پژوهش و فناوری محیط‌زیست، ۱۴۰۳،(۱۵)۹، ۱۳۱-۱۴۸

پژوهشکده محیط زیست

پژوهش و فناوری محیط زیست

وبگاه نشریه: www.journal.eri.acecr.ir

شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۳۰۶۰

تأثیر پیشرفت فناوری و کیفیت نهادی بر پایداری محیط‌زیستی و اجتماعی شهر تهران در عصر دیجیتال

نوید آهنگری[۱*]، منصور سلیمانی[۲]، غفورشیخی[۳]

۱- دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

۲- دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، پژوهشگر حکمرانی در مدرسه عالی حکمرانی شهید بهشتی

۳- دکتری جامعه شناسی، دانشیار وزارت آموزش و پرورش

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۲/۱۲/۱۲

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۳/۰۷/۰۳

دسترسی آنلاین:
۱۴۰۳/۰۸/۳۰

کلید واژه‌ها:
پیشرفت فناوری، کیفیت نهادی، پایداری محیط زیستی، پایداری اجتماعی، شهر تهران.

چکیده

افزایش چالش‌های محیط زیستی و اجتماعی، سیاست‌گذاران شهری در سراسر جهان را ایجاب کرده که به دنبال راه‌حلی بهینه برای سوق‌دادن شهرها به بعد جدیدی برای برآوردن نیازهای آینده باشند. در این گذار، پیشرفت تکنولوژیکی و کیفیت نهادی به‌عنوان راه‌حل‌های قابل‌اجرا برای تضمین توسعه پایدار شهری، پدیدار است. پژوهش حاضر با هدف تأثیر پیشرفت فناوری و کیفیت نهادی بر پایداری محیط زیستی و اجتماعی شهر تهران در عصر دیجیتال تدوین شده است. روش پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از لحاظ نوع، پژوهش توصیفی - تحلیلی می‌باشد. روش جمع‌آوری داده‌ها به دو شیوه کتابخانه‌ای و پیمایشی بود. ابزار گردآوری داده‌ها، پرسش‌نامه استاندارد پیشرفت فناوری، کیفیت نهادی، پایداری محیط‌زیستی و پایداری اجتماعی در نظر گرفته شد. جامعه آماری کلیه خبرگان در حوزه معماری، برنامه‌ریزی شهری، اکولوژی، اقتصاد و جامعه‌شناسی بود که حجم نمونه ۹۶ عدد انتخاب شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون فریدمن و روش مدل‌سازی معادلات ساختاری (PLS) استفاده شده است. نتایج توصیفی نشان داد که میانگین متغیرهای پیشرفت فناوری (۲/۸۸) در سطح نیمه‌پایدار، کیفیت نهادی (۳/۹۶)، پایداری محیط‌زیستی (۳/۵۵) و پایداری اجتماعی (۳/۶۳) در سطح پایدار تعیین شده است. نتایج استنباطی بیانگر این است که تأثیر پیشرفت فناوری بر پایداری محیط زیستی و پایداری اجتماعی مستقیم و معنای دار بود. همچنین، تأثیر کیفیت نهادی بر پایداری محیط زیستی و پایداری اجتماعی مستقیم و معنی‌دار به‌دست آمد. بنابراین، اولویت قرار دادن حوزه فناوری و کیفیت نهادی شهری می‌تواند به بهبود برنامه‌ریزی و فرایند تصمیم‌گیری منجر شده و در نهایت به تسهیل پایداری محیط زیستی و اجتماعی در شهر تهران کمک کند.

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: std_navid.ahangari@alumni.khu.ac.ir

Journal of Environmental Research and Technology, 9(15)2024. 131-148

Journal of Environmental Research and Technology

journal homepage: www.journal.eri.acecr.ir

Environmental Research institute

Online ISSN: 3060-2676

The Impact of Technological Advancement and Institutional Quality on the Environmental and Social Sustainability of Tehran in the Digital Age

Navid Ahangari[1*] Mansoor Soleimani[2] Ghafoor Shikhi[3]

1- PhD in Geography and Urban Planning, Kharazmi University, Tehran, Iran
2- PhD in Geography and Urban Planning, Governance researcher at Shahid Behshti Supreme School of Governance
3- PhD in Sociology, Associate Professor, Ministry of Education

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received:
02/03/2024
Accepted:
24/09/2024
Available online:
20/11/2024

Keywords:
Advancement of technology, Institutional quality, Environmental Sustainability, Social sustainability, Tehran

Abstract

Increasing environmental and social challenges have prompted urban policymakers worldwide to seek optimal solutions for propelling cities towards a new paradigm to meet future needs. In this transition, technological advancement and institutional quality emerge as actionable solutions to ensure sustainable urban development. The present study was compiled with the aim of the impact of technological progress and institutional quality on the environmental and social sustainability of Tehran in the digital age. The research method is applicational in terms of purpose and descriptive-analytical in terms of type. The data collection tools include standard questionnaires on technological advancement, institutional quality, environmental sustainability, and social sustainability. The statistical population was all experts in the fields of architecture, urban planning, ecology, economics and sociology, and the sample size was selected 96 numbers. Friedman test and Partial Least Squares (PLS) structural equation modelling are utilized for data analysis. Descriptive results indicated that the mean variables of technological advancement (2.88) are at a semi-stable level, while institutional quality (3.96), environmental sustainability (3.55), and social sustainability (3.63) are determined at a stable level. Inferential results indicate that the impact of technological progress on environmental sustainability and social sustainability was direct and meaningful. Also, the impact of institutional quality on environmental sustainability and social sustainability was obtained directly and meaningfully. Therefore, prioritizing the field of technology and urban institutional quality can lead to improve planning and decision-making processes, ultimately facilitating environmental and social sustainability in Tehran.

* Corresponding author E-mail address: std_navid.ahangari@alumni.khu.ac.ir

مقدمه

پایداری محیط زیستی و اجتماعی در شهرها به ویژه در عصر حاضر، به یکی از چالش‌های اصلی برای دولت‌ها و محققان تبدیل شده است. با افزایش شهرنشینی و رشد سریع جمعیت، شهرها به کانون‌های فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی تبدیل شده‌اند، اما این روند همراه با خطرات محیطی و اجتماعی نیز بوده است. در این میان، پیشرفت فناوری و کیفیت نهادها به عنوان دو عامل کلیدی در ارتقای پایداری محیط زیستی و اجتماعی شناخته می‌شوند. فناوری‌های نوین می‌توانند به بهینه‌سازی منابع، کاهش آلودگی و بهبود کیفیت زندگی کمک کنند، در حالی که نهادهای قوی و کارآمد می‌توانند سیاست‌ها و برنامه‌های لازم برای تحقق این اهداف را طراحی و اجرا کنند. به‌ویژه در شهر تهران، تعامل این دو عامل می‌تواند به حل مشکلات پیچیده محیطی و اجتماعی کمک کرده و به سمت توسعه پایدار هدایت کند.

افزایش فعالیت‌های اقتصادی و توسعه‌ای کشورها، شهرها را در برابر مخاطرات محیطی آسیب‌پذیر کرده است (Dur´an-Romero et al., 2020). شهرنشینی یکی از دلایلی است که این خطرات محیطی را افزایش داده و باعث شده که دولت‌ها به اهمیت شهرها در مبارزه با تغییرات محیطی پی ببرند (Smith and Lobo, 2019). در این راستا، ۶۶ درصد از جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ در شهرها زندگی خواهند کرد که چالش‌های پایداری محیط زیستی و اجتماعی زندگی مردم را به همراه خواهد داشت (OECD, 2012). بر این اساس، محققان و سیاست‌گذاران مختلف تلاش کرده‌اند که ابزارها و روش‌هایی را برای کاهش اثرات فزاینده محیط زیستی و تضمین پایداری اجتماعی پیدا کنند. اخیراً، فناوری‌های پیشرفته، برای مبارزه با چالش‌های پایداری اجتماعی و محیط زیستی در راستای بهبود بهره‌وری انرژی و کاهش سایر اثرات زیان‌بار محیط زیستی در سطح شهرها، پدیدار شده‌اند. چنین فناوری‌هایی سازگار با محیط‌زیست و منابع کارآمد هستند و بر رفاه شهروندان تأثیر مثبت می‌گذارند (Esses et al., 2021). پیشرفت فناوری، مدیریت ساختارهای پیچیده از ترافیک تا شبکه‌های توزیع را پشتیبانی می‌کند و در نهایت توسعه پایدار محیط زیستی و اجتماعی در شهرها را تضمین می‌کند (Wang et al., 2021).

پیشرفت فناوری و پایداری جنبه‌های مهمی برای کسب‌وکارها، نهادها و محیط‌های شهری است. افزایش مداوم زباله‌های محیط زیستی و کمبود منابع طبیعی بر نهادها و مؤسسات فشار وارد می‌کند تا اهداف سازمانی، اقتصادی و محیط زیستی خود را با حفظ محیط‌زیست برای بقای بشریت هماهنگ کنند (ElMassah and Mohieldin, 2020). دستور کار اصلی پایداری محیط زیستی، کمک به دستیابی به اهداف اقتصادی و اجتماعی، بدون آسیب رساندن به محیط‌زیست و حفظ نظم طبیعی برای نسل‌های آینده است. پیشرفت فناوری یک پدیده نوظهور است که با کمک فن آوری‌های پیشرفته، کارایی تولید، عملیاتی و خدماتی را تسریع می‌کند (Ali et al., 2022). این فناوری‌ها کسب‌وکارها را متحول کرده و به حفاظت از محیط‌زیست کمک می‌کنند. از زمان انقلاب صنعتی، پیشرفت فناوری همیشه نیازمند نیروی کار ماهرتر بوده است، در نتیجه فرصت‌های شغلی بیشتری ایجاد کرده و به بهبود جنبه‌های اجتماعی یک کشور کمک می‌کند (Balsmeier and Woerter, 2019)؛ بنابراین، فناوری نقش مهمی در تغییر ساختار اجتماعی - اقتصادی و محیطی کشورها ایفا کرده است. ازاین‌رو، نرخ توسعه و استقرار مؤثر فناوری، نوآوری‌ها و ابتکارات را در محیط‌های اجتماعی افزایش می‌دهد (Gouvea et al., 2018).

