اما دستیابی به بهره‌وری حداکثری نیازمند گذار از مرحله صرفاً الکترونیکی به مرحله کاملاً هوشمند است که مستلزم انسجام در زیرساخت‌های داده‌ای، بلوغ سازمانی در پذیرش نوآوری، و غلبه بر چالش‌های نهادی و امنیتی است. نتیجه‌گیری می‌شود که پیاده‌سازی موفق شهر هوشمند به صورت یکپارچه و مبتنی بر داده، می‌تواند منجر به بهینه‌سازی تخصیص منابع، افزایش شفافیت و پاسخگویی، و در نهایت، ارتقاء چشمگیر بهره‌وری در ارائه خدمات شهری شود، مشروط بر اینکه الزامات فنی و مدیریتی مورد نظر در ادبیات پژوهش، به دقت مد نظر قرار گیرد.

واژگان کلیدی: شهر هوشمند، بهره‌وری سازمانی، شهرداری الکترونیک، سامانه‌های دیجیتال خدمات شهری، تحول دیجیتال..

۱. مقدمه

ظهور مفهوم شهر هوشمند (Smart City) نقطه عطفی در تحولات نوین مدیریت شهری محسوب می‌شود که فراتر از صرفاً استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT)، یک رویکرد جامع برای بهبود کیفیت زندگی شهروندان، کارایی عملیاتی سازمان‌ها و پایداری محیط زیست شهری ارائه می‌دهد. این مفهوم ریشه در تلاش برای پاسخگویی به فشارهای فزاینده ناشی از شهرنشینی سریع، کمبود منابع و پیچیدگی‌های فزاینده حکمرانی شهری دارد؛ جایی که مدل‌های سنتی مدیریتی دیگر قادر به پاسخگویی مؤثر به نیازهای پویا و متغیر شهروندان نیستند (محمدی و دیگران، ۱۳۹۸). شهر هوشمند مبتنی بر جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل و استفاده استراتژیک از داده‌ها در زمان واقعی از طریق شبکه‌های حسگر، اینترنت اشیا (IoT)، و پلتفرم‌های نرم‌افزاری پیشرفته است تا امکان تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد و اتوماسیون فرایندها فراهم گردد. در این بستر، شهرداری‌ها به عنوان نهاد محوری اداره امور شهری، نقشی حیاتی در پذیرش و اجرای این تحولات ایفا می‌کنند؛ آن‌ها باید از نقش صرفاً خدماتی به نقش تسهیل‌گری و مدیریت فعالانه محیط شهری گذار کنند.

بهره‌وری سازمانی در این محیط جدید، دیگر صرفاً با معیارهای سنتی مانند کاهش نیروی انسانی یا صرفه‌جویی مالی اندازه‌گیری نمی‌شود، بلکه ابعاد پیچیده‌تری پیدا کرده است که شامل کارایی (Efficiency)، اثربخشی (Effectiveness) و ارزش‌آفرینی (Value Creation) برای ذی‌نفعان می‌شود (رضوی و قلی‌زاده، ۱۳۹۹). در حوزه شهرداری‌ها، کارایی به معنای تولید خروجی بیشتر با منابع ورودی ثابت یا ثابت نگه داشتن خروجی با کاهش منابع است، در حالی که اثربخشی به میزان دستیابی به اهداف استراتژیک سازمانی، مانند افزایش رضایتمندی شهروندان یا بهبود کیفیت زیرساخت‌ها، اشاره دارد. پیوند دادن مفهوم شهر هوشمند به بهره‌وری، مستلزم این درک است که فناوری‌های جدید، ابزارهایی هستند که باید به طور هدفمند برای بهبود این دو مولفه اصلی به کار گرفته شوند تا شهرداری بتواند با چابکی بیشتری به الزامات شهروندان پاسخ دهد و از منابع عمومی به صورت بهینه استفاده کند. تحول از شهرداری سنتی به شهرداری هوشمند، یک فرآیند تکاملی است که اغلب با مراحل شهرداری الکترونیک (e-Government) آغاز می‌شود؛ جایی که تعاملات مبتنی بر کاغذ به تعاملات دیجیتال تبدیل می‌گردند (نیک‌نژاد و احمدی، ۱۳۹۷). با این حال، شهر هوشمند نیازمند هوشمندی درونی فرایندهاست؛ یعنی استفاده از داده‌ها برای پیش‌بینی، پیشگیری و اتوماسیون پاسخ‌ها. این سطح از هوشمندی، مستلزم یکپارچه‌سازی داده‌ها از سامانه‌های مختلف (مانند ترافیک، آب و فاضلاب، جمع‌آوری زباله، و مجوزهای ساختمانی) در یک پلتفرم واحد است تا امکان دید جامع (Holistic View) و تصمیم‌گیری هماهنگ فراهم شود. این یکپارچگی داده‌ها است که می‌تواند گلوگاه‌های سیستمی را شناسایی و حذف کند و بهره‌وری را به صورت ساختاری ارتقاء دهد.

بنابراین، بنیان نظری این پژوهش بر این فرض استوار است که سامانه‌های دیجیتال خدمات شهری، به عنوان هسته مرکزی پیاده‌سازی شهر هوشمند، در صورت طراحی و اجرای صحیح، می‌توانند منجر به کاهش اصطکاک‌های اداری، بهبود زمان پاسخگویی، و افزایش شفافیت در تخصیص منابع شوند. برای مثال، سامانه‌های مدیریت هوشمند پسماند می‌توانند مسیرهای جمع‌آوری را بر اساس داده‌های لحظه‌ای پر بودن سطل‌ها بهینه‌سازی کنند که این امر مستقیماً کاهش مصرف سوخت، استهلاک تجهیزات و نیروی انسانی را به دنبال دارد، که همگی اجزایی از کارایی عملیاتی هستند (حسینی و فرهادی، ۱۳۹۹). این فرآیند هوشمندسازی، شهرداری را قادر می‌سازد تا از رویکرد واکنشی (Reactive) به رویکرد پیشگیرانه (Proactive) در مدیریت شهری مهاجرت کند. مطالعه موردی مفهومی در این مقاله، «سامانه‌های دیجیتال خدمات شهری در شهرداری‌ها» است؛ این سامانه‌ها شامل پلتفرم‌های تعامل با شهروند (Citizen Engagement Platforms)، سامانه‌های مدیریت دارایی‌های شهری (Asset Management Systems)، و سامانه‌های مدیریت عملیات میدانی (Field Operations Management) می‌باشند. تحلیل تأثیر

این سامانه‌ها نیازمند تفکیک تأثیرات بر سطوح مختلف بهره‌وری است: سطح فرایند (بهبود گردش کار)، سطح سازمانی (کاهش بروکراسی و تصمیم‌گیری سریع‌تر)، و سطح خروجی (ارتقاء کیفیت خدمات و رضایت عمومی). ادبیات پژوهشی ایران نشان می‌دهد که اغلب تلاش‌ها تاکنون بر سطح فرایند (الکترونیکی کردن فرم‌ها) متمرکز بوده است، در حالی که پتانسیل واقعی شهر هوشمند در اتوماسیون و هوشمندسازی سطح تصمیم‌گیری نهفته است (کریمی و هاشمی، ۱۳۹۶).

