

Smart City and Economic Growth (Case Study: Selected Metropolises in Iran)

Somayeh Ghiasy*, Sohrab Delangizan**, Mohammad Sharif Karimi***

Original Article	Receive Date: 2025 Jan 28	Accept Date: 2025 Apr 08	Page: 25-60
------------------	---------------------------	--------------------------	-------------

Abstract

Economic growth is one of the goals that every economy pursues, and the reason for this is the achievement of many benefits and advantages that are realized in the process of growth. In recent decades, economic growth under the leadership of cities has played a prominent role in the national economy. Today, cities and especially metropolises have become the driving engine of the national economy to gain a better position in the global economy. City managers and urban planners have emphasized the importance of smart city initiatives to overcome enhance urban living conditions. Urban intelligence is one of the factors that influence economic growth. For this purpose, in the current research, first by using the two-stage principal component analysis (PCA) method in Eviews software, an attempt is made to calculate the composite index of the smart city with six indicators of environment, economy, governance, life, mobility and people, then using the method Generalized Least Squares (GLS) in Stata for tabular data of the impact of smart city on economic growth in all Iranian metropolises (calculated based on a partial adjustment method of the gross domestic product of the country's metropolises) during the period of 2006-2021 are examined. The results show that the effect of intelligence indicators and the combined index of urban intelligence on the economic growth of Iranian metropolises is effective and positive. Considering the results of the 0.91 correlation coefficient between the smart city index and economic growth in Iranian metropolises, it seems that we can say that whenever urban planning causes one percent increase in urban smart capabilities, about 0.91 of them can be converted into urban added value and the capacity for economic growth will increase and lead to sustainable economic growth in metropolises.

Keywords: Smart city, Combined intelligence index, Economic growth, Principal component analysis technique, Generalized least squares, Iranian metropolises

JEL Classification: R11, C43, C33, O18.

* PhD Student economics, Economics, Razi University, Kermanshah, Iran (Corresponding Author) somayeh.ghiasy@gmail.com

** Professor, Economics, Razi University, Kermanshah, Iran delangizan@razi.ac.ir

*** Associate Professor, Economics, Razi University, Kermanshah, Iran s.karimi@razi.ac.ir

شهر هوشمند و رشد اقتصادی: مورد کاوی کلان شهرهای منتخب ایران

سمیه غیائی^{*}، سهراب دل انگیزان^{**}، محمد شریف کریمی^{***}

نوع مقاله: پژوهشی	تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۰۹	تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۱۹	شماره صفحه: ۶۰-۲۵
-------------------	--------------------------	-------------------------	-------------------

چکیده

از جمله اهداف مهم هر اقتصادی، رشد اقتصادی جهت دستیابی به منافع و مزایای فراوانی است که در روند رشد تحقق می یابد. در دهه های اخیر رشد اقتصادی تحت رهبری شهرها در اقتصاد ملی نقش برجسته ای داشته است. شهرها و به ویژه کلان شهرها امروزه به موتور محرك اقتصاد ملی برای به دست آوردن جایگاه بهتر در اقتصاد جهانی تبدیل شده اند. مدیران و برنامه ریزان شهری هوشمند شدن شهر را به عنوان الزامی برای ارتقاء زندگی و توسعه اقتصاد پایدار در آن ها مطرح کرده اند. هوشمندی شهری از عواملی است که رشد اقتصادی را تحت تأثیر قرار می دهد. برای این منظور در پژوهش حاضر ابتدا با بهره گیری از روش تحلیل مؤلفه اساسی دومرحله ای (PCA) در نرم افزار Eviews سعی در محاسبه شاخص ترکیبی شهر هوشمند با شش شاخص محیط زیست، اقتصاد، حکومت، زندگی، تحرک و مردم می شود. سپس با استفاده از روش حداقل مربعات تعمیم یافته (GLS) در Stata برای داده های تابلویی تأثیر شهر هوشمند بر رشد اقتصادی در تمامی کلان شهرهای ایران (که بر اساس یک روش تعدیل جزئی تولید ناخالص داخلی کلان شهرهای کشور محاسبه شده) طی دوره زمانی ۱۴۰۰-۱۳۸۵ مورد بررسی قرار می گیرد. نتایج بیانگر این است که تأثیر شاخص های هوشمندی و شاخص ترکیبی هوشمندی شهری بر رشد اقتصادی کلان شهرهای ایران مؤثر و مثبت است. با توجه به نتایج ضریب ۰/۹۱ ارتباط بین شاخص شهر هوشمند و رشد اقتصادی در کلان شهرهای ایران به نظر می رسد که می توانیم بگوییم هرگاه برنامه ریزی های حوزه شهری باعث شود که یک درصد قابلیت های هوشمندی شهری افزایش یابد، حدود ۰/۹۱ از آن ها می تواند به ارزش افزوده شهری تبدیل شود و ظرفیت رشد اقتصادی افزایش خواهد یافت و موجب رشد اقتصادی پایدار در کلان شهرها گردد.

واژه های کلیدی: تکنیک تحلیل مؤلفه اساسی، رشد اقتصادی، روش حداقل مربعات تعمیم یافته پانلی، شاخص ترکیبی هوشمندی، شهر هوشمند، کلان شهرهای ایران

طبقه بندی JEL: R11, C43, C33, O18.

^{*} دانش آموخته دکتری اقتصاد، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و حسابداری، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران (نویسنده مسئول)
^{**} استاد اقتصاد، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و حسابداری، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
^{***} دانشیار اقتصاد، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و حسابداری، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

somayeh.ghiasy@gmail.com
delangizan@razi.ac.ir
s.karimi@razi.ac.ir

۱- مقدمه

حفظ و بهبود رشد اقتصادی یکی از دغدغه‌های اصلی اقتصاددانان در هر برهه زمانی به‌ویژه در دهه‌های اخیر بوده است. شهرها و به‌ویژه کلان‌شهرها فرصت‌های مغتنمی را جهت رسیدن به توسعه پیش روی سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران ملی و محلی قرار می‌دهند. جهان در حال شهری شدن سریع است و افزایش جمعیت و رشد روزافزون آن مشکلات متعددی را در شهرها به‌ویژه در کلان‌شهرها (با توجه به تمرکز بیشتر امکانات این شهرها) ایجاد نموده است که رفع آن‌ها نیازمند تحقیقات علمی جهت مدیریت و برنامه‌ریزی مناسب برای اداره شهرها و ارتقای کیفی سطح زندگی آن‌ها است. کلان‌شهرها نقش مهمی در توسعه شهرنشینی و افزایش تولید ملی ایران داشته‌اند و به دلیل تمرکز امکانات متنوع، مهاجرت به سمت آن‌ها زیاد است و بخش بزرگی از جمعیت کشور را در خود جای داده‌اند. مهاجرت‌ها سبب افزایش جمعیت کلان‌شهرها در سال‌های مختلف شده‌اند (رضاییان و رهنما، ۱۳۹۳). امروزه بیش از ۵۰ درصد جمعیت جهان در محیط‌های شهری زندگی می‌کنند؛ بنابراین روند شهری شدن زود هنگام جهان واقعیتی گریزناپذیر است و قرن ۲۱، قرن شهرها است. شهرها اکنون نقش محوری در جغرافیای اجتماعی و اقتصادی به عنوان پیش‌تاز نوآوری شهری، تسریع توسعه انسانی، انتقال دانش و ایجاد شرکت‌ها برعهده گرفته‌اند (Marchesani et al, 2023). ازجمله استراتژی‌ها و راهکارهای لازم برای توسعه اقتصادی و رسیدن به اقتصادی پایدار در هر کشوری، تقویت اقتصاد شهری - منطقه‌ای و یا به عبارت بهتر توسعه اقتصاد پایدار بر مبنای هوشمندی شهر است. هدف از ایجاد این شهر تسهیل خدمات عمومی و اجتماعی، بهینه‌سازی کارایی تخصیص عوامل و منابع، ارتقای رشد اقتصادی و کیفیت زندگی شهروندان است (Kumra et al, 2020).

نظریه شهر هوشمند به تدریج به عنوان یک مفهوم مهم و یک ابزار راهبردی در روند ضرورت‌های مدرن شهری و شهرسازی نوین مطرح شده است. شهر هوشمند در حقیقت پاسخی به چالش‌های شهرنشینی است و به معنای گشایش مفاهیمی نو در برنامه‌ریزی شهری است که قابلیت‌های جهان واقعی و مجازی را برای حل مشکلات شهری باهم ترکیب می‌کند (پوراحمد و همکاران، ۱۳۹۷). انگیزه اصلی برای حرکت شهرها به سمت هوشمندی در تمایل آن‌ها برای رشد و توسعه اقتصادی نهفته است. بهره‌مندی از فناوری شهرهای هوشمند موجب توسعه اقتصادی محلی می‌شود (Abutabenjeh et al, 2021).

شهر هوشمند در طی دهه گذشته به عنوان ترکیبی از نظرات در مورد چگونگی بهبود فناوری اطلاعات و ارتباطات در عملکرد شهرها، افزایش کارایی آن‌ها، بهبود رقابت آن‌ها و ارائه راهکارهای جدیدی که مشکلات فقر، محرومیت اجتماعی و محیط ضعیف ممکن است به وجود آورد، مورد توجه قرار گرفته است (Batty et al, 2012).

یک شهر زمانی می‌تواند شهری هوشمند معرفی شود که سرمایه‌گذاری‌ها در حوزه‌های خاصی از فناوری و باعث پایداری رشد و تغییر کیفیت زندگی شهروندان شود (Dawes & Pardo, 2002). شهر هوشمند به عنوان یک چارچوب نوین مدیریت شهری می‌تواند بسیاری از چالش‌ها و مشکلات مدیریت شهری را کاهش دهد (نخجیرکان و همکاران، ۱۴۰۲).

می‌توان بیان داشت که این شهر پایدار و کارآمد و باکیفیت بالای زندگی است که هدف آن مقابله با چالش‌های شهری و دستیابی به جنبه‌های مختلف توسعه است. با توجه به اهمیت موضوع رشد اقتصادی و منافع ناشی از هوشمندی و نیز فقدان مطالعات جامعی که چگونگی تأثیر هوشمندی شهری بر رشد اقتصادی را مورد بررسی قرار دهد، این پژوهش درصدد برآمده است تا ضمن ارائه تعریف کامل و جامعی از شهر هوشمند و شاخص‌های آن، مکانیسم‌های تأثیرگذاری هوشمندی شهری بر رشد اقتصادی، در چارچوب ادبیات نظری و تجربی بررسی شده و اثرگذاری آن بر رشد اقتصادی در کلان‌شهرهای کشور مورد ارزیابی قرار گیرد. در این پژوهش شاخص‌های هوشمندی با بررسی‌های عمیق کارشناسی از مطالعات و تحقیقات داخلی و خارجی انجام‌شده توسط کارشناسان، محققان، برنامه‌ریزان و مؤسسات علمی متعدد، سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران و گزارشی انتخاب‌شده‌اند که شرکت بین‌المللی مکنزی^۱ (۲۰۱۸) برای کلان‌شهر تهران و همچنین معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی دفتر مطالعات ارتباطات و فناوری‌های نوین مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی تدوین نموده، انتخاب کرده است. محققان مختلف در جهان شاخص‌های مختلفی را برای شهر هوشمند معرفی کرده‌اند که البته اکثریت شبیه به هم هستند و بررسی‌هایی که در این زمینه انجام شد نشان دادند اکثریت محققان در جهان شش شاخص (بعد یا مؤلفه) اساسی شهر هوشمند که مدنظر قرار گرفت شامل موارد زیر هستند: اقتصاد هوشمند، حکومت (دولت) هوشمند، محیط زیست هوشمند، تحرک (حمل و نقل و ICT) هوشمند، زندگی هوشمند و مردم هوشمند را به عنوان شاخص‌های هوشمندی معرفی کرده‌اند (غیائی و همکاران، ۱۴۰۲). با افزایش نقش هوشمند شهری در رشد اقتصادی، مدیران و برنامه‌ریزان شهری آن را به عنوان یک موضوع مهم در دستور کار اجرایی خود قرار داده‌اند و با توجه به اهمیت نسبت داده‌شده به آن، پژوهشگران زیادی در حوزه‌های جغرافیا، برنامه‌ریزی شهری، مهندسی، مدیریت و اقتصاد شهری به پژوهش در زمینه آن پرداخته‌اند. به منظور تبیین خلع مطالعاتی این حوزه باید گفت بیشتر مطالعات صورت گرفته تاکنون مربوط به ارائه تعاریف و ابعاد هوشمندی، تعریف، معرفی و ارائه روش‌هایی برای محاسبه عددی شاخص‌های هوشمندی رایج بوده است که با توجه به دامنه بسیار محدود آمارها و شاخص‌های قابل محاسبه در نظام‌های کشورهای در حال توسعه، نمی‌توان از بسیاری از روش‌های پیشنهادی مطالعات گذشته برای محاسبه شاخص‌های هوشمندی در کلان‌شهرهای ایران بهره جست و نیز با توجه به ترکیب و ترتیب ابعاد و اجزای در نظر گرفته‌شده برای تعریف این شاخص‌ها در ایران، لازم است تا آن‌ها را از نو طراحی و محاسبه نمود. همچنین کمتر در مطالعات خارجی به بررسی آثار مختلف اقتصادی این شاخص‌ها روی متغیرهای مهمی چون رشد اقتصادی پرداخته شده است.

البته لازم به ذکر است که در این تحقیق تلاش شده است تا چهار حوزه نوع آوری وجود داشته باشد:

- ۱- معرفی زیرشاخه‌های (مؤلفه‌های) هوشمندی مشترکی که در تمامی کلان‌شهرهای ایران وجود داشت و داده‌های آن‌ها قابل جمع‌آوری و برآورد بوده است.
- ۲- ساخت شاخص ترکیبی شهر هوشمند برای کلان‌شهرهای ایران به روشی سازگار و امکان‌پذیر.

1. MGI

۳- محاسبه تولید ناخالص داخلی برای هر کلان شهر در طول دوره مورد بررسی با در نظر گرفتن مکانیسم شکل گیری آن و الزام به محاسبه آن ها از آمارهای جداول داده و ستانده استانی و تعدیل اجباری آن ها.

۴- بررسی تأثیر هوشمندی شهری بر رشد اقتصادی در قالب هفت مدل که ابتدا به صورت مجزا تأثیر هریک از شش شاخص هوشمندی بر رشد اقتصادی مورد بررسی قرار گرفته است و سپس تأثیر شاخص ترکیبی هوشمندی شهری بر رشد اقتصادی در کلان شهرهای ایران مورد بررسی قرار گرفته است.

لذا هدف اصلی این پژوهش پاسخ به این سؤال است که هوشمند شدن شهر چه تأثیری بر رشد اقتصادی کلان شهرهای ایران (شامل ۹ کلان شهر^۱ کشور شامل شهرهای تهران، مشهد، اصفهان، کرج، شیراز، تبریز، قم، اهواز و کرمانشاه) طی دوره ۱۴۰۰-۱۳۸۵ دارد. در ادامه مروری بر مبانی نظری و مطالعات تجربی ارائه می گردد. در بخش سوم سعی به معرفی متغیرها و تدوین الگو پرداخته می شود، بخش چهارم برآورد الگو و تفسیر نتایج است و بخش پایانی نیز به نتیجه گیری و پیشنهادهای اختصاص دارد.

۲- ادبیات تحقیق

۲-۱- مبانی نظری پژوهش

اهمیت رشد: در ادبیات اقتصادی، بررسی علل رشد اقتصادی از جایگاه ویژه ای برخوردار بوده و توجه اقتصاددانان بسیاری را به خود جلب و حجم گسترده ای از مطالعات را به خود اختصاص داده است. نقش نرخ رشد اقتصادی، در رفاه اجتماعی شهروندان از چنان اهمیتی برخوردار است که تنها عوامل بسیار معدودی می توانند از اهمیتی معادل با آن برخوردار باشند. در خصوص این که چه عواملی بر نرخ رشد یک اقتصاد مؤثرند، بحث های بسیاری در میان اندیشمندان علم اقتصاد جاری است. از مهم ترین این عوامل می توان سرمایه فیزیکی زیرساختی و تولیدی، روابط قدرتمند و همکارانه تجاری، فناوری، سرمایه انسانی، سرمایه اجتماعی، ورود به زنجیره های ارزش جهانی شده، امنیت اقتصادی و مدیریت صحیح کلان اقتصادی را نام برد. اقتصاددانان نشان دادند که از ابتدای دهه ۱۹۴۰، پیشرفت فناوری موتور محرک رشد اقتصادی و اختراعات و دانش توسعه راهی برای رسیدن به آن است. دانش و فناوری مهم ترین نیروی ارتقاء توسعه اقتصادی و رسیدن به توسعه پایدار است.