یکی دیگر از عوامل مهم در مقابله با بحران محیط‌زیست، نهادها هستند. نهادها نقش اساسی در شکل‌دهی شرایط محیطی و اجتماعی ایفا می‌کنند و به‌عنوان عامل اصلی برای توسعه و ترویج شیوه‌های محیط‌زیستی پایدار در سطوح داخلی و بین‌المللی معرفی شده‌اند (Wu, 2017). نهادها، پایداری اجتماعی را هدایت می‌کنند، زیرا به‌طور مستقیم بر بازار کار تأثیر می‌گذارند (Agovino et al., 2019). نهادها مسئول رشد اقتصادی هستند و به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر اشتغال تأثیر می‌گذارند و در

نتیجه بر رشد اجتماعی در اقتصاد اثرگذار هستند. در مناطقی که از نظر اقتصادی کمتر توسعه یافته‌اند، به نهادهای قوی نیاز است تا با ایجاد فرصت‌های شغلی بیشتر و کمک به ریشه‌کنی فقر، سیاست‌های مناسب را برای ارتقای پایداری اجتماعی ایجاد کنند (Abid et al., 2022).

نهادها در یک کشور مسئول رفاه اجتماعی - اقتصادی مردم ساکن در آن کشور تلقی می‌شوند و با سیستمی از قوانین و مقررات، توسعه پایدار را در بخش‌های مختلف تضمین می‌کنند (Wu, 2017). بر این اساس، توسعه پایدار اجتماعی در شهرها زمانی اتفاق می‌افتد که فرایندها، سیستم‌ها، ساختارها و روابط رسمی و غیررسمی در یک جامعه به طور فعال درگیر و حمایت از رفاه نسل فعلی و آینده برای ایجاد جوامع و نظم اجتماعی بهتر باشد (Pol`ese et al., 2000). هدف پایداری اجتماعی بدون تدوین و اجرا توسط نهادها و بازیگران نهادی در سراسر شهرها بیهوده است. نهادها زمانی مؤثر هستند که به‌درستی بر سازمان‌های اجتماعی فشار بیاورند تا اقدامات خود را محدود کنند، ساختار را در درازمدت از نظر اجتماعی سودمندتر کنند و انطباق با اهداف نهادی مرکزی را اعمال کنند. علی‌رغم اهمیت پایداری اجتماعی در مقیاس جهانی، شکاف قابل‌توجهی در تحقیقات تجربی در مورد ابعاد اجتماعی وجود دارد (Kelling et al., 2021).

چند دهه است که آلودگی محیط‌زیست یک نگرانی جهانی است. سیاست‌گذاران در سراسر جهان در تلاش هستند تا راه‌حلی برای این بحران بیابند. اجرای قوانین و مقررات محیط زیستی، مستلزم مشارکت نهادی کافی است (Abid et al., 2021). نهادها باید عناصری را کنترل کنند تا رشد اقتصادی و پایداری محیط‌زیست را متعادل کنند. لاو و همکاران[1](۲۰۱۴)، بیان کردند که صرف نظر از رشد اقتصادی، کیفیت نهادی، محرک اصلی ارتقاء کارایی محیط زیستی و در عین حال توسعه، اهداف اقتصادی است (Azam et al., 2021)؛ بنابراین، توانایی سیاست‌ها و ابتکارات پایداری محیط زیستی برای دستیابی به هدف، بستگی به محیط و فرآیند نهادی دارد که منجر به تدوین سیاست، فرآیند و مقررات در یک اقتصاد خاص می‌شود (Jacobsson and Lauber, 2006). علم و علی‌شاه[2](۲۰۱۳)، در این زمینه بیان کردند که عوامل نهادی تضمین کننده دستیابی به اهداف نهایی پایداری محیط زیستی است و با گذشت زمان منجر به بهره‌وری محیط زیستی می‌شود (Riti et al., 2021). به گفته ادوم و همکاران[3](۲۰۱۸)، در صورتی می‌توان پایداری محیط زیستی را تضمین کرد که نهادها، برنامه‌ها و سیاست‌های محیط زیستی مناسبی را برای تقویت مکانیسم‌های اجرا و بازخورد، افزایش آگاهی مردم و مشارکت دادن آنها در فرایندهای توسعه شهری تخصیص دهند.

در ارتباط با موضوع موردمطالعه تحقیقات تجربی زیادی صورت‌گرفته است از جمله: وو و تام[4](۲۰۲۳)، در پژوهشی با روش مدل‌سازی معادلات ساختاری، به این نتیجه دست یافتند که مقررات محیط زیستی می‌تواند نوآوری‌های فن آوری را باهدف ارتقای توسعه پایدار تحریک کرده و تاب‌آوری شرکت‌ها را تقویت کند. لو و همکاران[5](۲۰۲۳)، در مطالعه‌ای با استفاده از تخمین‌گر CUP-FM، به این نتیجه دست یافتند که ادغام پیشرفت‌های فناوری در سوخت‌های فسیلی با استفاده از داده‌های بزرگ، بهبود در رشد پایدار شرکت‌ها را ایجاد می‌کند. یولا و همکاران[6](۲۰۲۳)، در مطالعه‌ای با استفاده از رویکردهای علیت، نشان دادند که توسعه مالی تأثیر منفی بر پایداری محیطی دارد، درحالی‌که نوآوری‌های تکنولوژیکی جهانی، مصرف انرژی

[1] - Lau et al
[2] - Alam and Ali Shah
[3] - Adom et al
[4] - Wu and tham
[5] - lu et al
[6] - ullah et al

تجدیدپذیر کیفیت محیطی را تقویت می‌کنند. آگبولا و همکاران[۷](۲۰۲۳)، در پژوهشی با استفاده از مدل‌سازی معادلات، نشان دادند که فناوری اطلاعات و ارتباطات رابطه مثبتی با پایداری شهری هوشمند دارد. جیانگ و همکاران[۸](۲۰۲۳)، در پژوهشی با استفاده از مدل تفاوت در تفاوت (DID) به این نتیجه دست یافتند که تحول دیجیتال شهری به طور قابل‌توجهی پایداری منابع شهری را افزایش می‌دهد. امین و همکاران[۹](۲۰۲۳)، در پژوهشی با استفاده از تکنیک‌های پانل نسل دوم[۱۰]نشان دادند که نوآوری‌های فن‌آوری سبز و انرژی‌های تجدیدپذیر انتشار CO2 را به ترتیب کاهش می‌دهند، درحالی‌که کیفیت نهادی و عوامل اقتصادی و اجتماعی تأثیر مثبتی بر محیط‌زیست دارند. رایحان و همکاران[۱۱](۲۰۲۲)، در پژوهشی با روش حداقل مربعات معمولی پویا (DOLS) به این نتیجه دست یافتند که انرژی‌های تجدیدپذیر و نوآوری‌های تکنولوژیکی، می‌تواند بهبود پایداری محیط زیستی را فراهم کند. خادمی و همکاران (۱۴۰۰)، در پژوهشی با استفاده از سناریو آینده پژوهشی، به این نتیجه دست یافتند که کلان‌شهرهای ایران در زمینه‌های اجتماعی، نهادی و اقتصادی با ناپایداری مواجه هستند. حشمتی جدید و همکاران (۱۳۹۹)، در مقاله‌ای با روش توصیفی تحلیلی نشان دادند که ظرفیت نهادی، اثر زیادی بر تاب‌آوری سامانه شهر تهران در برابر بحران دارد. ریاحی و همکاران (۱۳۹۸)، در پژوهشی با روش حداقل مربعات جزئی، نشان دادند که نهادهای غیررسمی و رسمی تاثیر معناداری بر پایداری اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی سیستم‌های انرژی دارند. مؤمنی و همکاران (۱۳۹۵)، در پژوهشی با استفاده از معادلات ساختاری (PLS)، نشان دادند که توجه به نوآوری نهادی می‌تواند علاوه بر تاثیر مستقیم بر دستیابی به توسعه پایدار از طریق تاثیرگذاری بر سایر متغیرهای مهمی چون توسعه فناوری نیز به طور غیرمستقیم، فرایند توسعه پایدار را تسهیل نماید. نتایج حاصل از مرور ادبیات پژوهش نشان می‌دهد که پیشرفت فناوری تأثیر مثبتی بر پایداری محیط زیستی و اجتماعی دارد. همچنین، کیفیت نهادی و نقش سازمان‌ها و سیاست‌های عمومی در این زمینه تأثیرگذار است. با توجه به تحلیل‌های ارائه شده، می‌توان نتیجه گرفت که این دو عامل می‌توانند بهبود و تحقق توسعه پایدار در دوران دیجیتال را تسهیل کنند.