چالش‌های اجرای این تحول در بستر شهرداری‌های ایران، که غالباً دارای ساختارهای سلسله‌مراتبی سنتی و فرهنگ سازمانی مقاوم در برابر تغییر هستند، قابل تأمل است. این چالش‌ها نه تنها فنی، بلکه عمدتاً نهادی، حقوقی و مربوط به سرمایه انسانی هستند. برای دستیابی به بهره‌وری پایدار، صرف سرمایه‌گذاری در سخت‌افزار و نرم‌افزار کافی نیست؛ بلکه باید یک تحول پارادایمی در نحوه تفکر مدیران و کارکنان در مورد نقش داده‌ها و اتوماسیون در تصمیم‌گیری‌های روزمره ایجاد شود (سعیدی و علوی، ۱۴۰۰). در ادامه این مقاله، ابتدا به تشریح دقیق زیرساخت‌های دیجیتال لازم پرداخته و سپس تأثیرات این زیرساخت‌ها بر مولفه‌های کارایی و اثربخشی خدمات شهری تحلیل خواهد شد. پس از بررسی نقش حیاتی داده‌ها و ابزارهای تحلیلی، موانع پیاده‌سازی در محیط ایران مورد واکاوی قرار گرفته و در نهایت، تجارب محدود موجود در شهرهای ایران مرور و توصیه‌های سیاستی ارائه خواهد شد تا نقش شهر هوشمند به طور ملموس در افزایش بهره‌وری شهرداری‌ها تثبیت شود. این رویکرد تحلیلی تضمین می‌کند که بررسی فراتر از جنبه‌های صرفاً تکنولوژیک بوده و ابعاد مدیریتی و سازمانی نیز مورد توجه قرار گیرد.

تأکید بر بهره‌وری در شهرداری‌ها، به ویژه در شرایط محدودیت‌های بودجه‌ای و افزایش تقاضای خدمات عمومی، یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر است. شهر هوشمند به عنوان یک چارچوب مدیریتی، ابزارهایی را فراهم می‌آورد تا منابع کمیاب شهری - از جمله زمان، بودجه، نیروی انسانی و انرژی - به شکلی بهینه تخصیص یابند. این بهینه‌سازی نه تنها به کاهش هزینه‌های مستقیم منجر می‌شود (مثلاً کاهش سفرهای غیرضروری شهروندان به ادارات)، بلکه به افزایش کیفیت خدمات (بهبود شاخص‌های رضایتمندی و سلامت عمومی) نیز کمک می‌کند. در واقع، بهره‌وری در مدل شهر هوشمند، یک شاخص دوگانه است که هم به کاهش هزینه‌های ورودی (Efficiency) و هم به افزایش خروجی‌های مطلوب اجتماعی (Effectiveness) می‌پردازد (میرزایی و احمدی‌فر، ۱۳۹۷).

۲: زیرساخت‌های الکترونیکی و دیجیتال در شهرداری‌ها و نقش آن‌ها در تحول سازمانی

پیاده‌سازی موفقیت‌آمیز شهر هوشمند و دستیابی به سطوح مورد انتظار بهره‌وری، به شدت وابسته به استحکام و یکپارچگی زیرساخت‌های الکترونیکی و دیجیتال پایه است که چارچوب عملیاتی کل سیستم را تشکیل می‌دهند. این زیرساخت‌ها شامل سه لایه اصلی هستند: لایه سخت‌افزاری (شبکه‌های ارتباطی پرسرعت و حسگرها)، لایه پلتفرمی (سیستم عامل شهری و محیط‌های ابری برای ذخیره‌سازی و پردازش داده‌ها)، و لایه نرم‌افزاری (برنامه‌های کاربردی و رابط‌های برنامه‌نویسی یا API‌ها) (آقایی و قاسمی، ۱۳۹۸). ضعف در هر یک از این لایه‌ها می‌تواند کل زنجیره ارزش هوشمندسازی را مختل ساخته و مانع از تحقق اهداف بهره‌وری شود؛ برای مثال، شبکه ارتباطی کند یا ناپایدار، مانع از انتقال به موقع داده‌های حسگرهای IoT شده و تصمیم‌گیری‌های لحظه‌ای را غیرممکن می‌سازد که این امر مستقیماً بر کارایی عملیات میدانی تأثیر منفی می‌گذارد. زیرساخت‌های شهرداری الکترونیک، که پیش‌نیاز ورود به فاز شهر هوشمند هستند، معمولاً شامل سامانه‌های اطلاعات مکانی (GIS)، سامانه‌های مدیریت ارتباط با مشتری (CRM) و سامانه‌های مدیریت منابع سازمانی (ERP) هستند (بهشتی و همکاران، ۱۳۹۵). در حالی که الکترونیکی‌سازی، فرایندهای داخلی را بهبود می‌بخشد، تحول سازمانی واقعی زمانی رخ می‌دهد که این سیستم‌ها بتوانند به طور مداوم و دوطرفه با محیط شهری تعامل داشته باشند. به عبارت دیگر، تحول سازمانی در چارچوب شهر

هوشمند، به معنای حرکت از سامانه‌های اداری بسته به سمت یک اکوسیستم باز و داده‌محور است که قابلیت تعامل بلادرنگ با محیط و شهروندان را فراهم می‌آورد. این تغییر پارادایم، نیازمند بازنگری در ساختار سنتی و سلسله‌مراتبی شهرداری‌ها و حرکت به سمت ساختارهای شبکه‌ای و مشارکتی است.

یکی از مهم‌ترین اجزای زیرساختی که مستقیماً بر بهره‌وری تأثیر می‌گذارد، استقرار زیرساخت‌های ارتباطی مترکم مبتنی بر اینترنت اشیا (IoT) است؛ این شبکه‌ها شامل میلیون‌ها حسگر نصب شده در زیرساخت‌های فیزیکی شهر (مانند سنسورهای ترافیک، کیفیت هوا، مصرف انرژی و کنتورهای هوشمند آب و برق) هستند (محبی و فلاحی، ۱۳۹۹). جمع‌آوری مداوم این داده‌ها، اطلاعات ارزشمندی را فراهم می‌کند که پیش از این از دسترس خارج بودند. این داده‌ها امکان پایش عملکرد دارایی‌های شهری را در زمان واقعی فراهم می‌سازند و سازمان را قادر می‌سازند تا خرابی‌ها و نارسایی‌ها را قبل از تبدیل شدن به بحران‌های پرهزینه شناسایی و رفع کنند، که این امر مستقیماً کارایی پیشگیرانه سازمان را افزایش می‌دهد.

تأثیر این زیرساخت‌ها بر تحول سازمانی از طریق افزایش شفافیت فرایندها مشهود است. وقتی زیرساخت‌ها به گونه‌ای طراحی شوند که داده‌ها را به طور خودکار جمع‌آوری و استانداردسازی کنند، نیاز به دخالت انسانی در ثبت و تأیید داده‌ها کاهش می‌یابد. این کاهش مداخله، هم خطای انسانی را کم می‌کند و هم زمان کارکنان را آزاد می‌سازد تا به جای کارهای تکراری، بر تحلیل و تصمیم‌گیری‌های سطح بالاتر تمرکز کنند، که این خود تعریف جدیدی از بهره‌وری نیروی انسانی در فضای هوشمند است (سیدرضایی و زرگر، ۱۳۹۷). علاوه بر این، ایجاد یک "پلتفرم داده شهری" مشترک، از تشتت و جزیره‌ای عمل کردن واحدها جلوگیری کرده و یکپارچگی عملیاتی بین معاونت‌های مختلف شهرداری را تقویت می‌کند که پیش‌نیاز اصلی برای خدمات‌دهی هماهنگ است. چالش عمده در این مرحله، مدیریت و حاکمیت داده (Data Governance) است. زیرساخت‌های فنی به تنهایی کارساز نیستند؛ اگر داده‌ها به درستی پاک‌سازی، اعتبارسنجی و یکپارچه نشوند، تحلیل‌های بعدی منجر به تصمیمات نادرست خواهند شد و در نتیجه، بهره‌وری کاهش خواهد یافت. بنابراین، ایجاد چارچوب‌های قوی برای استانداردسازی ورودی‌های داده از منابع مختلف (از جمله خدمات شهری، شهروندان و سایر سازمان‌های دولتی)، یک الزام زیرساختی حیاتی است که باید همزمان با استقرار سخت‌افزارها مورد توجه قرار گیرد (زارع و محمدزاده، ۱۴۰۰). بدون حاکمیت قوی داده، سیستم‌های هوشمند صرفاً به ماشین‌های جمع‌آوری داده‌های معیوب تبدیل خواهند شد.

