Journal of Urban Environmental Management

Journal homepage: https://jumee.kgut.ac.ir
Vol.3, No.2; 2025.pp: 58-76

Research paper

(Received Jul. 14, 2025 Accepted Aug. 3, 2025)

An Empirical Analysis of the Relationship Between Learning City Indicators and Environmental Sustainability within the Framework of Smart City Development (Case Study: Ardabil)

Farid Zavarzadeh Moghadam[1], Mostafa Basiri*[2], Arash saghafi Asle[3]

[1] *Department of Urban Planning, Ta. C, Islamic Azad University, Tabriz, Iran*
[2] *Department of Urbanism and Architecture, Ilk, C, Islamic Azad University, Ilkhchi, Iran.*
[3] *Department of Urban Planning, Ta. C, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.*

Abstract

In recent decades, the integration of the concepts of learning cities and smart cities has emerged as an innovative approach for achieving environmental sustainability in urban governance. However, empirical evidence from urban contexts Iran-particularly in medium-sized metropolitan areas such as Ardabil—reveals functional gap in leveraging urban learning capacities and smart technologies to improve environmental quality. This study aims empirically examine the relationship between learning city indicators and environmental sustainability within the framework of smart city development. The research is quantitative and applied in nature. The statistical population consists of subject-related experts and professionals residing in Ardabil. The sample size, determined based on the number of measurable items, was 273 individuals. Data collection was conducted using a researcher-designed questionnaire, the validity (face, convergent, and discriminant) and reliability of which were confirmed through SmartPLS software. The results of confirmatory factor analysis and path analysis indicated that learning city indicators have a positive and significant effect smart city development, which in turn positively influences environmental sustainability. The highest path coefficient was between learning cities and smart city development (0.78), followed by smart city development and environmental sustainability (0.73). The Q^2 values for endogenous variables were greater than zero, indicating the model's predictive power, and low VIF values confirmed the absence of multi collinearity. Indicators such as environmental education, lifelong learning, and data-driven governance showed the highest factor loadings. Based on these findings, strengthening educational infrastructure, implementing environmental awareness programs, and expanding smart services in Ardabil can meaningfully contribute to enhancing environmental sustainability.

Keywords: Learning City, Environmental Sustainability, Smart City Development, Urban Learning, Ardabil.

* Corresponding Author: Mostafa Basiri
Email: *mostafabasiri@iau.ac.ir*
Phone: 09128504388

Doi: 10.48306/juem.2025.534387.1084

نشریه علمی مدیریت محیط زیست شهری

آدرس نشریه:https://jumee.kgut.ac.ir

سال سوم/شماره دوم/تابستان ۱۴۰۴/صفحه ۵۸-۷۶

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:۱۴۰۴/۴/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۵/۱۲ تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۴/۱

تحلیل تجربی رابطه بین شاخص‌های شهر آموزش‌دهنده و پایداری محیط‌زیستی در چارچوب توسعه‌ی شهر هوشمند (مورد پژوهی: شهر اردبیل)

فرید زوارزاده مقدم[۱]، مصطفی بصیری[۲*]، آرش ثقفی اصل[۳]

[۱] گروه شهرسازی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی تبریز، ایران.

[۲] گروه معماری و شهرسازی، واحد ایلخچی، دانشگاه آزاد اسلامی ایلخچی، ایران.

[۳] گروه شهرسازی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی تبریز، ایران.

