

## Examining Methods and Strategies for Enhancing Urban Sustainability and Economic Growth Through Investment in Smart Infrastructure

**Iman Moaddelian \***

Master of Construction Management, Islamic  
Azad University, Science and Research Branch,  
Tehran, Iran.

### Abstract

This research explores various methods and strategies aimed at increasing the sustainability and economic development of cities through investment in smart infrastructure implemented around the world. In order to deploy advanced technological solutions such as IoT devices and data analytics, the study examines approaches to improving energy efficiency and transportation systems. It also emphasizes the importance of innovative strategies for infrastructure design and management, including the integration of renewable energy sources and green building technologies. The study highlights the value of analyzing case studies and best practices in smart infrastructure investment to offer insights for urban planners and policymakers. Furthermore, it underscores the importance of staying informed about current trends in smart infrastructure investment to support long-term sustainability and economic prosperity in urban environments. The aim of this study is to provide practical insights toward the creation of smarter, more sustainable, and economically thriving cities.

**Keywords:** smart city, sustainable development, investment, smart infrastructure

Received: 06/April/2025

Accepted: 07/June/2025

eISSN: 3060-6144

ISSN: 2980-8936

\* Corresponding Author: moaddelian@gmail.com

## بررسی روش‌ها و استراتژی‌های بهبود پایداری و اقتصاد شهرها با رویکرد سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مدیریت عمران دانشگاه علوم و تحقیقات واحد تهران،  
ایران.

ایمان معادلیان\*

### چکیده

این پژوهش به بررسی روش‌ها و استراتژی‌ها با هدف افزایش پایداری و توسعه اقتصادی شهرها از طریق سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند ارائه شده در جهان می‌پردازد. به منظور پیاده‌سازی راه‌حل‌های فناوری پیشرفته مانند دستگاه‌های IoT و تجزیه و تحلیل داده‌ها، راهکارهای بهبود بهره‌وری انرژی و حمل و نقل مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنین، بر اهمیت استراتژی‌های نوآورانه برای طراحی و مدیریت زیرساخت، از جمله ادغام منابع انرژی تجدیدپذیر و فناوری‌های ساختمان سبز، تأکید دارد. این پژوهش، ارزش تجزیه و تحلیل مطالعات موردی و بهترین شیوه‌ها در سرمایه‌گذاری زیرساخت هوشمند را جهت ارائه بینش برای برنامه‌ریزان شهری و سیاست‌گذاران برجسته می‌کند. علاوه بر این، بر اهمیت آگاه ماندن از روندهای جاری در سرمایه‌گذاری زیرساخت‌های هوشمند برای حمایت از پایداری بلندمدت و رونق اقتصادی در شهرها تأکید می‌کند. هدف این مطالعه، ارائه بینش‌های عملی با هدف ایجاد شهرهای هوشمندتر، پایدارتر و از نظر اقتصادی مرفه‌تر است.

**کلیدواژه‌ها:** شهر هوشمند، توسعه پایدار، سرمایه‌گذاری، زیرساخت‌های هوشمند

## مقدمه

شهرنشینی سریع منجر به چالش‌های مهمی ازجمله مسائل مربوط به پایداری، توسعه اقتصادی و رفاه ساکنان برای شهرها شده است. زیرساخت‌های هوشمند به‌عنوان راه‌حلی امیدوارکننده برای مقابله با این چالش‌ها با استفاده از فناوری‌های پیشرفته و استراتژی‌های نوآورانه به وجود آمده است. این تحقیق به دنبال بررسی و تحلیل روش‌ها و رویکردهای مختلف جهت افزایش پایداری و پیشرفت اقتصادی شهرها از طریق سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند است. هدف این مطالعه با بررسی مطالعات موردی، بهترین شیوه‌ها و روندهای فعلی، ارائه بینش‌های ارزشمندی برای برنامه‌ریزان شهری، سیاست‌گذاران و ذی‌نفعان علاقه‌مند به پرورش فضاهای شهری هوشمند و پایدار است. یکی از روش‌های کلیدی برای افزایش پایداری و توسعه اقتصادی از طریق سرمایه‌گذاری زیرساخت هوشمند، پیاده‌سازی راه‌حل‌های فناوری پیشرفته است. این امر ممکن است شامل استقرار دستگاه‌های اینترنت اشیاء (IoT)، حسگرها و تجزیه و تحلیل داده‌ها برای بهبود بهره‌وری انرژی، بهینه‌سازی استفاده از منابع و بهبود عملکرد کلی زیرساخت باشد. به‌عنوان مثال، سیستم‌های مدیریت ترافیک هوشمند می‌توانند به شهرها در کاهش ازدحام، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و بهبود کارایی حمل و نقل کمک کنند و درنهایت منجر به مزایای اقتصادی و کیفیت زندگی بالاتر برای ساکنان شوند. علاوه بر این، استفاده از زیرساخت‌های هوشمند برای توسعه پایدار و اقتصادی مستلزم اتخاذ استراتژی‌های نوآورانه به‌منظور طراحی و مدیریت زیرساخت است. این مورد ممکن است شامل ادغام منابع انرژی تجدیدپذیر، اجرای فناوری‌های ساختمان سبز و ایجاد فضاهای شهری انعطاف‌پذیر و سازگار باشد. با سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند که پایداری را در اولویت قرار می‌دهد، شهرها می‌توانند ردپای محیطی خود را کاهش داده، هزینه‌های عملیاتی را بکاهند و سرمایه‌گذاری‌ها و کسب‌وکارهای متعهد به شیوه‌های پایدار را جذب کنند. علاوه بر این، تجزیه و تحلیل جامع مطالعات موردی و بهترین شیوه‌ها در سرمایه‌گذاری زیرساخت‌های هوشمند می‌تواند بینش‌های ارزشمندی را برای شهرهایی که به دنبال افزایش پایداری و توسعه اقتصادی خود هستند، ارائه دهد. با بررسی پروژه‌ها و ابتکارات موفق در سراسر جهان، برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران شهری می‌توانند درک عمیق‌تری از تأثیر زیرساخت‌های هوشمند بر رشد اقتصادی، پایداری محیط‌زیست و رفاه کلی جوامع شهری به دست آورند. این تحقیق می‌تواند به‌عنوان راهنمایی برای شناسایی بهترین راه‌حل‌ها و استراتژی‌هایی باشد که با نیازها و چالش‌های خاص شهرهای مختلف هم‌سو است. علاوه بر این، کاوش روندهای فعلی در سرمایه‌گذاری زیرساخت‌های هوشمند می‌تواند راهنمای مهم برای شهرهایی باشد که به دنبال ماندن در خط مقدم توسعه پایدار شهری هستند.

با ادامه تکامل فناوری، فرصت‌ها و چالش‌های جدیدی به وجود می‌آیند که شهرها را ملزم می‌کند تا در رویکرد خود به زیرساخت‌های هوشمند، چابک و سازگار بمانند. با مطلع ماندن از آخرین پیشرفت‌ها و بهترین شیوه‌های در حال ظهور، شهرها می‌توانند تصمیمات سرمایه‌گذاری آگاهانه‌ای اتخاذ کنند که از پایداری بلندمدت و رونق اقتصادی حمایت می‌کند. درنتیجه، این تحقیق با ارائه بررسی جامع روش‌ها و استراتژی‌های افزایش پایداری و توسعه اقتصادی شهرها از طریق سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند، درصدد است تا سهم بسزایی در حوزه توسعه شهری داشته باشد. هدف این مطالعه با بررسی مطالعات موردی، بهترین شیوه‌ها و روندهای فعلی، ارائه بینش‌های عملی برای برنامه‌ریزان شهری، سیاست‌گذاران و ذی‌نفعان است که درنهایت، ایجاد شهرهای هوشمندتر، پایدارتر و از نظر اقتصادی مرفه‌تر را تسهیل می‌کند.

## پیشینه تحقیق

شهرهای هوشمند به عنوان یک عنصر کلیدی برای تولید ثروت، دانش و تنوع، هم از نظر اقتصادی و هم از نظر اجتماعی ظهور کرده‌اند. مفهوم شهر هوشمند به عنوان موتوری برای رسیدن به پایداری زیرساخت‌های آن و تسهیل توسعه پایدار صنعت، ساختمان‌ها و شهروندان آن در نظر گرفته می‌شود (Castro et al., 2013). با این حال، برای دستیابی به هدف بهبود پایداری و اقتصاد شهرها از طریق سرمایه‌گذاری زیرساختی هوشمند، درک جامعی از جنبه‌های مختلف مورد نیاز است.

یکی از مؤلفه‌های حیاتی برای دستیابی به پایداری و اقتصاد در شهرها، ادغام برنامه‌های پاسخ‌گویی به تقاضا در شبکه‌های هوشمند است. وارداکاس و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۵)، نظرسنجی‌هایی را در مورد برنامه‌های پاسخ‌گویی به تقاضا در شبکه‌های هوشمند انجام داده و دریافتند که اجرای روش‌های قیمت‌گذاری و الگوریتم‌های بهینه‌سازی، نقش مهمی در افزایش کارایی و پایداری مصرف انرژی در شهرهای هوشمند دارد. علاوه بر این، مطالعه مورنو و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۲۱) بر اهمیت مفهوم «شهر ۱۵ دقیقه‌ای» در دستیابی به پایداری، تاب‌آوری و هویت مکان در شهرهای آینده پس از همه‌گیری تأکید کرد. این مفهوم به طور بالقوه می‌تواند به عنوان یک استراتژی برای بهبود اقتصاد شهرها با بهینه‌سازی استفاده از زیرساخت‌ها و منابع شهری عمل کند.

پیشرفت در فناوری همچنین منجر به توسعه راه‌حل‌های نوآورانه برای جابه‌جایی هوایی شهری، مانند وسایل نقلیه VTOL شده است. سیلوا و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۱۸) پتانسیل این وسایل نقلیه را در تغییر حمل‌ونقل شهری و بهبود پایداری و اقتصاد کلی شهرها برجسته کردند. علاوه بر این، ادغام فناوری‌های شهر هوشمند، نگرانی‌هایی را در مورد امنیت، حریم خصوصی و خطرات در شهرهای هوشمند ایجاد می‌کند (Ismagilova et al., 2020). آن‌ها مروری بر ادبیات انجام دادند و چارچوب تعامل شهر هوشمند را برای رسیدگی به این نگرانی‌ها ایجاد کردند و بر نیاز به اقدامات امنیتی قوی و حفظ حریم خصوصی برای اطمینان از پایداری طرح‌های شهر هوشمند تأکید داشتند.