شهر تهران به عنوان مرکز اقتصادی، اجتماعی ایران و به عنوان یکی از شهرهای پرجمعیت جهان، در مواجهه با چالش‌ها و فرصت‌های منحصر به فرد خود، می‌تواند به‌عنوان یک مطالعه موردی مفید برای بررسی تأثیر پیشرفت فناوری و کیفیت نهادی بر پایداری محیط زیستی و اجتماعی مورد بررسی قرار گیرد. چالش‌هایی نظیر ناکافی بودن زیرساخت‌ها، نقص در مدیریت مواد زائد جامد و تضادها در سیاست‌های شهری ممکن است به پایداری محیط زیستی و اجتماعی زندگی در این شهر آسیب برساند. این تضادها نشان‌دهنده نیاز به یک نظام نهادی مؤثر و هماهنگ برای مدیریت جامع تحولات شهری است. در این راستا تحولات فناوری به عنوان یکی از عوامل اساسی در تغییر شکل شهر تهران مطرح بوده است. همچنین، کیفیت نهادی و نحوه مدیریت آن‌ها نیز به عنوان یک عامل مؤثر در تعیین سطح پایداری محیط زیستی و اجتماعی آن، اهمیت وضرورت زیادی پیدا کرده است. بر این اساس هدف این پژوهش، بررسی تأثیر پیشرفت فناوری و کیفیت نهادی بر پایداری محیط زیستی و اجتماعی است. به‌طور خاص، این مطالعه به تأیید تأثیر مثبت و معنادار پیشرفت فناوری بر پایداری محیط زیستی و اجتماعی می‌پردازد و همچنین تأثیر کیفیت نهادی بر این دو بعد پایداری را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. در نهایت، اهداف پژوهش شامل شناسایی و تأیید این تأثیرات به منظور ارتقاء کارایی مدیریت منابع و بهبود کیفیت زندگی شهروندان است.

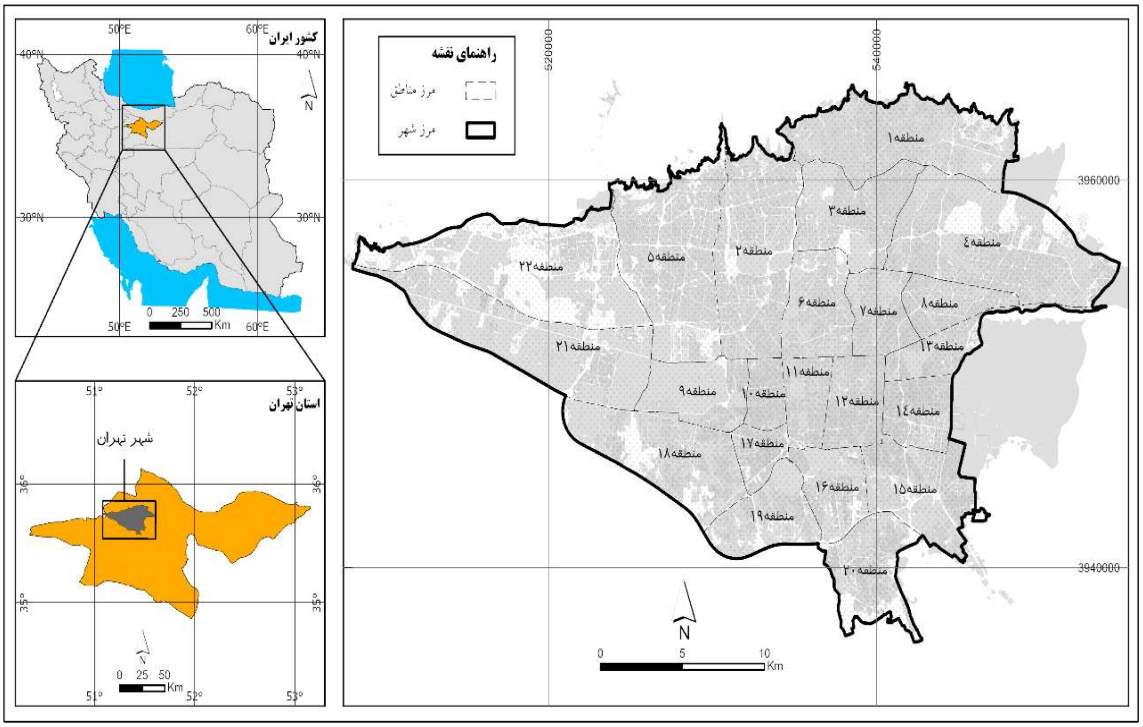
---

[7] - agboola et al
[8] - jiang et al
[9] - amin et al
[10] - second-generation panel techniques
[11] - Raihan et al

مواد و روش‌ها

قلمرو پژوهش

قلمرو زمانی این پژوهش سال ۱۴۰۲ و قلمرو مکانی آن شهر تهران است (شکل۱). این شهر با وسعتی بالغ بر ۷۳۳ کیلومتر مربع در ۵۱ درجه، ۲ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی، ۳۵ درجه، ۳۴ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۰ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. جمعیت آن بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵ بیش از ۷۰۶۶۹۳۸ نفر و مساحت آن ۷۳۰ کیلومترمربع است. تقسیمات فضایی شهر تهران مشتمل بر ۲۲ منطقه، ۱۳۴ ناحیه و ۳۷۴ محله است (مشکینی و همکاران، ۱۳۹۸)



شکل(۱) موقعیت جغرافیایی شهر تهران

روش‌شناسی

پژوهش حاضر از نظر شیوه گردآوری داده از نوع تحقیقات نیمه‌تجربی و با استراتژی پس‌رویدادی، از لحاظ نوع پژوهش توصیفی - تحلیلی و از شاخه تحلیل مسیر محسوب می‌شود. از نظر زمانی، یک نوع پژوهش مقطعی می‌باشد. جامعه آماری این پژوهش کلیه خبرگان (معماران، برنامه‌ریزان شهری، بوم شناسان، اقتصاددانان وجامعه شناسان) می‌باشد که حجم نمونه با توجه به قابل پیش‌بینی نبودن جامعه آماری در مقطع زمانی پژوهش، به روش کوکران بدون N، ۹۶ نمونه انتخاب شده است (رابطه ۱).

$$N = \frac{t^2 pq}{d^2 + t^2 pq} = \frac{(1.96)^2(0.05)(0.05)}{(0.05)+(1.96)^2(0.05)(0.05)} = 96 \qquad (۱)$$

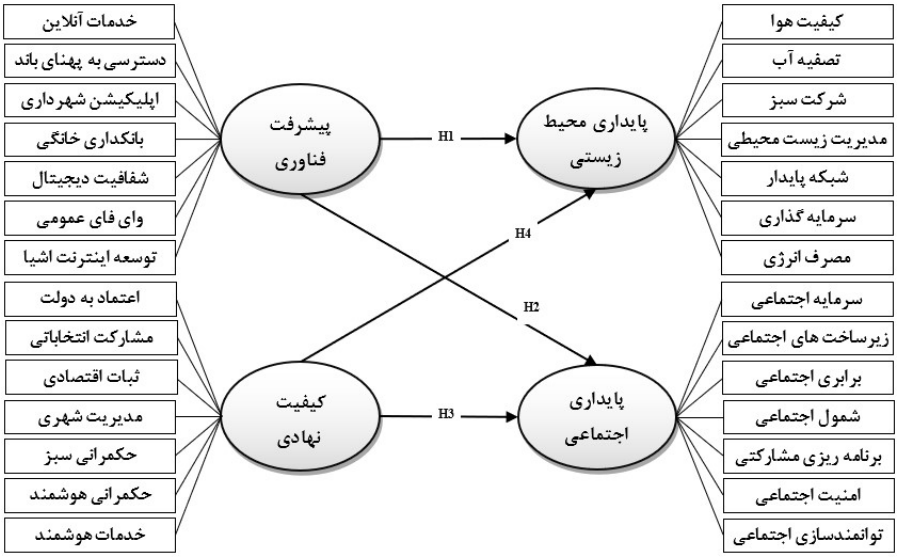
متغیرهای پژوهش شامل پیشرفت فناوری بر اساس مطالعه استاندارد آبید و همکاران[۲](۲۰۲۲) در ۷ مؤلفه ۳۰ معیار و متغیر کیفیت نهادی بر اساس مطالعه استاندارد آبید و همکاران (۲۰۲۲) در۷ مؤلفه و ۳۲ معیار به عنوان متغیرهای مستقل تعیین شده است. همچنین، متغیر پایداری محیط زیستی بر اساس مطالعه استاندارد اهل و همکاران[۳](۲۰۲۲) در ۷ مؤلفه و ۲۱ معیار و متغیر پایداری اجتماعی بر اساس مطالعه استاندارد سوگاندا و همکاران[۴](۲۰۲۲) در ۵ مؤلفه و۲۰ معیار به عنوان متغیرهای وابسته بر اساس جدول (۱) و شکل (۲) تعریف عملیاتی شده است. مقیاس تحلیل بر اساس طیف پنج سطح کاملاً ناپایدار (دامنه ۱/۵-۱)، ناپایدار (دامنه۲/۵-۱/۵۱)، نیمه پایدار (دامنه۳/۵-۲/۵۱)، پایدار (دامنه۴/۵-۳/۵۱) و کاملاًپایدار (دامنه ۵-۴/۵۱) تنظیم‌شده است. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها در بخش توصیفی از شاخص‌های تمایل به مرکز (میانگین و توزیع‌های فراوانی) و شاخص‌های پراکندگی (دامنه تغییرات، انحراف معیار و ضریب پراکندگی) استفاده‌شده است. در بخش استنباطی از آزمون ناپارامتریک فریدمن و روش مدل‌سازی معادلات ساختاری از رویکرد حداقل مربعات جزئی (PLS) استفاده‌شده است. رویکرد SMARTPLS در دو مرحله برای پژوهش حاضر انجام‌شده است: مدل‌های اندازه‌گیری شامل ضرایب بارهای عاملی، ضریب آلفای کرونباخ، پایایی ترکیبی، روایی همگرا و روایی واگرا و مدل‌های ساختاری شامل ضرایب معیار (R^2) و معیار استون-گیزر (Q^2) و ضرایب معنی داری (t) (Hair et al., 2019).