چکیده

در دهه‌های اخیر، تلفیق مفاهیم شهر آموزش‌دهنده و شهر هوشمند به‌عنوان راهکاری نوین برای دستیابی به پایداری زیست‌محیطی در دستور کار بسیاری از نظام‌های مدیریت شهری قرار گرفته است. این پژوهش با هدف بررسی تجربی رابطه میان شاخص‌های شهر آموزش‌دهنده و پایداری محیط‌زیستی در چارچوب توسعه شهر هوشمند انجام شده است. روش تحقیق از نوع کمی و کاربردی است. جامعه آماری شامل شهروندان متخصص و مرتبط با موضوع در شهر اردبیل بوده و حجم نمونه با توجه به تعداد گویه‌ها، برابر با ۲۷۳ نفر تعیین گردید. ابزار گردآوری داده‌ها پرسشنامه محقق‌ساخته بود که روایی صوری، همگرا و واگرا و پایایی آن با استفاده از نرم‌افزار SmartPLSتأیید شد. نتایج تحلیل عاملی تأییدی و تحلیل مسیر نشان داد که شاخص‌های شهر آموزش‌دهنده تأثیر مثبت و معناداری بر توسعه شهر هوشمند و در ادامه بر پایداری محیط‌زیستی دارند. بالاترین ضریب مسیر مربوط به ارتباط بین شهر آموزش‌دهنده و توسعه شهر هوشمند برابر با ۰/۷۸ و بین توسعه شهر هوشمند و پایداری محیط‌زیستی برابر با ۰/۷۳ بود. همچنین شاخص Q^2 برای متغیرهای درون‌زای مدل بیشتر از صفر گزارش شد که نشان‌دهنده قدرت پیش‌بینی مدل است و عدم وجود هم‌خطی میان متغیرها با مقادیر VIF پایین تأیید گردید. یافته‌ها نشان داد که شاخص‌هایی چون آموزش زیست‌محیطی، یادگیری مادام‌العمر، و حکمرانی داده‌محور بیشترین بارهای عاملی را داشتند. بر اساس این نتایج، تقویت زیرساخت‌های آموزشی، برنامه‌های آگاهی‌بخش محیطی و توسعه خدمات هوشمند در شهر اردبیل می‌تواند به‌صورت معناداری به ارتقاء پایداری محیط‌زیستی کمک کند.

کلمات کلیدی: شهر آموزش‌دهنده، پایداری محیط‌زیستی، توسعه شهر هوشمند، یادگیری شهری، اردبیل

* نویسنده مسئول: مصطفی بصیری

ایمیل *mostafabasiri@iau.ac.ir*

شماره تماس: ۰۹۱۲۸۵۰۴۳۸۸

Doi: 10.48306/juem.2025.534387.1084

۱-مقدمه

در دهه‌های اخیر، هم‌زمان با رشد سریع شهرنشینی و پیچیده‌تر شدن مسائل محیط‌زیستی، نگاه‌ها به نقش آموزش در توسعه شهری دگرگون شده است. مفهوم «شهر آموزش‌دهنده» که توسط یونسکو و شورای بین‌المللی آموزش شهروندی مطرح شده، بر محوریت یادگیری مادام‌العمر، یادگیری همگانی و یادگیری در بسترهای غیررسمی در فضاهای شهری استوار است [۱]. این نوع یادگیری نه‌تنها به ارتقاء سرمایه انسانی می‌انجامد، بلکه در شکل‌دهی به رفتارهای زیست‌محیطی، تقویت حس مسئولیت‌پذیری نسبت به محیط، و در نهایت، نهادینه‌سازی الگوهای پایداری در سطوح خرد و کلان اثرگذار است [۲]. بر این اساس، پیوند میان آموزش شهری و توسعه پایدار، به‌ویژه در بعد محیط‌زیستی آن، از جنبه‌ای صرفاً فرهنگی یا نمادین، به سطحی نهادی و عملکردی ارتقاء یافته است. بااین‌حال، آنچه در ادبیات نظری و سیاست‌گذاری‌های شهری هنوز کمتر مورد توجه قرار گرفته، تبیین روابط ساختاری و تجربی میان شاخص‌های شهر آموزش‌دهنده و پایداری محیط‌زیستی در قالب یک مدل مفهومی قابل سنجش و قابل تعمیم است[۳]. در بسیاری از شهرهای در حال توسعه، به‌رغم تأکیدهای نظری بر اهمیت یادگیری فعالیتهای شهرهای هوشمند، اغلب فقدان رویکردی یکپارچه میان نهادهای آموزشی، مدیریت شهری و نظام‌های زیست‌محیطی مشاهده می‌شود[۴]. این شکاف در سیاست‌گذاری، خود را به‌ویژه در ضعف مشارکت عمومی در برنامه‌های محیط‌زیستی، عدم تداوم آموزش‌های شهروندی، و ناتوانی در ایجاد تغییرات رفتاری بلندمدت نشان می‌دهد[۵].