از منظر تحول سازمانی، پذیرش این زیرساخت‌ها نیازمند تغییر فرهنگ سازمانی است. مدیران باید اعتماد خود را به داده‌های خودکار و الگوریتم‌ها جایگزین اتکال سنتی به شهود و تجربه فردی کنند. این امر نیازمند آموزش گسترده کارکنان در سطوح مختلف است تا نه تنها بتوانند با ابزارهای جدید کار کنند، بلکه بتوانند نتایج خروجی این ابزارها را تفسیر و بر اساس آن‌ها اقدام نمایند. مقاومت در برابر تغییر، اغلب به دلیل عدم درک صحیح از چگونگی تأثیر این فناوری‌ها بر نقش‌های شغلی فعلی، یکی از بزرگترین موانع در تبدیل زیرساخت‌های فنی به بهره‌وری واقعی است (شریفی و بابایی، ۱۳۹۹). علاوه بر این، امنیت سایبری به عنوان یک زیرساخت حیاتی محسوب می‌شود. با افزایش اتصالات و وابستگی خدمات شهری به شبکه‌های دیجیتال، آسیب‌پذیری در برابر حملات سایبری افزایش می‌یابد. یک حمله موفق می‌تواند نه تنها سرویس‌دهی را مختل کند (کاهش شدید کارایی)، بلکه اعتماد عمومی به پلتفرم‌های شهری را نیز خدشه‌دار سازد و منجر به عقب‌نشینی از مزایای هوشمندسازی گردد. بنابراین، سرمایه‌گذاری در امنیت لایه‌های زیرساختی و تضمین تداوم کسب‌وکار (Business Continuity) برای حفظ بهره‌وری در بلندمدت، امری ضروری است. در نهایت، زیرساخت‌های دیجیتال موفق در شهرداری هوشمند، باید بر مبنای قابلیت همکاری (Interoperability) طراحی شوند. شهر هوشمند مجموعه‌ای از سامانه‌های مجزا نیست، بلکه یک کل یکپارچه است. این یکپارچگی امکان تبادل داده‌ها بین حوزه‌های مختلف (مانند پلیس راهور، سازمان آتش‌نشانی و خدمات شهری) را فراهم

می‌کند و اجازه می‌دهد تصمیمات در یک حوزه (مثل اطلاع‌رسانی ترافیکی) بر اساس ورودی‌های حوزه‌های دیگر (مانند محل وقوع حادثه) اتخاذ شوند. این هماهنگی، که توسط زیرساخت‌های قوی تسهیل می‌شود، افزایش اثربخشی کلی سازمان در مدیریت بحران‌ها و ارائه خدمات را به همراه دارد (مرادی و نوری، ۱۳۹۷).

۳: سامانه‌های دیجیتال خدمات شهری و اثر آن‌ها بر کارایی، اثربخشی و کاهش هزینه‌ها

سامانه‌های دیجیتال خدمات شهری، هسته عملیاتی مدل شهر هوشمند را تشکیل می‌دهند و نقطه تلاقی مستقیم فناوری با نیازهای روزمره شهروندان هستند. این سامانه‌ها، شامل پورتال‌های خدمات الکترونیکی، اپلیکیشن‌های موبایلی شهروندی، سامانه‌های مدیریت پسماند هوشمند، و سیستم‌های مدیریت هوشمند ترافیک می‌باشند که هر یک به طور مستقیم بر سه رکن اصلی بهره‌وری سازمانی، یعنی کارایی، اثربخشی و کاهش هزینه‌ها، تأثیر می‌گذارند (کریم‌پور و نوری، ۱۳۹۹). اثرگذاری این سامانه‌ها تنها در دیجیتالی کردن فرم‌ها نیست، بلکه در بازمهندسی فرایندهای مبتنی بر داده است که منجر به بهینه‌سازی مصرف منابع می‌شود.

در حوزه کارایی (Efficiency)، سامانه‌های دیجیتال با خودکارسازی وظایف تکراری و کاهش نیاز به پردازش دستی اسناد، زمان چرخه‌ی خدمات را به شدت کاهش می‌دهند. به عنوان مثال، سامانه‌های صدور پروانه ساختمانی مبتنی بر وب، که مراحل مختلف استعلام و تأیید را به صورت متوالی و با حداقل دخالت انسانی مدیریت می‌کنند، زمان لازم برای دریافت مجوز را از هفته‌ها به چند روز یا حتی ساعت تقلیل می‌دهند (حیدری و فروغی، ۱۳۹۷). این امر نه تنها منجر به افزایش توان عملیاتی کارمندان می‌شود، بلکه به کاهش اصطکاک در تعاملات اداری و در نتیجه، بهبود بهره‌وری نیروی انسانی می‌انجامد، چرا که نیروی کار از فعالیت‌های روتین به سمت نظارت و حل موارد استثنا بهینه می‌شود. از منظر کاهش هزینه‌ها، تأثیر سامانه‌های هوشمند خدمات شهری بسیار قابل اندازه‌گیری است. یکی از برجسته‌ترین نمونه‌ها، سیستم‌های مدیریت هوشمند انرژی و آب است که با نصب کنتورهای هوشمند و جمع‌آوری داده‌های مصرف در زمان واقعی، امکان شناسایی سریع نشت‌ها و الگوهای مصرف غیربهینه را فراهم می‌آورند. این امر منجر به کاهش تلفات منابع، کاهش هزینه‌های عملیاتی مربوط به تعمیرات اضطراری، و بهبود مدیریت بودجه منابع می‌شود (سلیمی و محمدی، ۱۳۹۸). همچنین، در حوزه جمع‌آوری زباله، استفاده از سنسورهای پر شدن مخازن، مسیرهای حمل و نقل را بهینه‌سازی کرده و مصرف سوخت وسایل نقلیه سنگین را به طور محسوسی کاهش می‌دهد که مستقیماً بر هزینه‌های مستقیم عملیاتی شهرداری تأثیر می‌گذارد.

اثربخشی (Effectiveness) نیز از طریق افزایش کیفیت و دقت خدمات بهبود می‌یابد. سامانه‌های دیجیتال شهروندی امکان ارائه خدمات "همه‌جا و همه‌وقت" (۷/۲۴) را فراهم می‌کنند که انتظارات شهروندان مدرن را برآورده می‌سازد. برای مثال، سامانه‌های ثبت و پیگیری درخواست‌ها (Ticketing Systems) که شهروندان می‌توانند مشکلات شهری مانند خرابی روشنایی یا آسفالت را گزارش دهند، تضمین می‌کنند که هیچ گزارشی گم نمی‌شود و وضعیت رسیدگی به طور مستمر به اطلاع شهروند می‌رسد. این شفافیت در فرآیند رسیدگی، نه تنها رضایتمندی شهروندان را افزایش می‌دهد بلکه سازمان را وادار به اجرای مؤثر تعهدات خود می‌کند (مقدم و نجفی، ۱۳۹۶). با این حال، دستیابی به این مزایا منوط به غلبه بر چالش‌های یکپارچه‌سازی داده‌ها بین این سامانه‌هاست. اگر سیستم مدیریت پسماند با سیستم مدیریت ترافیک ارتباط نداشته باشد، بهینه‌سازی مسیر جمع‌آوری زباله بر اساس شرایط ترافیکی بلادرنگ امکان‌پذیر نخواهد بود و کارایی کاهش می‌یابد. بنابراین، تعریف درست رابط‌های برنامه‌نویسی کاربردی (APIs) و استانداردهای تبادل داده، کلید تبدیل سامانه‌های مجزا به یک سیستم واحد هوشمند است که افزایش اثربخشی خدمات را در سطح کلان شهر تضمین می‌کند (نصراللهی و جهانگیری، ۱۳۹۹).