جدول (۱) متغیرها و مؤلفه‌های پژوهش

متغیر	مؤلفه	متغیر	مؤلفه
پیشرفت فناوری	خدمات آنلاین	پایداری محیط زیستی	کیفیت هوا
	دسترسی به پهنای باند		تصفیه آب
	اپلیکیشن شهرداری		شرکت سبز
	گسترش بانکداری خانگی		مدیریت محیط زیستی
	شفافیت دیجیتال		شبکه پایدار
	وای فای عمومی		سرمایه گذاری فتوولتائیک
	توسعه اینترنت اشیا		مصرف انرژی
کیفیت نهادی	اعتماد به دولت	پایداری اجتماعی	سرمایه اجتماعی
	مشارکت انتخاباتی		زیرساخت اجتماعی
	ثبات اقتصادی		برابری اجتماعی
	مدیریت شهری		شمول اجتماعی
	حکمرانی سبز		برنامه‌ریزی مشارکتی
	حکمرانی هوشمند		امنیت اجتماعی
	خدمات هوشمند		توانمندسازی اجتماعی

(Abid et al., 2022; Ahl etal., 2022; Sugandha et al., 2022)

[1] - Abid et al [2]
[1] -Ahl etal [3]
[1] -Sugandha et al [4]



شکل(۲) مدل مفهومی پژوهش

(Abid et al., 2022; Ahl etal., 2022; Sugandha et al., 2022)

یافته‌های پژوهش

تحلیل توصیفی متغیرهای پژوهش: سنجش متغیرهای مستقل (پیشرفت فناوری و کیفیت نهادی) از طریق دامنه‌های میانگین (۱تا۱/۵ کاملاً ناپایدار، ۱/۵۱ تا ۲/۵ ناپایدار، ۲/۵۱ تا ۳/۵ نیمه پایدار، ۳/۵۱ تا ۴/۵ پایدار و ۴/۵۱ تا ۵ کاملاً پایدار) انجام‌شده است. نتایج با توجه به جدول (۲) نشان داد که وضعیت متغیر پیشرفت فناوری با توجه به میانگین (۲/۸۸) در دامنه۲/۵۱ تا ۳/۵ یعنی سطح نیمه پایدار قرار دارد. وضعیت متغیر کیفیت نهادی با توجه به میانگین (۳/۹۶) در دامنه۳/۵۱ تا ۴/۵ یعنی سطح پایدار قرار دارد. همچنین، کمترین پراکندگی در بین مؤلفه‌ها مرتبط به مؤلفه ثبات اقتصادی (۱۳/۵۸درصد) و بیشترین پراکندگی در بین مؤلفه‌ها مرتبط به مؤلفه اپلیکیشن شهرداری (۳۴/۲۴ درصد) می‌باشد.

جدول(۲) توزیع مقادیر متغیر و مؤلفه‌های مستقل پژوهش

متغیر	مؤلفه	میانگین		انحراف استاندارد	ضریب پراکندگی	دامنه تغییرات		وضعیت نهایی	
پیشرفت فناوری	خدمات آنلاین	۲/۷۵	۲/۸۸	۰/۸۸۳	۳۰/۲۹	۳/۵ - ۲/۵۱	۵/۸ - ۵/۱	نیمه پایدار	نیمه پایدار
	دسترسی به پهنای باند	۲/۸۱		۰/۹۴۴	۳۳/۵۹	۳/۵ - ۲/۵۱		نیمه پایدار	
	اپلیکیشن شهرداری	۲/۷۱		۰/۹۲۸	۳۴/۲۴	۳/۵ - ۲/۵۱		نیمه پایدار	
	بانکداری خانگی	۲/۹۸		۰/۹۴۰	۳۱/۵۴	۳/۵ - ۲/۵۱		نیمه پایدار	
	شفافیت دیجیتال	۳/۰۲		۰/۹۸۴	۳۲/۵۸	۳/۵ - ۲/۵۱		نیمه پایدار	
	وای فای عمومی	۳/۰۱		۰/۹۶۸	۳۲/۱۵	۳/۵ - ۲/۵۱		نیمه پایدار	
	توسعه اینترنت اشیا	۲/۹۰		۰/۹۰۰	۳۱/۰۳	۳/۵ - ۲/۵۱		نیمه پایدار	
کیفیت نهادی	اعتماد به دولت	۳/۷۲	۳/۹۶	۱	۲۶/۸۸	۴/۵ - ۳/۵۱	۵/۸ - ۵/۱	پایدار	پایدار
	مشارکت انتخاباتی	۳/۹۸		۰/۶۳۲	۱۵/۸۷	۴/۵ - ۳/۵۱		پایدار	
	ثبات اقتصادی	۴/۰۵		۰/۵۵۰	۱۳/۵۸	۴/۵ - ۳/۵۱		پایدار	
	مدیریت شهری	۴/۱۶		۰/۶۲۱	۱۴/۹۲	۴/۵ - ۳/۵۱		پایدار	
	حکمرانی سبز	۳/۸۲		۱/۰۳	۲۶/۹۶	۴/۵ - ۳/۵۱		پایدار	
	حکمرانی هوشمند	۳/۹۹		۰/۸۰۱	۲۰/۰۷	۴/۵ - ۳/۵۱		پایدار	
	خدمات هوشمند	۴/۰۶		۰/۷۰۸	۱۷/۴۳	۴/۵ - ۳/۵۱		پایدار	

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳

همچنین، سنجش متغیرهای وابسته شامل پایداری محیط زیستی و پایداری اجتماعی از طریق دامنه‌های میانگین فوق، با توجه به جدول (۳) نشان داد که وضعیت متغیر پایداری محیط زیستی با توجه به میانگین (۳/۵۵) در دامنه۳/۵۱ تا ۴/۵ یعنی سطح پایدار قرار دارد. وضعیت متغیر پایداری اجتماعی با توجه به میانگین (۳/۶۳) در دامنه۳/۵۱ تا ۴/۵ یعنی سطح پایدار قرار دارد. به علاوه، کمترین پراکندگی در بین مؤلفه‌ها مرتبط به مؤلفه زیرساخت اجتماعی (۱۸/۳۹ درصد) و بیشترین پراکندگی در بین مؤلفه‌ها مرتبط به و مؤلفه توانمندسازی اجتماعی (۲۹/۴۴ درصد) است.

جدول(۳) توزیع مقادیر متغیر و مؤلفه‌های وابسته پژوهش

متغیر	مؤلفه	میانگین		انحراف استاندارد	ضریب پراکندگی	دامنه تغییرات		وضعیت نهایی	
پایداری محیط زیستی	کیفیت هوا	۳/۴۵	۳/۵۵	۰/۹۳۹	۲۷/۲۱	۳/۵ - ۲/۵۱	۳/۵۱ - ۴/۵	نیمه پایدار	پایدار
	تصفیه آب	۳/۴۴		۰/۹۲۷	۲۶/۹۴	۳/۵ - ۲/۵۱		نیمه پایدار	
	شرکت سبز	۳/۵۱		۰/۹۲۹	۲۶/۴۶	۴/۵ - ۳/۵۱		پایدار	
	مدیریت محیط زیستی	۳/۷۳		۰/۷۸۸	۲۱/۱۲	۴/۵ - ۳/۵۱		پایدار	
	شبکه پایدار	۳/۴۴		۰/۸۵۶	۲۴/۸۸	۳/۵ - ۲/۵۱		نیمه پایدار	
	سرمایه گذاری فتوولتائیک	۳/۶۰		۰/۸۶۴	۲۴	۴/۵ - ۳/۵۱		پایدار	
	مصرف انرژی	۳/۷۱		۰/۸۵۷	۲۳/۰۹	۴/۵ - ۳/۵۱		پایدار	
پایداری اجتماعی	سرمایه اجتماعی	۳/۴۰	۳/۶۳	۰/۹۱۲	۲۶/۸۲	۳/۵ - ۲/۵۱	۳/۵۱ - ۴/۵	نیمه پایدار	پایدار
	زیرساخت اجتماعی	۳/۹۲		۰/۷۲۱	۱۸/۳۹	۴/۵ - ۳/۵۱		پایدار	
	برابری اجتماعی	۳/۷۲		۰/۸۷۹	۲۳/۶۲	۴/۵ - ۳/۵۱		پایدار	
	شمول اجتماعی	۳/۴۱		۰/۹۵۸	۲۸/۰۹	۳/۵ - ۲/۵۱		نیمه پایدار	
	برنامه‌ریزی مشارکتی	۳/۶۲		۰/۷۴۳	۲۰/۵۲	۴/۵ - ۳/۵۱		پایدار	
	امنیت اجتماعی	۳/۹۲		۰/۷۶۳	۱۹/۴۶	۴/۵ - ۳/۵۱		پایدار	
	توانمندسازی اجتماعی	۳/۴۳		۱/۰۱	۲۹/۴۴	۳/۵ - ۲/۵۱		نیمه پایدار	

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳

رتبه‌بندی متغیر و مؤلفه‌های پژوهش با استفاده از آزمون فریدمن: نتایج حاصل از آزمون فریدمن در رتبه‌بندی مؤلفه‌ها نشان داد که مؤلفه اپلیکیشن شهرداری (۱۷/۲۱) مربوط به متغیر پیشرفت فناوری در رتبه اول اهمیت قرارگرفته و مؤلفه ثبات اقتصادی (۱۰/۶۷) مرتبط به متغیر کیفیت نهادی به‌عنوان کم‌اهمیت‌ترین مؤلفه تعیین شده است. همچنین مقدار محاسبه‌شده آماره خی دو به میزان ۱۸۱/۱۸۱ با درجه آزادی ۲۷ در سطح ۰/۰۰۱ معنی‌دار می‌باشد. بنابراین با احتمال ۹۵ درصد می‌توان گفت که بین رتبه‌بندی ۹۶ متخصص در خصوص تأثیر پیشرفت فناوری و کیفیت نهادی بر پایداری محیط زیستی و اجتماعی شهر تهران تفاوت معنی‌داری وجود دارد و توزیع رتبه‌ها یکسان نبوده است (جدول۴).