یکی از نمونه‌های بارز این وضعیت، شهر اردبیل است؛ شهری با سابقه تاریخی و ظرفیت‌های علمی قابل‌توجه که با چالش‌های متعددی همچون ضعف زیرساخت‌های آموزش همگانی، نبود برنامه‌های آموزشی منسجم در حوزه محیط‌زیست، ناهماهنگی میان نهادهای آموزشی و مدیریت شهری، و افزایش روند تخریب منابع زیستی مواجه است. در این شهر، علی‌رغم وجود دانشگاه‌ها، مراکز پژوهشی و نهادهای فرهنگی، سازوکار روشنی برای بهره‌گیری از ظرفیت‌های آموزش عمومی و محلی به‌منظور کاهش فشارهای محیط‌زیستی و بهبود شاخص‌های پایداری تعریف نشده است. همین امر ضرورت بررسی علمی این رابطه را دوچندان می‌سازد. بر این مبنا، مسئله اصلی پژوهش حاضر آن است که رابطه ساختاری میان شاخص‌های شهر آموزش‌دهنده شامل ابعاد نهادی، مشارکتی، محتوایی و فضایی آموزش شهری ـ و ابعاد مختلف پایداری محیط‌زیستی ـ نظیر مدیریت منابع، مصرف پایدار، حفاظت از تنوع زیستی، و آگاهی زیست‌محیطی ـ در قالب چارچوب شهر هوشمند چگونه قابل تبیین و سنجش است. این پژوهش درصدد است تا با تحلیل تجربی این رابطه، سازوکاری نظری و اجرایی برای استفاده از ابزارهای یادگیری شهری در راستای ارتقاء پایداری محیط‌زیستی در شهرهای در حال گذار، نظیر اردبیل، پیشنهاد دهد. بر این اساس، سؤال اصلی پژوهش به شرح زیر است:

«چه رابطه‌ای میان ابعاد و شاخص‌های شهر آموزش‌دهنده و ابعاد پایداری محیط‌زیستی در چارچوب توسعه‌ی شهر هوشمند برقرار است و این رابطه از نظر شدت، جهت و معناداری چگونه قابل تبیین است؟» پاسخ به این پرسش می‌تواند به ارائه الگویی نظری و راهبردی برای بهره‌گیری از ظرفیت‌های آموزش شهری در جهت تحقق اهداف زیست‌محیطی و گذار به شهری پایدار و هوشمند بینجامد.

۱-۱-پیشینه تحقیق

در سال‌های اخیر، توسعه شهری پایدار به‌عنوان یک هدف راهبردی در مدیریت شهری، بیش از پیش با مفاهیمی چون «شهر هوشمند» و «یادگیری شهری» پیوند خورده است. از منظر نظری، «شهر آموزش‌دهنده» مدلی از توسعه شهری است که در آن یادگیری مادام‌العمر، آموزش محیطی و ارتقاء سواد زیست‌محیطی شهروندان، به‌مثابه ابزارهایی برای بهبود کیفیت زندگی و پایداری شهری عمل می‌کنند. در این میان، هوشمندسازی خدمات شهری و زیرساخت‌های فناورانه نیز نقش واسطه‌ای ایفا می‌کنند که زمینه بهره‌برداری مؤثر از ظرفیت‌های آموزشی و رفتاری را در چارچوب توسعه پایدار فراهم می‌سازد.

مطالعه مارکز و همکاران[۱] (۲۰۲۵) با عنوان *«بازی‌های واقعیت افزوده موبایلی در محیط‌های شهر آموزش‌دهنده هوشمند: یادگیری درباره پایداری»* نشان داد که استفاده از فناوری‌های تعاملی در فضای شهری، از جمله بازی‌های واقعیت افزوده، می‌تواند سطح آگاهی شهروندان را نسبت به مسائل محیط‌زیستی افزایش داده و رفتارهای پایدار را تقویت کند. در این پژوهش، شهروندان از طریق تعامل با محیط دیجیتال شهری، به یادگیری عملی در مورد تفکیک زباله، کاهش مصرف انرژی و حفظ منابع طبیعی دست یافتند [۶].