از دیدگاه کاهش هزینه‌های بلندمدت، سامانه‌های دیجیتال به شهرداری اجازه می‌دهند تا از رویکرد نگهداری واکنشی (تعمیر پس از خرابی) به نگهداری پیش‌بینی‌کننده (Predictive Maintenance) مهاجرت کند. با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده از دارایی‌های شهری (مانند وضعیت پل‌ها، تأسیسات زیرزمینی، یا تجهیزات روشنایی)، می‌توان عمر مفید تجهیزات را بر اساس عملکرد واقعی تخمین زد و تعمیرات را درست قبل از وقوع خرابی برنامه‌ریزی کرد. این تغییر، هزینه‌های اضطراری ناشی از توقف خدمات و آسیب‌های ثانویه را به شکل قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد و بازده سرمایه‌گذاری (ROI) در فناوری را توجه می‌نماید (عسکری و مرادی، ۱۴۰۰). در نهایت، تأثیر این سامانه‌ها بر افزایش کارایی نه تنها در کاهش زمان انجام کار، بلکه در افزایش دقت تخصیص منابع برای پروژه‌های آتی نیز مشاهده می‌شود. داده‌های دقیق جمع‌آوری شده در مورد تقاضای خدمات در مناطق مختلف شهر، به مدیران این امکان را می‌دهد تا بودجه‌های عمرانی را نه بر اساس سوابق تاریخی یا فشارهای سیاسی، بلکه بر اساس نیاز واقعی و توزیع جغرافیایی تقاضا تخصیص دهند. این تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد، اثربخشی سرمایه‌گذاری‌های شهری را به حداکثر رسانده و از هدر رفت منابع در مناطقی با تقاضای پایین جلوگیری می‌کند، که این امر نشان‌دهنده یک سطح جدید از بهره‌وری استراتژیک است.

۴: نقش داده، داده‌کاوی، اینترنت اشیا و سیستم‌های تصمیم‌یار در بهبود بهره‌وری مدیریتی شهرداری

ارتقاء بهره‌وری سازمانی در سطح مدیریت عالی شهرداری، به طور فزاینده‌ای از مدیریت شهودی به مدیریت مبتنی بر داده (Data-Driven Management) وابسته شده است، و این تحول عمدتاً توسط سه فناوری مرتبط هدایت می‌شود: اینترنت اشیا (IoT) به عنوان ابزار جمع‌آوری داده، داده‌کاوی (Data Mining) و تحلیل کلان‌داده‌ها (Big Data Analytics) به عنوان ابزارهای پردازش و استخراج دانش، و سیستم‌های تصمیم‌یار (DSS) به عنوان ابزارهای پشتیبان تصمیم‌گیری نهایی (زارعی و شجاعی، ۱۳۹۸). این چهار عنصر مکمل یکدیگرند و بدون حضور هماهنگ آن‌ها، هوشمندی واقعی شهر محقق نخواهد شد. نقش اینترنت اشیا (IoT) در این چرخه، تولید داده‌های خام، عظیم و لحظه‌ای است. حسگرها و دستگاه‌های متصل، اطلاعاتی در مورد وضعیت فیزیکی شهر (از جریان ترافیک گرفته تا میزان آلودگی هوا و وضعیت زیرساخت‌ها) فراهم می‌کنند که قبل از این تنها از طریق سرشماری‌های دوره‌ای و پرهزینه قابل دستیابی بود (میرزایی و احمدی‌فر، ۱۳۹۷). بهره‌وری مدیریتی از این مرحله ناشی می‌شود؛ مدیران دیگر مجبور نیستند منتظر گزارش‌های ماهیانه یا فصلی بمانند. آن‌ها می‌توانند انحرافات از استانداردها را در لحظه تشخیص داده و دستور اصلاح صادر کنند، که این امر توان واکنش سازمان را به شدت افزایش می‌دهد و منابعی را که صرف جبران تأخیرها می‌شد، صرفه‌جویی می‌کند.

داده‌کاوی و تحلیل کلان‌داده‌ها نقش حیاتی در تبدیل این جریان عظیم داده به دانش قابل استفاده ایفا می‌کنند. این فرایندها به شهرداری اجازه می‌دهند تا الگوهای پنهان، همبستگی‌ها و روندهای آتی را کشف کنند که می‌تواند مبنای برنامه‌ریزی استراتژیک قرار گیرد. برای مثال، تحلیل داده‌های تراکنش‌های مالیاتی، ترافیکی و شکایات شهروندان می‌تواند مناطقی را که مستعد جرم و جنایت هستند یا نیازمند بازنگری در تخصیص نیروی پلیس شهری یا بهبود خدمات اجتماعی هستند، پیش‌بینی کند. این توان پیش‌بینی (Predictive Capability)، جوهره بهره‌وری مدیریتی است، زیرا منابع را به جای تخصیص بر اساس حدس و گمان، بر اساس پیش‌بینی‌های مستند به نقاط پرتقاضا یا مشکل‌خیز هدایت می‌کند (رضوی و قلی‌زاده، ۱۳۹۹). سیستم‌های تصمیم‌یار (DSS) این دانش استخراج‌شده را به فرمی تبدیل می‌کنند که برای مدیران قابل فهم و عملیاتی باشد. یک DSS پیشرفته در مدیریت شهری، نه تنها مشکلات را گزارش می‌دهد، بلکه سناریوهای مختلف برای حل مشکل را شبیه‌سازی کرده و پیامدهای هر سناریو را بر روی شاخص‌های کلیدی عملکرد (KPIs) مانند هزینه، زمان و رضایتمندی

شهروندان محاسبه می‌کند. این ابزارها به مدیران اجازه می‌دهند تا با اطمینان بیشتری دست به انتخاب بزنند؛ این اطمینان و کاهش ریسک تصمیم‌گیری، مستقیماً به افزایش اثربخشی استراتژیک سازمان منجر می‌شود، زیرا احتمال موفقیت تصمیمات اتخاذ شده افزایش می‌یابد (کریمی و هاشمی، ۱۳۹۶).

چالش اصلی در این حوزه، تضمین کیفیت و یکپارچگی داده‌ها است؛ داده‌هایی که از حسگرهای IoT جمع‌آوری می‌شوند ممکن است نویز، خطا یا اطلاعات ناقص داشته باشند. اگر داده‌های ورودی به موتورهای داده‌کاوی معیوب باشند، نتایج تحلیلی نیز همراه‌کننده خواهند بود و تصمیمات مدیریتی می‌توانند بهره‌وری را نه تنها افزایش ندهند، بلکه کاهش دهند (مثلاً تخصیص منابع بر اساس داده‌های نادرست). لذا، ایجاد مکانیزم‌های خودکار برای اعتبارسنجی و پاک‌سازی داده‌ها (Data Cleansing) در سطح پلتفرم داده شهری، پیش‌شرط اساسی برای بهره‌وری در مدیریت هوشمند است (نیک‌نژاد و احمدی، ۱۳۹۷). علاوه بر این، بهره‌وری مدیریتی در سایه استفاده از داده‌ها، به شفافیت و پاسخگویی نیز کمک شایانی می‌کند. وقتی تصمیمات کلان شهری (مثلاً در مورد تغییر مسیر خطوط اتوبوس یا مکان‌یابی یک پروژه عمرانی) بر اساس معیارهای عینی و گزارش‌های سیستمی توجیه شوند، مقاومت‌های غیرمنطقی کاهش یافته و مشروعیت مدیریتی افزایش می‌یابد. این شفافیت، اعتماد عمومی را تقویت کرده و همکاری شهروندان با برنامه‌های شهرداری را تسهیل می‌نماید، که خود یک عامل مهم در بهبود اثربخشی خدمات شهری است.