سیاست‌گذاری، نقش مهمی در هدایت نوآوری و رشد اقتصادی فراگیر برای پایداری در شهرهای هوشمند بازی می‌کند (Visvizi et al., 2018). علاوه بر این، اثرات تخریب دائمی یخبندان بر زیرساخت‌ها به عنوان یک چالش مهم برای پایداری شهرها شناسایی شده است (Hjort et al., 2022). این امر نیاز به استراتژی‌های نوآورانه برای کاهش اثرات نامطلوب تغییرات آب و هوایی بر زیرساخت‌های شهری را برجسته می‌کند.

ظهور شهرهای هوشمند مجازی مانند متاورس، هم فرصت‌ها و هم چالش‌هایی را برای پایداری زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی در آینده شهری ایجاد می‌کند. استراتژی‌های اقتصاد دایره‌ای نیز به عنوان ابزاری برای دستیابی به پایداری در شهرهای بندری تاریخی پیشنهاد شده‌اند (Gravagnuolo et al., 2019)؛ درحالی‌که پایداری هوش مصنوعی از دیدگاه شهری در زمینه شهرهای هوشمند و پایدار مورد بررسی قرار گرفته است (Yigitcanlar & Cugurullo, 2020).

علاوه بر این، لازم است تأثیرات بالقوه فناوری‌های نوظهور مانند تحرک هوایی شهری و متاورس بر زیرساخت‌های شهری و پایداری، بیشتر مورد بررسی قرار گیرد. همچنین، تحقیقات آینده باید بر توسعه استراتژی‌های اقتصاد دایره‌ای مؤثر و راه‌حل‌های زیرساختی انعطاف‌پذیر برای رسیدگی به چالش‌های ناشی از تغییرات آب‌وهوا و تخریب یخ‌های دائمی متمرکز شوند. علاوه بر این، نیاز به مطالعات جامع برای ارزیابی پایداری بلندمدت و دوام اقتصادی هوش مصنوعی در زمینه شهرهای هوشمند وجود دارد. شهرهایی مانند سنگاپور از زیرساخت‌های هوشمند برای تبدیل شدن

1. Vardakas et al.

2. Moreno et al.

3. Silva et al.

به یک رهبر جهانی استفاده کرده‌اند. در مورد پایداری و نوآوری شهری با ادغام فناوری‌های هوشمند و راه‌حل‌های مبتنی بر داده، کشور سنگاپور به‌طور مؤثر منابع محدود خود را مدیریت کرده، انتشار کربن را کاهش داده و قابلیت زندگی کلی را افزایش داده است. این مطالعات موردی، قدرت دگرگون‌کننده زیرساخت‌های هوشمند را در شکل‌دهی به آینده پایدار و اقتصادی شهرها برجسته می‌کند. در نتیجه، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند، یک رویکرد استراتژیک جهت افزایش پایداری و توسعه اقتصادی شهرها است. شهرها با پذیرش فناوری‌های نوآورانه، تصمیم‌گیری مبتنی بر داده و حکمرانی مشارکتی می‌توانند سیستم‌های زیرساختی انعطاف‌پذیر و کارآمدی بسازند که از اهداف بلندمدت پایداری، حمایت و رشد اقتصادی را تقویت می‌کند (Hetzel et al., 2021; Broo et al., 2022).

علاوه بر این بینش‌ها، کومنینوس و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۸) بر اهمیت برنامه‌ریزی شهری هوشمند از دیدگاه تکاملی تأکید کردند که شامل سازگاری و ادغام مداوم فناوری‌ها و استراتژی‌های جدید برای بهبود پایداری و اقتصاد شهرها است.

### شهر هوشمند

مفهوم «شهر هوشمند» شامل استفاده از فناوری‌های پیشرفته و استراتژی‌های نوآورانه برای افزایش پایداری، کارایی و توسعه اقتصادی مناطق شهری است. زیرساخت‌های هوشمند با یکپارچه‌سازی سیستم‌های مختلف مانند حمل‌ونقل، انرژی، ارتباطات و مدیریت پسماند برای بهبود عملکرد کلی شهر، نقش مهمی را در دستیابی به این اهداف ایفا می‌کند (Broo et al., 2022). یکی از راه‌های کلیدی برای افزایش پایداری و توسعه اقتصادی شهرها از طریق سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند، پیاده‌سازی سیستم‌های حمل‌ونقل کارآمد است. این امر شامل توسعه شبکه‌های حمل‌ونقل هوشمند مانند سیستم‌های مدیریت ترافیک هوشمند، ردیابی حمل‌ونقل عمومی در زمان واقعی و ترویج روش‌های حمل‌ونقل جایگزین مانند برنامه‌های اشتراک دوچرخه و زیرساخت‌های مناسب برای عابر پیاده است. با کاهش تراکم ترافیک، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و بهبود دسترسی، زیرساخت‌های حمل‌ونقل هوشمند می‌توانند به محیط شهری پایدارتر و از نظر اقتصادی پرجنب‌وجوش کمک کنند (Rani & Sharma, 2023). استراتژی مهم دیگر شامل سرمایه‌گذاری در سیستم‌های مدیریت انرژی هوشمند است. این مورد شامل پذیرش منابع انرژی تجدیدپذیر، اجرای فناوری‌های کارآمد انرژی و توسعه شبکه‌های هوشمند برای توزیع و استفاده بهتر از انرژی است. زیرساخت‌های هوشمند انرژی با کاهش مصرف انرژی، کاهش انتشار کربن و ترویج استفاده از انرژی پاک می‌توانند به پایداری بلندمدت و رونق اقتصادی شهرها کمک کنند (Kwilinski et al., 2022). علاوه بر این، ادغام فناوری‌های پیشرفته ارتباطات و اطلاعات برای ساخت شهرهای هوشمند ضروری است. این امر شامل استقرار اتصال به اینترنت پرسرعت، توسعه شبکه‌های حسگر هوشمند برای جمع‌آوری داده‌ها و پیاده‌سازی پلتفرم‌های دیجیتال برای مشارکت شهروندان و ارائه خدمات است. زیرساخت‌های ارتباطات هوشمند با تقویت اتصال، تصمیم‌گیری مبتنی بر داده و نوآوری دیجیتال می‌توانند از رشد اقتصادی و زیست‌پذیری کلی مناطق شهری حمایت کنند (Fu et al., 2019). علاوه بر این روش‌ها و استراتژی‌ها، اولویت‌بندی سرمایه‌گذاری در سیستم‌های هوشمند مدیریت زباله بسیار مهم است. این موضوع شامل استفاده از فناوری‌های پیشرفته مرتب‌سازی و بازیافت زباله، پیاده‌سازی سطل‌های هوشمند با حسگرها برای جمع‌آوری کارآمد و توسعه راه‌حل‌های زباله به انرژی است. با کاهش دفن زباله‌ها، ترویج بازیافت و بهره‌برداری انرژی از زباله، زیرساخت زباله هوشمند می‌تواند موجب پایداری زیست‌محیطی و تاب‌آوری اقتصادی

شهرها گردد (Hu et al., 2022). در نتیجه، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند جهت افزایش پایداری و توسعه اقتصادی شهرها ضروری است. با پیاده‌سازی سیستم‌های حمل‌ونقل کارآمد، مدیریت انرژی، فناوری‌های ارتباطی پیشرفته و راه‌حل‌های نوآورانه مدیریت زباله، مناطق شهری می‌توانند زیست‌پذیر، انعطاف‌پذیرتر و مرفه‌تر شوند. برای مقامات دولتی، برنامه‌ریزان شهری و ذی‌نفعان خصوصی ضروری است که در توسعه و اجرای این راه‌حل‌های زیرساختی هوشمند برای ساخت شهرهای آینده، همکاری و همراهی داشته باشند.



#### بخش‌هایی که شهر هوشمند بر آنها تاثیر می‌گذارد

شکل ۱. ارکان تأثیرپذیر هوشمندسازی در شهر

#### توسعه پایدار شهر

پایداری، یک جنبه حیاتی از توسعه شهری است؛ زیرا رفاه بلندمدت یک شهر و ساکنان آن را تضمین می‌کند. در زمینه زیرساخت‌های هوشمند، پایداری شامل استفاده مسئولانه و کارآمد از منابع، حداقل اثرات زیست‌محیطی و ارتقای برابری اجتماعی و اقتصادی است. برای افزایش پایداری شهرها از طریق سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند می‌توان از روش‌ها و استراتژی‌های مختلفی استفاده کرد (Ali et al., 2023). یکی از استراتژی‌های کلیدی پایداری برای enhan است. ادغام منابع انرژی تجدیدپذیر در زیرساخت‌های شهری می‌تواند شامل نصب پنل‌های خورشیدی بر روی ساختمان‌ها، توسعه تأسیسات برق بادی و استفاده از انرژی زمین‌گرمایی برای سیستم‌های گرمایش و سرمایش باشد. شهرها با کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی سنتی می‌توانند ردپای کربن خود را به‌طور قابل توجهی کاهش دهند و به آینده‌ای پایدارتر کمک کنند. علاوه بر این، ادغام منابع انرژی تجدیدپذیر می‌تواند منجر به صرفه‌جویی در هزینه برای شهر و ساکنان آن در درازمدت شود (Selvaraj et al., 2022). یکی دیگر از روش‌های ضروری برای افزایش پایداری، اجرای سیستم‌های مدیریت هوشمند آب است. این مورد شامل استفاده از فناوری پیشرفته برای نظارت و مدیریت کارآمدتر منابع آب است. کنتورهای هوشمند آب، سیستم‌های تشخیص نشت و سیستم‌های آبیاری خودکار می‌توانند به کاهش هدر رفت آب و ارتقای حفاظت کمک کنند. علاوه بر این، اجرای برنامه‌های بازیافت آب و مدیریت آب طوفان می‌تواند بیشتر به استفاده پایدار از منابع آب در مناطق شهری کمک کند (El-Zahab et al., 2016).

سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های حمل‌ونقل هوشمند برای افزایش پایداری شهرها بسیار مهم است. این امر می‌تواند شامل توسعه سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی، زیرساخت‌های دوچرخه‌سواری و پیاده و ارتقای وسایل نقلیه الکتریکی و هیبریدی باشد. با تشویق روش‌های جایگزین حمل‌ونقل و کاهش اتکا به وسایل نقلیه شخصی، شهرها می‌توانند ازدحام ترافیک را کاهش دهند، آلودگی هوا را بکاهند و کیفیت کلی زندگی ساکنان را بهبود بخشند.

(Chriqui et al., 2017). علاوه بر زیرساخت فیزیکی، پذیرش فناوری هوشمند و فرایندهای تصمیم‌گیری مبتنی بر داده نیز می‌تواند پایداری شهرها را افزایش دهد. ادغام سنسورهای هوشمند و سیستم‌های نظارتی می‌تواند داده‌های ارزشمندی در مورد مصرف انرژی، کیفیت هوا و سایر عوامل محیطی ارائه دهد. سپس می‌توان از این داده‌ها برای اطلاع‌رسانی تصمیمات سیاستی، بهینه‌سازی تخصیص منابع و ترویج توسعه پایدار شهری استفاده کرد (Provost & Fawcett, 2013). به‌طور کلی، افزایش پایداری شهرها از طریق سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند، نیازمند رویکردی جامع است که جنبه‌های مختلف توسعه شهری را مورد توجه قرار می‌دهد. شهرها با ادغام منابع انرژی تجدیدپذیر، پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریت هوشمند آب، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های حمل‌ونقل هوشمند و اتخاذ فرایندهای تصمیم‌گیری مبتنی بر داده‌ها می‌توانند پایداری بلندمدت و توسعه اقتصادی و درعین حال، بهبود کیفیت زندگی ساکنان خود را ارتقا دهند.

جدول ۱. مجموعه‌ای از تعاریف توسعه پایدار بر اساس ابعاد و مؤلفه‌های اصلی (Verma & Raghubanshi, 2018)

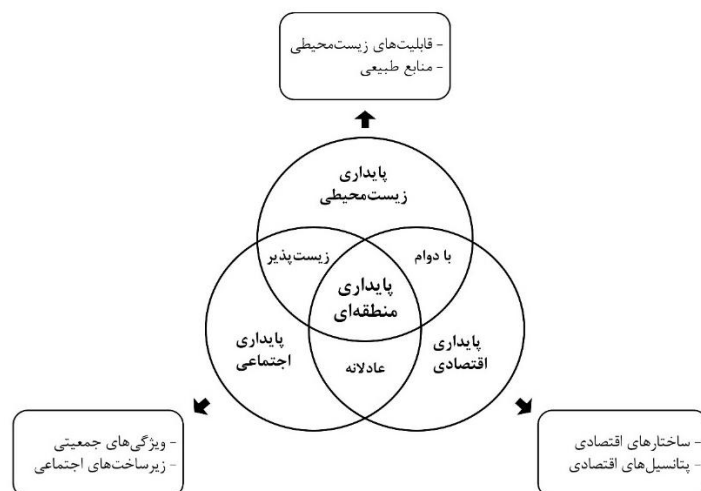
ابعاد	تعاریف
اقتصادی	باید متمرکز بر سرمایه‌های انسانی، اجتماعی، انسان‌ساخت و طبیعی باشد استفاده از منابع نباید دارایی‌های نسل‌های آتی را به خطر بیندازد رعایت عدالت فرا نسلی در منابع طبیعی فعالیت‌های اقتصادی باید بر پایه توجهات اکولوژیکی باشد فراهم شدن عدالت فرا نسلی، عدالت در توزیع، رشد بهینه
اجتماعی	تلاش برای ماندگاری و دوام ارزش‌های اجتماعی، هویت‌ها، روابط و نهادها دستیابی به اهداف مشترک و انسجام اجتماعی سلامت، آموزش، غذا، آب و مسکن باید برای تمام اعضاء جامعه فراهم باشد حمایت فعالانه از حفظ و بهبود مهارت‌های فردی و حمایت و پشتیبانی از نسل‌های آتی
زیست محیطی	توسعه اقتصادی و اجتماعی باید بر پایه توجهات زیست محیطی باشد محافظت از منابع طبیعی باید اولویت بالایی داشته باشد نقاط آستانه‌ای باید در نظر گرفته شود تا تغییرات ناگهانی در هرکدام از بخش‌های (مسکن، آب، غذا و غیره) به‌روشنی مشخص شود

لزوم توجه به سه بعد پایداری در اسناد بین‌المللی همچون دستور کار ۲۱ نیز مورد تأکید واقع شده است (UN, 1992). همچنین، این مؤلفه‌های سه‌گانه را می‌توان طبیعت، سیستم‌های پشتیبان حیات و جامعه نیز نامید (Ness et al., 2007). پتی<sup>۱</sup> (۲۰۱۲)، معتقد است که در بررسی مؤلفه‌های توسعه پایدار به‌جای تأکید بر اختلافات، تضادها، دادوستدها و تبادلات میان مؤلفه‌ها، بایستی بر ارتباطات و وابستگی‌های متقابل بین مؤلفه‌ها تأکید شود. مفهوم توسعه پایدار، هم‌زمان با توجهات بین‌المللی بر روی تأثیرات رشد اقتصادی بر محیط‌زیست، در نیمه دوم قرن بیستم میلادی بر سر زبان‌ها افتاد و از اهمیت بالایی برخوردار شد؛ اما امروزه و هم‌زمان با فراتر رفتن دغدغه‌های انسانی از مشکلات محیط‌زیستی، به‌عنوان یک مسئله چندبعدی مطرح می‌شود که ابعاد و مؤلفه‌های مختلفی دارد (Stankovi'c et al., 2021). این ابعاد و مؤلفه‌های سه‌گانه که به قاعده سه‌گانه پایداری نیز مشهور است، اشاره به رابطه جدایی‌ناپذیر میان توسعه اقتصادی و کیفیت زندگی و حفظ اکوسیستم و منابع طبیعی دارد (Mori & Christodoulou, 2012).

مفهوم توسعه پایدار بر مبنای سه بعد به هم پیوندخورده که با یکدیگر وابستگی متقابل نیز دارند، شکل گرفته است (Bonnet et al., 2021). این مفهوم بیان می‌کند که توسعه پایدار، تنها زمانی قابل دستیابی است که هر سه بعد آن



یعنی توسعه اقتصادی، بهبود اجتماعی و حفاظت از محیط‌زیست، به‌صورت هم‌زمان مورد توجه قرار گیرد (Bonnet et al., 2021; Orenstein & Shach-Pinsley, 2017).



شکل ۲. رابطه میان ابعاد و مؤلفه‌های مفهوم توسعه پایدار (Broo et al., 2022)

### سرمایه‌گذاری آینده‌نگرانه

با ادامه گسترش مناطق شهری و افزایش جمعیت آن‌ها، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند، اهمیت فزاینده‌ای برای ارتقای پایداری و پیشرفت اقتصادی دارد. زیرساخت هوشمند شامل ادغام فناوری و رویکردهای نوآورانه در زیرساخت‌های فیزیکی یک شهر از جمله سیستم‌های حمل‌ونقل، استفاده از انرژی، مدیریت آب و پسماند و امکانات عمومی است. این سرمایه‌گذاری برای شهرها جهت افزایش کارایی، پایداری و انعطاف‌پذیری خود در برابر چالش‌های مختلف مانند تغییرات آب‌وهوایی، رشد جمعیت و منابع محدود بسیار مهم است (Ren et al., 2021). یک رویکرد اولیه برای افزایش پایداری و توسعه اقتصادی شهرها از طریق سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند، اولویت‌بندی منابع انرژی تجدیدپذیر است. با سرمایه‌گذاری در شبکه‌های انرژی هوشمند، شهرها می‌توانند بهره‌وری انرژی را افزایش دهند، انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش داده و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی و بادی را افزایش دهند. این موارد، نه تنها پایداری زیست‌محیطی را بهبود می‌بخشد بلکه چشم‌انداز اقتصادی را از طریق توسعه و اجرای فناوری‌های جدید انرژی ایجاد می‌کند (Jayasena et al., 2022). علاوه بر مدیریت انرژی، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های حمل‌ونقل هوشمند نیز برای شهرهای پایدار و از نظر اقتصادی پرجنب‌وجوش ضروری است. سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند از جمله مدیریت ترافیک پیشرفته، ایستگاه‌های شارژ وسایل نقلیه الکتریکی و حمل‌ونقل عمومی قابل اعتماد می‌توانند ازدحام ترافیک، آلودگی هوا و زمان سفر را کاهش داده و در عین حال، دسترسی به فرصت‌های اقتصادی را بهبود بخشند. علاوه بر این، سرمایه‌گذاری در حمل‌ونقل هوشمند می‌تواند در توسعه و نگهداری زیرساخت‌های حمل‌ونقل و فناوری‌های مرتبط ایجاد اشتغال کند (Balén et al., 2023). در ضمن، سرمایه‌گذاری در زیرساخت مدیریت هوشمند آب و پسماند برای پایداری و توسعه اقتصادی شهرها، اقدامی حیاتی است. با پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریت هوشمند آب، شهرها می‌توانند هدررفت آب را کاهش دهند، کیفیت آب را افزایش داده و تأمین آب قابل‌اعتماد را برای ساکنان و مشاغل تضمین کنند. به‌طور مشابه، سرمایه‌گذاری در راه‌حل‌های مدیریت پسماند هوشمند مانند برنامه‌های بازیافت و تسهیلات تبدیل زباله به انرژی می‌تواند دفن زباله را کاهش دهد، آلودگی زیست‌محیطی را بکاهد و فرصت‌های اقتصادی در بخش‌های مدیریت زباله و بازیافت ایجاد



کند. (Selim & Elgohary, 2020). همچنین، سرمایه‌گذاری در خدمات عمومی هوشمند از جمله حکمرانی دیجیتال، مراقبت‌های بهداشتی و آموزش می‌تواند پایداری و توسعه اقتصادی شهرها را افزایش دهد. با استفاده از فناوری و راه‌حل‌های مبتنی بر داده، شهرها می‌توانند کارایی و دسترسی به خدمات عمومی را افزایش دهند و در نتیجه، نتایج مراقبت‌های بهداشتی بهتر، دستاوردهای آموزشی بالاتر و کیفیت کلی زندگی ساکنین را بهبود بخشند. علاوه بر این، سرمایه‌گذاری در حکمرانی دیجیتال می‌تواند فرایندهای اداری را ساده‌سازی کند، ناکارآمدی‌های بوروکراتیک را کاهش دهد و دولت‌های شهری پاسخ‌گو ایجاد کند (Ding et al., 2021). در نتیجه، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند برای افزایش پایداری و توسعه اقتصادی شهرها بسیار مهم است. با اولویت‌بخشی به منابع انرژی تجدیدپذیر، حمل‌ونقل هوشمند، مدیریت آب و پسماند و خدمات عمومی، شهرها می‌توانند کارآمدتر، انعطاف‌پذیرتر و از نظر اقتصادی پرجنب‌وجوش شوند. علاوه بر این، چنین سرمایه‌گذاری‌هایی می‌تواند فرصت‌های اقتصادی ایجاد کند، نوآوری را پیش ببرد و کیفیت کلی زندگی ساکنان شهر را بهبود بخشد؛ بنابراین، برای رهبران و سیاست‌گذاران شهر ضروری است که سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند را به‌عنوان یک استراتژی کلیدی برای ساخت شهرهای پایدار و از لحاظ اقتصادی مرفه برای آینده در اولویت قرار دهند.