اهمیت شهر: در یک صد سال اخیر رشد اقتصادی تحت رهبری شهرها در اقتصاد ملی برجسته شده است. شهرها مانند "آهنربای امید" برای طیف گسترده ای از صاحبان سرمایه، ایده و افراد ماهر و غیرماهری که به آن ها برای یافتن معیشت و شیوه زندگی بهتر سرازیر می شوند، عمل می کنند (حاجی علیزاده و قاسم زاده، ۱۳۹۹). شهرها قادر

۱. در چهاردهم مهر ماه سال ۱۳۷۸ با موافقت و تصویب شهرداران کلانشهرهای ایران که در آن زمان بر اساس موضوع ماده ۳۹ قانون مالیات بر ارزش افزوده هشت شهرداری دارای یک میلیون نفر جمعیت به بالا به عنوان کلانشهر محسوب می شوند و در حال حاضر کرمانشاه نیز نهمین کلانشهر محسوب می شود (مجمع شهرداران کلانشهرهای ایران)

به انجام موارد مختلف هستند. عملکرد آن‌ها چون زیرساخت‌ها و خدمات بهتری دارند (در مقایسه با هم‌تایان روستایی خود)، به تجمع فرآیندهای تولید خلاق و مبتنی بر فناوری کمک می‌کند. این موضوع منجر به افزایش مهاجرت از روستاها به شهرها شده است (Huang et al, 2018).

اهمیت کلان‌شهر: افزایش جمعیت در شهرها و امکانات متنوع در آن‌ها موجب ایجاد کلان‌شهرها شده است. در ایران نیز همچون سایر کشورها، کلان‌شهرها جایگاه ویژه‌ای در عرصه‌های مختلف از جمله در اقتصاد دارند. بر اساس ظرفیت بالای کلان‌شهرها در پذیرش هوشمندی، می‌توان این شهرها را پیشرو در اولین موج هوشمندی در ایران تعریف کرد. در ایران بر اساس منابع رسمی دولتی کلان‌شهر به شهری گفته می‌شود که حداقل دارای یک میلیون نفر جمعیت باشد و در سلسله‌مراتب شهری بتواند به صورت مرکز کنترل اقتصاد جدید درآید (مرکز آمار ایران). در سال ۱۴۰۱، ۳۵ درصد جمعیت ایران در شهرهای بالای یک میلیون نفر زندگی می‌کرده‌اند. تا سال ۱۴۲۵ جمعیت ساکن در کلان‌شهرها به ۵۵ درصد افزایش خواهد یافت که نوعی قدرت‌نمایی بزرگ شهرنشینی است؛ بنابراین، برآوردها نشان می‌دهند طی دو دهه آینده ۲۳ کلان‌شهر بالای یک میلیون نفر جمعیت در ایران خواهیم داشت (فتحی، پژوهشکده آمار، خرداد ۱۳۹۹).

افزایش زندگی در مناطق شهری و کلان‌شهری مشکلات متعددی را به وجود آورده است و مفهوم شهر هوشمند که با رویکرد تطبیق امکانات فناورانه پیشرفته با مدیریت شهری ظهور کرده است ممکن است بتواند به مقابله با این مشکلات کمک کند (FABRÈGUE & BOGONI, 2024). برای تبدیل شدن شهری به شهر هوشمند یک مسیر واحد وجود ندارد و شهرهای مختلف روش‌های متفاوتی را اتخاذ می‌کنند که بازتاب شرایط خاص آن‌ها است. شهرها باید رویکردهایی که متناسب با شرایط آن‌ها است را توسعه دهند زیرا دو شهر با شرایط یکسان وجود ندارد. مدیران شهری به جای حل تمام مشکلات شهر باید ظرفیت سامانه‌های شهری را برای روبرویی و مقابله با طیف وسیعی از مسائل و مشکلات تقویت کنند (قلی زاده و صدقی، ۱۳۹۸). هدف شهر هوشمند مدیریت، ارائه، حمایت و تضمین برنامه‌ریزی مناسب برای شهرها و ذینفعان است (Marchesani et al, 2023).

تعریف شهر هوشمند: علیرغم این‌که مفهوم شهر هوشمند به یک موضوع بسیار محبوب تحقیق در تمام حوزه‌های علمی تبدیل شده است و باوجود استفاده وسیع از این اصطلاح و تلاش گسترده برای تبیین آن هنوز یک درک روشن و اجماع عمومی در میان متخصصان و دانشگاهیان در مورد مفهوم، معانی و این‌که چه خصوصیات، عناصر و یا اجزایی را در برمی‌گیرد (به خاطر دیدگاه‌های مختلف از حوزه‌های گوناگون دانش) وجود ندارد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که محققان حوزه‌های مختلف علمی محتوای متنوعی از این اصطلاح را پیشنهاد کرده‌اند و طیفی از انواع مفهومی را به جای صفت هوشمند مورد استفاده قرار داده‌اند. به طوری که برخی بر ابعاد فناوری تأکید کرده‌اند و عده‌ای دیگر بر این باورند که در شهر هوشمند اتخاذ فناوری پایان کار نیست و توسعه سرمایه انسانی و اجتماعی و زیرساخت‌های فیزیکی را برجسته کرده‌اند؛ اما واضح و مشخص است با توجه به یکپارچگی جهانی شهرها ایجاد شهر هوشمند به عنوان واقعیت قرن ۲۱، کسی با آن مخالف نیست (پوراحمد و همکاران، ۱۳۹۷).

برای آنکه به شهری صفت هوشمند اطلاق شود، باید ابعاد و مشخصه‌های خاصی داشته باشد. از آنجاکه شهر هوشمند مفهومی جدید در دنیای امروز است، منابع مختلف ابعاد متفاوتی را برای آن در نظر می‌گیرند؛ اما تمامی آن‌ها به هدف اصلی از ایجاد شهرهای هوشمند را رشد اقتصادی پایدار و کیفیت بالای زندگی معرفی نموده‌اند (Caragliu et al, 2022). محققان مختلفی در حوزه‌های متفاوت به مطالعه شهر هوشمند پرداخته‌اند، وقتی مشترکات تعابیر، تعاریف و مفاهیم شهر هوشمند از نگاه اندیشمندان مختلف دنیا که بر مفهوم واقعی «شهر هوشمند» تأکید دارند در کنار هم تجمیع می‌شود، شهر هوشمند به شهری اطلاق می‌شود که داری شش مؤلفه‌ی اصلی: اقتصاد هوشمند، مردم هوشمند، حکمروایی هوشمند، زندگی هوشمند، تحرک هوشمند و محیط زیست هوشمند است (Giffinger et al, 2010). در مسیر هوشمند شدن شهر، فناوری یک محرک اصلی است اما نه یک محرک ضروری. شهر هوشمند با توسعه شهرها اجازه می‌دهد همه این ابعاد اساسی برای تکامل شهر و متصل شدن و تأثیرگذاری بر شهروندان و ذینفعان ایجاد شود (Christofiet, 2021).

یک شهر هوشمند از سه مؤلفه یا ستون اصلی جهت ارتقاء کیفیت زندگی شهری برخوردار است:

- ۱- مراکز برتر و سازمان‌های توانمند برای ارائه خدمات برتر به هر شهروند.
- ۲- مدیریت هماهنگ و یکپارچه خدمات عمومی که باعث افزایش بهره‌وری و صرفه‌جویی هزینه‌ها، زمان و انرژی خواهد شد.

۳- ضرورت توجه اهرمی در توسعه خدمات جدید و نوآوری در کسب و کارها و فعالیت‌ها (Budde, 2014).

با این حال، باید متذکر شد که شهر هوشمند فقط به پیشرفت‌های فناوریانه محدود نمی‌شود، بلکه اهداف توسعه اجتماعی- اقتصادی را نیز دربر می‌گیرد (Nam & Pardo, 2011). هرچند مفهوم شهر هوشمند همچنان در حال تکامل است ولی هنوز در این موضوع یک مفهوم عمومی پذیرفته شده در سراسر جهان وجود ندارد؛ اما کاملاً واضح است که شهرهای هوشمند از فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات برای افزایش سطح خدمات، رفاه شهروندان، پایداری و توسعه اقتصادی استفاده می‌کنند (Patrao et al, 2020).

در این استراتژی، یعنی اقتصاد پایدار بر مبنای شهر هوشمند که بر اساس نظریه و سیستم‌ها بنا شده است، شهرها به عنوان یک کلان سیستم در نظر گرفته می‌شوند. هر شهر از اجزایی به نام زیرسیستم تشکیل گردیده و این زیرسیستم‌ها، در حقیقت همان سازمان‌ها، صنایع، مردم و دیگر مؤلفه‌های شهری هستند که در راستای رسیدن به هدف نهایی که همان اقتصاد توسعه یافته و پایدار شهری است، به صورت منظم و یکپارچه در ارتباط و تعامل می‌باشند. واضح است در سایه چنین نگاه سیستمی و یکپارچه به شهر به عنوان یک کلان سیستم و با در نظر گرفتن سازمان‌ها و صنایع مستقر در هر شهر به عنوان اجزای تشکیل دهنده شهر و همچنین با ارتباط منظم و یکپارچه مجموعه‌ها و مؤلفه‌های شهری به عنوان زیرسیستم‌های کلان سیستم شهری است که توسعه علمی، اجتماعی، فرهنگی و اقتصاد هوشمند در هر شهری و در نهایت در هر کشوری اتفاق می‌افتد.

مطلوبیت شهرهای هوشمند، وابسته به نوع فناوری و میزان هزینه کرد سرمایه نیست، بلکه مطلوبیت شهرهای هوشمند، به زمامداری و راهبري خوب، داشتن چشم اندازي بلندمدت و همکاری مطلوب میان ذینفعان جامعه وابسته است (حاجی علیزاده و قاسم زاده، ۱۳۹۹).

امروزه، توسعه شهرهای هوشمند از طریق ایجاد و گسترش کاربردهای هوشمند شهری، از مهم ترین روندهای کلان توسعه شهری در شهرهای بزرگ جهان است که با هدف پاسخ به چالش های جدید ناشی از روند فزاینده شهرنشینی و ارتقاء کیفیت زندگی در حوزه هایی نظیر حمل و نقل، بهداشت، ایمنی و مدیریت شهری پیگیری می شود که با رشد اقتصادی محقق می گردد (Baraniewicz-Kotasińska, 2020). تحقق شهرهای هوشمند از مهم ترین اهداف پیشروی دولت ها و نهادهای توسعه شهری است؛ به طوری که بیشتر شهرها در سرتاسر جهان برای دستیابی به برند هوشمند شدن رقابت می کنند. هوشمند شدن شهر نوعی تقویت سرمایه های زیرساختی شهر است که با آثاری که بر کیفیت زندگی شهروندان و بهره وری آن ها و نیز کاهش هزینه های زندگی، بهبود حمل و نقل، سلامت، محیط زیست، تعاملات و ارتباطات اجتماعی، شفافیت و کارآمدی بازارهای کار محلی و... می گذارد، موجب افزایش رشد اقتصادی در شهرهای در مسیر هوشمندی شده است.

قرن ها پیش، آدام اسمیت ثابت کرد که مجموع فعالیت های احزاب مختلف که هر یک منافع مخصوص به خود را دارند، می تواند به منافع گسترده تر برای کل جامعه منجر شود. امروزه نیز چنین فرآیندی در توسعه شهر هوشمند وجود دارد. در شهرهای هوشمند از فناوری دیجیتال و دیتا برای دستیابی به هدف ارتقاء کیفیت زندگی بهره برداری می شود. در کشور ما نیز همانند اکثر کشورهای در حال توسعه، با توجه به سرعت روزافزون شهرنشینی و ظهور کلان شهرهای متعدد، روبه روز بر نقش کلان شهرها در رشد و توسعه اقتصاد ملی افزوده می شود اگر تا چند دهه پیش، کلان شهرها عموماً از لحاظ رشد اقتصادی پراهمیت بودند، اکنون با توجه به روند رو به تعادل شبکه شهری، نقش کلان شهرها در توسعه اقتصاد ملی نیز مشهود شده است (خمر، ۱۳۸۵). غالباً کلان شهرها از منابع گوناگون انسانی و مالی برخوردارند و بدین جهت با حجم عظیم مهاجرت و تمرکز جمعیت مواجه اند. همین امر موجب شده تا مهاجرت و رشد سریع شهرهای بزرگ به ویژه از مسائل و مشکلات عمده برنامه ریزی محسوب شود. مشکلات شهری و ایجاد محیطی مناسب با کیفیت بالایی از زندگی برای جذب طبقه خلاق به منظور تولید ثروت بیشتر و رقابت پذیری اقتصادی یکی دیگر از دلایل اصلی حرکت شهرها به سمت هوشمندی است. شناسایی شاخص های هوشمندی که بتواند تمام ابعاد هوشمندی شهر را ارزیابی کند، اهمیت دارد؛ زیرا شهرها برای رشد اقتصادی، علاوه بر پیشرفت های صورت گرفته در فناوری اطلاعات و ارتباطات، به کاهش مشکلات شهری ناشی از عوامل مختلف برای حرکت به سمت هوشمندی نیاز دارند (پوراحمد و همکاران، ۱۳۹۷).

شاخصه های اصلی هوشمندی هم شامل سرمایه فیزیکی و هم سرمایه انسانی است. در مطالعات اقتصادی، کاوش علل رشد اقتصادی از جایگاه برجسته ای برخوردار است. مطالعات اولیه بر انباشت سرمایه فیزیکی به عنوان عامل اصلی رشد متمرکز بوده، اما در مطالعات اخیر با گسترش مفهوم سرمایه از حیطه محدود تجهیزات و

ماشین‌آلات به محدوده دانش و نهادها بسط یافته‌اند. شش شاخصی که در این مطالعه اثرات آن‌ها بر رشد اقتصادی بررسی شده است نیز شامل همان متغیرهای اصلی مدل رشد درون‌زا یعنی سرمایه انسانی، فیزیکی، فناوری، فعالیت‌های تحقیق و توسعه، دولت و عوامل نهادی می‌باشند. بدین صورت که متغیر مردم هوشمند به جای متغیر سرمایه انسانی، متغیر دولت هوشمند به جای متغیر دولت و عوامل نهادی، متغیر اقتصاد هوشمند بجای فناوری، متغیر حمل‌ونقل و محیط‌زیست به جای متغیر سرمایه فیزیکی و متغیر زندگی هوشمند به جای متغیر فعالیت‌های تحقیق و توسعه در مدل رشد درون‌زا لحاظ می‌شود. از اواخر دهه ۱۹۸۰ میلادی، پژوهش‌های فراوانی در زمینه الگوهای رشد انجام شده که بیان‌کننده اثر عوامل مختلف بر رشد اقتصادی است؛ اما در این راستا الگو یا مدلی نظام‌مند از سیستم هوشمندی شهری وجود ندارد که مناسب با ضروریات هر شهر یا مناطق شهری باشد و بتواند اثر هوشمند شدن شهرها را بر رشد اقتصادی ارزیابی کند (Caragliu & Del Bo, 2018). مطالعات اولیه رشد اقتصادی بیشتر بر نقش سرمایه فیزیکی تأکید داشتند؛ اما اقتصاددانان با طرح مباحث جدید از قبیل سرمایه انسانی، تحقیق و توسعه، دانش و فناوری‌های جدید، ادبیات جدیدی را در این زمینه گشودند که می‌توان گفت که هرکدام از این عوامل در شهر هوشمند وجود دارد و ترکیب آن‌ها باهم موجب ارتقای کیفیت زندگی و همچنین رشد اقتصادی در این شهرها می‌گردد به طوری که انگیزه اصلی برای حرکت شهرها به سمت هوشمندی در تمایل آن‌ها برای رشد و توسعه اقتصادی نهفته است (Harrison & Donnelly, 2012). به عبارت دیگر شهر هوشمند ترکیبی از تمامی نظریات مطرح‌شده در مدل‌های رشد درون‌زا است چون هریک از شاخص‌های شهر هوشمند به نوعی به یکی از عوامل مؤثر بر رشد اقتصادی در مدل‌های رشد درون‌زا تأکید دارد که برجسته‌ترین این نظریات مطرح‌شده شامل موارد زیر می‌باشند:

لوکاس^۱ (۱۹۸۸) سرمایه (دانش) انسانی، رومر^۲ (۱۹۹۰) توسعه تحقیق و پژوهش در اقتصاد ایده‌ها (کشف ایده‌های جدید و انباشت دانش)، گروسمن و هلپمن^۳ (۱۹۹۱) فعالیت‌های تحقیق و توسعه، نورث^۴ (۱۹۹۱) نهادهای سیاسی و اقتصادی، اقیون و هیوت^۵ (۱۹۹۲) بهبود کیفیت تولید، منکیو- رومر- ویل^۶ (۱۹۹۲) سرمایه انسانی، اولسون^۷ (۱۹۹۳) عوامل نهادی و سیاست‌های دولت، بارو^۸ (۲۰۰۲) کیفیت آموزش، کوآ^۹ (۲۰۰۳) فناوری، چن و دالمن^{۱۰}

-
1. Lucas
 2. Romer
 3. Grossman and Helpman
 4. North
 5. Aghion and Howitt
 6. Mankiw-Romer-Weil
 7. Olson
 8. Barro
 9. Quah
 10. Chen and Dahlman

(۲۰۰۴) دانش، جانسون^۱ (۲۰۰۸) سیستم نوآوری را عوامل اثرگذار بر رشد اقتصادی معرفی کرده‌اند (اسنودان و وین^۲، ترجمه خلیلی عراقی و سوری، ۱۳۹۴).