[۱] Marques et al

در همین راستا، خان و همکاران[۱] (۲۰۲۵) نیز در پژوهشی با تمرکز بر امنیت و تاب‌آوری زیرساخت‌های شهری هوشمند، به اهمیت آموزش دیجیتال در قالب سیستم‌های هشدار، شبیه‌سازی و تصمیم‌سازی مشارکتی اشاره کردند. این مطالعه نشان داد که افزایش سواد فناورانه و زیست‌محیطی، از طریق پلتفرم‌های آموزشی شهری، به کاهش آسیب‌پذیری محیطی و بهبود عملکرد زیست‌پایدار منجر می‌شود[۷].

در پژوهش دیگری آدداس[۲] (۲۰۲۳) به بررسی دیدگاه‌های جهانی درباره مفهوم شهر هوشمند با تأکید بر ابعاد پایداری پرداختند. آن‌ها نتیجه گرفتند که آموزش و شفافیت اطلاعات در سیستم‌های هوشمند شهری، پیش‌نیاز اصلی برای تحقق عدالت زیست‌محیطی و مدیریت کارآمد منابع در بافت شهری به شمار می‌رود[۸]

همچنین بیبری و همکاران [۳] (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای با عنوان «شهرهای هوشمند زیست‌پایدار و همگرایی فناوری‌های AI و IoT» به این نتیجه رسیدند که هم‌افزایی میان فناوری‌های هوشمند و داده‌محور با سیاست‌های آموزشی و زیست‌محیطی شهری، منجر به ارتقاء شاخص‌هایی نظیر کاهش آلاینده‌ها، بهره‌وری انرژی و مدیریت بهینه منابع می‌شود. آن‌ها تأکید داشتند که پایداری محیط‌زیستی، تنها در صورت ادغام فناوری با آموزش و مشارکت شهروندی محقق خواهد شد [۹].

پراکپی و بوتنارو[۴] (۲۰۲۱) با تمرکز بر رابطه بین نوآوری، آموزش شهری و توسعه پایدار اقتصادی در شهرهای هوشمند، مدلی مفهومی ارائه کردند که در آن آموزش به‌عنوان محرک اصلی نوآوری و پایداری عمل می‌کند. آن‌ها نشان دادند که شهرهایی که در آموزش مشارکتی، دسترسی آزاد به دانش و زیرساخت‌های فناورانه سرمایه‌گذاری کرده‌اند، در شاخص‌های زیست‌محیطی عملکرد موفق‌تری داشته‌اند[۱۰].