جدول(۴) نتایج آزمون فریدمن برای رتبه‌بندی متغیر و مؤلفه‌های پژوهش

متغیر	مؤلفه	میانگین (رتبه)		متغیر	مؤلفه	میانگین (رتبه)		
پیشرفت فناوری	خدمات آنلاین	۱۴/۵۴	۱۴	پایداری زیست محیطی	کیفیت هوا	۱۵/۸۴	۹	۱۶/۱۳ (۲)
	دسترسی به پهنای باند	۱۴/۰۳	۱۷		تصفیه آب	۱۶/۵۷	۵	
	اپلیکیشن شهرداری	۱۷/۲۱	۱		شرکت سبز	۱۶/۳۵	۶	
	بانکداری خانگی	۱۵/۷۹	۱۰		مدیریت محیط زیستی	۱۴/۶۴	۱۳	
	شفافیت دیجیتال	۱۵/۹۵	۷		شبکه پایدار	۱۵/۹۳	۸	
	وای فای عمومی	۱۶/۷۹	۳		سرمایه‌گذاری فتوولتائیک	۱۷/۰۴	۲	
	توسعه اینترنت اشیا	۱۵/۷۵	۱۱		مصرف انرژی	۱۶/۵۹	۴	

متغیر	مؤلفه	میانگین (رتبه)			متغیر	مؤلفه	میانگین (رتبه)		
کیفیت نهادی	اعتماد به دولت	۱۵/۵۵	۱۲	۱۲/۹۲ (۳)	پایداری اجتماعی	سرمایه اجتماعی	۱۲/۹۳	۲۰	۱۲/۷۹ (۴)
	مشارکت انتخاباتی	۱۳/۷۲	۱۸			زیرساخت اجتماعی	۱۱/۶۳	۲۶	
	ثبات اقتصادی	۱۰/۶۷	۲۸			برابری اجتماعی	۱۲/۸۳	۲۱	
	مدیریت شهری	۱۲/۰۸	۲۴			شمول اجتماعی	۱۲	۲۵	
	حکمرانی سبز	۱۱/۶۵	۲۷			برنامه‌ریزی مشارکتی	۱۲/۲۹	۲۳	
	حکمرانی هوشمند	۱۲/۴۲	۲۲			امنیت اجتماعی	۱۳/۳۱	۱۹	
	خدمات هوشمند	۱۴/۳۹	۱۶			توانمندسازی اجتماعی	۱۴/۵۴	۱۵	
آماره خی دو: ۱۸۱/۱۸۱			درجه آزادی: ۲۷				معنی‌داری: ۰/۰۰۱		

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳

تحلیل مدل‌سازی معادلات ساختاری: در بخش اول تحلیل مدل‌سازی معادلات ساختاری با استفاده از PLS برازش مدل اندازه‌گیری (تحلیل عاملی تأییدی[۵]) مورد ارزیابی قرار می‌گیرد:

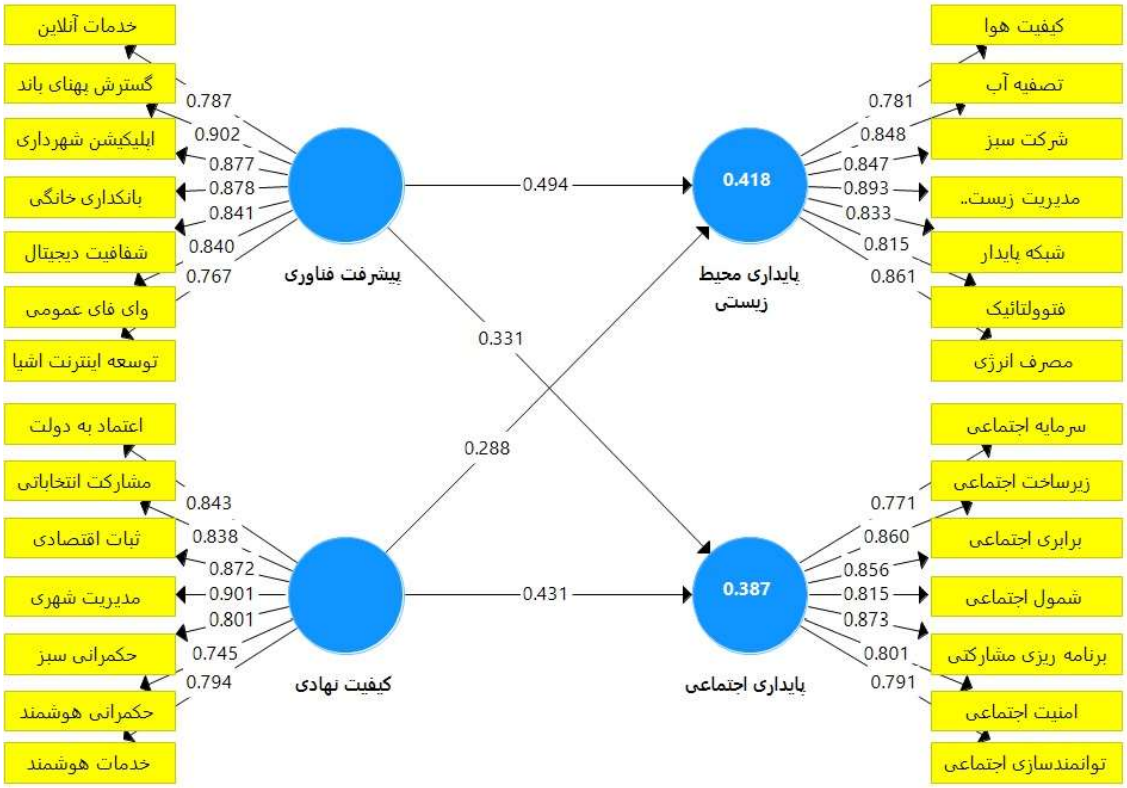
بارهای عاملی[۶]: بارهای عاملی باید حداقل ۰/۷ برای هر مؤلفه باشد و نشان می‌دهد که سازه بیش از ۵۰ درصد از واریانس اندیکاتور را توضیح می‌دهد (Sarstedt etal., 2021). با توجه به جدول (۵) و شکل (۳) تمامی مقادیر بارهای عاملی بالاتر از ۰/۷ قرار دارند. بنابراین، می‌توان گفت مدل اندازه‌گیری از پایایی برخوردار است.

جدول (۵) برآورد نتایج برازش بارهای عاملی مدل اندازه‌گیری متغیرهای پژوهش

متغیر و مؤلفه		بار عاملی	متغیر و مؤلفه	مؤلفه و متغیر	بار عاملی
پیشرفت فناوری	خدمات آنلاین	۰/۷۸۷		کیفیت هوا	۰/۷۸۱
	دسترسی به پهنای باند	۰/۹۰۲		تصفیه آب	۰/۸۴۸
	اپلیکیشن شهرداری	۰/۸۷۷		شرکت سبز	۰/۸۴۷
	بانکداری خانگی	۰/۸۷۸	پایداری	مدیریت محیط زیستی	۰/۸۹۳
	شفافیت دیجیتال	۰/۸۴۱	محیط زیستی	شبکه پایدار	۰/۸۳۳
	وای‌فای عمومی	۰/۸۴۰		سرمایه‌گذاری فتوولتائیک	۰/۸۱۵
	توسعه اینترنت اشیا	۰/۷۶۷		مصرف انرژی	۰/۸۶۱
کیفیت نهادی	اعتماد به دولت	۰/۸۴۳		سرمایه اجتماعی	۰/۷۷۱
	مشارکت انتخاباتی	۰/۸۳۸		زیرساخت اجتماعی	۰/۸۶۰
	ثبات اقتصادی	۰/۸۷۲		برابری اجتماعی	۰/۸۵۶
	مدیریت شهری	۰/۹۰۱	پایداری اجتماعی	شمول اجتماعی	۰/۸۱۵
	حکمرانی سبز	۰/۸۰۱		برنامه‌ریزی مشارکتی	۰/۸۷۳
	حکمرانی هوشمند	۰/۷۴۵		امنیت اجتماعی	۰/۸۰۱
	خدمات هوشمند	۰/۷۹۴		توانمندسازی اجتماعی	۰/۷۹۱

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳

[5] - confirmatory factor analysis (CFA)
[6] -Factor Loadings



شکل (۳) مدل معادلات ساختاری پژوهش همراه با ضرایب مسیر (بارهای عاملی)

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳

ضریب آلفای کرونباخ[۷]ضریب آلفای کرونباخ برآورد پایایی همبستگی درونی مؤلفه‌ها را نشان می‌دهد و مقدار مناسب برای آن بزرگ‌تر از ۰/۷۰ است. با توجه به جدول (۶) مقدار ضریب آلفای کرونباخ برای مدل پژوهش بالاتر از ۰/۷۰ می‌باشد؛ بنابراین مدل اندازه‌گیری از پایایی مناسبی برخوردار است.

پایایی ترکیبی (CR)[۸]پایایی ترکیبی برای ارزیابی پایایی درونی توصیه می‌شود. برای پایایی ترکیبی میزان بالای۰/۷۰ در نظر گرفته شده است (Sert-O and Ozan K, 2022). با توجه به جدول (۶)، مقدار پایایی ترکیبی مدل پژوهش بالاتر از ۰/۷ می‌باشد. بنابراین، مدل اندازه‌گیری از پایایی سازگاری درونی برخوردار است.