حال می‌توانیم بیان نماییم که این عوامل اثرگذار بر رشد از دیدگاه این اندیشمندان همه در شش شاخص شهر هوشمند وجود دارند و علاوه بر آن‌ها نیز عوامل متعدد دیگری نیز در شهر هوشمند وجود دارد که همه آن‌ها موجبات رسیدن به رشد اقتصادی در کلان‌شهرها را فراهم می‌کنند.

شش محور مذکور با نظریه‌های سنتی نئوکلاسیک و نظریه‌های منطقه‌ای رشد و توسعه شهری ارتباط برقرار می‌کنند و به‌طور خاص، محورها به‌ترتیب بر اساس نظریه‌های رقابت منطقه‌ای، حمل‌ونقل و فناوری اطلاعات و ارتباطات، اقتصاد، منابع طبیعی، سرمایه انسانی و اجتماعی، کیفیت زندگی و مشارکت شهروندان در حکومت شهرها هستند (Giffinger et al, 2010).

شهرهای هوشمند به نقطه عطفی در برنامه‌ریزی شهری تبدیل شده‌اند. شهرهای هوشمند توسط ساختارهای حکومتی و افراد خلاق و روشنفکر مناسب و قابل اعتماد که از طریق یک سری تلاش‌های مشترک که می‌توانند بهره‌وری محلی را افزایش دهند پشتیبانی شوند که شرط لازم برای رشد اقتصادی است. خلاقیت در تحریک رشد اقتصادی در شهرها و منطقه‌ها نقش مهمی بازی می‌کند (دل‌انگیزان و همکاران، ۱۳۹۷).

در شهرهای هوشمند چالش‌ها و مسائل افزایش بهره‌وری بیشتر از افزایش در شهرهای محلی (غیرهوشمند) است (kourtit & Nijkamp, 2012). شهر هوشمند مهارت‌ها، دانش و سرمایه را گرد هم می‌آورد و ساختار فناوری مبتنی بر نوآوری را فراهم می‌کند که به ذینفعان اجازه می‌دهد در اشکال تولیدی جدید ترکیب شوند (Paskaleva & Cooper, 2018). این عوامل باهم دیدگاه جدیدی از رشد شهری را ایجاد می‌کنند که هم در سطح محلی و هم در سطح بین‌المللی تأثیر می‌گذارد. پیاده‌سازی فناوری و ترویج و جذب دانش و نوآوری برای سیاست‌های توسعه و رشد یک شهر اساسی است (Yigitcanlar et al, 2020). نظریه پردازان رشد به کار بستن عوامل نوآوری و سرمایه انسانی را در کنار سرمایه فیزیکی و فناوری ضروری دانسته‌اند و عنوان نموده‌اند که اگر یک کشور منابع بیشتری را به نوآوری و لزوماً ترجیحات خلق ایده‌ها اختصاص دهد، می‌تواند از رشد اقتصادی بالاتری نسبت به دیگر کشورها برخوردار باشد (ثمری و همکاران، ۱۳۹۹) و نوآوری است که شهر هوشمند را می‌سازد. به کارگیری فناوری اطلاعات و ارتباطات در مدیریت شهری، همچون سوارشدن بر اسب تیزرو است که سوارشدن بر آن سخت است اما نتایج شگفت‌انگیزی دارد (خلیلیان گورتانی، ۱۳۹۶).

هوشمند شدن شهر با آثاری که بر کیفیت زندگی شهروندان و کاهش هزینه‌های زندگی، حمل‌ونقل، سلامت، محیط زیست، تعاملات و ارتباطات اجتماعی، بازارهای کار محلی و... می‌گذارد موجب افزایش رشد اقتصادی در کلان‌شهرهای کشور شده است که در این رساله در قالب مدلی اقتصادی میزان اثرگذاری شاخص‌های هوشمندی بر رشد اقتصادی برآورد خواهد شد.

1. Johnson

2. Snowdon & Vane

مکانیسم اثرگذاری شاخص های شهر هوشمند بر رشد اقتصادی: شاخص های شهر هوشمند هنگامی که به طور هماهنگ و مؤثر در یک کلان شهر پیاده سازی شوند، می توانند به رشد اقتصادی پایدار و فراگیر کمک کنند بدین صورت که:

مردم هوشمند: نیروی کار ماهر عامل کلیدی رشد اقتصادی است. آموزش و توسعه مهارت های نیروی کار، مشارکت شهروندان در تصمیم گیری ها و فرآیندهای شهری به افزایش خلاقیت و رضایت آنان کمک نموده و موجب افزایش بهره وری و رشد اقتصادی خواهد شد (Florida et al, 2017), (Zygiaris, 2013).

حکومت هوشمند: با افزایش مخارج دولتی در سطح شهر، ارائه خدمات کارآمد و شفاف و گسترش نفوذ اینترنت به بهبود محیط کسب و کار و جذب سرمایه گذاری کمک می کند و این امر زمینه رشد اقتصادی را ایجاد می کند (Abutabenjeh et al, 2022), (Hawkins et al, 2016).

اقتصاد هوشمند: با ایجاد محیط مناسب برای استارآپ ها و کارآفرینی، بهینه سازی منابع، جذب سرمایه گذاری، توسعه صنایع خلاق و با فناوری بالا، افزایش نوآوری ها، بهبود زیرساخت ها و افزایش رقابت پذیری موجب افزایش بهره وری و کاهش هزینه ها شده و رشد اقتصادی را افزایش می دهد (Pittaway & Montazemi, 2020), (Kummitha & Crutzen, 2019).

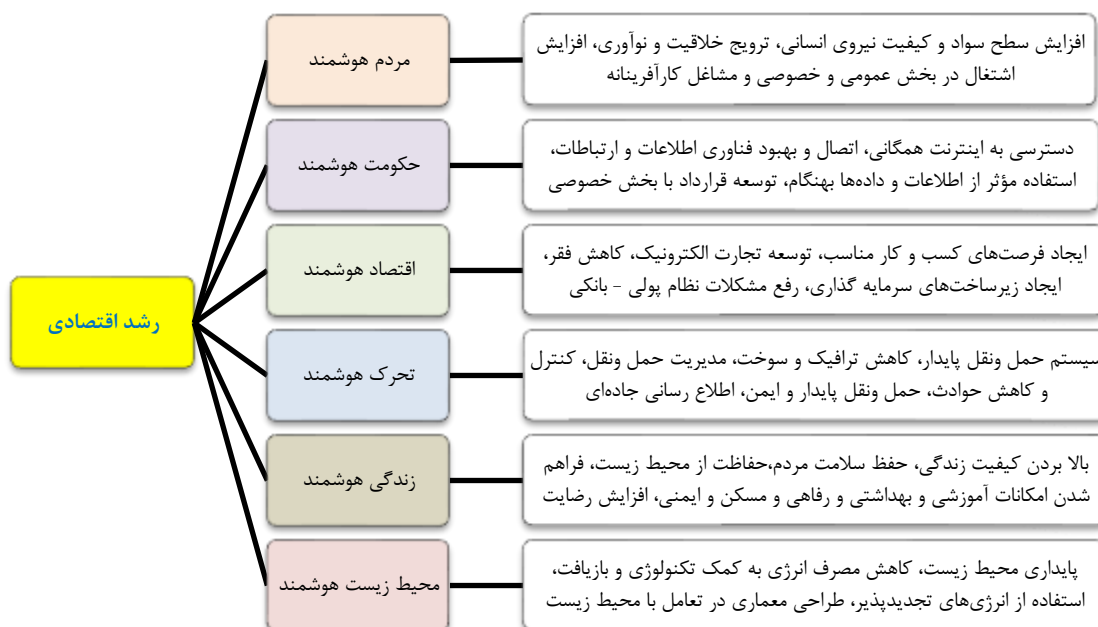
تحرک هوشمند: با بهبود سیستم حمل و نقل عمومی و مدیریت هوشمند ترافیک منجر به کاهش زمان سفر، کاهش مصرف سوخت و کاهش هزینه های حمل و نقل برای شهروندان و کسب و کارها خواهد شد. از طرفی دسترسی خانوارها به رایانه و اینترنت نیز امکان ایجاد کسب و کارهای اینترنتی و انجام کارهای اداری بدون نیاز به مراجعه حضوری را میسر می سازد که در ادامه تحقق اهداف فوق می باشند (Caragliu & Del Bo, 2011), (Geurs & van Wee, 2004).

زندگی هوشمند: با بهبود کیفیت زندگی از طریق ارائه خدمات بهتر، امنیت بیشتر و زندگی سالم تر به جذب نیروی کار ماهر کمک می کند و افزایش رفاه اجتماعی باعث افزایش انگیزه و بهره وری نیروی کار شده که موجبات رشد اقتصادی را فراهم خواهد کرد (Hitachi Company, 2009).

محیط زیست هوشمند: با استفاده از انرژی های تجدید پذیر، مدیریت بهینه منابع آب و برق، کاهش آلودگی هوا به بهبود کیفیت زندگی کمک می کند تا با کاهش مصرف انرژی و استفاده از منابع پایدار باعث افزایش بهره وری و تداوم رشد اقتصادی می شود (Giffinger et al, 2010), (Manville et al, 2014).

این شش شاخص به طور تنگاتنگ باهم مرتبط هستند. پیاده سازی هماهنگ این شاخص ها، به ایجاد یک چرخه مثبت و خود تقویت کننده منجر می شود که به رشد اقتصادی پایدار و فراگیر در کلان شهرها کمک می کند و می توانند از طریق مکانیسم های مختلف، تأثیر خود را بر رشد اقتصادی شهر در قالب مدل های رشد درون زا اعمال کنند.

شکل (۱) کانال های زیر تاثیر هوشمند سازی کلان شهرها بر رشد اقتصادی را بهتر نشان می دهند:



شکل ۱. تأثیر هوشمند سازی کلان‌شهرها بر رشد اقتصادی

مآخذ: جمع‌بندی مفهومی از ادبیات موضوع

۲-۲- پیشینه پژوهش

۲-۲-۱- مطالعات خارجی

ازجمله پژوهش‌های خارجی در زمینه شهر هوشمند می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ال وی و گا^۱ (۲۰۲۳) در مقاله‌ای به‌طور سامانمند تأثیر ساخت‌وساز شهر هوشمند را بر ساختار اشتغال شهری بررسی کردند. داده‌های ۱۵۸ شهر چین از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۹ با روش تفاوت در تفاوت DID^۲ که پرکاربردترین روش مدل ارزیابی خط‌مشی است و ایده اصلی آن بررسی عملکرد اجرای سیاست‌ها با تفکیک مؤثر اثر زمان و اثر پردازش سیاست است و روش تطبیق امتیاز تمایل PSM^۳ نشان دادند که ساخت‌وساز شهر هوشمند به‌طور قابل توجهی اشتغال شهری را ارتقا می‌دهد.

- ویرسبینا و گرگا^۴ (۲۰۲۱) به ارزیابی مزایای اقتصادی طرح‌های شهر هوشمند با استفاده از مصاحبه با ۱۲ متخصص توسعه شهری در کشورهای اروپایی به‌عنوان تحقیقات اکتشافی کیفی پرداختند و برای انجام تحلیل موضوعی از نرم‌افزار MaxQDA و از رویکرد تحلیل محتوا که یک روش پرکاربرد در رویکردهای تحقیق کیفی است، استفاده گردید و تأکید شد که شهر هوشمند برای پیشرفت اجتماعی بسیار مهم است.

1. LV & Gao
2. Difference-In-Differences
3. Propensity Score Matching
4. Wirsinna & Grega

- ابوتابنجه و همکاران^۱ (۲۰۲۱) با هدف درک تأثیر فناوری شهرهای هوشمند بر توسعه اقتصادی محلی از ۲۵۱ نفر نظرسنجی کردند و با روش حداکثر درست‌نمایی (MLE) تأثیر فناوری‌های شهرهای هوشمند بر توسعه اقتصادی محلی را تأیید نمودند و بیان داشتند که توسعه اقتصادی محلی یک موضوع سیاسی است و شوراهای محلی باید سرمایه‌گذاری در فعالیت‌های با فناوری بالا را در نظر بگیرند.

- لین و همکاران^۲ (۲۰۱۹) اثر توسعه شهر هوشمند بر رفاه ساکنان آن را نشان دادند و ۲۴۷ پرسشنامه معتبر را در ۲۲۰ شهر در سال ۲۰۱۷ چین ارزیابی نمودند. آن‌ها نشان دادند که به‌طور تجربی رابطه بین شهرهای هوشمند با رفاه ذهنی ساکنان (SWB)^۳ آن وجود دارد. آن‌ها از آلفای کرونباخ و تحلیل رگرسیون خطی سلسله مراتبی استفاده نمودند و ایمنی، سودمندی و راحتی را سه ویژگی کلیدی تأثیر شهر هوشمند بر رفاه ساکنان معرفی نمودند.

- باتابیال و نیجکامپ^۴ (۲۰۱۹) سرمایه خلاق، فناوری اطلاعات و ارتباطات و رشد اقتصادی را در شهرهای هوشمند مطالعه کردند. بدین منظور به بررسی اقتصاد دو شهر A و B پرداختند. نرخ پس‌انداز در شهر A دو برابر شهر B است و اقتصاد شهر A به مسیر رشد متعادل (BGP)^۵ همگرا می‌شود و ناهمگونی در شرایط اولیه بر نتایج BGP شهر B تأثیر می‌گذارد.

- کاراگلیو و همکاران^۶ (۲۰۱۱ و ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷) در مقالات مختلفی به بررسی ابعاد متفاوت شهر هوشمند پرداخته‌اند و شاخص‌های شهر هوشمند را برای اتحادیه اروپا تعریف کرده‌اند. آن‌ها در مقاله‌ای (۲۰۱۹) نیز به بررسی تأثیر نوآوری بر هوشمندی شهرهای اروپا پرداختند. در این مطالعه آن‌ها با روش داده‌های بزرگ بیان داشتند که دولت‌های محلی در طراحی سیاست‌های شهری می‌بایست توجه بیشتری به مزایای مدل شهر هوشمند SC داشته باشند. هوشمند شدن شهرها موجب تحریک نوآوری محلی از طریق شرکت‌های ICT^۷ می‌شود.

۲-۲-۲- مطالعات داخلی

با توجه به نوپا بودن مفهوم شهر هوشمند در محافل علمی، به‌خصوص در برنامه‌ریزی شهری کشور ایران، تاکنون در پژوهش‌های انجام‌گرفته در کشورمان پیرامون شهر هوشمند بیشتر به بررسی و ارزیابی مفاهیم و ابعاد شهر هوشمند به‌صورت نظری و کمتر به ابعاد عملی و اجرایی آن پرداخته شده است. البته در زمینه رشد اقتصادی شهرها متأثر از عواملی غیر از هوشمندی مطالعاتی صورت گرفته است ولی مطالعات حوزه شهر هوشمند بیشتر مربوط به کارشناسان حوزه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری بوده است.

- تقوایی و شفیعی (۱۴۰۲) تحلیلی بر شاخص‌های مؤثر بر تحقق هوشمند سازی در مناطق شهری اصفهان با روش توصیفی-تحلیلی و پیمایشی برای تجزیه و تحلیل اطلاعات از روش AHP^۸ استفاده کردند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد

1. Abutabeneh et al.

2. Lin et al

3. Subjective Well-Being

4. Batabyal & Nijkamp

5. Balanced Growth Path

6. Caragliu et al.

7. Information and Communication Technologies

8. Analytical Hierarchy Process

که شاخص بهبود وضعیت آلودگی‌های شهری اولویت اول و شاخص میزان اعتماد شهروندان به سازمان‌های خدمات محور اولویت آخر را دارند. همچنین مناطق ۵ و ۶ شهرداری اصفهان نسبت به شاخص‌های موردنظر رتبه اول و مناطق ۱۴ و ۱۱ رتبه آخر را به خود اختصاص داده‌اند و در نهایت پیشنهاد جذب سرمایه‌گذاری، نیروی کار ماهر و متخصص در زمینه‌های مختلف، ارتقا و به‌روزرسانی سیستم‌ها و تجهیزات و... را جهت بهبود وضعیت مناطق نسبت به شاخص‌های موردنظر ارائه دادند.

- حاتمی و همکاران (۱۴۰۰) در پژوهش خود ضمن معرفی رویکرد هوشمند پایدار؛ خواستگاه پیدایش، تکامل، ابعاد، مؤلفه‌ها، شاخص‌ها را به روش تحلیلی- توصیفی بررسی نمودند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان می‌دهد که اگرچه تعاریف ثابت و مشخصی در مورد شهر هوشمند پایدار وجود ندارد، اما توافق اصولی بر اهداف نهایی آن، رسیدن به توسعه پایدار وجود دارد و برنامه‌ریزی می‌بایست بر اساس شرایط اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و آینده‌نگرانه کلان‌شهرهای ایران بومی‌سازی شود. هسته اصلی این رویکرد برخلاف رویکردهای مشابه فناوری اطلاعات و ارتباطات به همراه توسعه پایدار است.