حجاریان (۱۴۰۴) در مقاله‌ای با عنوان «تحلیل رابطه فضایی شهر هوشمند و زیست‌پذیری شهرها (مطالعه موردی: محلات اصفهان)» به این نتیجه رسید که ارتقای کیفیت زیستی در محلات شهری در گرو بهره‌گیری از فناوری‌های هوشمند، داده‌محوری و مشارکت هم‌زمان شهروندان است[۱۱]. اجلی (۱۴۰۴) در پژوهشی با عنوان «شناسایی و ارزیابی عوامل مؤثر بر تحقق شهر هوشمند پایدار در کلانشهر تهران»، با روش دلفی و تحلیل نظرات ۶۰ خبره، ۱۴ عامل کلیدی در تحقق شهر هوشمند پایدار را شناسایی کرد. نتایج نشان داد «سرمایه‌گذاری هوشمند»، «حکمرانی هوشمند» و «اقتصاد هوشمند» در صدر اهمیت قرار دارند، در حالی که «فناوری اطلاعات و ارتباطات» کمترین اولویت را داشت. ارزیابی نظرات ۳۹۲ کارشناس با استفاده از آزمون دوجمله‌ای نیز بیانگر آن بود که آمادگی کلان‌شهر تهران برای تحقق این شاخص‌ها در سطحی متوسط قرار دارد. در این میان، ابعاد محیط‌زیستی نیز به‌عنوان بخشی از عوامل کلیدی در توسعه شهر هوشمند پایدار مورد توجه قرار گرفته است و تحقق آن نیازمند سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی محیط‌محور و مشارکتی است [۱۲]. بقالی‌اقدم و همکاران (۱۴۰۴) در پژوهشی با عنوان «مدل‌سازی شهر هوشمند تبریز در چشم‌انداز ۲۰۳۰: بررسی جامع شاخص‌های محیطی، اقتصادی و حکمرانی» از روش مدل‌سازی معادلات ساختاری برای سنجش تأثیر زیرساخت دیجیتال، حکمرانی داده‌محور و خدمات هوشمند استفاده کردند و نشان دادند که این مؤلفه‌ها به‌طور مستقیم با بهبود کیفیت هوا، مصرف انرژی و پایداری زیست‌محیطی مرتبط هستند[۱۳]. خلیجی (۱۴۰۴) در مقاله‌ای با عنوان «نقش فناوری‌های هوشمند در تقویت پدافند غیرعامل اکولوژیک کلان‌شهر تهران» تأکید کرد که کاربرد هوش مصنوعی، اینترنت اشیا و سامانه‌های هشدار سریع می‌تواند در کاهش آسیب‌پذیری زیست‌محیطی نقش اساسی ایفا کند و این امر نیازمند ارتقای سطح سواد زیست‌محیطی و توانمندسازی آموزشی شهروندان است[۱۴]. اسدی و همکاران (۱۴۰۳) در پژوهشی با عنوان «تدوین الگوی توسعه‌ی شهر هوشمند با تأکید بر شاخص‌های شهر آموزش‌دهنده (مطالعه موردی: شهر قائن)» با استفاده از مدل‌سازی ساختاری، به این نتیجه رسیدند که متغیرهای مدیریت هوشمند، محیط هوشمند، شهروند هوشمند، اقتصاد هوشمند، تحرک هوشمند و زندگی هوشمند، به‌ترتیب با ضرایب ۰,۸۹، ۰,۸۱، ۰,۷۳، ۰,۶۵، ۰,۵۸ و ۰,۵۲، بیشترین تأثیر را در تحقق شهر هوشمند دارند. نتایج همچنین نشان داد که رویکرد آموزش، از طریق برنامه‌ریزی در ابعاد امکانات آموزشی، محیط شهری و توانمندسازی شهروندان، نقش محوری در ارتقاء این شاخص‌ها ایفا می‌کند. بر این اساس، حدود ۶۴ درصد از تحقق شهر هوشمند در قائن توسط شاخص‌های مرتبط با شهر آموزش‌دهنده تبیین می‌شود. این یافته‌ها بر اهمیت ادغام سیاست‌های آموزشی در فرایند

---

[۱] Khan et al

[۲] Addas

[۳] Bibri et al

[۴] Procopie & Butnariu

هوشمندسازی شهری تأکید دارد[۱۵]. رئوفی و همکاران (۱۴۰۳) در مطالعه‌ای با عنوان «بررسی توسعه پایدار شهری: پایداری خدمات شهر هوشمند» به این نتیجه رسیدند که کیفیت و تداوم خدمات هوشمند شهری، به‌ویژه در حوزه‌هایی مانند پسماند، انرژی و حمل‌ونقل، ارتباط مستقیمی با آموزش شهروندی و آگاهی محیطی دارد[۱۶].