روایی همگرا (AVE)[۹]روایی همگرا به بررسی میزان همبستگی هر سازه با مؤلفه‌های خود می‌پردازد. برای این معیار مقادیر بیشتر از ۰/۵ را پیشنهاد می‌کنند (Hair et al., 2019). با توجه به جدول (۶) تمامی مقادیر میانگین واریانس استخراج‌شده برای متغیرهای مکنون بزرگ‌تر از ۰/۵ بوده و بنابراین مدل اندازه‌گیری از روایی همگرای مناسب برخوردار است.

[1] Cronbach Alpha
[1] Composite Reliability
[1] Convergent validity
[7]
[8]
[9]

جدول (۶) برآورد نتایج برازش مدل اندازه‌گیری و مدل ساختاری

مؤلفه و متغیر	پایایی ترکیبی (CR>0.7)	آلفای کرونباخ (Alpha>0.7)	روایی همگرا (AVE>0.5)	معیار R^2	معیار Q^2
پیشرفت فناوری	۰/۹۴۵	۰/۹۳۱	۰/۷۱۰	–	–
کیفیت نهادی	۰/۹۳۹	۰/۹۲۴	۰/۶۸۷	–	–
پایداری محیط زیستی	۰/۹۴۴	۰/۹۳۰	۰/۷۰۶	۰/۴۱۸	۰/۲۶۱
پایداری اجتماعی	۰/۹۳۷	۰/۹۲۱	۰/۶۸۰	۰/۳۸۷	۰/۲۲۴

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳

روایی واگرا:[۲] به منظور بررسی روایی واگرا مدل اندازه‌گیری، از معیار فورنل و لارکر[۱] استفاده شده که از طریق مقایسه جذر AVE هر سازه با مقادیر ضرایب همبستگی بین سازه‌ها محاسبه می‌شود (Ogiemwonyi, 2022). با توجه به جدول (۷)، جذر AVE بر روی قطر اصلی بزرگ‌تر از مقادیر متغیرهای دیگر است. بنابراین، روایی واگرا برای مدل پژوهش تأیید می‌شود.

جدول (۷) برآورد نتایج برازش مدل اندازه‌گیری (روایی واگرا)

متغیر	پایداری اجتماعی	پایداری محیط زیستی	کیفیت نهادی	پیشرفت فناوری
پایداری اجتماعی	۰/۸۲۵	–	–	–
پایداری محیط زیستی	۰/۵۲۹	۰/۸۴۰	–	–
کیفیت نهادی	۰/۴۶۹	۰/۵۸۶	۰/۸۴۳	–
پیشرفت فناوری	۰/۵۳۸	۰/۴۴۷	۰/۳۲۱	۰/۸۲۹

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳

در بخش دوم تحلیل مدل‌سازی معادلات ساختاری برازش مدل ساختاری مورد ارزیابی قرار می‌گیرد:

ضرایب معیار R^2: این معیار بیانگر تأثیر یک متغیر برون‌زا بر یک متغیر درون‌زا است. سه مقدار ۰/۰۱۹، ۰/۰۳۳ و ۰/۰۶۷ به‌عنوان مقدار ملاک برای مقادیر ضعیف، متوسط و قوی R^2 در نظر گرفته می‌شود. با توجه به مقدار R^2 برای متغیر پایداری محیط زیستی (۰/۴۱۸) و متغیر پایداری اجتماعی (۰/۳۸۷) مناسب بودن برازش مدل ساختاری تأیید می‌شود (جدول ۶) و (شکل ۳).

معیار استون - گیزر[۲] یا Q^2: مقدار Q^2 باید بزرگ‌تر از صفر باشد تا مدل دارای ارتباط پیش‌بینی کننده باشد. سه مقدار ۰/۰۲، ۰/۱۵ و ۰/۳۵ را برای نشان دادن قدرت پیش‌بینی ضعیف، متوسط و قوی سازه‌های درون‌زای مربوط به آن تعریف شده است (Khoa, 2022). با توجه به جداول (۶)، مقدار Q^2 برای پایداری محیط زیستی (۰/۲۶۱) و برای پایداری اجتماعی (۰/۲۲۴) به دست آمد که مناسب بودن برازش مدل ساختاری تأیید می‌شود.

ضرایب معنی‌داری: معیار اصلی برای برازش مدل ساختاری، ضرایب معناداری (T-values) است. مطابق با شکل (۴) مسیرهایی که مقادیر ضریب مسیر (t) آن‌ها بزرگ‌تر از ۱/۹۶ به دست بیاید در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار بودن آن‌ها تأیید می‌شود، در غیر این صورت مسیرها رد می‌شوند. باتوجه‌به جدول (۸)، تأثیر پیشرفت فناوری بر پایداری محیط زیستی که دارای ضریب

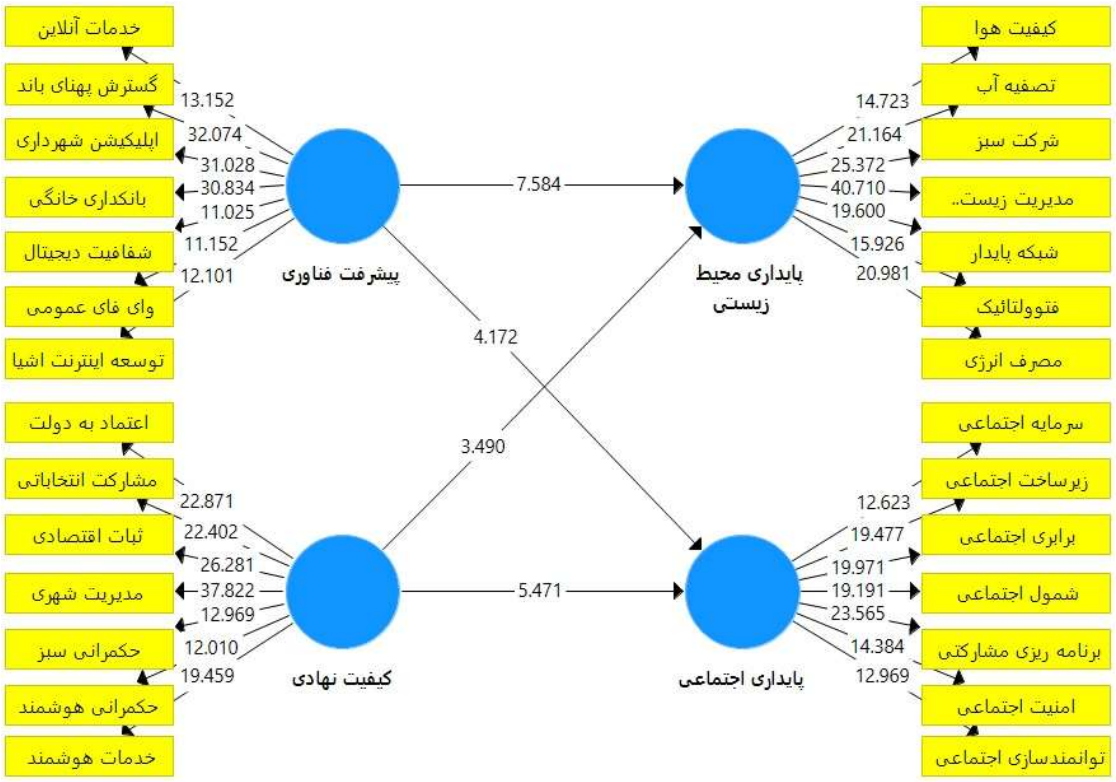
[0] [2] Discriminant Validity
[1] [2] Fornell and Larker
[2] [2] Stone-Geisser test

معناداری (۷/۵۸۴) بزرگ‌تر از ۱/۹۶ می‌باشد، تأیید می‌شود. تأثیر پیشرفت فناوری بر پایداری اجتماعی که دارای ضریب معناداری (۴/۱۷۲) بزرگ‌تر از ۱/۹۶ می‌باشد، تأیید می‌شود. تأثیر کیفیت نهادی بر پایداری محیط زیستی که دارای ضریب معناداری (۳/۴۹۰) بزرگ‌تر از ۱/۹۶ می‌باشد، تأیید می‌شود. تأثیر کیفیت نهادی بر پایداری اجتماعی که دارای ضریب معناداری (۵/۴۷۱) بزرگ‌تر از ۱/۹۶ می‌باشد، تأیید می‌شود.

جدول (۸) برآورد نتایج برازش مدل ساختاری (ضریب مسیر t)

مسیر اثرگذاری		ضریب	ضرایب	سطح	نتیجه
مستقل	وابسته	مسیر	معناداری	معناداری	
پیشرفت فناوری	پایداری محیط زیستی	۰/۴۹۴	۷/۵۸۴	۰/۰۰۰	تأیید و معنادار
	پایداری اجتماعی	۰/۳۳۱	۴/۱۷۲	۰/۰۰۰	تأیید و معنادار
کیفیت نهادی	پایداری محیط زیستی	۰/۲۸۸	۳/۴۹۰	۰/۰۰۱	تأیید و معنادار
	پایداری اجتماعی	۰/۴۳۱	۵/۴۷۱	۰/۰۰۰	تأیید و معنادار

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳



شکل (۴) مدل معادلات ساختاری پژوهش همراه با ضرایب معناداری (آماره t) برای مدل پژوهش

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۳

بحث و نتیجه‌گیری

علی‌رغم وضوح و شدت بحران پایداری محیط زیستی و اجتماعی، هنوز مشخص نیست که پیشرفت فناوری و کیفیت نهادی چه تأثیر بالقوه‌ای بر محیط شهرها خواهد داشت. پژوهش‌های گذشته، زمینه مناسبی را برای محققین آینده ایجاد کرده است. با حفظ دیدگاه فوق، مقاله حاضر به بررسی تأثیر پیشرفت فناوری و کیفیت نهادی بر پایداری محیط زیستی و اجتماعی در شهر تهران پرداخته است. نتایج حاصل از تحلیل‌ها نشان می‌دهد که پیشرفت فناوری به طور معناداری بر پایداری محیط زیستی و اجتماعی تأثیر می‌گذارد. در این راستا، پژوهش انجام‌شده توسط وو و تام (۲۰۲۳)، نشان داد که مقررات محیط زیستی می‌توانند نقش بسیار مؤثری در تحریک نوآوری‌های فناورانه باهدف ارتقای توسعه پایدار داشته باشند و استفاده از مقررات محیط زیستی، به‌ویژه در حوزه‌های مرتبط با فناوری، می‌تواند ایجاد شرایط محیطی مثبتی را فراهم کند که در اثر آن نوآوری و توسعه فناورانه به سمت بهبود عملکرد محیط زیستی حرکت کنند. نتایج تحقیقات لو و همکاران (۲۰۲۳)، نیز با تأکید بر ادغام پیشرفت‌های فناوری به سمت پایداری محیط زیستی، به بهبود در رشد پایدار اشاره دارد. بنابراین، افزایش توجه به مقررات محیط زیستی و ادغام نوآوری‌های فناورانه می‌تواند به تقویت پایداری محیطی منجر شود. در کل، این یافته‌ها نشانگر اهمیت اتخاذ سیاست‌ها و استراتژی‌های سازگار با محیط‌زیست در سطح مختلف است که نه‌تنها به بهبود عملکرد محیط زیستی کمک می‌کند؛ بلکه در نهایت به توسعه پایدار منتهی می‌گردد.