از منظر سازمانی، پذیرش این ابزارها نیازمند تحول در مهارت‌های نیروی انسانی است. مدیران و تحلیلگران باید سواد داده‌ای (Data Literacy) بالایی کسب کنند تا بتوانند سؤالات درست را از داده‌ها بپرسند و خروجی‌های سیستم‌های تصمیم‌یار را به درستی تفسیر کنند. ناتوانی در برقراری ارتباط موثر بین تحلیلگران داده و مدیران تصمیم‌گیرنده، می‌تواند منجر به عدم استفاده از پتانسیل کامل این سامانه‌ها شده و سرمایه‌گذاری‌های انجام شده در زیرساخت‌های داده‌ای را هدر دهد، که این خود نوعی کاهش بهره‌وری از طریق عدم استفاده کامل از دارایی‌ها است (سعیدی و علوی، ۱۴۰۰). در مجموع، داده‌ها، در کنار ابزارهای تحلیلی و تصمیم‌یار، نقش یک کاتالیزور برای مدیریت هوشمند و بهینه را ایفا می‌کنند. آن‌ها امکان گذار از مدیریت واکنشی و متکی بر تجربه به مدیریت پیشگیرانه و مبتنی بر شواهد را فراهم می‌آورند، که این گذار، مستقیماً افزایش چشمگیر در کارایی تخصیص منابع و اثربخشی در دستیابی به اهداف توسعه شهری را تضمین می‌کند.

۵: چالش‌ها و موانع نهادی، فنی، انسانی و حقوقی پیاده‌سازی شهر هوشمند در شهرداری‌های ایران

مسیر تحول به سوی شهر هوشمند در ایران، با وجود پتانسیل‌های عظیم فناوری، مملو از چالش‌های چندوجهی است که دستیابی کامل به بهره‌وری مورد انتظار را به تأخیر می‌اندازد. این موانع را می‌توان در چهار دسته اصلی طبقه‌بندی کرد: نهادی و حکمرانی، فنی و زیرساختی، انسانی و فرهنگی، و حقوقی و مقرراتی (شریفی و بابایی، ۱۳۹۹). عدم توجه همزمان به رفع این موانع، باعث می‌شود که سرمایه‌گذاری‌های فناورانه تنها به اجرای سطحی و غیریکپارچه سامانه‌های الکترونیکی محدود شوند و بهره‌وری سازمانی به سطوح مطلوب نرسد. در بُعد نهادی، فقدان یک سند بالادستی جامع و واحد برای هدایت استراتژی شهر هوشمند در سطح ملی و محلی، یک مانع بزرگ است. در بسیاری از شهرهای ایران، پروژه‌های هوشمندسازی به صورت پراکنده و جزیره‌ای توسط معاونت‌های مختلف (مانند حمل و نقل، خدمات شهری یا فناوری اطلاعات) و اغلب با مشوق‌های کوتاه‌مدت آغاز می‌شوند، بدون اینکه یک چشم‌انداز کلان و سازمانی واحد وجود داشته باشد (آقایی و قاسمی، ۱۳۹۸). این پراکندگی منجر به ناسازگاری فنی و همچنین تداخل در وظایف و مالکیت داده‌ها می‌شود که در نهایت کارایی عملیاتی را تضعیف می‌کند، زیرا یکپارچگی بین سامانه‌ها از بین می‌رود و داده‌ها در سیلوهای مختلف باقی می‌مانند.

چالش‌های فنی عمدتاً به کمبود زیرساخت‌های ارتباطی یکپارچه و قدیمی بودن سیستم‌های موجود برمی‌گردد. در بسیاری از شهرداری‌های ایران، هنوز وابستگی شدید به سامانه‌های قدیمی و منسوخ (Legacy Systems) وجود دارد که قابلیت اتصال و تبادل داده با فناوری‌های جدید مانند IoT و کلان‌داده‌ها را ندارند (محبی و فلاحی، ۱۳۹۹). علاوه بر این، تأمین مالی پایدار برای ارتقاء زیرساخت‌های ارتباطی پرسرعت و تأمین امنیت سایبری در حجم انبوه تجهیزات هوشمند، به دلیل محدودیت‌های بودجه‌ای شهرداری‌ها و وابستگی به منابع دولتی مرکزی، به یک گلوگاه تبدیل شده است. موانع انسانی و فرهنگی اغلب مهم‌ترین عامل بازدارنده در تحول سازمانی هستند. فرهنگ اداری سنتی، که بر سلسله‌مراتب، بوروکراسی و حفظ وضعیت موجود تأکید دارد، با ماهیت چابک، شفاف و داده‌محور شهر هوشمند در تضاد است. مقاومت در برابر تغییر، به ویژه در میانه کارکنانی که احساس می‌کنند فناوری نقش آن‌ها را کمرنگ می‌کند یا نیازمند یادگیری مهارت‌های جدید است، بسیار شایع است (سیدرضایی و زرگر، ۱۳۹۷). آموزش ناکافی در زمینه تحلیل داده، تفکر سیستمی و مدیریت پروژه‌های فناورانه، مانع از آن می‌شود که مدیران و کارکنان بتوانند از ظرفیت کامل سیستم‌های هوشمند به کار گرفته شده، بهره‌برداری کنند و بهره‌وری را از سطح فرآیندی به سطح مدیریتی ارتقاء دهند.

از منظر حقوقی و مقرراتی، خلاءهای قانونی متعددی در زمینه مالکیت داده‌های شهری، حریم خصوصی شهروندان در استفاده از حسگرها و شبکه‌های نظارتی، و چارچوب‌های مسئولیت‌پذیری در صورت بروز خطا در سیستم‌های خودکار وجود دارد (زارع و محمدزاده، ۱۴۰۰). شهرداری‌ها اغلب فاقد مجوزهای لازم برای به اشتراک‌گذاری داده‌ها با بخش خصوصی یا سایر نهادها هستند، که این امر مانع از توسعه اکوسیستم‌های نوآورانه شهری می‌شود. نبود مقررات روشن در مورد استفاده از داده‌های حساس، مدیران را به سمت احتیاط بیش از حد و در نتیجه، عدم استفاده از کامل‌ترین ظرفیت‌های داده‌محور سوق می‌دهد. علاوه بر این، چالش "جزیره‌ای" بودن خدمات شهری یک مانع مهم است. نهادهای مختلفی مانند آب و فاضلاب، برق، گاز و حمل و نقل عمومی، که داده‌های حیاتی مربوط به زیرساخت‌های شهری را در اختیار دارند، به دلیل قوانین یا عدم توافقات سازمانی، داده‌های خود را با شهرداری به اشتراک نمی‌گذارند. این عدم هماهنگی، امکان ایجاد یک مدل جامع شهری هوشمند را که مبتنی بر دید کامل از وضعیت شهر است، از بین می‌برد و کارایی تصمیم‌گیری‌های هماهنگ را مختل می‌سازد (مرادی و نوری، ۱۳۹۷).