### روش‌ها و استراتژی‌های بهبود پایداری و اقتصاد

روش‌ها و استراتژی‌های بهبود پایداری و اقتصاد شهرها، موضوعی گسترده و چندبعدی شامل بسیاری از جنبه‌های اجتماعی، زیست‌محیطی، فناوری و مدیریتی است. برخی از روش‌ها و استراتژی‌های مهم در این زمینه عبارت‌اند از:

- توسعه شهرها و جوامع پایدار با توجه به اهداف توسعه پایدار (SDGs) که توسط سازمان ملل متحد تعریف شده‌اند. این اهداف شامل ۱۷ هدف و ۱۶۹ زیرهدف در زمینه‌های مختلف مانند فقر، تغییرات اقلیمی، انرژی، آب و فاضلاب، شهرسازی، تعاونی‌ها و مشارکت مردمی است.

- ایجاد شهرهای هوشمند با استفاده از فناوری‌های نوین مانند اینترنت اشیاء، داده‌کاوی، هوش مصنوعی و شبکه‌های ارتباطی. این فناوری‌ها می‌توانند به بهبود کارایی، کیفیت، امنیت و شفافیت خدمات شهری، مدیریت منابع، کاهش آلودگی و افزایش رضایت شهروندان کمک کنند (قلی‌پور و همکاران، ۱۳۹۸).
- ارتقای درآمد پایدار شهری با توجه به منابع، موانع و فرصت‌های موجود. برای این منظور، لازم است شهرداری‌ها، سیاست‌ها و برنامه‌هایی را برای افزایش درآمد از عوارض، زمین و ساختمان، مدیریت هزینه، اوراق، تبلیغات و سایر منابع، اتخاذ و اجرا کنند. همچنین، باید موانعی مانند نیروی انسانی، پایمال شدن حق، شفافیت، ضعف عملکرد، فساد، قانون، مردم و سایر موانع را شناسایی و رفع کنند.

- توجه به توسعه پایدار شهری از منظر اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی به‌طور هم‌زمان و یکپارچه. این امر نیازمند نگرش جامع به سیاست‌ها، برنامه‌ها و طرح‌های توسعه شهری و تدوین اهداف یکپارچه در این زمینه‌ها است. برای مثال، باید به ارتباطات و پیوندهای مثبت میان شهرها، حومه‌ها و مناطق روستایی، حفاظت و نگهداری از میراث فرهنگی و طبیعی، دسترسی همگانی به فضای سبز و عمومی، تضمین دسترسی به مسکن و خدمات اولیه مناسب و سایر موارد توجه کنیم.

### استراتژی‌های زیرساخت هوشمند با رویکردی پایدار

زیرساخت‌های هوشمند، طیف گسترده‌ای از سیستم‌ها و فناوری‌های به‌هم‌پیوسته را با هدف بهبود اثربخشی، عملکرد و پایداری مناطق شهری در بر می‌گیرد. این موضوع شامل سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند، شبکه‌های انرژی هوشمند،

مدیریت دیجیتال آب، شبکه‌های ارتباطی پیشرفته و راهکارهای نوآورانه مدیریت زباله است. وقتی این مؤلفه‌ها یکپارچه شوند، شهرها می‌توانند تخصیص منابع را بهبود بخشند، تأثیرات زیست‌محیطی را به حداقل برسانند، خدمات عمومی را افزایش دهند و رشد اقتصادی را تحریک کنند. سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند، مزایای مختلفی مانند بهبود کارایی عملیاتی، کاهش هزینه، حفظ محیط‌زیست، افزایش ایمنی عمومی و کیفیت زندگی بهتر برای ساکنان را به شهرها ارائه می‌کند. علاوه بر این، زیرساخت‌های هوشمند، زمینه‌ای محکم برای اجرای سایر طرح‌های شهر هوشمند مانند دولت الکترونیک، مراقبت‌های بهداشتی دیجیتال و سیستم‌های آموزشی هوشمند ایجاد می‌کند؛ بنابراین، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند می‌تواند به عنوان یک کاتالیزور برای توسعه اقتصادی و نوآوری گسترده‌تر در مناطق شهری عمل کند. به منظور افزایش پایداری و توسعه اقتصادی شهرها از طریق سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند، می‌توان از چندین روش و استراتژی حیاتی استفاده کرد (Ren et al., 2021). در ادامه، چندین روش و استراتژی حیاتی را بررسی کرده‌ایم.

### ۱- برنامه‌ریزی جامع و همکاری

برنامه‌ریزی و همکاری همه‌جانبه، مؤلفه‌های ضروری در افزایش پایداری و توسعه اقتصادی شهرها از طریق سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند هستند. برنامه‌ریزی جامع شامل رویکردی هماهنگ و یکپارچه برای استفاده از زمین، حمل‌ونقل، مسکن و توسعه زیرساخت است که هدف آن، رسیدگی به نیازها و چالش‌های فعلی و آتی با ترویج رشد پایدار، مدیریت کارآمد منابع و بهبود کیفیت زندگی برای ساکنین است (Charbgo & Mareggi, 2018). همکاری، نقش مهمی در گرد هم آوردن ذی‌نفعان مختلف از جمله سازمان‌های دولتی، نهادهای بخش خصوصی، مؤسسات دانشگاهی و جامعه یا سازمان‌ها برای کار در جهت اهداف مشترک ایفا می‌کند. هنگامی که این گروه‌ها با یکدیگر همکاری می‌کنند، می‌توانند از تخصص و منابع خود برای اجرای پروژه‌های زیرساخت هوشمند نوآورانه استفاده کنند که به طور کلی به نفع شهر است (Abusharekh et al., 2020).

یکی از جنبه‌های کلیدی برنامه‌ریزی و همکاری جامع، شناسایی اولویت‌های سرمایه‌گذاری زیرساخت هوشمند است. این امر شامل انجام ارزیابی‌های کامل برای تعیین فوری‌ترین نیازهای زیرساختی و فرصت‌های بهبود است. با درگیر کردن ذی‌نفعان مختلف در این فرایند، شهرها می‌توانند دیدگاه‌ها و بینش‌های متنوعی را به دست آورند که می‌تواند به تصمیم‌گیری و تعیین اولویت‌ها کمک کند (Johnson et al., 2021).

همچنین، برنامه‌ریزی و همکاری جامع توسعه استراتژی‌های بلندمدت برای سرمایه‌گذاری زیرساخت هوشمند را تسهیل می‌کند. این موضوع شامل تعیین اهداف روشن، شناسایی منابع مالی بالقوه و ایجاد معیارهای عملکرد برای اندازه‌گیری تأثیر سرمایه‌گذاری‌های زیرساختی است. با اتخاذ رویکردی فعال و بلندمدت، شهرها می‌توانند اطمینان حاصل کنند که سرمایه‌گذاری‌هایشان با اهداف توسعه پایدار و اقتصادی همخوانی دارد (Unlocking Investment for Digital Infrastructure and Smart Cities, 2020).

یکی دیگر از جنبه‌های مهم برنامه‌ریزی و همکاری جامع، ادغام فناوری‌های هوشمند در پروژه‌های زیرساختی است. فناوری‌های هوشمند مانند دستگاه‌های IoT، تجزیه و تحلیل داده‌ها و سیستم‌های اتوماسیون می‌توانند کارایی، ایمنی و پایداری دارایی‌های زیرساخت را بهبود بخشند. شهرها از طریق همکاری با ارائه‌دهندگان فناوری و کارشناسان صنعت می‌توانند این فناوری‌ها را در پروژه‌های زیرساختی خود ادغام نموده و زیرساخت‌های هوشمندی ایجاد کنند که توسعه اقتصادی و پایداری را افزایش می‌دهد (Mwilima, 2021). برنامه‌ریزی جامع و همکاری می‌تواند به شهرها کمک کند تا از مشارکت عمومی و خصوصی (PPPs) برای سرمایه‌گذاری زیرساخت‌های هوشمند استفاده کنند.

PPPها به شهرها اجازه می‌دهند تا به منابع و تخصص بخش خصوصی دسترسی داشته باشند و درعین حال، خطرات و پاداش‌ها را در پروژه‌های زیرساختی به اشتراک بگذارند. شهرها به وسیله مشارکت با نهادهای خصوصی می‌توانند تحویل پروژه‌های زیربنایی را تسریع کنند و از مکانیسم‌های مالی نوآورانه‌ای بهره ببرند که از توسعه پایدار و اقتصادی حمایت می‌کنند (Almarri & Boussabaine, 2023).