در نتیجه، می‌توان گفت که پیشرفت فناوری، همراه با توجه به مقررات محیط‌زیستی، نقشی کلیدی در بهبود پایداری محیط زیستی و اجتماعی ایفا می‌کند. تطابق یافته‌های این پژوهش با مطالعات قبلی نشان می‌دهد که اتخاذ سیاست‌های محیط‌زیستی مناسب و ادغام نوآوری‌های فناورانه می‌تواند مسیر توسعه پایدار را هموار سازد. ازاین‌رو، برای رسیدن به پایداری در شهرها، لازم است که نهادهای مرتبط هم‌زمان به پیشرفت فناوری و ارتقای کیفیت نهادی توجه ویژه داشته باشند تا از این طریق، تأثیرات مثبت بر محیط‌زیست و جامعه تقویت شود.

نتیجه تحقیقات امین و همکاران (۲۰۲۳)، که فناوری اطلاعات را با پایداری شهری هوشمند مرتبط می‌داند، به عنوان یکی از نقاط قوت در جهت تحقق شهرهای پایدار ظاهر می‌شود. همچنین، پژوهش جیانگ و همکاران (۲۰۲۳)، که نشان می‌دهد تحولات دیجیتال در شهرها به طور قابل‌توجهی به افزایش پایداری منابع شهری منجر می‌شود، این ارتباط را تأیید می‌کند و نشان می‌دهد که پیشرفت در حوزه فناوری می‌تواند نقش کلیدی در بهبود پایداری شهرها باشد. به اضافه اینکه رایحان و همکاران (۲۰۲۲)، در راستای پژوهش حاضر بیان کرده‌اند که نوآوری‌های تکنولوژیکی می‌تواند بهبود پایداری محیط زیستی را فراهم کند، این تحقیق نیز از دیدگاه مشابهی را دنبال می‌کند و نشان می‌دهد که تقدم در فناوری می‌تواند به‌عنوان یک ابزار قدرتمند برای دستیابی به هدف‌های پایداری محیط زیستی و اجتماعی در ساختار شهرها عمل کند. در نتیجه، این نتایج تأکید می‌کنند که توجه به فناوری و ادغام آن در ساختار شهری می‌تواند بهبود قابل‌توجهی در پایداری شهری و محیط زیست شهرها ایجاد کند و گام مهمی در جهت شکل‌گیری شهرهای پایدار باشد.

نتایج در بخش دیگری نشان داد که پیشرفت فناوری، به همراه کیفیت نهادی و مقررات محیط‌زیستی، نقش مؤثری در بهبود پایداری محیط زیستی و اجتماعی شهرها ایفا می‌کند. یافته‌ها با نتایج پژوهش‌های پیشین همخوانی دارد؛ به‌ویژه، مطالعه امین و همکاران (۲۰۲۳) که به اهمیت فناوری اطلاعات در تحقق شهرهای هوشمند و پایدار اشاره کرده‌اند. همچنین، پژوهش جیانگ و همکاران (۲۰۲۳) نیز بر نقش تحولات دیجیتال در افزایش پایداری منابع شهری تأکید کرده است. این تطابق یافته‌ها نشان می‌دهد که فناوری می‌تواند به‌عنوان ابزاری کلیدی در راستای ارتقای پایداری شهری عمل کند. علاوه بر این، پژوهش رایحان و همکاران (۲۰۲۲) نیز نشان می‌دهد که نوآوری‌های تکنولوژیکی نقش برجسته‌ای در بهبود عملکرد محیط‌زیستی ایفا می‌کنند. پژوهش حاضر با تأیید این دیدگاه، به‌وضوح نشان می‌دهد که پیشرفت‌های فناورانه می‌توانند به‌طور مؤثری بر پایداری محیط زیستی و اجتماعی در شهرها تأثیر بگذارند. بنابراین، توجه به نوآوری‌های فناوری و ادغام آن‌ها در برنامه‌های شهری نه‌تنها به تقویت پایداری محیط زیستی کمک می‌کند، بلکه به رشد اجتماعی و اقتصادی شهرها نیز منجر می‌شود. در نتیجه، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که برای رسیدن به توسعه پایدار در شهرها، اتخاذ سیاست‌های هوشمندانه در راستای بهره‌گیری از فناوری‌های

نوین و تقویت مقررات محیط‌زیستی ضروری است. این استراتژی‌ها می‌توانند به مدیریت بهتر منابع شهری، کاهش فشارهای محیط زیستی و بهبود کیفیت زندگی شهری منجر شوند و زمینه‌ساز شکل‌گیری شهرهای پایدار و هوشمند در آینده باشند.

نتیجه نهایی حاصل از بحث این پژوهش نشان می‌دهد که در دوران دیجیتال، پیشرفت‌های فناوری به شکل چشمگیری بر تحولات محیط زیستی و اجتماعی شهر تهران تأثیر گذاشته است. پیشرفت‌های تکنولوژیکی، از جمله نوآوری‌های فناورانه و اجرای مقررات محیط زیستی، عامل کلیدی در ارتقای شرایط زندگی شهروندان و حفاظت از محیط‌زیست بوده است. این تحولات، شهر تهران را به‌سوی یک شهر هوشمند و پایدار هدایت نموده و موجب بهبود شاخص‌های پایداری در دو حوزه محیط زیستی و اجتماعی شده است. همچنین، در مطالعه کیفیت نهادی، مشاهده می‌شود که نقش فعال نهادها در مدیریت شهری به تداوم و تعادل در راستای اهداف پایداری محیط زیستی و اجتماعی کمک کرده است. تقویت نهادها و بهبود عملکرد آنها، باعث می‌شود که تصمیم‌گیری‌ها و سیاست‌های اجرایی در جهت بهبود پایداری شهری هدفمندتر و مؤثرتر باشند. همچنین، ارتباط همگانی بین نهادها و فناوری، باعث ایجاد یک ساختار جامع و هوشمند در شهر تهران شده و بازدهی و کارایی در اجرای سیاست‌ها و برنامه‌ریزی‌ها را افزایش داده است. در نهایت، ادغام استراتژی‌های محیط‌زیستی با پیشرفت‌های فناوری، شهر تهران را به سمت بهینه‌سازی مصرف منابع طبیعی و افزایش کیفیت زندگی هدایت کرده است؛ بنابراین ارتقای فناوری، تقویت نهادها و پیاده‌سازی سیاست‌های محیط‌زیستی، می‌تواند مسیر را برای تحقق یک شهر پایدار در شهر تهران پیش ببرد. در پایان با توجه به تفسیر نتایج پژوهش پیشنهادها و راهکارهای اجرایی به‌صورت زیر مطرح می‌شوند:

- توسعه پروژه‌ها و فناوری‌های جدید در زمینه کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و بهینه‌سازی مصرف انرژی؛
- افزایش آگاهی و مشارکت شهروندان در فرایندهای تصمیم‌گیری مرتبط با مسائل محیط زیستی و اجتماعی؛
- بررسی مدل‌ها و تجربیات شهرهای هوشمند در جهت بهبود کارایی منابع و حفاظت از محیط‌زیست؛
- ارتقای مهارت‌های شهروندان در استفاده بهینه از فناوری‌ها و تسهیل در فرایندهای شهری؛
- ارتقای سیاست‌های دولتی جهت حمایت از پروژه‌های محیط زیستی و افزایش توانمندی شهری در مقابله با چالش‌های پایداری؛

اجرای این پیشنهادها می‌تواند به تعامل فعال بین اقشار مختلف جامعه و تسهیل در تحقق توسعه پایدار در شهر تهران کمک کند.