- محمدی و همکاران (۱۴۰۰) نماگرهای شهر هوشمند را برای شهر زنجان با ۳۰ معیار با مصاحبه و طرح پرسشنامه از ۲۱ متخصص آشنا با مفهوم شهر هوشمند با نرم‌افزار MICMAC (مدل متوالی اکتشافی) مشخص کردند که شاخص تحرک هوشمند در این شهر بالاترین امتیاز را داشت و ارتقای سطح، ایجاد تنوع و توسعه زیرساخت‌های حمل‌ونقل الفبای شهر هوشمند در زنجان بوده است.

- برادران خانیان و همکاران (۱۳۹۹) در مقاله‌ای به بررسی وضعیت کنونی تحول هوشمند در کلان‌شهر تبریز پرداختند. بدین منظور زیرساخت‌های ICT (شاخص توسعه آن یعنی IDI^۱) بررسی شده‌اند. در این راستا در مرحله نخست نتایج حاصل از آن نشان داد که استان آذربایجان شرقی و به‌طور خاص کلان‌شهر تبریز IDI برابر ۶/۷۶۹ در سال ۱۳۹۹ در رتبه ۱۵ کشوری قرار داشته و همچنین مقدار این شاخص و هر ۳ زیرشاخه آن در یک دهه گذشته از میانگین کشوری بالاتر بوده و رشد چشمگیری داشته است. در مرحله دوم با استفاده از ادبیات موضوع ۷۴ شاخص (از طریق پرسشنامه و داده‌های آماری) در ۶ بعد شهر هوشمند تدوین و با استفاده از ابزار پرسشنامه، اطلاعات و آمار موجود در سالنامه‌های آماری و محیط برنامه‌نویسی پایتون تجزیه و تحلیل کردند نتایج حاصل نشان داد که میزان هوشمندی این شهر در مقیاس کلان با امتیاز ۱۶۶/۰ از ۱ واحد است. همچنین در بررسی وضعیت ابعاد شش‌گانه مشخص شد که محیط‌زیست هوشمند با امتیاز ۲۶/۰ از واحد، بالاترین امتیاز را در میان سایر ابعاد به خود اختصاص داده است.

در این راستا یکی از مواردی که موردتوجه قرار نگرفته مربوط به برآورد شاخص شهر هوشمند و تأثیر هوشمندی شهری بر رشد اقتصادی کشور است که خلأ نپرداختن به آن به شکل جامع کاملاً محسوس است؛ بنابراین با توجه به مطالعات صورت گرفته پیرامون موضوع شهر هوشمند، این پژوهش در نظر دارد خلأ موجود در این خصوص را پر نماید و به بررسی تأثیر هوشمندی شهری بر رشد اقتصادی در کلان‌شهرهای ایران بپردازد و این نوآوری پژوهش حاضر است.

۳- روش‌شناسی پژوهش

تحلیل تجربی این پژوهش بر روی داده‌های تابلویی متوازن از ۹ کلان‌شهر ایران (تهران، مشهد، شیراز، اصفهان، اهواز، کرج، تبریز، قم و کرمانشاه)^۱ در دوره ۱۴۰۰-۱۳۸۵ انجام شده است. دوره زمانی با توجه به میزان در دسترس بودن داده‌های کلان‌شهرها محدود شده است، با این حال دوره در نظر گرفته شده ۱۶ سال را در برمی‌گیرد که امکان ایجاد و ثبت تغییرات زمانی در رابطه با رشد اقتصادی را فراهم می‌کند. شیوه جمع‌آوری اطلاعات به صورت اسنادی-کتابخانه‌ای است که با اتکا به آخرین آمار موجود در پایگاه‌های اطلاعاتی کشور به ویژه مرکز آمار ایران (سالنامه‌های آماری استان‌ها و آمارنامه‌های کلان‌شهرها) استخراج و محاسبه شده‌اند.

با توجه به نوپا بودن مفهوم شهر هوشمند در محافل علمی، به خصوص در برنامه‌ریزی شهری کشور ایران، تاکنون در پژوهش‌های انجام گرفته در کشورمان پیرامون شهر هوشمند بیشتر به بررسی و ارزیابی مفاهیم و ابعاد شهر هوشمند به صورت نظری و کمتر به ابعاد عملی و اجرایی آن پرداخته شده است. البته در زمینه رشد اقتصادی شهرها متأثر از عواملی غیر از هوشمندی مطالعاتی صورت گرفته است ولی مطالعات حوزه شهر هوشمند بیشتر مربوط به کارشناسان حوزه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری بوده است.

برای مطالعه حاضر، مدلی که مورد استفاده قرار می‌گیرد به شرح زیر تعریف است:

$$GDP = F(SC) \quad (1)$$

GDP: تولید ناخالص داخلی واقعی هر کلان‌شهر به قیمت سال پایه ۱۳۹۵ به عنوان معیاری برای رشد اقتصادی است که در انتهای این بخش نحوه برآورد آن شرح داده شده است.

SC: شاخص شهر هوشمند که با روش تحلیل مؤلفه اصلی محاسبه شده است.

با توجه به اینکه داده‌های تحقیق از نوع ترکیبی است که شامل مشاهدات در طول زمان برای کلان‌شهرهای مختلف است، از روش داده‌های ترکیبی (پانل دیتا) جهت برآورد مدل استفاده خواهد شد. روش داده‌های پانلی در حقیقت ترکیب مشاهدات داده‌های مقطعی در طول چندین دوره زمانی است. با توجه به تحقیقات انجام گرفته در سال‌های اخیر می‌توان بیان کرد که روندی روبه رشد در زمینه مطالعات انجام گرفته از طریق داده‌های پانلی وجود داشته است. به دلیل مزایای متعدد موجود در روش داده‌های پانلی و وجود ناهمسانی واریانس و خودهمبستگی در متغیرها از روش حداقل مربعات تعمیم یافته در قالب داده‌های پانلی (Panel GLS) استفاده شد. با توجه به اینکه مشکل ناهمسانی واریانس در داده‌های مقطعی و پانل متداول‌تر از داده‌های سری زمانی است و اغلب تحقیق‌ها چند مکان (کشور، استان، شهر و...) مختلف را مورد بررسی قرار می‌دهد که معمولاً دارای تفاوت‌های زیادی در تمامی زمینه‌های اقتصادی، سیاسی،

۱. باتوجه به اینکه در ابتدای شروع این پژوهش احتمال آن داده می‌شد که اطلاعات کافی درباره داده‌های آماری مورد نیاز برای همه کلان‌شهرها وجود نداشته باشد، عنوان رساله «کلان‌شهرهای منتخب» گذاشته شد اما در ادامه پژوهش براساس داده‌های آماری مشترک برای تمامی ۹ کلان‌شهر موجود در کشور انجام گردید.

اجتماعی و فرهنگی هستند، از این رو ناهمسانی زیادی بین داده‌های این کشور وجود دارد که برای برطرف شدن مشکل تخمین زنده‌ها از روش GLS^۱ در این پژوهش استفاده می‌شود (سوری، ۱۳۹۴ و گجراتی، ۱۹۹۵).

در روش GLS هنگامی که واریانس جملات اخلال مجهول باشد برای تخمین ضرایب متغیرها از روش حداقل مربعات تعمیم یافته قابل دسترس (FGLS)^۲ استفاده می‌شود. در این روش ابتدا واریانس و ماتریس آن محاسبه می‌شود و سپس ضرایب متغیرها با روش GLS تخمین زده می‌شود. این روش برآوردهای کارا و مناسبی را با وجود ناهمسانی واریانس، همبستگی سریالی و همبستگی مقطعی ارائه می‌دهد (Baltagi, 2008).

معادله تخمین پایه برای تحلیل داده‌های تابلویی حاضر به صورت رابطه (۲) است:

$$y = AX_{it}\beta e^{\varepsilon_{it}} \quad (2)$$

که در آن تابع تولیدی داریم که شاخص شهر هوشمند عامل تولید آن است و تمام عوامل در A آورده شده و فقط شاخص شهر هوشمند در شاخص ظاهر شده است، شاخص‌ها و متغیرهای مدل به صورت زیر تعریف شده‌اند:

X: شاخص هوشمندی شهری (SC)

B: ضریب هوشمندی

e: ضریب جز خطا

در رابطه فوق اندیس‌های $i = 1, 2, \dots, N$ نشان‌دهنده واحدهای مقطعی (کلان‌شهر/ام) و $t = 1, 2, \dots, T$ سال است. در نهایت رابطه تعدیل شده و به صورت لگاریتمی (۳) معرفی می‌گردد که اثرات شاخص‌های شهر هوشمند را در معیار پایه غیرخطی و نمایی داریم که برای محاسبه کشش‌ها به صورت لگاریتمی برآورد شده است:

$$Ly = \alpha + \beta LX + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

با جایگذاری مقدار تولید ناخالص داخلی کلان‌شهر و شاخص هوشمندی شهری رابطه (۴) مدل تخمینی را داریم:

$$LGDP_{it} = \alpha + \beta LSC_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

با توجه به این که در ایران تنها آمار تولید ناخالص داخلی (GDP) استان‌ها موجود است و ما در این پژوهش به تولید ناخالص داخلی کلان‌شهرها نیاز داشتیم براین اساس آن را برآورد نموده‌ایم و از تولید ناخالص داخلی استان، تولید ناخالص داخلی کلان‌شهر را به دست آورده‌ایم که این یکی دیگر از جنبه‌های نوآوری این تحقیق است: تولید ناخالص داخلی که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته، تولید ناخالص داخلی بدون نفت و بر اساس شاخص قیمت سال پایه ۱۳۹۵ است.

جهت محاسبه آن از مراحل که در ذیل شرح داده می‌شود بهره گرفته‌ایم:

1. Generalized least squares
2. Feasible Generalized Least Squares

با توجه به این که در تحقیقات از تولید ناخالص داخلی واقعی (حقیقی) استفاده می شود ابتدا با رابطه (۵) این امر را انجام داده ایم:

$$\text{رابطه (۵)} \quad \text{شاخص قیمت سال پایه ۱۳۹۵} * \frac{\text{تولید ناخالص داخلی اسمی استان بدون نفت هر سال}}{\text{شاخص قیمت همان سال}} = \text{تولید ناخالص واقعی هر استان}$$

در مرحله بعد تولید سرانه هر استان با رابطه (۶) به دست آورده ایم:

$$\text{رابطه (۶)} \quad \frac{\text{تولید ناخالص داخلی واقعی استان در سال } t}{\text{جمعیت استان در سال } t} = \text{تولید سرانه هر استان در سال } t$$

سپس برآوردی تورش دار از تولید ناخالص داخلی کلان شهر را با رابطه (۷) محاسبه کرده ایم:

$$\text{رابطه (۷)} \quad \text{جمعیت کلان شهر} * \text{تولید سرانه استان در سال } t = \text{برآورد تورش دار تولید ناخالص داخلی کلان شهر}$$

با توجه به اینکه تولید ناخالص داخلی را از جدول داده ستانده مرکز آمار و درآمد شهری را از سالنامه استخراج نموده ایم، تولید ناخالص داخلی تورش دار می شود پس می بایست تعدیل شود. بدین منظور از رابطه (۸) ضریب تعدیل کننده را برآورد کرده ایم:

$$\text{رابطه (۸)} \quad \text{درآمد شهری} = \frac{\text{درآمد شهری}}{\text{درآمد شهری} * \text{سهم شهرستانی} + \text{درآمد روستایی} * \text{سهم روستایی}} = \text{ضریب تعدیل کننده}$$

لازم به ذکر است که درآمد استان حاصل جمع درآمد شهری و درآمد روستایی است که درآمد شهری و درآمد روستایی از طریق روابط زیر محاسبه شده اند:

$$\text{رابطه (۹)} \quad \text{متوسط خالص درآمد خانوار شهری} * \text{سهم شهرستانی} = \left(\frac{\text{جمعیت کلان شهر}}{\text{جمعیت استان}} \right) * \text{درآمد شهری}$$

$$\text{رابطه (۱۰)} \quad \text{متوسط خالص درآمد خانوار روستایی} * \text{سهم روستایی} = \text{درآمد روستایی}$$

در نهایت برای به دست آوردن تولید ناخالص داخلی واقعی هر کلان شهر از رابطه (۱۱) استفاده کرده ایم:

$$\text{رابطه (۱۱)} \quad \text{ضریب تعدیل کننده} * \text{تولید ناخالص داخلی تورش دار هر کلان شهر} = \text{تولید ناخالص داخلی هر کلان شهر}$$

بدین صورت تولید ناخالص داخلی را برای هر کلان شهر برای اولین بار در ایران برآورد نمودیم.

با توجه به اینکه شهر هوشمند مقوله چندبعدی است باعث شده تا پژوهشگر با يك مسئله تصمیم گیری چند شاخصه (¹MCDM) روبه رو باشد که البته برای مواجهه با آن روش های متنوعی وجود دارد (Mokarrai & Torabi, 2014).

در پژوهش حاضر طراحی شاخص شهر هوشمند را با چندگام پی می‌گیریم. اول ترکیب مؤلفه‌ها برای ساختن زیرشاخه‌ها یا همان شاخص‌های تک‌بعدی (جدول ۱)، دوم ترکیب زیرشاخه‌ها برای ساختن شاخص ترکیبی شهر هوشمند (چندبعدی). به این منظور با استفاده از روش مؤلفه‌های اساسی (اصلی) دومرحله‌ای (PCA)^۱، ابتدا نماگرها به ابعاد مختلف تفکیک می‌شود و PCA برای نماگرهای مربوط به هر بعد به صورت جداگانه اجرا می‌شود. در مرحله بعدی، PCA مجدداً برای مؤلفه‌های اساسی به دست آمده در هر بعد اجرا می‌شود و در نهایت یک شاخص ترکیبی نهایی ساخته می‌شود. تجمیع و یکپارچه‌سازی نماگرهای مختلف چندبعدی در قالب یک شاخص منفرد، به عنوان راه‌حلی بسیار مناسب شناخته می‌شود. در این مطالعه، شاخص‌های جهانی هوشمندی شهرها به عنوان متغیر توضیحی اصلی تأثیرگذار بر رشد اقتصادی در محور بحث‌ها قرار دارند و برای سنجش آن، متغیرها و مؤلفه‌های متعددی وجود دارد؛ اما امکان واردکردن همه مؤلفه‌ها در مدل وجود ندارد؛ زیرا سبب کاهش درجه آزادی و در نتیجه کاهش اعتبار یافته‌های تحقیق می‌شود. انتخاب یک یا چند متغیر محدود نیز روش مناسبی نبوده است؛ زیرا اطلاعات مفید سایر متغیرهای حذف شده از بین می‌رود؛ بنابراین، برای استفاده مناسب از همه اطلاعات مؤلفه‌های هوشمندی و هم‌زمان برای جلوگیری از کاهش درجه آزادی، در این مطالعه سعی شده است با کمک روش تحلیل عاملی، مؤلفه‌های هوشمندی خلاصه‌تر شوند و بر اساس ماتریس همبستگی این مؤلفه‌ها، شاخص‌های ترکیبی ساخته شوند تا به جای واردکردن همه مؤلفه‌های هوشمندی در مدل، از شاخص‌های ترکیبی به دست آمده از تحلیل مؤلفه‌های اساسی استفاده شود (بهبودیان، ۱۳۹۶). روش تحلیل مؤلفه‌های اساسی (PCA) یکی از روش‌هایی است که با هدف کاهش حجم داده‌ها و تعبیر و تفسیر آن‌ها استفاده می‌شود. این روش در سال ۱۹۰۱ توسط کارل پیرسون ارائه شد. ویژگی کلیدی PCA، حداکثرسازی تغییرات توضیح داده شده توسط متغیرها (نماگرها) است. با استفاده از این روش، ابعاد بررسی شده را می‌توان کاهش داد و ترکیبی از متغیرها را می‌توان با یک شاخص جمعی معرفی کرد. این شاخص، تماماً ویژگی‌های کلی متغیرهای مختلف را خواهد داشت. آن دسته از متغیرهایی که بیشترین توضیح‌دهندگی را داشته باشند، به عنوان متغیرهای اصلی انتخاب خواهند شد. از تحلیل مؤلفه‌های اساسی برای یکپارچه‌سازی متغیرهای مختلف و انتخاب یک شاخص ترکیبی مناسب برای شهر هوشمند استفاده شده است (Chen & Woo, 2010).

اگر مجموعه متغیرهای چندبعدی استفاده شده به صورت $X_n = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ نشان داده شود که در آن، n بیان کننده متغیرها (ابعاد چندگانه) در ساخت شاخص ترکیبی شهر هوشمند است، آنگاه داریم:

$$PC_i = Xa_i \quad (1)$$

[illegible]

که در آن PC_m بیانگر مؤلفه مورد نظر و X_i متغیر (نماگر) اولیه و a_{mn} وزن برای مؤلفه اصلی m و متغیر n است.

در این پژوهش شش شاخص هوشمندی باهم ترکیب و یک شاخص واحد به عنوان شاخص هوشمندی شهری برآورد گردید. بدین منظور، ۴۱ متغیر انتخابی برای یک دوره ۱۶ ساله از سال ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۰ که با توجه به محدودیت های آماری استخراج و محاسبه شده اند، در قالب شش شاخص هوشمندی شامل ۶ شاخص برای محیط زیست، ۴ شاخص برای اقتصاد، ۴ شاخص برای حکومت، ۱۰ شاخص برای زندگی، ۱۱ شاخص برای تحرک و ۶ شاخص برای مردم هوشمند استفاده شده اند.