در نتیجه، برنامه‌ریزی و همکاری همه‌جانبه در افزایش پایداری و توسعه اقتصادی شهرها از طریق سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند، یک اقدام اساسی است. شهرها با اتخاذ یک رویکرد هماهنگ و مشارکتی می‌توانند اولویت‌های سرمایه‌گذاری را شناسایی کنند، استراتژی‌های بلندمدت را توسعه دهند، فناوری‌های هوشمند را ادغام کنند و از PPPها برای تحقق اهداف زیرساختی خود استفاده نمایند. در نهایت، این اقدامات به ایجاد شهرهایی می‌انجامد که برای نسل کنونی و آینده تاب‌آور، کارآمد و شکوفا هستند. یکی از روش‌های مؤثر برای افزایش پایداری و توسعه اقتصادی شهرها، اولویت‌بندی سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های انرژی‌های تجدیدپذیر است. با انتقال منابع انرژی به سمت تجدیدپذیر، شهرها می‌توانند ردپای کربن خود را کاهش و استقلال انرژی خود را افزایش دهند. زیرساخت‌های انرژی‌های تجدیدپذیر مانند پنل‌های خورشیدی، توربین‌های بادی و نیروی برق آبی می‌تواند به تأمین انرژی پایدارتر و انعطاف‌پذیرتر برای شهرها کمک کنند. همچنین، سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر، فرصت‌های شغلی ایجاد نموده و رشد اقتصادی را در شهرها تحریک می‌کند (Andersson et al., 2018).

شهرها با توسعه زیرساخت‌های انرژی تجدیدپذیر محلی می‌توانند وابستگی به انرژی وارداتی را کاهش دهند و سرمایه بیشتری را در اقتصاد محلی نگه دارند. استراتژی دیگر برای افزایش پایداری و توسعه اقتصادی، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های حمل‌ونقل هوشمند است. این امر می‌تواند شامل ابتکاراتی مانند گسترش حمل‌ونقل عمومی، سرمایه‌گذاری در ایستگاه‌های شارژ وسایل نقلیه الکتریکی و پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریت ترافیک هوشمند باشد. زیرساخت‌های حمل‌ونقل هوشمند می‌تواند تراکم ترافیک را کاهش دهد، کیفیت هوا را بهبود بخشد و وابستگی به سوخت‌های فسیلی را بکاهد. در ضمن، می‌تواند ادغام شیوه‌های حمل‌ونقل پایدار مانند دوچرخه‌سواری و پیاده‌روی را در محیط شهری افزایش دهد.

این موارد می‌تواند شامل ابتکاراتی مانند گسترش حمل‌ونقل عمومی، سرمایه‌گذاری در ایستگاه‌های شارژ وسایل نقلیه الکتریکی و پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریت ترافیک هوشمند باشد. زیرساخت‌های حمل‌ونقل هوشمند می‌تواند تراکم ترافیک را کاهش دهد، کیفیت هوا را بهبود بخشد و وابستگی به سوخت‌های فسیلی را بکاهد. همچنین، می‌تواند ادغام شیوه‌های حمل‌ونقل پایدار مانند دوچرخه‌سواری و پیاده‌روی را در محیط شهری افزایش دهد. این اقدام می‌تواند منجر به شهرهای سالم‌تر و قابل‌زندگی‌تر شود و درعین حال، انتشار گازهای گلخانه‌ای را نیز کاهش دهد. سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند شامل اجرای ساختمان‌های کارآمد انرژی و فناوری شبکه هوشمند نیز هست. ساختمان‌های با انرژی کارآمد می‌توانند مصرف انرژی و هزینه‌های آب و برق را برای ساکنان و مشاغل کاهش دهند (Wang et al., 2022).

## ۲- یکپارچه‌سازی داده‌ها و فناوری

ادغام داده‌ها و فناوری، یک جنبه حیاتی برای افزایش پایداری و توسعه اقتصادی شهرها از طریق سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند است. این ادغام، امکان جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل و استفاده از داده‌ها را برای بهبود کارایی و اثربخشی سیستم‌های مختلف در یک شهر فراهم می‌کند. شهرها با استفاده از فناوری و داده‌ها می‌توانند تصمیمات آگاهانه‌تری بگیرند، تخصیص منابع را بهینه کنند و راه‌حل‌های نوآورانه‌ای برای مقابله با چالش‌های شهری توسعه

دهند. یکی از جنبه‌های کلیدی ادغام داده‌ها و فناوری در زیرساخت‌های هوشمند، پیاده‌سازی دستگاه‌های IoT (اینترنت اشیاء) است. این دستگاه‌ها (مانند سنسورها) می‌توانند در عناصر زیرساختی مختلف تعبیه شوند تا داده‌های بلادرننگ در مورد استفاده از منابع، الگوهای ترافیک، کیفیت هوا و موارد دیگر را جمع‌آوری کنند. سپس، می‌توان این داده‌ها را برای به دست آوردن بینش‌های ارزشمند در مورد عملیات شهر و شرایط محیطی تجزیه و تحلیل کرد که منجر به مداخلات هدفمندتر و کارآمدتر می‌شود. در ضمن، ادغام داده‌ها و فناوری، امکان پیاده‌سازی تحلیل‌های پیش‌بینی و الگوریتم‌های یادگیری ماشین را فراهم می‌کند. این ابزارها می‌توانند حجم زیادی از داده‌ها را برای شناسایی الگوها، روندها و ناهنجاری‌ها تجزیه و تحلیل کنند و این امکان را به برنامه‌ریزان شهری بدهند که به‌طور فعال به مسائل بالقوه رسیدگی کنند و عملکرد زیرساخت را بهینه نمایند. به عنوان مثال، تجزیه و تحلیل پیش‌بینی کننده می‌تواند برای پیش‌بینی تقاضای انرژی مورد استفاده قرار گیرد که امکان مدیریت بهتر منابع انرژی و ادغام منابع انرژی تجدیدپذیر را فراهم می‌کند. یکی دیگر از جنبه‌های مهم یکپارچه‌سازی داده‌ها و فناوری، توسعه شبکه‌های هوشمند و سیستم‌های مدیریت انرژی است.

این سیستم‌ها از داده‌های شبکه‌ای از حسگرها برای نظارت بر مصرف انرژی در زمان واقعی، بهینه‌سازی توزیع و یکپارچه‌سازی منابع انرژی تجدیدپذیر استفاده می‌کنند. شهرها با بهبود کارایی توزیع و مصرف انرژی می‌توانند ردپای کربن و اتکای خود به منابع تجدیدناپذیر را کاهش دهند که منجر به مزایای زیست‌محیطی و اقتصادی بلندمدت می‌شود. علاوه بر این، ادغام داده‌ها و فناوری می‌تواند سیستم‌های حمل و نقل را از طریق توسعه راه‌حل‌های تحرک هوشمند افزایش دهد. با تجزیه و تحلیل داده‌ها در مورد جریان ترافیک، استفاده از حمل و نقل عمومی و الگوهای پارکینگ، شهرها می‌توانند زیرساخت‌های حمل و نقل را بهینه کنند، ازدحام را کاهش دهند و دسترسی را بهبود بخشند. علاوه بر این، ادغام داده‌ها و فناوری توسعه سیستم‌های حمل و نقل هوشمند، مانند مدیریت ترافیک در زمان واقعی و وسایل نقلیه خودران را امکان‌پذیر می‌کند که می‌تواند تحرک شهری را بیشتر کند و اثرات زیست‌محیطی را کاهش دهد. در نتیجه، ادغام داده‌ها و فناوری نقش مهمی در افزایش پایداری و توسعه اقتصادی شهرها از طریق سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند دارد. با استفاده از دستگاه‌های اینترنت اشیاء، تجزیه و تحلیل پیش‌بینی کننده، شبکه‌های هوشمند و راه‌حل‌های تحرک هوشمند، شهرها می‌توانند تصمیمات آگاهانه‌تری بگیرند، تخصیص منابع را بهینه نمایند و راه‌حل‌های نوآورانه‌ای را برای مقابله با چالش‌های شهری توسعه دهند. این ادغام، نه تنها منجر به عملیات شهری کارآمدتر و مؤثرتر می‌شود بلکه به پایداری محیطی بلندمدت و رشد اقتصادی نیز کمک می‌کند (Broo et al., 2022).

### ۳- مشارکت‌های دولتی و خصوصی

مشارکت‌های دولتی و خصوصی (PPPs) به عنوان یک استراتژی کلیدی برای افزایش پایداری و توسعه اقتصادی شهرها از طریق سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند ظاهر شده‌اند. PPPها شامل همکاری بین نهادهای دولتی و سازمان‌های بخش خصوصی برای تأمین مالی، توسعه، بهره‌برداری و نگهداری پروژه‌های زیربنایی است. این رویکرد، امکان اشتراک گذاری منابع، ریسک‌ها و تخصص را فراهم می‌کند و منجر به ارائه کارآمدتر و مؤثرتر خدمات عمومی می‌شود (Kirikkaleli et al., 2022). در زمینه زیرساخت‌های هوشمند، PPPها می‌توانند نقش مهمی در هدایت نوآوری و اجرای فناوری‌های پیشرفته‌ای داشته باشند که به پایداری و رشد اقتصادی کمک می‌کنند. به عنوان مثال، PPPها می‌توانند توسعه سیستم‌های حمل و نقل هوشمند، ساختمان‌های با انرژی کارآمد، پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر و زیرساخت‌های اتصال دیجیتال را تسهیل کنند. شهرها با استفاده از تخصص و سرمایه شرکای بخش خصوصی می‌

توانند استقرار راه‌حل‌های زیرساختی هوشمند را تسریع بخشند و به اهداف توسعه پایدار دست یابند (Baxter & Casady, 2020). علاوه بر این، PPPها می‌توانند به رفع شکاف بودجه‌ای که اغلب مانع اجرای پروژه‌های زیربنایی در مقیاس بزرگ می‌شود، کمک کنند. شهرها با جذب سرمایه‌گذاری خصوصی می‌توانند به منابع مالی اضافی بدون بارگذاری بیش‌ازحد بر بودجه عمومی دسترسی داشته باشند. این امکان، ارائه به‌موقع و مقرون‌به‌صرفه ابتکارات زیرساختی هوشمند را فراهم می‌کند و درنهایت، توسعه اقتصادی و بهبود کیفیت زندگی ساکنان شهری را به همراه دارد (Teredesai, 2023). با این حال، موفقیت PPPها در افزایش پایداری و توسعه اقتصادی منوط به برنامه‌ریزی دقیق، حکمرانی شفاف و مدیریت ریسک مؤثر است. برای شهرها ضروری است که اهداف روشنی را تعیین کنند، تأثیر بلندمدت پروژه‌های پیشنهادی را ارزیابی کنند و در هنگام انتخاب شرکای بخش خصوصی، با دقت کامل درگیر شوند. علاوه بر این، چارچوب‌های قانونی قوی برای حفاظت از منافع عمومی، اطمینان از پاسخ‌گویی و کاهش تضاد منافع احتمالی، امری ضروری است (Shi et al., 2020).