در سال‌های اخیر، پیوند میان توسعه پایدار شهری، هوشمندسازی و یادگیری شهری به‌عنوان یک رویکرد نوین و میان‌رشته‌ای، مورد توجه گسترده محققان قرار گرفته است. در این چارچوب، شهر آموزش‌دهنده نه صرفاً به‌عنوان یک ساختار آموزشی، بلکه به‌عنوان زیرساختی فرهنگی، فناورانه و محیط‌زیستی برای تحقق الگوی شهر هوشمند پایدار تعریف می‌شود. به‌کارگیری فناوری‌های نوین مانند واقعیت افزوده، هوش مصنوعی، سامانه‌های هشدار و زیرساخت‌های دیجیتال شهری، زمانی بیشترین اثربخشی را دارند که با فرآیندهای یادگیری مشارکتی و تقویت سواد زیست‌محیطی شهروندان همراه شوند. شواهد تجربی حاکی از آن است که ارتقای شاخص‌هایی چون مدیریت پسماند، بهره‌وری انرژی، کیفیت هوا و تحرک پایدار، به‌طور معناداری با میزان آگاهی محیطی، یادگیری عملی و دسترسی آزاد به اطلاعات در محیط‌های شهری گره خورده است. در همین راستا، شاخص‌های کلیدی شهر هوشمند نظیر مدیریت، محیط، شهروند، اقتصاد، تحرک و زندگی هوشمند، زمانی به سطح مطلوب تحقق می‌رسند که بسترهای آموزشی، فرهنگی و اجتماعی پشتیبان آن‌ها به‌صورت فعال عمل کنند. دستاوردهای نظری و تجربی در حوزه هوشمندسازی شهری بر نقش تعیین‌کننده‌ی آموزش در کارآمدسازی فناوری‌های هوشمند، افزایش پذیرش شهروندی، ارتقاء کیفیت خدمات شهری و کاهش آسیب‌پذیری محیطی تأکید دارند. نوآوری پژوهش حاضر در تلفیق هم‌زمان سه رویکرد مکمل، یعنی شهر هوشمند، توسعه پایدار و شهر آموزش‌دهنده است؛ رویکردی که برخلاف دیدگاه‌های صرفاً فناورانه یا زیرساخت‌محور، بر فرآیندهای یادگیری شهری، عدالت محیط‌زیستی و مشارکت فعال شهروندان به‌عنوان محرک‌های اصلی پایداری تأکید دارد و چارچوبی نوین برای سیاست‌گذاری شهری آینده فراهم می‌آورد.

۱-۲-مبانی نظری تحقیق

در دهه‌های اخیر، شهرها به‌عنوان کانون‌های اصلی توسعه انسانی، اقتصادی و فناوری، با چالش‌های متعددی در زمینه‌های زیست‌محیطی، اجتماعی و مدیریتی مواجه شده‌اند[۱۷]. در این میان، مفهوم شهر هوشمند به‌عنوان یکی از مهم‌ترین پاسخ‌های نظام‌مند به مسائل نوپدید شهری، به‌ویژه در حوزه پایداری، مطرح شده است. شهر هوشمند در تعریف جامع خود، بهره‌گیری از فناوری‌های نوین اطلاعات و ارتباطات ، حکمرانی داده‌محور، خدمات هوشمند، و مشارکت فعال شهروندان را برای بهبود کیفیت زندگی، بهره‌وری و پایداری شهرها مد نظر قرار می‌دهد [۱۸] با گسترش مفهوم شهر هوشمند، مفاهیم مکملی همچون شهر یادگیرنده و شهر آموزش‌دهنده نیز در ادبیات علمی مطرح شده‌اند تا نقش آموزش، یادگیری مادام‌العمر و ارتقاء فرهنگ عمومی در تحقق شهر هوشمند پایدار برجسته شود[۱۹]

شهر آموزش‌دهنده مفهومی است که توسط یونسکو توسعه یافته و بر فراهم‌سازی فرصت‌های یادگیری فراگیر، مشارکتی، و پیوسته برای همه گروه‌های سنی تأکید دارد. این رویکرد با فراهم‌کردن زیرساخت‌های فیزیکی و فرهنگی برای آموزش‌های رسمی و غیررسمی، شهروندان را به مشارکت فعال در فرایندهای توسعه شهری سوق می‌دهد و سرمایه اجتماعی را ارتقا می‌بخشد [۲۰]. طبق چارچوب عملیاتی یونسکو (۲۰۲۱)، ویژگی‌های کلیدی شهر آموزش‌دهنده شامل مشارکت شهروندی در فرآیندهای یادگیری، گسترش یادگیری مادام‌العمر، عدالت آموزشی، و آموزش‌های زیست‌محیطی است. این مؤلفه‌ها نقش حیاتی در افزایش سطح آگاهی عمومی نسبت به مسائل زیست‌محیطی، مدیریت منابع طبیعی، و رفتارهای دوستدار محیط‌زیست دارند [۲۱].