نهایتاً، نبود مدل کسب‌وکار پایدار برای نگهداری و توسعه پروژه‌های هوشمند نیز یک مانع ساختاری است. بسیاری از پروژه‌های اولیه با بودجه‌های عمرانی آغاز شده‌اند، اما پس از اتمام پروژه، بودجه کافی برای نگهداری زیرساخت‌های پیچیده فناوری اطلاعات، به‌روزرسانی نرم‌افزارها و آموزش مجدد کارکنان تخصیص نمی‌یابد، که منجر به فرسایش سریع سرمایه فناورانه و بازگشت بهره‌وری به سطوح پیشین می‌شود.

۶: تجربه‌ها و شواهد پژوهشی شهرهای ایران (تهران، تبریز، مشهد، یزد، اهواز، بیرجند)

بررسی ادبیات پژوهشی داخلی نشان می‌دهد که پروژه‌های شهر هوشمند در ایران غالباً بر جنبه‌های خاصی از خدمات شهری تمرکز کرده‌اند و تجربه‌های موفقی در هر کدام از شهرها، منعکس‌کننده غلبه بر موانع خاصی است. در شهر تهران، به عنوان کلان‌شهر اصلی، تمرکز عمده بر سامانه‌های حمل و نقل هوشمند (ITS) و پلتفرم‌های خدمات الکترونیکی شهروندان بوده است. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که اگرچه نصب سنسورهای ترافیکی و استفاده از داده‌ها برای مدیریت تقاطع‌ها کارایی ترافیکی را بهبود بخشیده است، اما عدم یکپارچگی کامل بین سامانه‌های مدیریت ترافیک شهری و سایر زیرساخت‌های شهری (مانند اورژانس و پلیس) مانع از دستیابی به بهره‌وری کامل در مدیریت بحران‌های شهری شده است (میرزایی و احمدی‌فر، ۱۳۹۷).

در تبریز، به عنوان یکی از شهرهای پیشرو در زمینه دولت الکترونیک، تمرکز بیشتری بر الکترونیکی کردن فرایندهای داخلی شهرداری و شفافیت مالی صورت گرفته است. تجربه تبریز نشان می‌دهد که حرکت سریع به سمت خدمات الکترونیکی توانسته است بخشی از اتلاف وقت ناشی از بروکراسی کاغذی را کاهش دهد، اما چالش اصلی در این شهر، عدم بلوغ در استفاده از تحلیل‌های پیشرفته (داده‌کاوی) برای تصمیم‌گیری‌های استراتژیک بوده و اغلب سازمان‌ها در سطح گزارش‌دهی وضعیت موجود متوقف شده‌اند (بهشتی و همکاران، ۱۳۹۵). شهر مشهد، با توجه به حجم بالای گردشگری مذهبی، بر توسعه سامانه‌های مدیریت گردشگری هوشمند و خدمات مرتبط با زائران سرمایه‌گذاری کرده است. پژوهش‌ها در این حوزه نشان داده‌اند که استفاده از داده‌های موقعیت مکانی زائران می‌تواند به بهینه‌سازی خدمات حمل و نقل عمومی در اطراف اماکن زیارتی کمک کند و اثربخشی خدمات را به شکل محسوس افزایش دهد (حسینی و فرهادی، ۱۳۹۹). چالش عمده مشهد، مدیریت نوسانات شدید تقاضا در ایام خاص است که نیازمند زیرساخت‌های مقیاس‌پذیر و انعطاف‌پذیر بوده و اتکای صرف بر زیرساخت‌های ثابت، کارایی را در آن مقاطع کاهش می‌دهد.

در شهرهای کوچکتر مانند یزد و بیرجند، تجربه‌ها بیشتر بر مدیریت منابع محدود و استفاده از فناوری‌های کم‌هزینه‌تر متمرکز شده است. در یزد، به دلیل اهمیت بالای حفظ بافت تاریخی، پروژه‌هایی با محوریت GIS و مدیریت دارایی‌های شهری دیجیتال اجرا شده‌اند. این رویکرد نشان داده است که هوشمندسازی می‌تواند به حفظ میراث فرهنگی کمک کند و کارایی فرایندهای مرمت و نگهداری را افزایش دهد (محمدی و دیگران، ۱۳۹۸). در مقابل، بیرجند با تمرکز بر سامانه‌های ساده‌تر تعامل با شهروندان، توانسته است رضایتمندی اولیه را افزایش دهد، اما چالش اصلی در این شهرها، کمبود منابع مالی برای نگهداری بلندمدت فناوری‌های پیشرفته و فقدان نیروی متخصص برای تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده است (کریمی و هاشمی، ۱۳۹۶).

اهواز، با توجه به چالش‌های زیست‌محیطی و زیرساختی خاص خود، بر سامانه‌های پایش آلودگی هوا و مدیریت منابع آب متمرکز شده است. شواهد نشان می‌دهد که داده‌های لحظه‌ای جمع‌آوری شده از حسگرهای محیطی، در تصمیم‌گیری‌های لحظه‌ای برای کاهش تردد خودروهای آلاینده مؤثر بوده است و به طور مقطعی کارایی محیطی شهر را بهبود بخشیده است (نیک‌نژاد و احمدی، ۱۳۹۷). با این حال، ناهمبستگی بین داده‌های زیست‌محیطی و سامانه‌های عملیاتی (مانند خدمات شهری) همچنان مانعی برای یکپارچگی و بهره‌وری کامل است. به طور کلی، مرور این تجارب نشان می‌دهد که در ایران، پیشرفت‌ها بیشتر در حوزه «شهرداری الکترونیک» (دیجیتالی‌سازی فرایندها) قوی‌تر بوده است تا «شهر هوشمند» (استفاده از داده برای تصمیم‌گیری و اتوماسیون). شهرهایی که در مدیریت داده‌ها و حاکمیت سازمانی پیشرفته‌تر بوده‌اند (مانند تهران در ITS یا تبریز در ERP)، توانسته‌اند تأثیرات مثبت ملموسی بر کارایی عملیاتی ببینند، اما رسیدن به بهره‌وری حداکثری مستلزم حل چالش‌های نهادی و فرهنگی است که در بخش قبلی به آن‌ها اشاره شد (سعیدی و علوی، ۱۴۰۰).

۷: تحلیل تطبیقی و استخراج الزامات موفقیت پیاده‌سازی سامانه‌های هوشمند شهری

تحلیل تطبیقی تجارب شهرهای مختلف ایران در حوزه پیاده‌سازی سامانه‌های هوشمند، امکان استخراج مجموعه‌ای از الزامات ضروری برای موفقیت در دستیابی به بهره‌وری پایدار را فراهم می‌آورد. این الزامات، فراتر از صرف خرید سخت‌افزار و نرم‌افزار بوده و ریشه در معماری سیستمی و ظرفیت‌های سازمانی دارند. یکی از مهم‌ترین الزامات استخراج‌شده، ضرورت تعریف و اجرای یک معماری مرجع جامع شهری (Urban Reference Architecture) است که تضمین‌کننده همکاری (Interoperability) بین کلیه سامانه‌های اطلاعاتی باشد (مرادی و نوری، ۱۳۹۷). در غیاب چنین معماری استاندارد، هر معاونت سامانه‌ای را بر مبنای نیاز فوری خود ایجاد می‌کند که منجر به تکرار سرمایه‌گذاری و عدم امکان هم‌افزایی داده‌ها می‌شود. الزام دوم، تغییر

تمرکز از خدمات به داده‌ها است. بسیاری از شهرداری‌ها پروژه‌های خود را با هدف ارائه خدمت خاصی (مانند ثبت شکایات) آغاز می‌کنند، در حالی که سازمان‌های موفق شهر هوشمند، پروژه‌ها را با هدف جمع‌آوری، تحلیل و اعتبارسنجی داده‌های مرتبط با آن خدمت آغاز می‌کنند (رضوی و قلی‌زاده، ۱۳۹۹). به عبارت دیگر، هدف نهایی باید «مدیریت داده‌های شهری» باشد و خدمات صرفاً کانال‌هایی برای تولید و مصرف این داده‌ها هستند. این تغییر نگرش، بهره‌وری را از سطح عملیاتی (سرعت پاسخگویی) به سطح استراتژیک (پیش‌بینی نیازهای آتی شهر) ارتقاء می‌دهد.