شاخص ها و زیرشاخه های هوشمندی که در این پژوهش ادامه آورده شده اند، بر مبنای مطالعات و پژوهش های متعددی برگزیده شده اند که در رشته های مختلف در رابطه با شهر هوشمند در جهان انجام پذیرفته و امروزه به عنوان شاخص های شهر هوشمند معرفی شده اند که در قسمت مبانی نظری ذکر شدند و در تمامی مطالعات شهر هوشمند ملاک قرار می گیرند که در جدول (۱) مؤلفه ها، معیارها و شاخص های کلی که در اکثریت مطالعات انجام گرفته درباره شهر هوشمند مورد استفاده قرار می گیرد، همراه منابع استخراج شده ارائه شده است.

جدول ۱. مؤلفه ها، معیارها و شاخص های شهر هوشمند

مؤلفه ها	معیارها	شاخص ها	مطالعات مرتبط
اقتصاد هوشمند	نوآوری	- درصد هزینه های تحقیق و توسعه، نرخ اشتغال در بخش های دانش بنیان و میزان ثبت اختراع	مؤلفه ها:
	کارآفرینی	- نرخ خوداشتغالی، تعداد شرکت های جدید ثبت شده، تعداد شرکت های تولیدکننده فناوری های پیشرفته (high Tech) و میزان آموزش مهارت های کارآفرینی	شایما، ۲۰۱۸؛ اجزا شکوهی و همکاران، ۲۰۱۶؛ کریتچف و همکاران، ۲۰۱۸؛ شن و همکاران، ۲۰۱۸؛ نام و پادرو، ۲۰۱۱؛ گیفینگر و همکاران، ۲۰۰۷؛ گیفینگر و گوردون، ۲۰۱۰؛ چاهان و همکاران، ۲۰۱۶؛ چاترجی و کار، ۲۰۱۵؛ آی اس او، ۲۰۱۴؛ آریان و همکاران، ۲۰۱۷؛ چورابی و همکاران، ۲۰۱۲؛ نیروتی و همکاران، ۲۰۱۴؛ باریونوف و همکاران، ۲۰۱۲؛ کورتیت و نیجیکامپ، ۲۰۱۲.
	تصویر اقتصادی شهر	- میزان فراگیر بودن برند اقتصادی شهر	
	بهره وری	- نرخ تولید ناخالص داخلی	
تحرک هوشمند	انعطاف پذیری بازار کار	- نرخ بیکاری و میزان اشتغال پاره وقت	
	تعاملات بین المللی	- تعداد شرکت هایی با دفتر بین المللی، میزان حمل و نقل هوایی مسافر و میزان حمل و نقل هوایی بار	
	دسترسی محلی	- سرانه شبکه حمل و نقل عمومی، میزان دسترسی به خدمات هوشمند، میزان رضایت از دسترسی به حمل و نقل عمومی، میزان رضایت از کیفیت حمل و نقل عمومی، میزان اطلاعات حمل و نقل عمومی پویا و میزان روش های مختلف حمل و نقل	
	دسترسی ملی	- میزان دسترسی بین المللی	
تحرک هوشمند	زیرساخت فناوری	- تعداد رایانه ها در خانواده ها، میزان دسترسی به اینترنت در بخش خانگی، میزان اشتراک باند وسیع تلفن ثابت، میزان دسترسی به وای فای در اماکن عمومی، میزان اشتراک باند وسیع موبایل	
	حمل و نقل پایدار، ایمن و نوآور	- میزان تحرک سبز (خودرو با آلایندگی کم)، میزان کنترل هوشمند ترافیک، میزان کنترل هوشمند تقاطع ها، میزان شبکه دوچرخه سواری و میزان پیاده راه در شهر	

مردم هوشمند	صلاحیت شهروندان	- تعداد مراکز تحقیقاتی بالا، دانشگاه‌های برتر و مراکز علمی، میزان جمعیت متقاضی در سطوح ۵-ISCED6
	یادگیری مادام‌العمر	و میزان مهارت‌های زبان خارجی
	اختلاط قومی-اجتماعی	- درصد مردم با تحصیلات عالی و میزان مشارکت در دوره‌های زبان و سرانه مطالعه
	انعطاف‌پذیری شهروندان خلاقیت بین‌المللی بودن مشارکت	- درصد کثرت قومی- فرهنگی و درصد شهروندان متولد شده در خارج از شهر - میزان بینش برای گرفتن یک شغل جدید - تعداد شاغلان در صنایع خلاق و فناور - میزان نگرش دوستانه به مهاجرت و سطح مهارت‌های رایانه‌ای - میزان مشارک در کار داوطلبانه و میزان رأی‌دهندگان در انتخابات
زندگی هوشمند	امکانات فرهنگی	- میزان حضور در سینما، میزان بازدید از موزه‌ها، تعداد کتابخانه‌های عمومی و تعداد اعضا، مساحت فضاهای تفریحی و اوقات فراغت و میزان هزینه‌های فرهنگی
	شرایط بهداشتی	- نرخ امید به زندگی، میزان رضایت از کیفیت سیستم بهداشتی، تعداد تخت بیمارستان، تعداد پزشکان و میزان شمول بیمه سلامت
	ایمنی و امنیت فردی	- میزان رضایت از ایمنی شخصی، نرخ جرم، نرخ مرگ با حمله، میزان برخورداری از دوربین‌های مدار بسته، میزان رضایت از خدمات پلیس، میزان رضایت از خدمات اورژانس و میزان تلفات ناشی از تصادفات رانندگی
	کیفیت مسکن	- میزان ضریب از مسکن شخصی، میزان اسکان غیررسمی و میزان تلفات ناشی از تصادفات رانندگی
محیط‌زیست هوشمند	امکانات آموزشی	- میزان رضایت از دسترسی به سیستم آموزشی، میزان رضایت از کیفیت سیستم آموزشی، تعداد دانش‌آموزان، تعداد کلاس‌های هوشمند و میزان هوشمندی سیستم ثبت نام مدارس
	جاذبه گردشگری انسجام اجتماعی	- میزان اقامت شب گردشگران - نرخ فقر، میزان درک خطر شخصی فقر و ضریب جینی
	جذابیت طبیعی آلودگی	- میزان ساعات آفتابی و سرانه فضای سبز - تعداد روزهای آلوده در یک سال، میزان آلودگی صوتی، میزان ذرات جامد هوا، میزان بیمارهای مزمن تنفسی کشنده و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای
	حفظ محیط‌زیست	- میزان تلاش‌های فرد برای حفاظت از طبیعت، تعداد مؤسسات عمومی برای حفاظت از طبیعت، میزان بازیافت زباله و استفاده مجدد و میزان توسعه افقی شهر بدون الزامات خاص
	مدیریت پایدار منابع	- میزان نصب کنتورهای هوشمند، میزان مصرف منابع (آب، برق و گاز) درصد تجهیز سیستم فاضلاب خانگی و میزان تصفیه فاضلاب

معیارها:

شایما، ۲۰۱۸؛ کریتچف و همکاران، ۲۰۱۸؛ لیو و همکاران، ۲۰۱۷؛ گیفینگر و همکاران، ۲۰۰۷؛ گیفینگر و گوردون، ۲۰۱۰؛ کسوانی و کومار، ۲۰۱۸؛ آریان و همکاران، ۲۰۱۷؛ چورابی و همکاران، ۲۰۱۲؛ نیروتی و همکاران، ۲۰۱۴؛ باریونوف و همکاران، ۲۰۱۲؛ کورتیت و نیجیکامپ، ۲۰۱۲.

شاخص‌ها:

لازارو و روسیا، ۲۰۱۲؛ میلینا و پرابوو، ۲۰۱۶؛ زانگ، ۲۰۱۲؛ بوید، ۲۰۱۶؛ شایما، ۲۰۱۸؛ اجزا شکوهی و همکاران، ۲۰۱۶؛ کریتچف و همکاران، ۲۰۱۸؛ شن و همکاران، ۲۰۱۸؛ گیفینگر و همکاران، ۲۰۰۷؛ گیفینگر و گوردون، ۲۰۱۰؛ چاهان و همکاران، ۲۰۱۶؛ چاترجی و کار، ۲۰۱۵؛ آی‌اس-او، ۲۰۱۴؛ آریان و همکاران، ۲۰۱۷؛ چورابی و همکاران، ۲۰۱۲؛ نیروتی و همکاران، ۲۰۱۴؛ باریونوف و همکاران، ۲۰۱۲؛ کورتیت و نیجیکامپ، ۲۰۱۲؛ لمباردی و همکاران، ۲۰۱۱؛ پروفایل شهر هوشمند، ۲۰۱۳.

خدمات عمومی	- سرانه بودجه محقق شهرداری، ضریب نفوذ اینترنت،	انجمن پروتکل شهر، ۲۰۱۵؛
اجتماعی	میزان دسترسی به دولت الکترونیک، میزان دسترسی به	بوش و همکاران، ۲۰۱۶؛ هوویلا
حاکمیت شفاف	داده‌های باز و میزان سفارش‌ها و تدارکات الکترونیکی	و همکاران، ۲۰۱۶.
حکمرمایی هوشمند	- میزان مدیریت شکایات و امنیت اطلاعات، استراتژی برنامه‌ریزی توسعه فضاهای شهری در سطح شهرداری، میزان آموزش حقوق شهروندی، میزان نظارت پلیس و کنترل هوشمند جرم، میزان رضایت از شفافیت نظام اداری و میزان رضایت از مبارزه با فساد	

مآخذ: محمدی و همکاران، ۱۴۰۰

اما انتخاب زیرشاخه‌ها در این پژوهش با بررسی‌های عمیق در وضعیت کلان‌شهرهای ایران صورت گرفته است که به صورت مشترک در تمامی کلان‌شهرها وجود دارند و با استفاده از آن‌ها امکان ساخت شاخص ترکیبی هوشمندی شهری را فراهم ساخته‌ایم که در جدول (۲) عنوان شده‌اند.

جدول ۲. زیرشاخه‌ها و متغیرهای مطالعه شده برای محاسبه شاخص‌های هوشمندی در کلان‌شهرهای منتخب کشور

ردیف	شاخص‌ها	متغیرها
۱	محیط زیست هوشمند	سرانه فضای سبز، میزان ساعات آفتابی، تعداد تصفیه خانه آب، حجم آب تصفیه شده، طول شبکه جمع‌آوری فاضلاب، تولید خالص برق
۲	اقتصاد هوشمند	سهم اشتغال ناقص، تعداد کارگاه‌های صنعتی با فناوری بالا و خلاق، تعداد گردشگران خارجی استفاده‌کننده از هتل، میانگین حجم خریدوفروش کل معاملات بورس
۳	حکومت هوشمند	درآمد محقق شده شهرداری، هزینه محقق شده عمرانی شهرداری، تعداد کارکنان رسمی دولت برحسب سواد لیسانس و بالاتر، ضریب نفوذ اینترنت
۴	زندگی هوشمند	متوسط زیربنای ساختمان واحدهای مسکونی، تعداد فوت‌شدگان ناشی از تصادفات رانندگی، تعداد بیمه‌شدگان تحت پوشش بیمه سلامت، تعداد پزشکان شاغل در دانشگاه‌های علوم پزشکی، تعداد تخت‌های فعال بیمارستان، تعداد تماشاگران فیلم‌های سینمایی، تعداد کتابخانه‌های عمومی، تعداد اعضای کتابخانه‌های عمومی، تعداد بازدیدکنندگان از موزه‌ها، میزان هزینه‌های فرهنگی خانوار شهری
۵	تحرك هوشمند	تعداد ایستگاه راه‌آهن، تعداد وسایل نقلیه عمومی درون شهری اتوبوس، تعداد وسایل نقلیه عمومی درون شهری تاکسی، طول کل مسیرهای دوچرخه‌سواری، تعداد پرواز داخلی، تعداد پرواز خارجی، تعداد تقاطع‌های مجهز به چراغ هوشمند فرماندهی، تعداد تقاطع‌های مجهز به سیستم scats، تعداد خانوارهای دارای رایانه، تعداد خانوارهای دارای اینترنت در محل سکونت، تعداد مشترکین پهن باند سیار
۶	مردم هوشمند	نرخ مشارکت اقتصادی، تعداد شاغلان در صنایع با فناوری بالا و خلاق، تعداد متقاضیان کار ثبت نامی برحسب سواد لیسانس و بالاتر، تعداد افراد به کارگمارده برحسب سواد لیسانس و بالاتر، تعداد داوطلبان جمعیت هلال احمر، تعداد اعضای هیئت علمی تمام وقت دانشگاه‌ها

مآخذ: یافته‌های پژوهش

۴- نتایج و تحلیل یافته‌های تحقیق

۱-۴- آزمون ریشه واحد^۱ (بررسی مانایی متغیرها)

مانایی داده‌ها به این مفهوم است که میانگین، واریانس و ضریب خودهمبستگی آن‌ها در طول زمان ثابت است. اگر چنین نباشد داده‌ها نا مانا هستند و با پدیده ریشه واحد، روبرو هستیم که در این صورت آزمون‌های آماری که اساس آن‌ها بر پایه آماره‌هایی همچون t ، F و k (خی دو) باشد مورد تردید قرار می‌گیرند و رگرسیون ما به نوعی دور از واقعیت خواهد بود. آزمون‌های مختلفی برای بررسی وجود ریشه واحد در داده‌های ترکیبی ارائه شده است که برخی از آن‌ها شامل لوین و لین و چو^۲ (LLC) (۲۰۰۲)، برایتونگ^۳ (۲۰۰۰)، ایم و پسران و شین^۴ (۲۰۰۳)، ADF-Fisher^۵ و PP-Fisher^۶، مادالا و وو^۷ (۱۹۹۶)، چویی^۸ (۲۰۰۱) و هاردی^۹ می‌باشند.

لوین، لین و چو (۲۰۰۲) نشان دادند که در داده‌های پانلی استفاده از آزمون ریشه واحد برای ترکیب داده‌ها دارای اعتبار و قدرت بیشتری نسبت به استفاده از آزمون ریشه واحد برای هر مقطع به صورت جداگانه است. از این رو در پژوهش کنونی از آزمون لوین، لین و چو استفاده شده است.

آزمون LLC، ترکیبی از آزمون ADF با روند زمانی است که در صورت وجود ناهمگنی مقطع‌ها و ناهمسانی واریانس جملات خطا، دارای قدرت بالایی است. فرضیات این آزمون‌ها بر اساس همان فرضیات آزمون ریشه واحد معمولی است، یعنی بر اساس فرضیه H_0 نا مانایی و فرضیه H_1 مانایی است.

جدول ۳. نتایج آزمون لوین، لین و چو متغیرهای مدل

نام متغیر	علائم متغیر	در سطح		در تفاضل (مرتبه اول)		نتیجه آزمون
		آماره t	سطح احتمال (p-value)	آماره t	سطح احتمال (p-value)	
تولید ناخالص داخلی	LGDP	-۴/۲۵۶۳	۰/۰۰۰۰	-	-	$I_{(0)}$
محیط زیست هوشمند	LEN	-۲/۰۷۲۲	۰/۰۱۹۱	-	-	$I_{(0)}$
اقتصاد هوشمند	LEC	۱/۴۶۴۳	۰/۹۲۸۴	-۷/۷۱۲۶	۰/۰۰۰۰	$I_{(1)}$
حکومت هوشمند	LGO	-۲/۵۷۴۹	۰/۰۰۵۰	-	-	$I_{(0)}$
زندگی هوشمند	LLI	-۳/۲۲۴۱	۰/۰۰۰۶	-	-	$I_{(0)}$
تحرک هوشمند	LMO	-۲/۹۰۳۸	۰/۰۰۱۸	-	-	$I_{(0)}$
مردم هوشمند	LPE	-۲/۳۹۸۳	۰/۰۰۸۲	-	-	$I_{(0)}$
هوشمندی شهری	LSC	-۲/۱۹۱۳	۰/۰۱۴۲	-	-	$I_{(0)}$

مأخذ: یافته‌های پژوهش

1. Stationarity Test
2. Levin, Lin and Chu
3. Breitung
4. Im, Pesaran and Shin
5. Fisher-type test using Augment Dickey-Fuller
6. Fisher-type test using Augment Philips-Prawn
7. Maddala and Wu
8. Choi
9. Hadri

اگر لوین، لین و چو محاسباتی از سطح معناداری موردنظر در جدول بزرگتر باشد فرضیه وجود ریشه واحد برای آن متغیر رد می‌شود. مطابق نتایج جدول (۳)، تمامی متغیرها در سطح مانا هستند و تنها متغیر اقتصاد هوشمند (LEC) با یک بار تفاضل گیری مانا شد.