در نتیجه، مشارکت‌های دولتی-خصوصی، یک رویکرد مناسب برای پیشبرد پایداری و توسعه اقتصادی شهرها از طریق سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند ارائه می‌دهند. شهرها از طریق همکاری با ذی‌نفعان بخش خصوصی می‌توانند از فناوری‌های نوآورانه استفاده کنند، سرمایه‌گذاری بیشتری را جذب نموده و پروژه‌های زیرساختی ضروری را با کارایی بیشتری ارائه دهند. با این حال، برای شهرها ضروری است که مکانیسم‌های حکمرانی قوی و استراتژی‌های مدیریت ریسک را برای به حداقل رساندن مزایای PPP و درعین حال، حفظ منافع عمومی اتخاذ کنند (Ding et al., 2021).

#### ۴- طراحی و نوآوری پایدار

طراحی و نوآوری پایدار، مؤلفه‌های حیاتی در افزایش پایداری و توسعه اقتصادی شهرها از طریق سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند هستند. طراحی پایدار بر ایجاد محیط‌های ساخته‌شده‌ای متمرکز است که کمترین تأثیر را بر محیط طبیعی داشته باشند و درعین حال، نیازهای نسل فعلی و آینده را برآورده کنند. از سوی دیگر، نوآوری شامل توسعه و اجرای ایده‌ها، فناوری‌ها و فرایندهای جدید برای مقابله با چالش‌های پیچیده شهری است (Adriaens et al., 2021). یکی از جنبه‌های کلیدی طراحی و نوآوری پایدار، ادغام زیرساخت‌های سبز در داخل شهرها است. زیرساخت‌های سبز شامل عناصری مانند بام‌های سبز، جنگل‌های شهری، پیاده‌روهای نفوذپذیر و فضاهای سبز است که به کاهش اثر جزیره گرمایی شهری، کاهش رواناب‌های طوفانی، بهبود کیفیت هوا و آب و ارائه خدمات اکوسیستمی کمک می‌کند. با گنجاندن زیرساخت‌های سبز در برنامه‌ریزی و توسعه شهری، شهرها می‌توانند محیط‌های پایدارتر و انعطاف‌پذیرتری را ایجاد کنند که باعث پیشرفت و رفاه ساکنان و جذب سرمایه‌گذاری می‌شود (Mirici, 2022). همچنین، طراحی پایدار و نوآوری شامل یکپارچه‌سازی سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر در زیرساخت‌های شهری است. این امر شامل استفاده از پنل‌های خورشیدی، توربین‌های بادی و سیستم‌های زمین‌گرمایی برای تأمین انرژی ساختمان‌ها و حمل‌ونقل عمومی و اجرای فناوری‌های کارآمد انرژی برای کاهش مصرف کلی انرژی است. با انتقال منابع انرژی به تجدیدپذیر و بهبود بهره‌وری انرژی، شهرها می‌توانند ردپای کربن خود را کاهش دهند، هزینه‌های عملیاتی را کاهش دهند و فرصت‌های جدیدی برای رشد اقتصادی و ایجاد شغل در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر ایجاد کنند (Karim et al., 2022). علاوه بر مزایای زیست‌محیطی، طراحی پایدار و نوآوری نیز به توسعه اقتصادی شهرها کمک می‌کند. با سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند، شهرها می‌توانند کسب و کارهای جدید را جذب کنند، نوآوری و کارآفرینی را ترویج داده و فرصت‌های شغلی در بخش‌های روبه‌رشد فناوری سبز و انرژی‌های

تجدیدپذیر را ایجاد نمایند. در ضمن، زیرساخت‌های هوشمند، کیفیت کلی زندگی ساکنان را بهبود می‌بخشد و شهرها را به مکان‌های جذاب‌تری برای زندگی، کار و بازدید تبدیل می‌کند که به نوبه خود می‌تواند توسعه اقتصادی را از طریق افزایش گردشگری، خرده‌فروشی و سرمایه‌گذاری در املاک و مستغلات پیش ببرد (Ali et al., 2023). به‌طور کلی، طراحی و نوآوری پایدار، نقش مهمی در افزایش پایداری و توسعه اقتصادی شهرها دارد. با سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند و ترکیب زیرساخت‌های سبز و سیستم‌های انرژی‌های تجدیدپذیر، شهرها می‌توانند محیط‌های شهری انعطاف‌پذیر، سازگار با محیط‌زیست و از نظر اقتصادی پرجنب‌وجوش را برای نسل‌های فعلی و آینده ایجاد کنند.

## ۵- مشارکت و آموزش جامعه

درگیر کردن جامعه محلی و افزایش آگاهی در مورد مزایای زیرساخت هوشمند برای اجرای موفقیت‌آمیز آن بسیار مهم است. شهرها می‌توانند برنامه‌های اطلاع‌رسانی عمومی، ابتکارات آموزشی و کارگاه‌های اجتماعی را برای مشارکت ساکنان در فرایند تصمیم‌گیری و پرورش فرهنگ پایداری اجرا کنند. مطالعات موردی و بهترین روش‌ها برای نشان دادن اثربخشی سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند برای افزایش پایداری و توسعه اقتصادی، بررسی مطالعات موردی موفق و بهترین شیوه‌ها از سراسر جهان ارزشمند است. به‌عنوان مثال، شهر بارسلون، یک استراتژی شهر هوشمند جاه‌طلبانه را اجرا کرده که شامل ابتکاراتی برای مدیریت هوشمند آب، جمع‌آوری کارآمد زباله، بهینه‌سازی حمل‌ونقل عمومی و حکمرانی دیجیتال است. در نتیجه، بارسلونا به پیشرفت‌های قابل توجهی در بهره‌وری انرژی، پایداری ذهنی محیط‌زیست و مشارکت شهروندان دست یافته است (Broo et al., 2022; Jayasena et al., 2022).

زیرساخت‌های هوشمند می‌توانند با ارائه داده‌ها و اتصال در زمان واقعی برای مدیریت سریع‌تر و مؤثرتر بلایا و پاسخ به بحران، به بهبود ایمنی عمومی و واکنش اضطراری کمک کنند. زیرساخت‌های هوشمند می‌توانند منجر به استفاده پایدارتر و کارآمدتر از انرژی و منابع، کاهش ضایعات و اثرات زیست‌محیطی شوند. این به نوبه خود می‌تواند به پایداری و انعطاف‌پذیری کلی شهرها کمک کند. سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند می‌تواند منجر به ایجاد "شهرهای هوشمند" شود که برای مشاغل و ساکنان جذاب باشد و توسعه اقتصادی را بیشتر تحریک کند. زیرساخت‌های هوشمند می‌توانند با ارائه داده‌ها و اتصال در زمان واقعی برای مدیریت سریع‌تر و مؤثرتر بلایا و پاسخ به بحران، به بهبود ایمنی عمومی و واکنش اضطراری کمک کنند. پیاده‌سازی زیرساخت‌های هوشمند می‌تواند منجر به استفاده پایدارتر و کارآمدتر از انرژی و منابع، کاهش ضایعات و اثرات زیست‌محیطی، کمک به پایداری و تاب‌آوری کلی شهرها شود. زیرساخت‌های هوشمند می‌توانند فرصت‌هایی را برای همکاری بین دولت محلی، مشاغل و جوامع ایجاد کنند که منجر به راه‌حل‌های نوآورانه برای پایداری شهری و توسعه اقتصادی شود. همکاری بین ذی‌نفعان مختلف می‌تواند منجر به رویکردهای جامع‌تر و یکپارچه‌تر برای توسعه زیرساخت‌ها و برنامه‌ریزی شهری، ایجاد یک محیط شهری فراگیرتر و پایدار برای همه ساکنان شود (Samuelssona et al., 2021). با سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند، شهرها می‌توانند کیفیت کلی زندگی خود را با ارائه گزینه‌های حمل‌ونقل بهتر، خدمات عمومی کارآمد و ارتباطات پیشرفته برای ساکنان، مشاغل و بازدیدکنندگان، بهبود بخشند (Berglund et al., 2020). در ضمن، زیرساخت‌های هوشمند می‌توانند شهرها را قادر به مدیریت بهتر تأمین آب، مدیریت پسماند و سایر خدمات ضروری خود کنند و به یک محیط شهری پایدارتر و انعطاف‌پذیر کمک نمایند. سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند می‌تواند فرصت‌های شغلی جدیدی را در بخش‌های فناوری و نوآوری ایجاد کند و توسعه



اقتصادی را بیشتر تقویت کند (Khattak & Mahdinia, 2022). زیرساخت هوشمند می‌تواند کارایی و اثربخشی کلی عملیات و خدمات شهری را بهبود بخشد و منجر به صرفه‌جویی در هزینه و بهبود کیفیت زندگی ساکنان شود. سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند می‌تواند سرمایه‌گذاری‌های سرمایه‌گذاران خصوصی را که به‌طور فزاینده‌ای به پروژه‌های توسعه شهری پایدار و تاب‌آور علاقه‌مند هستند، جذب کند. این امر می‌تواند به منابع مالی و منابع اضافی برای بهبود زیرساخت‌ها و رشد اقتصادی منجر شود (Rode et al., 2018).

زیرساخت‌های هوشمند می‌توانند کارایی و اثربخشی سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی را بهبود بخشند و ازدحام و انتشار گازهای گلخانه‌ای را در شهرها کاهش دهند. سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند می‌تواند به توسعه راه‌حل‌های انرژی پایدارتر مانند منابع انرژی تجدیدپذیر و فناوری شبکه هوشمند منجر شود.