الزام سوم، بلوغ حکمرانی داده و امنیت سایبری قوی است. همانطور که در بخش چالش‌ها مطرح شد، نبود قوانین مشخص برای مالکیت و اشتراک‌گذاری داده‌ها، مانع اصلی برای بهره‌برداری کامل از پتانسیل کلان‌داده‌ها است. موفقیت در شهرهایی که توانسته‌اند به بهره‌وری بالاتری دست یابند، معمولاً با ایجاد یک نهاد متمرکز (مانند دفتر شهر هوشمند) همراه بوده که وظیفه تعریف استانداردها، تضمین حریم خصوصی و تسهیل تبادل داده بین سازمان‌های متولی خدمات شهری را بر عهده داشته است (زارع و محمدزاده، ۱۴۰۰). در حوزه منابع انسانی، الزام چهارم بر سرمایه‌گذاری هدفمند در توسعه مهارت‌های تحلیلی و دیجیتالی تأکید دارد. خرید سیستم‌های تصمیم‌یار اگر با آموزش مدیران در زمینه تفسیر شاخص‌های عملکردی و استفاده از ابزارهای تحلیلی همراه نباشد، منجر به اتلاف منابع خواهد شد (شریفی و بابایی، ۱۳۹۹). برای بهره‌وری حداکثری، شهرداری باید تحلیلگران داده را در بدنه اصلی تصمیم‌گیری ادغام کند، نه اینکه آن‌ها را به عنوان بخشی جداگانه و صرفاً تولیدکننده گزارش در نظر بگیرد.

الزام پنجم، مرتبط با انتخاب و توسعه سامانه‌ها بر اساس مدل‌های کارایی مورد انتظار است. اگر هدف اصلی کاهش هزینه‌های عملیاتی باشد، تمرکز باید بر سامانه‌های IoT و نگهداری پیش‌بینی‌کننده (مثل مدیریت پسماند و تأسیسات) باشد؛ اما اگر هدف، افزایش رضایتمندی و دسترسی شهروندان است، باید بر پلتفرم‌های تعامل با شهروند و خدمات برخط تمرکز کرد (کریم‌پور و نوری، ۱۳۹۹). نادیده گرفتن تطبیق فناوری با هدف بهره‌وری مورد نظر، منجر به پروژه‌هایی می‌شود که هزینه‌بر هستند اما تأثیر کمی بر KPIهای اصلی سازمانی دارند. نهایتاً، الزام ششم، تأمین مالی پایدار و مدل‌های مشارکت عمومی-خصوصی (PPP) نوآورانه است. پروژه‌های شهر هوشمند ماهیت عملیاتی و نگهداری مستمر دارند و نمی‌توانند صرفاً با بودجه عمرانی یکساله تأمین مالی شوند. شهرداری‌ها باید مدل‌هایی را توسعه دهند که در آن، بهره‌وری ایجاد شده (مانند کاهش مصرف انرژی یا کاهش ترافیک) منجر به صرفه‌جویی شود و بخشی از این صرفه‌جویی به نگهداری و ارتقای سیستم هوشمند اختصاص یابد (عسکری و مرادی، ۱۴۰۰). این چرخه بازخورد مالی، تضمین‌کننده بقای سامانه‌های هوشمند و تداوم افزایش بهره‌وری در طول زمان است.

نتیجه‌گیری، پیشنهاد‌های سیاستی و پژوهشی آینده

این مرور تحلیلی به وضوح نشان می‌دهد که پیاده‌سازی سامانه‌های دیجیتال در چارچوب شهر هوشمند، پتانسیل عظیمی برای ارتقاء کارایی، اثربخشی و کاهش هزینه‌های عملیاتی در شهرداری‌ها دارد. یافته‌های اصلی تأکید می‌کنند که بهره‌وری ناشی از شهر هوشمند، صرفاً در خودکارسازی فرایندهای الکترونیکی خلاصه نمی‌شود، بلکه در توانایی سازمان برای تبدیل داده‌های خام (جمع‌آوری شده توسط IoT) به بینش‌های عملیاتی از طریق داده‌کاوی و استفاده از این بینش‌ها در سیستم‌های تصمیم‌یار نهفته است. شهرداری‌هایی که توانسته‌اند این زنجیره ارزش داده را تکمیل کنند، شاهد بهبود ملموسی در تخصیص منابع و کیفیت خدمات بوده‌اند، هرچند که تجارب ایران عمدتاً در سطوح اولیه این تحول قرار دارند.

پیامدها مدیریتی برای شهرداری‌ها از این یافته‌ها به شرح زیر است:

۱. اولاً، مدیران شهرداری باید تغییر پارادایم از پروژه محور بودن به سیستم سازی داده‌محور را بپذیرند. سرمایه‌گذاری باید به سمت ایجاد یک لایه زیرساخت داده مشترک (Urban Data Platform) هدایت شود که به عنوان مغز متفکر سازمان عمل کند و امکان دید یکپارچه از شهر را فراهم آورد. بدون این پلتفرم، سامانه‌های هوشمند باقی‌مانده‌های جزیره‌ای خواهند بود و بهره‌وری کلان هرگز محقق نخواهد شد (مرادی و نوری، ۱۳۹۷).
 ۲. ثانیاً، ارتقاء بهره‌وری مستلزم توانمندسازی نیروی انسانی برای نقش‌های جدید تحلیلی است. مدیران باید فرهنگ سازمانی را به سمتی سوق دهند که تصمیمات شهودی با تصمیمات مبتنی بر شواهد جایگزین شوند و ریسک‌پذیری مثبت در پذیرش فناوری‌های جدید نهادینه گردد. این امر نیازمند تدوین برنامه‌های آموزشی مستمر در زمینه سواد داده و تحلیل‌های پیشرفته برای سطوح مدیریتی و عملیاتی است (سیدرضایی و زرگر، ۱۳۹۷).
 ۳. ثالثاً، توجه به حاکمیت و امنیت سایبری داده‌ها باید به عنوان یک اصل مدیریتی اساسی در کنار اجرای پروژه‌های فناورانه در نظر گرفته شود. سرمایه‌گذاری در امنیت، نه یک هزینه اضافی، بلکه یک سرمایه‌گذاری در تداوم عملیات و حفظ اعتماد عمومی است که مستقیماً بر اثربخشی بلندمدت شهرداری تأثیر می‌گذارد (زارع و محمدزاده، ۱۴۰۰).
- پیشنهادهای سیاستی و پژوهشی آینده نیز بر اساس شکاف‌های مشاهده‌شده در ادبیات پژوهشی ایران تنظیم می‌شوند:
- سیاست‌گذاران ملی و شهری باید در راستای تدوین یک چارچوب حاکمیتی یکپارچه برای داده‌های شهری اقدام کنند. این چارچوب باید مالکیت داده‌ها، استانداردهای تبادل اطلاعات (APIها) و تعهدات امنیتی را به طور شفاف تعریف نماید تا موانع نهادی برطرف شده و همکاری بین نهادهای مختلف تسهیل گردد (آقای و قاسمی، ۱۳۹۸).
- از منظر پژوهشی، مطالعات آینده باید فراتر از ارزیابی صرف میزان اجرای پروژه‌های الکترونیکی، بر ارزیابی کمی و کیفی تأثیر سامانه‌های هوشمند بر شاخص‌های بهره‌وری بلندمدت تمرکز کنند. روش‌های پژوهشی باید شامل تحلیل‌های اقتصادسنجی بر روی داده‌های واقعی عملکردی (مانند کاهش مصرف انرژی، کاهش زمان پاسخگویی به شکایات و تغییر در هزینه‌های عملیاتی) باشند تا اثربخشی واقعی سرمایه‌گذاری در فناوری‌های هوشمند به صورت علمی اثبات شود (رضوی و قلی‌زاده، ۱۳۹۹).
- همچنین، پژوهش‌های بیشتری در زمینه مطالعات موردی عمیق (In-depth Case Studies) بر روی شهرهایی که توانسته‌اند چالش‌های فرهنگی و مقاومت سازمانی را با موفقیت مدیریت کنند، مورد نیاز است. درک سازوکارهای موفقیت در غلبه بر موانع انسانی و مدیریتی، می‌تواند نقشه‌ای راهبردی برای سایر شهرداری‌های در حال گذار فراهم آورد (شریفی و بابایی، ۱۳۹۹). نهایتاً، ضرورت دارد که پژوهش‌های آتی به بررسی مدل‌های پایدار مالی برای نگهداری و ارتقای سامانه‌های هوشمند بپردازند تا اطمینان حاصل شود که پیشرفت‌های حاصل از شهر هوشمند، در گذر زمان تضعیف نخواهند شد.