۲-۴- آزمون F لیمر^۱ (بررسی پانل یا پول بودن مدل‌ها)

داده‌های ترکیبی به دو نوع داده‌های تلفیقی (تجمیعی)^۲ و تابلویی^۳ تقسیم می‌شوند و برای روشن شدن این موضوع از آزمون لیمر استفاده می‌کنیم. زمانی با داده‌های تلفیقی مواجه هستیم که عرض از مبدأها و ضرایب شیب برای تمامی مقاطع یکسان باشد که به این حالت تلفیقی (pool) می‌گویند اما اگر عرض از مبدأها در بین مقاطع یکسان نباشند با داده‌های ترکیبی (panel) مواجه هستیم که خود، دارای دو حالت مجزا (داده‌های ترکیبی با اثرات ثابت و داده‌های ترکیبی با اثرات تصادفی) است. فرضیه H_0 در این آزمون قابلیت تخمین مدل به صورت داده‌های تلفیقی و فرضیه مقابل آن یعنی H_1 ، قابلیت تخمین مدل به صورت پانل است.

جدول ۴. نتایج آزمون F لیمر

مدل	مقدار آماره F	سطح احتمال (p-value)	نتیجه آزمون
LEN	۵۳/۰۸	۰/۰۰۰۰	پانل
LEC	۶۶/۰۴	۰/۰۰۰۰	پانل
LGO	۶۹/۳۰	۰/۰۰۰۰	پانل
LLI	۱۲/۶۲	۰/۰۰۰۰	پانل
LMO	۹/۳۳	۰/۰۰۰۰	پانل
LPE	۶۳/۸۹	۰/۰۰۰۰	پانل
LSC	۹/۳۲	۰/۰۰۰۰	پانل

مأخذ: یافته‌های پژوهش

اگر مقدار آماره F از مقدار جدول بیشتر باشد در سطح معنی‌داری تعیین شده، فرضیه صفر رد شده و مدل پانل موردقبول خواهد بود. نتایج حاصل از این آزمون در جدول زیر ارائه شده است. با توجه به نتایج جدول (۴) فرضیه H_1 موردقبول واقع شده و بر اساس آزمون F باید از داده‌های پانل برای تخمین مدل‌ها استفاده کرد. بر این اساس می‌توان الگوهای یادشده را از طریق روش پانل تخمین زد.

1. Leamer
2. Pooled
3. Panel

۳-۴-آزمون هاسمن^۱ (بررسی اثرات ثابت یا تصادفی بودن مدل‌ها)

یکی از مهم‌ترین بخش‌های تخمین مدل پنل تعیین نوع اثر متغیرهای توضیحی است. اگر نتیجه آزمون F لیمر حاکی از پولینگ بودن مدل نباشد، باید مدل اثرات ثابت در مقابل مدل اثرات تصادفی آزمون شود. به عبارتی بعد از این که آزمون تلفیق‌پذیری و یا ناهمگنی انجام گردید و تأیید شد که مقاطع دارای ناهمگنی هستند باید منشأ خطاهای ناشی از تخمین نیز تعیین شود. به بیان دیگر، باید مشخص شود که خطای ناشی از تخمین در طی زمان اتفاق افتاده یا علاوه بر اینکه در طی زمان اتفاق افتاده به دلیل تغییر مقاطع نیز بوده است. خطاها به دو صورت، اثرات ثابت^۲ و اثرات تصادفی^۳ تقسیم می‌شوند. آزمون هاسمن با آماره کای دو یک آزمون کلاسیک است که برای مقایسه مدل‌های اثرات ثابت و اثرات تصادفی از نظر توضیح‌دهندگی استفاده می‌شود.

بر اساس آزمون هاسمن استقلال جزء اخلاص عرض از مبدأ و متغیرهای توضیحی مورد آزمون قرار می‌گیرد. فرض عدم وجود همبستگی بین عرض از مبدأ و متغیرهای توضیحی به عنوان فرضیه صفر در نظر گرفته می‌شود. در صورتی که فرض صفر رد شود نشان‌دهنده همبستگی جزء اخلاص عرض از مبدأ با متغیرهای توضیحی بوده که نشان از ثابت بودن ویژگی‌های هر مقطع در قالب عرض از مبدأ جداگانه است که این به معنای پذیرش روش اثرات ثابت است. اثرات، زمانی ثابت هستند که با عرض از مبدأهای متفاوت و ضرایب شیب یکسان برای مقاطع مواجه هستیم و از طرفی اثرات زمانی تصادفی هستند که با جملات اخلاص و عرض از مبدأهای متفاوت و ضرایب شیب یکسان برای مقاطع مواجه باشیم.

جدول ۵. نتایج آزمون هاسمن

مدل	مقدار آماره χ^2	سطح احتمال ($\text{prob} > \chi^2$)	نتیجه آزمون
LEN	۰/۴۲	۰/۵۱۸۰	اثرات تصادفی
LEC	۳۷/۹۲	۰/۰۰۰۰	اثرات ثابت
LGO	۶/۰۵	۰/۰۱۳۹	اثرات ثابت
LLI	۱۴/۲۵	۰/۰۰۰۲	اثرات ثابت
LMO	۱۶/۳۷	۰/۰۰۰۱	اثرات ثابت
LPE	۹۸۰/۴	۰/۰۰۰۰	اثرات ثابت
LSC	۱۰/۵۳	۰/۰۰۱۲	اثرات ثابت

مأخذ: یافته‌های پژوهش

در این آزمون مقدار سطح احتمال کمتر از ۰/۰۵ بیانگر رد فرضیه H_0 و وجود اثرات ثابت و مقدار بیشتر از ۰/۰۵ بیانگر پذیرش فرضیه H_0 و وجود اثرات تصادفی است. با توجه به نتایج این آزمون که در جدول زیر آمده است، در این پژوهش تنها مدل اول (LEN) با اثرات تصادفی است و سایر مدل‌ها با اثرات تصادفی است.

1. Hausman Test
2. Fixed Effect
3. Random Effec

یکی از فرض‌های مهم مدل کلاسیک رگرسیون خطی این است که خودهمبستگی خطی یا خودهمبستگی سریالی بین اجزای اخلاص (پسماندها)، که در تابع رگرسیون جامعه وارد می‌شوند، وجود ندارد. قبل از برآورد مدل نهایی بایستی مدل را از نظر خودهمبستگی میان اجزای اخلاص و ناهمسانی واریانس بررسی کرد.

۳-۴- آزمون والد اصلاح شده (تعدیل شده)^۱ (بررسی همسانی یا ناهمسانی واریانس)

اگر واریانس جمله خطا ثابت باشد و یا به عبارتی واریانس تمامی جملات خطا در بین واحدهای مقطعی یکسان باشد می‌گوییم میان جملات خطا همسانی واریانس وجود دارد و در غیر این صورت، با ناهمسانی واریانس میان جملات خطا مواجه هستیم.

یکی از روش‌های تشخیص دادن ناهمسانی واریانس در داده‌های مورد استفاده پانل، بهره‌گیری از آزمون والد اصلاح شده است؛ به طوری که فرض H_0 دربرگیرنده این گزاره است که واریانس‌ها همسان‌اند؛ درنتیجه، رد فرض H_0 به معنی وجود مشکل ناهمسانی واریانس در مدل تخمینی است.

جدول ۶. نتایج آزمون والد اصلاح شده

$H_0: \sigma^2(i) = \sigma^2 \text{ for all } i$			
مدل	مقدار آماره χ^2	سطح احتمال ($\text{prob} > \chi^2$)	نتیجه آزمون
LEN	-	-	-
LEC	۶۶۴/۰۹	۰/۰۰۰۰	واریانس ناهمسانی
LGO	۱۰۳۱۴/۲۸	۰/۰۰۰۰	واریانس ناهمسانی
LLI	۶۰۵/۰۹	۰/۰۰۰۰	واریانس ناهمسانی
LMO	۱۴۳۰/۵	۰/۰۰۰۰	واریانس ناهمسانی
LPE	۹۰۰/۴۹	۰/۰۰۰۰	واریانس ناهمسانی
LSC	۲۳۸۳/۱۳	۰/۰۰۰۰	واریانس ناهمسانی

مآخذ: یافته‌های پژوهش

با توجه به خروجی آزمون والد اصلاح در جدول (۶)، آماره کای دو با احتمال زیر ۰/۰۵ گواهی بر رد فرض صفر و وجود مشکل واریانس ناهمسانی در مدل دارد.

۴-۴- آزمون وولدریج^۲ (بررسی خودهمبستگی مدل‌ها)

اگر جمله‌های خطای متناظر با مقادیر مختلف متغیرهای مستقل، از یکدیگر مستقل باشند، جملات خطا فاقد خودهمبستگی هستند و در غیر این صورت دارای خودهمبستگی می‌باشند. برای این منظور از آزمون وولدریج استفاده

1. Moodified Wald Test

2. Wooldridge Test

می‌شود. این آزمون با استفاده از باقیمانده‌های رگرسیون مرتبه اول به آزمون خودهمبستگی می‌پردازد؛ به طوری که فرض H_0 حاکی از نبود خودهمبستگی است.

جدول ۷. نتایج آزمون وولدریج

H_0 : no first-order autocorrelation			
مدل	مقدار آماره F	سطح احتمال (prob>F)	نتیجه آزمون
LEN	-	-	-
LEC	۱/۱۶۶	۰/۳۱۱۷	عدم خودهمبستگی
LGO	۱/۱۱۳	۰/۳۲۲۳	عدم خودهمبستگی
LLI	۱/۱۴۱	۰/۳۱۶۵	عدم خودهمبستگی
LMO	۰/۹۹۱	۰/۳۴۸۶	عدم خودهمبستگی
LPE	۱/۱۲۸	۰/۳۱۹۱	عدم خودهمبستگی
LSC	۱/۱۲۸	۰/۳۱۹۲	عدم خودهمبستگی

مآخذ: یافته‌های پژوهش

در صورت کوچک‌تر بودن سطح احتمال از ۰/۰۵ فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود خودهمبستگی رد می‌شود، بر اساس نتایج جدول (۷)، با مسئله خودهمبستگی مواجه می‌شویم. (سوری، ۱۳۹۴) و (منجذب و نصرتی، ۱۳۹۷) و (گجراتی^۱، ۱۹۹۵) و (گرین^۲، ۲۰۱۲).

۴-۵- تصریح مدل پژوهش

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از آزمون‌های صورت پذیرفته، از آنجایی که ما با مسئله ناهمسانی واریانس و خودهمبستگی مواجه هستیم باید یک روش برآوردی را انتخاب کنیم که باعث تخفیف این دو موضوع گردد، رایج‌ترین روش موجود برای برآورد یک الگو با چنین مشخصاتی، استفاده از روش حداقل مربعات تعمیم‌یافته (GLS)^۳ است.

مشکل ناهمسانی واریانس در داده‌های مقطعی و پانل متداول‌تر از داده‌های سری زمانی است و اغلب تحقیق‌هایی همچون پژوهش حاضر که چند مکان (کشور، استان، شهر و...) مختلف را موردبررسی قرار می‌دهد و معمولاً دارای تفاوت‌های زیادی در تمامی زمینه‌های اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و فرهنگی هستند، ناهمسانی زیادی بین داده‌های آن‌ها وجود دارد که برای برطرف شدن مشکل تخمین زنده‌ها از روش GLS استفاده می‌شود.

در روش GLS هنگامی که واریانس جملات اخلال مجهول باشد برای تخمین ضرایب متغیرها از روش حداقل مربعات تعمیم‌یافته قابل‌دسترس (FGLS)^۴ استفاده می‌شود. در این روش ابتدا واریانس و ماتریس آن محاسبه می‌شود و سپس

1. Gujarati
2. Green
3. Generalized least squares
4. Feasible Generalized Least Squares

ضرایب متغیرها با روش GLS تخمین زده می‌شود. این روش برآوردهای کارا و مناسبی را با وجود ناهمسانی واریانس، همبستگی سریالی و همبستگی مقطعی ارائه می‌دهد (بالتاجی^۱، ۲۰۰۸). نتایج حاصل از تخمین الگو برای بررسی تأثیر شاخص‌های هوشمندی شهری بر رشد اقتصادی در جدول زیر ارائه شده است.

جدول ۸. نتایج تخمین مدل هوشمندی شهری به روش پانل GLS

مدل‌ها	شاخص‌های هوشمندی	مقدار ضریب	سطح احتمال (p-value)	آماره (توزیع) Z	انحراف معیار	ضریب تعیین (R-sq)
(۱)	LEN	۰/۶۳۹۲۳۰۱	***۰/۰۰۰	۶/۸۹	۰/۰۹۲۸۲۱۳	۰/۶۰
	Constant	-۱/۰۶۹۷۰۸	۰/۰۰۰	-۲۰/۳۵	۰/۰۵۲۵۵۹۹	۰/۶۰
(۲)	LEC	۰/۵۲۱۸۴۲۳	۰/۰۰۰	۵/۱۰	۰/۱۰۲۳۶۲۲	۰/۶۳
	Constant	-۱/۰۷۵۶۳۷	۰/۰۰۰	-۵/۴۸	۰/۱۹۶۳۳۶۶	۰/۶۳
(۳)	LGO	۰/۵۲۱۱۷۹۸	۰/۰۰۰	۱۰/۱۹	۰/۰۵۱۱۳۸۵	۰/۹۰
	Constant	-۱/۱۴۲۵۳۹	۰/۰۰۰	-۳۴/۴۷	۰/۰۳۳۱۴۱۴	۰/۹۰
(۴)	LLI	۰/۸۵۷۷۲۸۳	۰/۰۰۰	۲۳/۴۲	۰/۰۳۶۶۲۰۵	۰/۹۲
	Constant	-۰/۹۴۶۶۴۸۶	۰/۰۰۰	-۳۱/۰۴	۰/۰۳۰۵۰۱۱	۰/۹۲
(۵)	LMO	۰/۷۷۶۳۰۵۵	۰/۰۰۰	۲۹/۷۵	۰/۰۲۶۰۹۳۹	۰/۹۶
	Constant	-۰/۹۷۲۲۹۷	۰/۰۰۰	-۴۱/۲۳	۰/۰۲۳۵۸۱۵	۰/۹۶
(۶)	LPE	۰/۳۹۷۳۳۰۴	۰/۰۰۰	۶/۸	۰/۰۵۸۴۴۷۳	۰/۶۰
	Constant	-۱/۲۱۰۲۲۱	۰/۰۰۰	-۲۷/۲۸	۰/۰۴۴۳۶۹۸	۰/۶۰
(۷)	LSC	۰/۹۰۵۰۳۶۴	۰/۰۰۰	۲۶/۹۱	۰/۰۳۳۶۲۸۷	۰/۹۵
	Constant	-۰/۹۹۲۵۶۱۹	۰/۰۰۰	-۴۴/۴۹	۰/۰۲۲۳۱۱۶	۰/۹۵

مأخذ: یافته‌های پژوهش، *** بیانگر معناداری در سطح ۱ درصد است.

نتایج حاصل از برآورد مدل هوشمندی شهری نشان‌دهنده آن است که علامت تمامی ضرایب در مدل با انتظارات نظری سازگار و از نظر آماری در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنادار هستند. بدین شرح که در مدل‌های مورد بررسی تمامی شاخص‌های شهر هوشمند و شاخص نهایی شهر هوشمند دارای اثر مثبت بر رشد اقتصادی کلان‌شهرها هستند. بدین شرح که در مدل‌های بررسی شده، ۷ متغیر هوشمندی با رشد اقتصادی کلان‌شهرها مطالعه شده در این پژوهش رابطه مستقیم دارند، به نحوی که مطابق نتایج حاصل از تخمین مدل‌ها با روش حداقل مربعات تعمیم‌یافته امکان‌پذیر در جدول (۷) اثرات به صورت زیر می‌باشند:

1. Baltagi

- **اثر شاخص محیط زیست هوشمند (EN):** اثر این شاخص بر رشد اقتصادی کلان شهرهای ایران در مدل مثبت و معنی دار است و ضریب متغیر بیانگر این است که یک درصد افزایش در محیط زیست هوشمند موجب افزایش ۰/۶۴ درصدی رشد اقتصادی در کلان شهرهای کشور می شود.

شهرهای هوشمند کاهش مصرف انرژی و جلوگیری از اتلاف آن را ترویج می کنند و ادغام نوآوری های فناوری منجر به دستیابی به بهره وری می شود. محیط هوشمند؛ بر ضرورت مدیریت منابع پاسخگو و برنامه ریزی برای پایداری شهر تأکید می کند. از طریق کاهش آلودگی و انتشار گازهای گلخانه ای و تلاش در جهت حفاظت زیست محیطی، زیبایی های طبیعی شهر می تواند ارتقاء یابد (پوراحمد و همکاران، ۱۳۹۷) و با افزایش میزان تولید انرژی می توانند رشد اقتصادی را بهبود بخشند. در محیط هوشمند با افزایش میزان فضای سبز و حفاظت از تنوع زیستی و طبیعت، کاهش آلودگی های محیطی و کاهش بیماری های تنفسی و هزینه های درمان، مدیریت منابع پایدار با استفاده بهینه از آب و برق و گاز و افزایش تولیدات آن ها موجب رشد اقتصادی در شهر می شود. علاوه بر آن، در شهر هوشمند با تولید انرژی های تجدید پذیر از منابع آب، باد، خورشید و حتی زباله ها می توان هم تولید را افزایش داد و هم در هزینه ها صرفه جویی نمود و آلودگی های زیست محیطی را نیز کاهش داد که هرکدام از موارد منجر به افزایش رشد اقتصادی می شود.