علاوه بر این، زیرساخت‌های هوشمند می‌تواند تصمیم‌گیری مبتنی بر داده‌ها را برای برنامه‌ریزی شهری و مدیریت منابع تسهیل کند و منجر به توسعه شهری پایدارتر و استفاده کارآمدتر از منابع شود. شهرها با بهره‌گیری از زیرساخت‌های هوشمند می‌توانند آمادگی خود را در برابر بلایا و قابلیت‌های واکنش را افزایش دهند و ایمنی و امنیت ساکنان خود را تضمین کنند. زیرساخت‌های هوشمند می‌تواند قابلیت اطمینان و انعطاف‌پذیری خدمات ضروری را در هنگام بلایای طبیعی یا سایر شرایط اضطراری بهبود بخشد و اطمینان حاصل کنند که شهرها می‌توانند سریع‌تر بازیابی و بازسازی شوند. سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند می‌تواند منجر به توسعه سیستم‌های مدیریت هوشمند آب، کاهش هدررفت آب و ارتقای حفاظت شود. سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند می‌تواند اتصال و دسترسی شهرها را افزایش دهد و یک محیط شهری متصل‌تر و یکپارچه‌تر ایجاد کند که رشد اقتصادی و نوآوری را تقویت می‌کند. زیرساخت‌های هوشمند می‌توانند توسعه ساختمان‌ها و خانه‌های هوشمند، کاهش مصرف انرژی و ارتقای پایداری را امکان‌پذیر کنند. سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند می‌تواند با جذب کسب‌وکارها و صنایع علاقه‌مند به فعالیت در محیطی از نظر فناوری پیشرفته و پایدار، به ایجاد شغل و رشد اقتصادی کمک کند. ادغام زیرساخت‌های هوشمند می‌تواند فرصت‌هایی را برای ظهور صنایع و استارت‌آپ‌های جدید ایجاد کند و اقتصاد شهر را متنوع‌تر سازد. زیرساخت‌های هوشمند می‌توانند سلامت عمومی و کیفیت زندگی را با کاهش آلودگی هوا و آب از طریق مدیریت بهتر پسماندها و سیستم‌های حمل‌ونقل بهبود بخشند. سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند می‌تواند منجر به توسعه سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند، کاهش ترافیک و انتشار گازهای گلخانه‌ای از طریق استفاده از حسگرهای پیشرفته و فناوری‌های ارتباطی شود (Derawi et al., 2020). این می‌تواند منجر به استفاده کارآمدتر از منابع حمل‌ونقل، کاهش اثرات زیست‌محیطی تحرک شهری شود (Sun et al., 2020). زیرساخت هوشمند می‌تواند پیاده‌سازی وسایل نقلیه خودران و سیستم‌های مدیریت ترافیک هوشمند را امکان‌پذیر کند و کارایی و پایداری حمل‌ونقل شهری را بهبود بخشد. زیرساخت‌های هوشمند می‌توانند استقرار منابع انرژی تجدیدپذیر مانند پانل‌های خورشیدی و توربین‌های بادی را تسهیل کنند که منجر به کاهش اتکا به سوخت‌های فسیلی و ترویج ترکیب انرژی پایدارتر شود (Zhao et al., 2022). این امر می‌تواند به کاهش ردپای کربن شهر و تلاش‌های جهانی برای کاهش تغییرات آب‌وهوایی کمک کند. به‌طور کلی، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند برای افزایش پایداری و توسعه اقتصادی شهرها بسیار مهم است. این امر می‌تواند منجر به استفاده کارآمدتر از منابع، جذب صنایع و مشاغل جدید و بهبود کیفیت کلی زندگی ساکنان شهر شود (Berglund et al., 2020). سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند می‌تواند تاب‌آوری شهرها را در برابر بلایای طبیعی و سایر اختلالات احتمالی افزایش دهد و از تداوم خدمات و عملیات ضروری در هنگام رویدادهای پیش‌بینی‌نشده مانند آب‌وهوای شدید یا قطع برق اطمینان حاصل کند. زیرساخت‌های هوشمند می‌توانند شهرها را قادر به نظارت و مدیریت بهتر مصرف آب و انرژی کنند که منجر به



مدیریت پایدار و کارآمدتر منابع می‌شود. این موضوع می‌تواند به شهرها کمک کند تا تأثیرات زیست‌محیطی خود را کاهش دهند و پایداری کلی خود را بهبود بخشند (Selim & Elgothary, 2020). زیرساخت‌های هوشمند می‌توانند پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریت پسماند هوشمند را امکان‌پذیر کنند که منجر به کاهش زباله‌های دفن زباله و ترویج بازیافت و کمپوست می‌شود.

### روش تحقیق

این پژوهش به روش اسنادی و کتابخانه‌ای با مطالعه نظریات و روش‌های گوناگون معتبر جهانی در حوزه زیرساخت‌های شهر هوشمند و هوشمندسازی انجام شده و در انتها به جمع‌بندی این مطالب و روش‌ها پرداخته شده است.

### یافته‌ها

درحالی‌که ادبیات، بینش‌های ارزشمندی را در مورد روش‌ها و استراتژی‌ها برای بهبود پایداری و اقتصاد شهرها از طریق سرمایه‌گذاری زیرساخت هوشمند ارائه می‌دهد، می‌توان چندین شکاف دانش و جهت‌گیری‌های بالقوه تحقیقات آینده را شناسایی کرد. اول، نیاز به تحقیقات بیشتر برای توسعه چارچوب‌های جامع جهت ادغام برنامه‌های پاسخ‌گویی به تقاضا، مفاهیم شهر ۱۵ دقیقه‌ای و فناوری‌های شهر هوشمند مجازی در برنامه‌ریزی شهری و توسعه زیرساخت وجود دارد. این امر می‌تواند شامل اکتشاف روش‌های قیمت‌گذاری نوآورانه، الگوریتم‌های بهینه‌سازی و مداخلات سیاستی برای دستیابی به محیط‌های شهری پایدار و اقتصادی باشد.

شهرها از طریق برنامه‌ریزی جامع، ادغام داده‌ها و فناوری، مشارکت عمومی-خصوصی، پایدار طراحی و مشارکت جامعه می‌توانند پتانسیل کامل زیرساخت‌های هوشمند را برای ایجاد محیط‌های شهری پررونق در اختیار قرار دهند. با ادامه تکامل و گسترش شهرها، زیرساخت‌های هوشمند بدون شک نقشی محوری در شکل دادن به آینده‌ای پایدار و مرفه برای مراکز شهری در سراسر جهان خواهند داشت. سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند نیز از طریق اجرای فناوری‌های نوآورانه و راه‌حل‌های پایدار باعث ایجاد شغل و توسعه اقتصادی می‌شود. زیرساخت‌های هوشمند می‌توانند با ارائه حمل‌ونقل کارآمد، دسترسی بهتر به خدمات ضروری و بهبود شرایط محیطی، کیفیت کلی زندگی شهروندان را بهبود بخشند.

سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند می‌تواند کسب‌وکارها و استعدادها را به سمت شهرها جذب کند، رشد اقتصادی را تحریک نموده و فرصت‌های شغلی جدیدی برای ساکنان محلی ایجاد کند و درنهایت، یاری‌گر توسعه اقتصادی شهرها باشد. سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند همچنین می‌تواند کسب‌وکارها و استعدادها را به شهرها جذب کند، رشد اقتصادی را تحریک کند و فرصت‌های شغلی جدیدی برای ساکنان محلی ایجاد کند و درنهایت به توسعه اقتصادی شهرها کمک کند. سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند همچنین می‌تواند کسب‌وکارها و استعدادها را به شهرها جذب کند، رشد اقتصادی را تحریک کرده و فضای کسب‌وکار پرجنب‌وجوش و رقابتی ایجاد کند که بتواند سرمایه‌گذاری داخلی و خارجی را جذب کند. زیرساخت‌های هوشمند می‌تواند منجر به صرفه‌جویی در هزینه و بهبود کارایی برای کسب‌وکارها شود و توسعه اقتصادی را بیشتر تقویت نماید. سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند می‌تواند منجر به ایجاد «شهرهای هوشمندی» شود که برای مشاغل و ساکنان جذاب هستند و توسعه اقتصادی را بیشتر تحریک می‌کنند.

علاوه بر این، تحقیقات آینده باید پیامدهای عملی برنامه‌ریزی شهر هوشمند را از منظر تکاملی، با در نظر گرفتن ماهیت پویای محیط‌های شهری و نیازهای در حال تکامل شهروندان بررسی کند. این موضوع می‌تواند شامل توسعه چارچوب‌های برنامه‌ریزی تطبیقی و ادغام فناوری‌های نوآورانه برای ایجاد شهرهای پایدار و از نظر اقتصادی انعطاف پذیر باشد.

در نتیجه، بررسی ادبیات، مرور جامعی از روش‌ها و استراتژی‌ها را برای بهبود پایداری و اقتصاد شهرها از طریق سرمایه‌گذاری زیرساخت هوشمند ارائه می‌کند. با این حال، رسیدگی به شکاف‌های دانش شناسایی شده و پیگیری جهت‌گیری‌های پیشنهادی تحقیقاتی آتی به‌منظور پیشبرد این حوزه و دستیابی به هدف ایجاد شهرهای هوشمند پایدار و اقتصادی، ضروری خواهد بود.

### بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس بررسی جامع صورت گرفته، آشکار است که سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند برای افزایش پایداری و توسعه اقتصادی شهرها، امری اساسی و ضروری است. این سند، اهمیت استراتژی‌های نوآورانه و فناوری‌های پیشرفته مانند دستگاه‌های اینترنت اشیا و تحلیل داده‌ها را در بهبود کارایی انرژی و حمل‌ونقل برجسته می‌کند. همچنین، بر اهمیت شراکت‌های عمومی و خصوصی در توسعه شهری پایدار از طریق سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند تأکید دارد.

از جمله نتایج حاصل از روش‌ها و استراتژی‌های عنوان شده این است که نقش زیرساخت‌های هوشمند در ایجاد فرصت‌های رشد اقتصادی، پیشرفت نوآوری و بهبود کیفیت زندگی شهری را تأکید می‌کند. روشن است که زیرساخت‌های هوشمند، همراه با منابع انرژی تجدیدپذیر و سیستم‌های سبز، می‌توانند به ایجاد شهرهای انعطاف‌پذیر، محیط زیست‌دوست و اقتصادی رونق‌بخش کمک کنند.

در پایان، بینش‌های ارزشمندی را در روش‌ها و استراتژی‌های مختلف جهت بهبود پایداری و رفاه اقتصادی شهرها از طریق سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های هوشمند ارائه می‌دهد. با این حال، بر نیاز به تحقیقات و تلاش‌های بیشتر برای برطرف کردن شکاف‌های دانش موجود و دستیابی به هدف ایجاد شهرهای هوشمند پایدار و اقتصادی در آینده هم اشاره شده است.