از سوی دیگر، پایداری محیط‌زیستی به‌عنوان یکی از ارکان توسعه پایدار، به معنای استفاده بهینه و مسئولانه از منابع طبیعی، حفظ اکوسیستم‌ها، کاهش آلاینده‌ها، و بهبود کیفیت زندگی انسان‌ها در طول زمان تعریف می شود. [۲۲]. در چارچوب شهری، پایداری محیط‌زیستی به مؤلفه‌هایی چون مدیریت منابع طبیعی، کاهش انتشار آلاینده‌ها، گسترش فضای سبز، بازیافت پسماند و بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر وابسته است. مطالعات اخیر نشان می‌دهد که ارتقاء آگاهی زیست‌محیطی از طریق آموزش، نقش اساسی در شکل‌گیری رفتارهای زیست‌محیطی پایدار ایفا می‌کند و می‌تواند به کاهش مصرف انرژی، تفکیک زباله، و حفظ تنوع زیستی منجر شود[۲۳].

در این میان، توسعه شهر هوشمند به‌عنوان یک بستر تسهیل‌گر میانجی، می‌تواند پیوندی بین آموزش شهروندی و تحقق پایداری محیط‌زیستی ایجاد کند[۷]. فناوری‌های هوشمند، از جمله اینترنت اشیا، سامانه‌های اطلاعات مکانی، پلتفرم‌های آموزش مجازی، حسگرهای محیطی، و سامانه‌های هوشمند مدیریت انرژی و پسماند، ابزارهایی را در اختیار نهادهای شهری قرار می‌دهند تا هم آموزش‌های

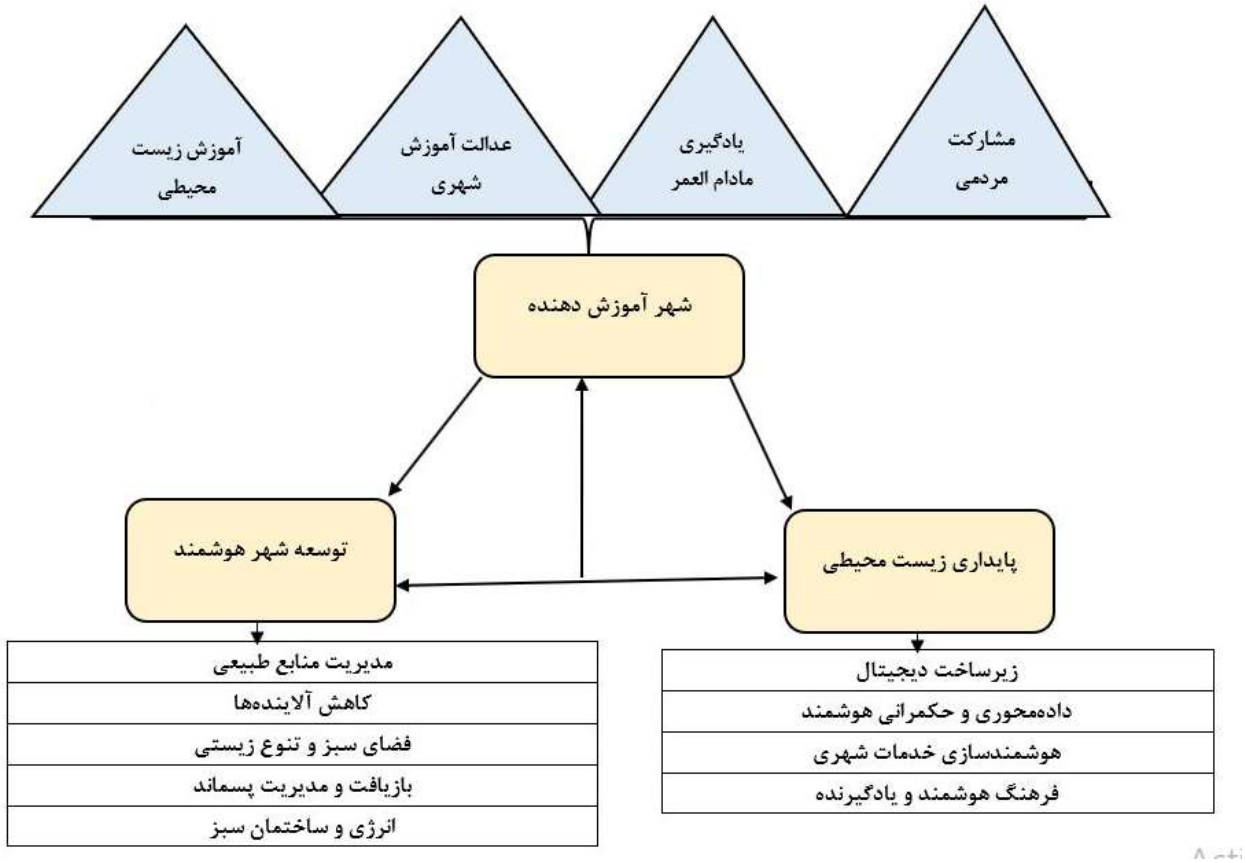
زیست‌محیطی را هدفمندتر ارائه دهند و هم تأثیرات محیطی را پایش و کنترل کنند [۲۴]. به بیان دیگر، زیرساخت‌های هوشمند با فراهم‌آوردن شفافیت اطلاعات، تصمیم‌گیری داده‌محور و افزایش مشارکت عمومی، زمینه‌ساز نهادینه‌سازی آموزش‌های زیست‌محیطی در ساختار شهر می‌شوند[۲۵].