- **اثر شاخص اقتصاد هوشمند (EC):** اثر این شاخص بر رشد اقتصادی کلان شهرهای ایران در مدل مثبت و معنی دار است و ضریب متغیر بیانگر این است که یک درصد افزایش در اقتصاد هوشمند موجب افزایش ۰/۵۲ درصدی رشد اقتصادی در کلان شهرهای کشور می شود.

اقتصاد هوشمند؛ به دنبال افزایش فرصت های کارآفرینی، بهره وری، خدمات جدید و شیوه های شرایط کسب و کار در شهر است. اقتصاد در شهر هوشمند یکی از مؤلفه های اصلی است که در سایر زمینه های شهر هوشمند نیز تأثیرگذار است و زمینه مناسبی برای شکل گیری مشاغل و حرفه های مرتبط، با زمینه های هوشمند سازی با درآمدهای بالا ایجاد می کند (رضوی زاده و مفیدی، ۱۳۹۷). این اقتصاد توان اقتصادی و رقابت پذیری شهر را در بازارهای ملی و جهانی افزایش می دهد (Topta, 2010). اقتصاد هوشمند سبب ایجاد خوشه ها و بوم سازگان هوشمند مثل؛ کسب و کار الکترونیکی و کارآفرینی دیجیتال می شود (حسنی، ۱۴۰۱). هرآن چه در اقتصاد هوشمند انجام پذیرد منجر به رشد اقتصادی خواهد شد. این اقتصاد نوآوری، خلاقیت و فناوری پیشرفته را از طریق مفهوم پایداری تشویق می کند که هم برای اقتصاد حال و هم برای اقتصاد آینده سودمند است (Kézai et al, 2020). در آن فرآیندهایی وجود دارد که از رشد پایدار شهر، بخش ها و زیرساخت های منحصربه فرد آن حمایت می کند (Mutule et al, 2018).

- **اثر شاخص حکومت هوشمند (GO):** اثر این شاخص بر رشد اقتصادی کلان شهرهای ایران در مدل مثبت و معنی دار است و ضریب متغیر بیانگر این است که یک درصد افزایش در حکومت هوشمند موجب افزایش ۰/۵۲ درصدی رشد اقتصادی در کلان شهرهای کشور می شود.

حکمرانی هوشمند به طور گسترده دربرگیرنده مجموعه ای از فناوری ها، افراد، سیاست ها، عملکردها، منابع، هنجارهای اجتماعی و اطلاعات است که فعالیت های حکومتی را پشتیبانی می کنند (Dawes et al, 2009) تا شهر بتواند

به مانند یک ارگانیسم کارآمد و اثربخش به حیات خود ادامه دهد و با افزایش فعالیت های اقتصادی به رشد هرچه بیشتر اقتصادی کمک نماید. دولت یا حکمروایی هوشمند؛ به صورت خاص مشارکت شهروندان در سطح شهرداری ها را مورد خطاب قرار می دهد مدیران شهری تلاش می کنند با اجرای پروژه های عمرانی، خدمات عمومی و اجتماعی مؤثر و کارآمد را ارائه دهند و از مشارکت ساکنان در تصمیم گیری برخوردار شوند (Kozłowski & Suwar, 2021). از هدف های کلی اجرای دولت هوشمند می توان به توسعه فرآیندهای جامع، ایجاد پل ارتباطی قوی بین نهادها و دسترسی بهتر به خدمات اشاره نمود (رهنما و همکاران، ۱۳۹۹) که همه این موارد به بهبود شرایط اقتصادی و رشد اقتصادی کمک شایانی می کند.

- اثر شاخص زندگی هوشمند (LI)؛ اثر این شاخص بر رشد اقتصادی کلان شهرهای ایران در مدل مثبت و معنی دار است و ضریب متغیر بیانگر این است که یک درصد افزایش در زندگی هوشمند موجب افزایش ۰/۸۶ درصدی رشد اقتصادی در کلان شهرهای کشور می شود.

زندگی هوشمند به عنوان یک زندگی سالم و امن در یک شهر با فرهنگ، با طراوت و با امکانات متنوع فرهنگی است که دربرگیرنده استانداردهای اقامتی بسیار بالا و خانه های باکیفیت است که با سطح بالایی از انسجام اجتماعی و سرمایه های اجتماعی رشد اقتصادی را افزایش می دهد. زندگی هوشمند؛ به دنبال ارتقاء کیفیت زندگی شهروندان از طریق ارائه شرایط زندگی ایمن و سالم است. شهروندان در شهرهای هوشمند دسترسی آسان به خدمات و مراقبت های بهداشتی و درمان، مدیریت الکترونیکی سلامت و خدمات اجتماعی گوناگون، امکانات متنوع فرهنگی خانه های باکیفیت دارند. زندگی هوشمند با سطح بالایی از انسجام اجتماعی و سرمایه های اجتماعی نیز مرتبط است (Ismagilova et al, 2019) که بر شرایط اقتصادی شهر و رشد اقتصادی اثرگذار هستند.

- اثر شاخص تحرک هوشمند (MO)؛ اثر این شاخص بر رشد اقتصادی کلان شهرهای ایران در مدل مثبت و معنی دار است و ضریب متغیر بیانگر این است که یک درصد افزایش در تحرک هوشمند موجب افزایش ۰/۷۸ درصدی رشد اقتصادی در کلان شهرهای کشور می شود.

تحرک هوشمند با افزایش حمل و نقل فردی به جمعی در هزینه ها صرفه جویی و از افزایش انتشار گازهای گلخانه ای جلوگیری به عمل آورده و سازوکاری ایجاد می کند تا مدیران حمل و نقل شبکه ای بتوانند خدمات خود را بهبود و بازدهی رفت و آمد و جابجایی شهروندان در شهر را افزایش دهند که هم با کاهش هزینه ها و هم با افزایش تولیدات در این بخش خدماتی، رشد اقتصادی افزایش می یابد. شهرهای هوشمند به دنبال ارتقاء حرکت و نقل و انتقال مردم، کالا و وسایل نقلیه در یک محیط شهری هستند. فناوری اطلاعات و ارتباطات موجب افزایش بهره وری یکپارچه می شود (پوراحمد و همکاران، ۱۳۹۷). تحرک هوشمند نگرش های اجتماعی جدید را به سمت استفاده از وسایل نقلیه ای سوق می دهد که دسترسی شهروندان به حمل و نقل عمومی را تضمین می کند (Treiblmaier et al, 2020). در این سیستم بهبود راندمان رفت و آمد، اتصال دادن مدیران حمل و نقل در قالب شبکه و برخورداری مردم از اینترنت موجب کاهش انتشار دی اکسید کربن، پس انداز هزینه و رونق کسب و کارهای اینترنتی برای مردم می شود که رشد اقتصادی را در پی خواهد داشت.

سهولت دسترسی یک شهر با مجموعه‌ای از حالت‌های حمل‌ونقل موجود (مانند راه‌آهن، جاده، دریا یا هواپیما) نیز نشان‌دهنده معیاری برای پتانسیل بازار در دسترس است که به رشد اقتصادی کمک می‌کند (Caragliu & Del Bo, 2011).

- اثر شاخص مردم هوشمند (PE): اثر این شاخص بر رشد اقتصادی کلان‌شهرهای ایران در مدل مثبت و معنی‌دار است و ضریب متغیر بیانگر این است که یک درصد افزایش در مردم هوشمند موجب افزایش ۰/۴۰ درصدی رشد اقتصادی در کلان‌شهرهای کشور می‌شود.

مردم هوشمند مردمی تحصیل کرده هستند که با تولید محتوا و ارائه خدمات و محصولات فاوا محور، ارزش افزوده و بهره‌وری را افزایش می‌دهند. شهر هوشمند شهری انسانی است که فرصت‌های متعددی برای بهره‌برداری از توانایی و پتانسیل انسان دارد و منجر به زندگی خلاق می‌شود. وینتر^۱ بر این باور است که این شهر مرکز آموزش دارای سطح بالا و افراد خوب آموزش دیده است. به‌طور مشابهی، شهر هوشمند پراز کارگران مهارت دیده است (Sassen, 2005) که موجب افزایش بهره‌وری و رشد اقتصادی می‌شوند. بر اساس مباحث نظری مطرح شده انتظار می‌رود انباشت سرمایه انسانی برای رشد اقتصادی اهمیت حیاتی داشته باشد و سرمایه انسانی با علامت مثبت بر رشد اقتصادی اثر بگذارد. سطح مهارت و تخصص نیروی کار و کارآمد این شهر و قابلیت‌های آن‌ها، موجب ارتقای کیفیت تولید و بالا بردن کارایی استفاده از سرمایه‌های مادی و به‌کارگیری بهینه آن‌ها می‌شود. بری و گلیزر^۲ (۲۰۰۶) نشان می‌دهد که سریع‌ترین نرخ رشد شهری را داشته است در شهرهایی که نیروی کار تحصیل کرده در دسترس است به دست آمد. شاپیرو^۳ (۲۰۰۸) با برآوردهای دقیق اقتصادسنجی ثابت کرد که سرمایه انسانی در شهرها به‌طور غیرمستقیم از طریق افزایش امکانات شهری روند جذب را در شهر افزایش می‌دهد و به‌طور مستقیم از طریق افزایش بهره‌وری به رشد شهری کمک می‌کند. قاعدتاً مردم هوشمند نیروی انسانی بامهارت و تخصص می‌باشند که طبق نظریات رشد تأثیر بسزایی بر رشد اقتصادی دارند.

- اثر شاخص نهایی شهر هوشمند (شاخص ترکیبی هوشمندی شهری (SC): اثر این شاخص بر رشد اقتصادی کلان‌شهرهای ایران در مدل مثبت و معنی‌دار است و ضریب متغیر بیانگر این است که یک درصد افزایش در هوشمندی شهری موجب افزایش ۰/۹۱ درصدی رشد اقتصادی در کلان‌شهرهای کشور می‌شود.

اصطلاح «شهر هوشمند» به مفهوم گسترده‌ای اشاره دارد که شامل استفاده از مکانیسم‌هایی برای ارتقای تعامل سودمندی، امکانات و روش‌های متنوع از طریق افزایش پایداری منابع و بهینه‌سازی کارایی مدیریت شهری به نفع مردم و رشد اقتصادی است (Wirsinna & Grega, 2021). این شاخص، ترکیبی از تمامی شاخص‌ها است و تأثیر مستقیم و قوی بر رشد اقتصادی شهری دارد. نرخ هوشمندی به‌عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار بر رشد اقتصادی شناخته می‌شود. شاخص شهر هوشمند دربرگیرنده مؤلفه‌های مستقلی از جمله سرمایه انسانی، همبستگی اجتماعی، اقتصادی، حکومت، شرایط محیطی، تحرک و حمل‌ونقل، برنامه‌ریزی شهری و دستیابی به فناوری است (آسایش و مهینی‌زاده، ۱۴۰۰).

1. Winter
1. Berry
2. Shapiro & Glaeser

۵- نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهاد های سیاستی

دستیابی به رشد اقتصادی بالا یکی از اولویت‌های مهم سیاست‌گذاری در سال‌های پس از جنگ جهانی دوم، در بیشتر کشورها به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه بوده است. هدف نظریه‌های رشد اقتصادی، تبیین عوامل مؤثر بر رشد و تفاوت در ماهیت نرخ رشد کشورهاست. هوشمند شدن شهرها گرایشی در توسعه شهری است که راه‌حلی در جهت رسیدن به شهرهای با رشد اقتصادی است. هوشمند کردن شهرها مجموعه راه‌حل‌هایی است که از ابتدای دهه نود در سطحی نظری و به شکلی عملی از اوایل قرن حاضر برای حل مسائل گوناگون شهرهای معاصر مطرح شد. با افزایش جمعیت جهان و انتقال به شرایط زندگی شهری، شهرها با چالش‌های متعددی روبرو هستند که نیازمند توسعه راه‌حل‌های جدید و هوشمند هستند (Nations, 2021).

لذا در مطالعه حاضر با استفاده از روش Panel-GLS به بررسی تأثیر هوشمندی شهری بر رشد اقتصادی کلان‌شهرهای ایران طی دوره ۱۴۰۰-۱۳۸۵ پرداخته می‌شود. برای این منظور نخست داده‌های مربوط به ۴۱ متغیر برای شش شاخص شهر هوشمند شامل محیط‌زیست، اقتصاد، حکومت، زندگی، تحرک و مردم هوشمند، ۹ کلان‌شهر ایران برای دوره زمانی مورد مطالعه گردآوری و طی دو مرحله از طریق روش تحلیل مؤلفه اساسی (PCA) شاخص ترکیبی هوشمندی شهری محاسبه شد.

نتایج به دست آمده نشان داد که ضریب هوشمندی شهری مثبت و کاملاً معنی‌دار و هریک از شاخص‌های شهر هوشمند و همچنین شاخص نهایی (ترکیبی) هوشمندی شهری بر رشد اقتصادی اثرگذار هستند و تأثیر مثبت دارند. از این رو، به نظر می‌رسد می‌توان جهت دستیابی به رشد اقتصادی از طریق هوشمند شدن کلان‌شهر امیدوار بود و می‌بایست سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران حوزه شهری توجه ویژه‌ای به آن داشته باشند تا علاوه بر رفع موانع و مشکلات این کلان‌شهرها، در جهت پیشرفت و توسعه هرچه بیشتر این شهرها حرکت کنند. پیاده‌سازی شهر هوشمند می‌تواند به شهرها کمک کند تا بر محدودیت‌های تحمیل شده توسط مدل‌های رشد شهری سنتی غلبه کنند و پایداری اکولوژیکی خود را افزایش دهند. حتی اگر توضیح واحدی برای نظریه شهر هوشمند وجود نداشته باشد، همه تعاریف فعلی یک هدف مشترک دارند: همه آن‌ها می‌خواهند کیفیت زندگی در شهرها را بهبود بخشند. یکی از مهم‌ترین اهداف کلان اقتصادی، ایجاد شرایط لازم جهت ارتقاء رشد اقتصادی مستمر و باثبات است که شهر هوشمند می‌تواند یکی از این شرایط باشد. رویکرد هوشمند سازی ترکیبی از مؤلفه‌های نظریه‌های مختلف رشد اقتصادی بوده و از جهتی باید این مهم را در نظر گرفت که شهر دارای ابعاد مختلفی از جمله، کالبدی، اکولوژیکی، اقتصادی، اجتماعی و مدیریتی است. نتایج پژوهش حاضر که تأثیر مثبت و مستقیم هوشمندی شهری بر رشد اقتصادی است، این مباحث را تأیید نموده و بیان می‌کند که با هوشمند شدن شهر و رسیدن به رشد اقتصادی و پایداری آن، کیفیت زندگی شهروندان ارتقاء می‌یابد و موجبات توسعه اقتصادی و اجتماعی در آن‌ها فراهم می‌شود.

برای هوشمند شدن کلان‌شهرهای کشور باید برنامه‌ریزی کرد و اجرای این برنامه‌های عمدتاً چندساله نیز نیازمند ثبات مدیریتی است؛ اما در این شهرها طول عمر مدیریتی شهرداران معمولاً کوتاه است که طی این مدت نمی‌توان برنامه‌های طولانی مدت را اجرا کرد اما می‌بایست همه مدیران آتی نیز آن را ادامه دهند.

تعهد هرچه بیشتر به هوشمند شدن کلان‌شهرها از سوی مدیران، برنامه‌ریزان، سیاست‌گذاران و شوراهای شهری برای داشتن رشد اقتصادی مناسب لازم و ضروری است براین اساس باید سرمایه‌گذاری در فعالیت‌هایی در نظر گرفته شوند که تعهد بیشتری به استفاده از فناوری و هوشمند شدن شهر دارند و زمینه‌های جذب سرمایه‌گذاری خصوصی شناسایی شود که مسئولین امر اقدامات لازم را برای آن فراهم کنند.

ازجمله استراتژی‌ها لازم برای رسیدن به رشد اقتصادی در یک شهر، تقویت اقتصاد منطقه‌ای و یا به عبارت دیگر، توسعه هوشمند محور در بخش اقتصاد شهری است که مدیران شهری باید بستر مناسبی برای شکل‌گیری مشاغل و حرفه‌های مرتبط، با زمینه‌های هوشمند سازی با درآمدهای بالا و بهبود شرایط اقتصادی که می‌تواند زمینه‌ساز رشد اقتصادی گردد را ایجاد کنند. جهت دستیابی به آن، پشتیبانی از مؤسسات کارآفرین و استارت آپ‌های شهری می‌تواند کمک‌کننده باشد. اگرچه رویکرد شهر هوشمند به عنوان یک استراتژی توسعه شهری نوین مطرح شده است، اما پیاده‌سازی آن در کلان‌شهرهای ایران علاوه بر در نظر گرفتن دیدگاه‌های مطروحه نیازمند بومی سازی است و با این نگرش که شرایط هر کلان‌شهر خاص همان شهر است بر اساس درجه هوشمندی و میزان برخورداری کلان‌شهرها، طبق مدل‌های رشد منطقه‌ای، نسبت به طراحی یک برنامه بومی جهت افزایش رشد اقتصادی اهتمام ورزند. هوشمند سازی کلان‌شهرهای ایران نیازمند رویکردی جامع است که با توجه به شرایط خاص کشور و محدودیت‌های موجود، طراحی و اجرا شود.