### منابع

- قلی‌پور، رحمت‌اله، درویش‌زاده، محمد مهدی، و پیران‌نژاد، علی. (۱۳۹۸). بررسی روش‌ها، منابع و مانع‌های دستیابی به درآمد پایدار شهری (مطالعه موردی: شهرداری ارومیه). مدیریت دولتی، ۱۱(۱)، ۱۵۱-۱۷۸.
- Abusharekh, N. H., Al Shobaki, M. J., Abu-Naser, S. S., & El Talla, S. A. (2020). The Level of Creativity at the University of Palestine from the Employees Point of View.
- Ali, S. M., Appolloni, A., Cavallaro, F., D'Adamo, I., Di Vaio, A., Ferella, F., ... & Zorpas, A. A. (2023). Development goals towards sustainability. *Sustainability*, 15(12), 9443.
- Allam, Z., Sharifi, A., Bibri, S. E., Jones, D. S., & Krogstie, J. (2022). The metaverse as a virtual form of smart cities: Opportunities and challenges for environmental, economic, and social sustainability in urban futures. *Smart Cities*, 5(3), 771-801.
- Almarri, K., & Boussabaine, H. (2025). Critical success factors for public-private partnerships in smart city infrastructure projects. *Construction Innovation*, 25(2), 224-247.
- Andersson, H., Hultkrantz, L., Lindberg, G., & Nilsson, J. E. (2018). Economic analysis and investment priorities in Sweden's transport sector. *Journal of Benefit-Cost Analysis*, 9(1), 120-146.
- Baxter, D., & Casady, C. B. (2020). Pandemics, public-private partnerships (PPPs), and force majeure ' Corona virus (COVID-19) Expectations and Implications.

- Berglund, E. Z., Monroe, J. G., Ahmed, I., Noghabaei, M., Do, J., Pesantez, J. E., ... & Levis, J. (2020). Smart infrastructure: a vision for the role of the civil engineering profession in smart cities. *Journal of Infrastructure Systems*, 26(2), 03120001.
- Broo, D. G., Bravo-Haro, M., & Schooling, J. (2022). Design and implementation of a smart infrastructure digital twin. *Automation in Construction*, 136, 104171.
- Castro, M., Jara, A. J., & Skarmeta, A. F. (2013). Smart lighting solutions for smart cities. In *2013 27th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops* (pp. 1374-1379). IEEE.
- Chriqui, J. F., Leider, J., Thrun, E., Nicholson, L. M., & Slater, S. J. (2017). Pedestrian-oriented zoning is associated with reduced income and poverty disparities in adult active travel to work, United States. *Preventive Medicine*, 95, S126-S133.
- Commonwealth iLibrary. (2020). *Unlocking investment for digital infrastructure and smart cities*.
- Derawi, M., Dalveren, Y., & Cheikh, F. A. (2020). Internet-of-things-based smart transportation systems for safer roads. In *2020 IEEE 6th World Forum on Internet of Things (WF-IoT)* (pp. 1-4). IEEE.
- Ding, C., Liu, C., Zheng, C., & Li, F. (2021). Digital economy, technological innovation and high-quality economic development: Based on spatial effect and mediation effect. *Sustainability*, 14(1), 216.
- El-Zahab, S., Asaad, A., Mohammed Abdelkader, E., & Zayed, T. (2016). Collective thinking approach for improving leak detection systems. *Smart Water*, 2, 1-10.
- Ersoy Mirici, M. (2022). The ecosystem services and green infrastructure: a systematic review and the gap of economic valuation. *Sustainability*, 14(1), 517.
- Ghanem, S., Kanungo, P., Panda, G., Satapathy, S. C., & Sharma, R. (2023). Lane detection under artificial colored light in tunnels and on highways: an IoT-based framework for smart city infrastructure. *Complex & Intelligent Systems*, 9(4), 3601-3612.
- Gravagnuolo, A., Angrisano, M., & Fusco Girard, L. (2019). Circular economy strategies in eight historic port cities: Criteria and indicators towards a circular city assessment framework. *Sustainability*, 11(13), 3512.
- Hetzel, M., Reichert, H., Doll, K., & Sick, B. (2021, September). Smart infrastructure: A research junction. In *2021 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2)* (pp. 1-4). IEEE.
- Hjort, J., Streletskiy, D., Dore, G., Wu, Q., Bjella, K., & Luoto, M. (2022). Impacts of permafrost degradation on infrastructure. *Nature Reviews Earth & Environment*, 3(1), 24-38.
- Hu, H., Liao, L., & Zhao, J. (2022). Secure authentication and key agreement protocol for cloud-assisted industrial internet of things. *Electronics*, 11(10), 1652.
- Ismagilova, E., Hughes, L., Rana, N. P., & Dwivedi, Y. K. (2022). Security, privacy and risks within smart cities: Literature review and development of a smart city interaction framework. *Information Systems Frontiers*, 1-22.
- Jayasena, N. S., Chan, D. W., & Kumaraswamy, M. M. (2022). Is public-private partnership (PPP) a preferred strategy for procuring smart infrastructure in developed countries: an empirical study of the perceived benefits, barriers and recommended strategies. *Sustainability*, 14(11), 6421.
- Jayasena, N. S., Chan, D. W., Kumaraswamy, M. M., & Saka, A. B. (2023). Applicability of public-private partnerships in smart infrastructure development: The case of Hong Kong. *International Journal of Construction Management*, 23(11), 1932-1944.
- Johnson, T. G., Deaton, B. J., & Segarra, E. (2021). *Local infrastructure investment in rural America*. Taylor & Francis.
- Khattak, A., Mahdinia, I., Taherkhani, M. S., & Lee, S. (2022). *Connected and Automated Vehicles Investment and Smart Infrastructure in Tennessee—Part 5: A Comprehensive View of Intelligent Mobility in Tennessee* (No. RES2019-07). Tennessee. Department of Transportation.
- Kirikaleli, D., Ali, M., & Altuntaş, M. (2022). Environmental sustainability and public-private partnerships investment in energy in Bangladesh. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(37), 56068-56078.
- Komninos, N., Kakderi, C., Panori, A., & Tsarchopoulos, P. (2019). Smart city planning from an evolutionary perspective. *Journal of Urban Technology*, 26(2), 3-20.
- Kwilinski, A., Lyulyov, O., Dzwigol, H., Vakulenko, I., & Pimonenko, T. (2022). Integrative smart grids' assessment system. *Energies*, 15(2), 545.
- Moreno, C., Allam, Z., Chabaud, D., Gall, C., & Pratlong, F. (2021). Introducing the “15-Minute City”: Sustainability, resilience and place identity in future post-pandemic cities. *Smart Cities*, 4(1), 93-111.

- Mori, K., & Christodoulou, A. (2012). Review of sustainability indices and indicators: Towards a new City Sustainability Index (CSI). *Environmental Impact Assessment Review*, 32(1), 94-106.
- Ness, B., Urbel-Piirsalu, E., Anderberg, S., & Olsson, L. (2007). Categorising tools for sustainability assessment. *Ecological Economics*, 60(3), 498-508.
- Provost, F., & Fawcett, T. (2013). Data science and its relationship to big data and data-driven decision making. *Big Data*, 1(1), 51-59.
- Ren, S., Hao, Y., Xu, L., Wu, H., & Ba, N. (2021). Digitalization and energy: How does internet development affect China's energy consumption?. *Energy Economics*, 98, 105220.
- Rode, S., Guevara, S., & Bonnefond, M. (2018). Resilience in urban development projects in flood-prone areas: a challenge to urban design professionals. *Town Planning Review*, 89(2), 167-190.
- Samuelsson, K., Giusti, M., Peterson, G. D., Legeby, A., Brandt, S. A., & Barthel, S. (2018). Impact of environment on people's everyday experiences in Stockholm. *Landscape and Urban Planning*, 171, 7-17.
- Selim, A. M., & ElGohary, A. S. (2020). Public-private partnerships (PPPs) in smart infrastructure projects: the role of stakeholders. *HBRC Journal*, 16(1), 317-333.
- Selvaraj, T., Rengaraj, R., Venkatakrishnan, G., Soundararajan, S., Natarajan, K., Balachandran, P., ... & Selvarajan, S. (2022). Environmental fault diagnosis of solar panels using solar thermal images in multiple convolutional neural networks. *International Transactions on Electrical Energy Systems*, 2022(1), 2872925.
- Shi, J., Duan, K., Wu, G., Zhang, R., & Feng, X. (2020). Comprehensive metrological and content analysis of the public-private partnerships (PPPs) research field: A new bibliometric journey. *Scientometrics*, 124, 2145-2184.
- Silva, C., Johnson, W. R., Solis, E., Patterson, M. D., & Antcliff, K. R. (2018). VTOL urban air mobility concept vehicles for technology development. In *2018 Aviation Technology, Integration, and Operations Conference* (p. 3847).
- Stanković, M., & Nešić, M. (2022). Association of internet addiction with depression, anxiety, stress, and the quality of sleep: Mediation analysis approach in Serbian medical students. *Current Research in Behavioral Sciences*, 3, 100071.
- Sun, N., Shi, H., Han, G., Wang, B., & Shu, L. (2020). Dynamic path planning algorithms with load balancing based on data prediction for smart transportation systems. *Ieee Access*, 8, 15907-15922.
- Vardakas, J. S., Zorba, N., & Verikoukis, C. V. (2014). A survey on demand response programs in smart grids: Pricing methods and optimization algorithms. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 17(1), 152-178.
- Verma, P., & Raghubanshi, A. S. (2018). Urban sustainability indicators: Challenges and opportunities. *Ecological indicators*, 93, 282-291.
- Visvizi, A., Lytras, M. D., Damiani, E., & Mathkour, H. (2018). Policy making for smart cities: Innovation and social inclusive economic growth for sustainability. *Journal of Science and Technology Policy Management*, 9(2), 126-133.
- Wang, X., Li, W., Luo, Z., Wang, K., & Shah, S. P. (2022). A critical review on phase change materials (PCM) for sustainable and energy efficient building: Design, characteristic, performance and application. *Energy and Buildings*, 260, 111923.
- Yigitcanlar, T., & Cugurullo, F. (2020). The sustainability of artificial intelligence: An urbanistic viewpoint from the lens of smart and sustainable cities. *Sustainability*, 12(20), 8548.
- Zhao, J., Patwary, A. K., Qayyum, A., Alharthi, M., Bashir, F., Mohsin, M., ... & Abbas, Q. (2022). The determinants of renewable energy sources for the fueling of green and sustainable economy. *Energy*, 238, 122029.