منابع

حشمتی جدید، مهدی؛ سلیمانی مهرنجانی؛ محمد، زنگانه، احمد؛ پریزادی، طاهر (۱۳۹۹). تبیین نقش ظرفیت نهادی در ارتقای تاب‌آوری شهری در بحران‌های محیط زیستی. *سیاست دفاعی*، ۲۸(۱۱۱)، ۱۶۷- ۱۹۳. DOI: 20.1001.1.10255087.1399.28.3.6.0

خادمی، امیرحسین؛ رهنما، محمد رحیم؛ زمانی پور، مسعود (۱۴۰۰). تحلیل چالش‌های پیش روی توسعه پایدار اجتماعی، نهادی و اقتصادی کلان‌شهرهای ایران. *برنامه‌ریزی منطقه‌ای*، ۱۱(۴۲)، ۱ -۱۷. DOI: 10.30495/jzpm.2021.3942

ریاحی، فریبا؛ زاهدی، شمس سادات؛ فرجادی، غلامعلی؛ نجفی، سعید (۱۳۹۸). تاثیر حاکمیت نهادی بر پایداری محیط زیستی انرژی از راه پایداری اقتصادی و اجتماعی. *فرایند مدیریت و توسعه*، ۳۲(۲)، ۹۱ -۱۳۳. DOI: http://jmdp.ir/article-1-3434-fa.html

مشکینی، ابوالفضل؛ ربانی، طاها؛ افتخاری، رکن‌الدین؛ رفیعی، مجتبی (۱۳۹۸). آینده نگاری حکمروایی، بسط مفهوم و آینده حکمروایی کلان شهر تهران. *پژوهش‌های جغرافیایی برنامه‌ریزی شهری*، ۷(۳)، ۴۳۱ -۴۵۳. DOI: 10.22059/jurbangeo.2019.241191.778

مؤمنی، فرشاد؛ عطارپور، محمدرضا؛ صالح زاده، رضا؛ خزایی، محمد مهدی (۱۳۹۵). ترتیبات نهادی و توسعه همه جانبه: نقش نوآوری‌های نهادی در دستیابی به توسعه فناوری و توسعه پایدار. *پژوهش‌های اقتصادی*، ۱۶(۳)، ۱۰۷ -۱۳۰.

Abid, N., Ikram, M., Wu, J., Ferasso, M. (2021). Towards environmental sustainability: exploring the nexus among ISO 14001, governance indicators and green economy in Pakistan. *Sustain. Prod. Consum.* 27, 653–666. https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.01.024.

Abid, N., Marchesani, F., Ceci, F., Masciarelli, F., Ahmad, F. (2022). Cities trajectories in the digital era: Exploring the impact of technological advancement and institutional quality on environmental and social sustainability, *Journal of Cleaner Production*, 377 (2022) 134378. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134378.

Adom, P.K., Kwakwa, P.A., Amankwaa, A. (2018). The long-run effects of economic, demographic, and political indices on actual and potential CO2 emissions. *J. Environ. Manag.* 218, 516–526. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.04.090.

Agboola, O.P., Bashir, F.M., Dodo, Y.A., Mohamed, M.A.S., Alsadun, I.S.R. (2023), The influence of information and communication technology (ICT) on stakeholders' involvement and smart urban sustainability, *Environmental Advance*s, 13. https://doi.org/10.1016/j.envadv.2023.100431.

Ahl, A., Goto, M., Yarime, M., Tanaka, K., Sagawa, D. (2022). Challenges and opportunities of blockchain energy applications: Interrelatedness among technological, economic, social, environmental, and institutional dimensions, *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 166 (2022) 112623. https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112623.

Alam, A., Ali Shah, S.Z. (2013). The role of press freedom in economic development: a global perspective. *J. Media Econ*. 26, 4–20. https://doi.org/10.1080/08997764.2012.755986.

Ali, R., Ishaq, R., Bakhsh, K., Yasin, M.A. (2022). Do agriculture technologies influence carbon emissions in Pakistan? Evidence based on ARDL technique. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 29, 43361–43370. https://doi.org/10.1007/s11356-021-18264-x.

Amin, A., Shabbir, M.S., Song, H., Farrukh, M.U., Iqbal, S., Abbass, K. (2023), A step towards environmental mitigation: Do green technological innovation and institutional quality make a difference?, *Technological Forecasting and Social Change*. 190, 122413. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122413.

Azam, M., Hunjra, A.I., Bouri, E., Tan, Y., Al-Faryan, M.A.S. (2021). Impact of institutional quality on sustainable development: evidence from developing countries. *J. Environ. Manag.* 298, 113465. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113465

Balsmeier, B., Woerter, M. (2019). Is this time different? How digitalization influences job creation and destruction. *Res. Pol*. 48, 103765. https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.03.010.

Del Río Castro, G., Gonz´alez Fern´andez, M.C., Uruburu Colsa, ´A. (2021). Unleashing the convergence amid digitalization and sustainability towards pursuing the Sustainable Development Goals (SDGs): a holistic review. *J. Clean. Prod*. 280, 122204. DOI:10.1016/j.jclepro.2020.122204

Dur´an-Romero, G., L´opez, A.M., Beliaeva, T., Ferasso, M., Garonne, C., Jones, P. (2020). Bridging the gap between circular economy and climate change mitigation policies through eco-innovations and Quintuple Helix Model. *Technol. Forecast. Soc*. 160, 120246. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120246.

ElMassah, S., Mohieldin, M. (2020). Digital transformation and localizing the sustainable development goals (SDGs). *Ecol. Econ*. 169, 106490. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106490.

Esses, D., Csete, M.S., N´emeth, B. (2021). Sustainability and digital transformation in the visegrad group of central european countries. Sustainability. 13(11), 5833; https://doi. rg/10.3390/su13115833.

Goralski, M.A., Tan, T.K. (2020). Artificial intelligence and sustainable development. *Int. J. Manag. Educ.* 18. https://doi.org/10.1016/j.ijme.2019.100330

Gouvea, R., Kapelianis, D., Kassicieh, S.(2018). Assessing the nexus of sustainability and information & communications technology. *Technol. Forecast. Soc*. 130, 39–44. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.07.023.

Hair, J.F., Risher, J.J., Sarstedt, M. and Ringle, C.M. (2019), When to use and how to report the results of PLS-SEM, *European Business Review*,. 31(1), 2-24. https://doi.org/10.1108/EBR-11-2018-0203

Jacobsson, S., Lauber, V. (2006). The politics and policy of energy system transformation—explaining the German diffusion of renewable energy technology. *Energy Pol*. 34, 256–276. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2004.08.029.

Jiang, Z., Zhang, X., Zhao, Y., Li, C., Wang, Z. (2023), The impact of urban digital transformation on resource sustainability: Evidence from a quasi-natural experiment in China, *Resources Policy*, 85, Part A, https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103784.

Kelling, N.K., Sauer, P.C., Gold, S., Seuring, S. (2021). The role of institutional uncertainty for social sustainability of companies and supply chains. *J. Bus. Ethics* 173, 813–833. https://doi.org/10.1007/s10551-020-04423-6

Khoa, B.T. (2022). Dataset for the electronic customer relationship management based on S-O-R model in electronic commerce, *Data in brief*, 42, 108039. https://doi.org/10.1016/j.dib.2022.108039

Lau, L.S., Choong, C.K., Eng, Y.K. (2014). Investigation of the environmental Kuznets curve for carbon emissions in Malaysia: DO foreign direct investment and trade matter? *Energy Pol*. 68, 490–497. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.01.002.

Lu, T., Xiao, X., Yu, H., Ren, D. (2023), The integration of technological advancements in fossil fuels towards environmental sustainability: Insights from big data analytics, *Resources Policy*, 86, Part A, https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104196.

OECD. (2009). Sustainable manufacturing and eco-innovation: towards a green economy. *Policy*, Br 1–8.

Ogiemwonyi, O. (2022). Factors influencing generation Y green behaviour on green products in Nigeria: An application of theory of planned behaviour, *Environmental and Sustainability Indicators*, 13 (2022) 100164. https://doi.org/10.1016/j.indic.2021.100164.

Pol`ese, M., Stren, R.E., Stren, R. (Eds.). (2000). The Social Sustainability of Cities: Diversity and the Management of Change. University of Toronto press.

Raihan, A., Muhtasim, D.A., Farhana, S., Pavel, M.A. Faruk, F.O., Rahman, M., Mahmood, A. (2022). Nexus between carbon emissions, economic growth, renewable energy use, urbanization, industrialization, technological innovation, and forest area towards achieving environmental sustainability in Bangladesh, *Energy and Climate Change*, 3, 100080. https://doi.org/10.1016/j.egycc.2022.100080

Riti, J.S., Shu, Y., Kamah, M., 2021. Institutional quality and environmental sustainability: the role of freedom of press in most freedom of press countries. *Environ. Impact Assess. Rev*. 91, 106656. https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106656.

Sarstedt, M., Ringle, C.M, Hair, J.F. (2021). *Partial least squares structural equation modeling*. In: Handbook of market research. Cham: Springer International Publishing; DOI: 10.1007/978-3-319-57413-4_15.

Sert-Ozen, A., Kalaycioglu, O. (2022). The Effect of Occupational Moral Injury on Career Abandonment Intention Among Physicians in the Context of the COVID-19 Pandemic, *Safety and health at work*, 14(1), 78–84. https://doi.org/10.1016/j.shaw.2022.12.002,

Smith, M.E., Lobo, J. (2019). *Cities through the ages: one thing or many*? Front. Digit. Humanit. 6.

Sugandha., Freestone, R., Favaro, P. (2022). The social sustainability of smart cities: A conceptual framework, *City, Culture and Society*, 29, 100460. https://doi.org/10.1016/j.ccs.2022.100460

Ullah, A., Dogan, M., Topcu, B.A., Saadaoui, H. (2023). Modeling the impacts of technological innovation and financial development on environmental sustainability: New evidence from the world's top 14 financially developed countries. *Energy Strategy Reviews,* 50, https://doi.org/10.1016/j.esr.2023.101229.

Wang, D., Zhou, T., Wang, M. (2021). Information and communication technology (ICT), digital divide and urbanization: evidence from Chinese cities. *Technol. Soc*. 64, 101516. https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101516.

Wu, W. (2017). *Institutional quality and air pollution: international evidence*. Int. J. Bus. Econ. 16, 49–74.

Wu, Y., Tham, J. (2023). The impact of environmental regulation, Environment, Social and Government Performance, and technological innovation on enterprise resilience under a green recovery, *Helion*, 9(10), https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20278.