با توجه به یافته‌های پژوهش پیشنهادهای کاربردی زیر بر اساس مکانیسم‌های اثرگذاری شاخص‌های شهر هوشمند قابل ارائه است:

- جهت ارتقاء شاخص مردم هوشمند می‌بایست؛ مهارت و آموزش نیروی کار در حوزه صنایع نوآور و با فناوری بالا و تخصص در حوزه‌های هوشمندی افزایش یابد.
- جهت ارتقاء شاخص حکومت هوشمند می‌بایست؛ بودجه بیشتری به پروژه‌های عمرانی و هوشمند سازی شهرداری‌ها و زیرساخت‌های فیزیکی و دیجیتالی اختصاص یابد و همچنین خدمات دولت الکترونیک گسترش یابد.
- جهت ارتقاء شاخص اقتصاد هوشمند می‌بایست؛ فعالیت‌های کارآفرینی و استارت آپ‌ها گسترش یابند و تلاش گردد سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در حوزه‌های هوشمندی افزایش یابد.
- جهت ارتقاء شاخص تحرک هوشمند می‌بایست؛ زیرساخت‌های هوشمند سازی حمل و نقل عمومی بهبود یابند، موانع افزایش سرعت اینترنت برداشته شود و پهنای باند آن افزایش بیشتری پیدا کند.
- جهت ارتقاء شاخص زندگی هوشمند می‌بایست؛ عوامل ترفیع دهنده کیفیت زندگی مردم شهر که موجبات رفاه اجتماعی آنان را میسر می‌سازد افزایش یابند و مؤلفه‌های هوشمندی در آن‌ها لحاظ گردد.

- جهت ارتقا شاخص محیط زیست هوشمند می بایست؛ توجه بیشتری به انرژی های تجدید پذیر شود و تلاش گردد با اصلاح زیرساخت ها از منابع انرژی به صورت بهینه بهره برداری گردد.

نتایج پژوهش حاضر برای درک جایگاه کلان شهرهای ایران از نظر شاخص های هوشمندی مناسب است و امید است شواهد جمع آوری شده به طراحی سیاست هایی برای بهبود میزان هوشمندی و تقویت نقاط قوت و رفع نقاط ضعف آن ها کمک کند.

تعارض منافع

نویسندگان نبود تضاد منافع را اعلام می دارند.

منابع

منابع داخلی

- اسنودان، برایان، ترجمه منصور خلیلی عراقی و علی سوری، (۱۳۹۴). اقتصاد کلان جدید، تهران: انتشارات سمت.
- آسایش، فاطمه و مهینی زاده، منصور (۱۴۰۰). تبیین الگوی رشد درون زا مبتنی بر شهر هوشمند. اقتصاد شهری، ۶(۱)، ۹۵-۱۱۴.
- برادران خانیان، زینب، حسین پناهی و حسین اصغر پور، (۱۳۹۹). بررسی وضعیت کنونی تحول هوشمند در کلان شهر تبریز. اقتصاد شهری، ۵(۲)، ۸۵-۱۱۲.
- بهبودیان، جواد (۱۳۹۶). آمار نا پارامتری. انتشارات دانشگاه شیراز.
- پوراحمد، احمد، کرامت اله زیاری، حسین حاتمی نژاد و شهرام پارسا پناه آبادی، (۱۳۹۷). مفهوم و ویژگی های شهر هوشمند، مجله علمی پژوهشی پژوهشکده هنر، معماری و شهرسازی باغ نظر، ۱۵(۵۸)، ۵-۲۶.
- تقوایی، مسعود و مرجان شفیعی، (۱۴۰۲). تحلیل شاخص ها و تبیین راهبردهای تحقق هوشمند سازی شهری (مطالعه موردی: شهر اصفهان). جغرافیا و توسعه فضای شهری، ۱۰(۳)، ۲۱-۴۲.
- ثمري، هانیه، سهراب دل انگیزان و کیومرث سهیلی (۱۳۹۹). طراحی سیستم نوآوری شهری (UIS) در بستر رشد اقتصادی درون زا. اقتصاد و برنامه ریزی شهری، ۹(۴)، ص ۲۵۲-۲۶۵.
- حاتمی، افشار، فرزانه ساسان پور، آلبرتو زیپارو و محمد سلیمانی، (۱۴۰۰). شهر هوشمند پایدار: مفاهیم، ابعاد و شاخص ها، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۱(۶۰)، ۳۱۵-۳۳۹.
- حاجی علیزاده، جواد و داود قاسم زاده، (۱۳۹۹). مطالعه تطبیقی شهر هوشمند با شهر جهانی: مفاهیم و رهیافت ها. فصلنامه شهر تاب آور، ۲(۲)، ۴۳-۵۲.
- حسینی، زهرا و فرشته احمدی، (۱۳۹۹). تبیین معیارها و شاخص های شهر هوشمند در شهرهای جدید با تأکید بر زندگی هوشمند. اجلاس ملی عمران، معماری و فناوری اطلاعات در زندگی شهری.
- خلیلیان گورتانی، ابراهیم. (۱۳۹۶). شهر پایدار هوشمند، تهران: نشر جنگل جاودانه، سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری اصفهان.
- خمر، غلامعلی (۱۳۸۵). اصول و مبانی جغرافیای شهری (چاپ اول). تهران: نشر قومس.

دل انگیزان، سهراب، زهرا، دهقان شبانی، خانزادی، آزاد، محمد سعید، ذبیحی‌دان، (۱۳۹۷). تعیین شاخص‌های شهر خلاق و رتبه‌بندی کلان‌شهرهای ایران بر اساس معیارهای شهر خلاق: با استفاده از مدل تاپسیس اصلاح‌شده. اقتصاد شهری، ۸ (۱)، ص ۸۵-۱۰۸.

رضائیان، بیتا و محمدرحیم رهنما، (۱۳۹۳). سنجش میزان پراکنش و فشردگی شکل کلان‌شهرهای ایران با استفاده از مدل‌های کمی. مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۵ (۱۶)، ۸۷-۱۰۷.

رضوی زاده، اعظم سادات و محمدرضا مفیدی، (۱۳۹۷). شهر هوشمند، تهران: نشر سیمای دانش.

رومر، دیوید، ترجمه منصور خلیلی عراقی و علی سوری، (۱۳۹۷). اقتصاد کلان پیشرفته، تهران: نشر نور علم.

رهنما، محمدرحیم، سید مصطفی حسینی و سمیه محمدی حمیدی، (۱۳۹۹). سنجش و ارزیابی شاخص‌های شهر هوشمند در کلان‌شهر اهواز، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، ۵۲ (۲)، ۵۸۹-۶۱۱.

سوری، علی. (۱۳۹۴). اقتصادسنجی پیشرفته، تهران: نشر فرهنگ شناسی.

غیائی، سمیه، سهراب دل انگیزان و محمد شریف کریمی، (۱۴۰۲). رتبه‌بندی کلان‌شهرهای ایران بر اساس شاخص هوشمندی شهری. اقتصاد شهری، ۸ (۱)، ۴۷-۷۰.

قلی‌زاده، علی‌اکبر و صدف صدقی، (۱۳۹۸). بررسی الگوی مشترک شهرهای هوشمند، ششمین کنگره ملی عمران، معماری و توسعه شهری، تهران.

گجراتی، دامودار، ترجمه حمید ابریشمی، (۱۳۸۷). مبانی اقتصادسنجی، انتشارات دانشگاه تهران.

محمدی، جلیل، علیرضا محمدی، عطا غفاری گیلانده و محمدحسن یزدانی، (۱۴۰۰). سنجش تأثیرپذیری شهر از نماگرهای شهر هوشمند (مطالعه موردی: شهر زنجان). پژوهش‌های جغرافیای انسانی، ۵۳ (۲)، ۵۴۳-۵۴۳.

مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، (۱۳۹۵). شهر هوشمند و الزامات قانونی آن، معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی دفتر: مطالعات ارتباطات و فناوری‌های نوین، کد موضوعی: ۲۸۰، شماره مسلسل: ۱۴۹۷۱.

منجذب، محمدرضا و رضا نصرتی، (۱۳۹۷). مدل‌های اقتصادسنجی پیشرفته، تهران: موسسه کتاب مهربان نشر.

نخجیرکان، پویا، متین عاشوری چهارده، نادر زالی، ناصر براتی، درویشی سه تلانی و بابک محمد حسینی، (۱۴۰۲). شناسایی پیشران‌های کلیدی توسعه شهر هوشمند با استفاده از ترکیب روش‌های فراترکیب و ایداس. فصلنامه چشم‌انداز شهرهای آینده، ۴ (۲)، ۱۱-۱۳۱.

منابع خارجی

- Abutabenjeh, S. Nukpezah, J. A. & Azhar, A. (2022). Do smart cities technologies contribute to local economic development? *Economic Development Quarterly*, 36(1), 3-16.
- Baltagi, B. H. (2005). *Econometric Analysis of Panel Data*, New York: John Wiley & Sons Inc, (Eds), New York, USA.
- Baraniewicz-Kotasińska, S. (2022). Smart city. Four approaches to the concept of understanding. *Urban Research & Practice*, 15(3), 397-420.
- Batabyal, A. A. & Nijkamp, P. (2019). Creative capitals, information and communication technologies, and economic growth in smart cities. *Economics of Innovation and New Technology*, 28(2), 142-155.
- Batty and others (2012), Smart cities of the future, *THE EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL SPECIAL TOPICS*.
- Berry, C.R. Glaeser, E.L. "The Divergence of Human Capital Levels Across Cities," *Papers in Regional Science* 84:3 (2005) 407-444.
- Budde, Paul (2014), Smart Cities of Tomorrow, *Cities for Smart Environmental and Energy Futures*, Energy Systems.
- Caragliu, A. & Del Bo, C. (2018). Much ado about something? An appraisal of the relationship between smart city and smart specialisation policies. *Tijdschrift voor economische en sociale geografie*, 109(1), 129-143.
- Caragliu, A. & Del Bo, C. F. (2016). Do smart cities invest in smarter policies? Learning from the past, planning for the future. *Social Science Computer Review*, 34(6), 657-672.

- Caragliu, A. & Del Bo, C. F. (2019). Smart innovative cities: The impact of Smart City policies on urban innovation. *Technological Forecasting and Social Change*, 142, 373-383.
- Caragliu, A. and Del Bo, C.F. (2022), "Smart cities and urban inequality", *Regional Studies*, Vol. 56. No. 7, pp. 1097-1112.
- Caragliu, A. Del Bo, C. & Nijkamp, P. (2011). Smart cities in Europe. *Journal of urban technology*, 18(2), 65-82.
- Chen, B. & Woo, Y. P. (2010). Measuring Economic Integration in the Asia-Pacific Region: A Principal Components Approach. *Asian Economic Papers*, 9(4), 121-143.
- Christofi, M. Iaia, L. Marchesani, F. and Masciarelli, F. (2021), "Marketing innovation and internationalization in smart city development: a systematic review, framework and research agenda", *International Marketing Review*, Vol. 38 No. 5, pp. 948-984.
- Dawes, S. S. Cresswell, A. M. & Pardo, T. A. (2009). From "need to know" to "need to share": Tangled problems, information boundaries, and the building of public sector knowledge networks. *Public Administration Review*, 69(3), 392-402.
- FABRÈGUE, B. F. & BOGONI, A. (2024). Assessing quality of life in German, French, Italian and Polish smart cities: Identifying the need for further development. *Smart Cities and Regional Development (SCRD) Journal*, 8(1), 131-152.
- Florida, R. Adler, P. Mellander, C. 2017. The city as innovation machine. *Reg. Stud.* 51(1), 86-96. *Taylor & Francis*.
- Geurs, K. T. and B. van Wee (2004). "Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions", *Journal of Transport geography* 12 (2): 127-140.
- Giffinger, R. Haindlmaier, G. & Kramar, H. (2010). The role of rankings in growing city competition. *Urban research & practice*, 3(3), 299-312.
- Greene, W. H. (2012). *Econometric analysis* (7th ed). Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Gujarati, D (1995), "Basic Econometrics" 3rd Edition, McGraw Hill, New York, USA.
- Hawkins C. V. Kwon S.W. & Bae J. (2016). Balance between local economic development and environmental sustainability: A multi-level governance perspective. *International Journal of Public Administration*, 39(11), 803-811.
- Hitachi Company. (2009). *The Committee of Digital and Knowledge based Cities of UCLG*.
- Huang, W. Huang, Y. Lin, S. Chen, Z. Gao, B. & Cui, S. (2018). Changing urban cement metabolism under rapid urbanization – A flow and stock perspective. *Journal of Cleaner Production*, 173, 197-206.
- Ismailova, E. Hughes, L. Dwivedi, Y. K. Raman, K. R. (2019). Smart cities: Advances in research-An information systems perspective. *International Journal of Information Management*. 47(2019): 88 - 100.
- Kézai, P. K. Fischer, S. Lados, M. (2020). Smart Economy and Startup Enterprises in the Visegrád Countries - A Comparative Analysis Based on the Crunchbase Database. *Smart Cities*. 3(4): 1477 - 1494.
- Kourtit, K. & Nijkamp, P. (2012). Smart cities in the innovation age. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, 25(2), 93-95.
- Kourtit, K. Nijkamp, P. & Arribas, D. (2012). Smart cities in perspective—a comparative European study by means of self-organizing maps. *Innovation: The European journal of social science research*, 25(2), 229-246.
- Kozłowski, W. Suwar, K. (2021). Smart City: Definitions, Dimensions, and Initiatives. *European Research Studies Journal*. 24(3): 509 - 520.
- Kumar H, Singh MK, Gupta M, Madaan J (2020) Moving towards smart cities: solutions that lead to the smart city transformation framework. *Technol Forecast Soc Chang* 153:119281.
- Kumar, T. V. & Dahiya, B. (2017). Smart economy in smart cities. *Smart economy in smart cities*, 14-76.
- Kummitha, R.K.R. Crutzen, N. 2019. Smart cities and the citizen-driven internet of things: a qualitative inquiry into an emerging smart city. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 140, 44-53. *Elsevier*.
- Levin, A. Lin, C. F. & Chu, C. S. J. (2002). Unit Root Tests in Panel Data: Asymptotic and Finite-Sample Properties". *Journal of Econometrics*, 108, 1-24.
- Lv, R. & Gao, H. (2023). Effects of smart city construction on employment: mechanism and evidence from China. *Empirical Economics*, 65(5), 2393-2425.
- Manville, C. Cochrane, G. Jonathan, C. A. V. E. Millard, J. Pederson, J. K. Thaarup, R. K. ... & WiK, M. W. (2014). Mapping smart cities in the EU. England: *European Parliament*.

- Marchesani, F. Masciarelli, F. & Bikfalvi, A. (2023). Smart city as a hub for talent and innovative companies: Exploring the (dis) advantages of digital technology implementation in cities. *Technological Forecasting and Social Change*, 193, 122636.
- Mokarrari, K. R. & Torabi, S. A. (2021). Ranking cities based on their smartness level using MADM methods. *Sustainable Cities and Society*, 72, 103030.
- Mutule, A. Teremranova, J. Antoskovs, N. (2018). Smart City through a Flexible Approach to Smart Energy. *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*. 55(1): 3 - 14.
- Nations, U. (2021). The 17 Goals | *Sustainable Development*.
- Paskaleva, K. Cooper, I. 2018. Open innovation and the evaluation of internet-enabled public services in smart cities. *Technovation* 78 (July), 4–14.
- Patrão, C. Moura, P. & Almeida, A. T. d. (2020). Review of Smart City Assessment Tools. *Smart Cities*, 3(4), 1117-1132.
- Pittaway, J.J. Montazemi, A.R. 2020. Know-how to lead digital transformation: the case of local governments. *Gov. Inf. Q.*
- Sassen, Saskia (2005), The Global City: introducing a Concept, *the Brown Journal of World Affairs*, VOLUME XI, ISSUE 2.
- Shapiro, J. M. (2006). Smart cities: quality of life, productivity, and the growth effects of human capital. *The review of economics and statistics*, 88(2), 324-335.
- Taş, M. A. & Alptekin, S. E. (2023). Evaluation of major cities in terms of smart cities: A developing country perspective. *Procedia Computer Science*, 225, 1717-1726.
- Toppeta, D. 2010, The Smart City Vision: How Innovation and ICT Can Build Smart, “Livable”, Sustainable Cities. *The innovation knowledge foundation*, 5(1), 1-9.
- Treiblmaier, H. Rejeb, A. Strebing, A. (2020). Blockchain as a Driver for Smart City Development: Application Fields and a Comprehensive Research Agenda. *Smart Cities*. 3(3): 853 - 872.
- Wirsinna, A. & Grega, L. (2021). Assessment of economic benefits of smart city initiatives. *Cuadernos de Economía*, 44(126), 45-56.
- Zhao, X. B. Chan, C. K. & Sit, T. O. (2003). Globalization and the Dominance of Large Cities in Contemporary China. *Printed In Great Britain. Cities*, 20(4), 265-278.
- Zygiaris, S. 2013. Smart city reference model: assisting planners to conceptualize the building of smart city innovation ecosystems. *J. Knowl. Econ.* 4 (2), 217–231.