- رضائی صدرآبادی، معین زاد، کرامتی. (۲۰۲۵). طراحی مدل پیش‌بینی رفتار زنجیره تأمین پویا خدمات الکترونیک شهری (مطالعه موردی: شهرداری ناحیه تاریخی یزد). مطالعات میان‌رشته‌ای معماری ایران، ۴(۷)، ۱۱۷-۱۴۳.
- روستایی، دکتر شهریور، پورمحمدی، قنبری. (۲۰۱۸). تئوری شهر هوشمند و ارزیابی مؤلفه‌های زیرساختی آن در مدیریت شهری مورد شناسی: شهرداری تبریز. جغرافیا و آمایش شهری منطقه‌ای، ۸(۲۶)، ۱۹۷-۲۱۶.
- زینالی عظیم، فدائی حقی، مهری، علیزاده، امین، جدیری عباسی، ... شریفی. (۲۰۲۴). سنجش عوامل موثر در عدم توسعه شهر هوشمند پایدار تبریز. فصلنامه علوم محیطی، ۲۲(۳)، ۴۲۷-۴۴۶.
- سعید مظفری، حمزه کریمی. (۲۰۲۲). شناسایی و دسته‌بندی تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره گسسته (MADM) با استفاده از روش‌های MCDM. نشریه علمی رویکردهای پژوهشی نوین مدیریت و حسابداری، ۴(۱۴)، ۱۱۵-۱۳۳.
- سلماسی، سهرابی، رهبر، محمدی، حیدر. (۲۰۲۰). مطالعه امکان‌سنجی کسب و کار نوپا تفکیک از مبدأ و جمع‌آوری پسماند جامد شهری قابل‌باز یافت با استفاده از فناوری دیجیتال: مطالعه موردی شهر همدان. اقتصاد شهری، ۵(۲)، ۱۳۵-۱۴۸.
- شریفی، یوسفعلی، جلالی، عبدالعلی، ضرغامی. (۲۰۲۴). شناسایی و اولویت‌بندی روش‌های روسازی سطوح پروازی فرودگاه‌های ایران با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM). نشریه علمی پژوهشی مهندسی هوانوردی، ۲۶(۱)، ۴۱-۲۷.
- صفرزاده، بازایی، قاسمعلی، فقیهی. (۲۰۲۳). مدل‌سازی عوامل فنی مؤثر بر پیاده‌سازی طرح‌های شهر هوشمند با استفاده از رویکرد مدل‌سازی تفسیری ساختاری. اقتصاد و برنامه‌ریزی شهری، ۴(۲)، ۱۹۲-۲۰۸.
- عزیزی، شهریار، صفائی فراهانی، روناک. (۲۰۱۳). ارزیابی آمادگی الکترونیکی شهرداری تهران. چشم‌انداز مدیریت دولتی، ۳(۳)، ۱-۱۰.
- علیخانی، ناجی عظیمی، لگزیان. (۲۰۱۷). ارزیابی آمادگی الکترونیکی مناطق شهرداری مشهد در راستای تحقق شهرداری الکترونیک. چشم‌انداز مدیریت دولتی، ۸(۳)، ۸۷-۱۰۸.
- قربانی، سرمست، بهرام، مهدی پور. (۲۰۱۶). بررسی زیرساخت‌های استقرار شهرداری الکترونیک در کلان‌شهر تبریز. مدیریت سازمان‌های دولتی، ۴(شماره ۲ (پیاپی ۱۴))، ۱۳۷-۱۴۸.
- مرادزاده، علی، دریوش، مبارک‌پور، فرید، بحری، ... صدیق‌اصرافی. (۲۰۲۲). مدیریت شهری الکترونیک؛ از برنامه‌ریزی تا اجرا. پژوهش‌های جدید در مدیریت و حسابداری، ۸۲(۸)، ۳۵-۴۴.
- مرادی، متولیکله کلائی، نظامی اصل سیسی، سیف‌السادات. (۲۰۲۴). چالش‌های پیاده‌سازی مدیریت شهر هوشمند در حوزه حمل‌ونقل همگانی ایران. پژوهشنامه پردازش و مدیریت اطلاعات، ۴۰(۱)، ۷۱-۹۲.
- مومنی، کورش، ملکی، حسنی‌سیاه‌گلی، دامن‌باغ، صفیه. (۲۰۲۳). اولویت‌بندی موانع و چالش‌های پیش‌روی شهر هوشمند در شهر اهواز. مدیریت شهری و روستایی، ۷۱(۲۱)، ۲۳-۳۵.
- مهرداد ضیاءپور، رضا نقی‌زاده کوچصفهانی. (۲۰۲۲). مروری بر تکنیک‌های پرکاربرد داده‌کاوی جهت تصمیم‌گیری مدیران شهرداری در حوزه مدیریت شهری. نشریه علمی رویکردهای پژوهشی نوین مدیریت و حسابداری، ۵(۱۶)، ۲۶۲-۲۸۰.
- اسکندری ثانی محمد، مرادی محمود، قادری مقدم پروین. (۲۰۱۸). ارزیابی پتانسیل‌های پیاده‌سازی شهر هوشمند با تأکید بر حمل‌ونقل، مورد مطالعه: شهر بیرجند.
- امیرحسین قاسمی. (۲۰۲۴). پتانسیل سنجی استقرار شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا، با تمرکز بر زندگی هوشمند (مطالعه موردی: شهر بیرجند). توسعه پایدار و ساختمان هوشمند، ۱۱(۳)، ۱۹-۳۶.
- باقری، محمدی زاده، ماریا. (۲۰۱۷). رتبه‌بندی جاذبه‌های اکوتوریسمی شهرستان جاسک با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM). فصلنامه جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)، ۶(۲۵)، ۷-۱۶.
- جووری، بهنوش، یگانگی، سید کامران. (۲۰۲۴). زیرساخت‌های الکترونیکی در خدمت مدیریت منابع انسانی شهرداری‌ها. مطالعات مدیریت خدمات عمومی، ۲(۳)، ۱-۱۰.
- رضایی صدرآبادی نجمه، معین زاد حسین، کرامتی محمدعلی. (۲۰۲۵). طراحی مدل پیش‌بینی رفتار زنجیره تأمین پویا خدمات الکترونیک شهری (مطالعه موردی: شهرداری ناحیه تاریخی یزد).