در نظریه‌های معاصر توسعه شهری، یکی از رویکردهای تلفیقی که در پاسخ به چالش‌های زیست‌محیطی و ناپایداری شهری مطرح شده، ترکیب مؤلفه‌های آموزش شهری با فناوری‌های نوین شهر هوشمند است[۲۶]. بر اساس این دیدگاه، آموزش شهروندان درباره اصول توسعه پایدار، شیوه‌های استفاده مسئولانه از منابع، و رفتارهای زیست‌محیطی مطلوب، پیش‌زمینه‌ای ضروری برای تحقق اهداف پایداری در مقیاس محلی به شمار می‌رود [۲۷]. شهر آموزش‌دهنده در این چارچوب، نه‌فقط یک ساختار آموزشی متمرکز، بلکه نظامی پویا از یادگیری همگانی و مشارکتی است که در آن شهر به بستری برای یادگیری تبدیل می‌شود و آموزش از طریق تعاملات اجتماعی، فضاهای عمومی، پلتفرم‌های دیجیتال و خدمات شهری به شهروندان انتقال می‌یابد[۲۸]. از سوی دیگر، توسعه فناوری‌های شهری در قالب مفاهیمی چون اینترنت اشیا (IoT)، کلان‌داده‌ها، سامانه‌های هوشمند مدیریت منابع و آموزش مجازی، امکان یکپارچه‌سازی آموزش‌های زیست‌محیطی را با فرایندهای تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری شهری فراهم می‌کند. فناوری‌های شهر هوشمند با ایجاد شفافیت در مصرف منابع، پایش آلودگی، و کنترل فرآیندهایی مانند مدیریت پسماند، این فرصت را ایجاد می‌کنند که شهروندان نه تنها دریافت‌کننده آموزش باشند، بلکه در نظارت و ارتقاء عملکرد زیست‌محیطی شهر نیز مشارکت داشته باشند[۲۹]. در این چارچوب مفهومی، ارتباط میان آموزش و پایداری محیط‌زیستی، ارتباطی دوسویه و تعاملی تلقی می‌شود: از یک سو آموزش زمینه‌ساز تغییرات رفتاری و فرهنگی در جهت کاهش فشار بر محیط زیست است، و از سوی دیگر، بهره‌گیری از فناوری‌های هوشمند، امکان اثربخشی بیشتر آموزش‌ها و مشارکت هوشمندانه شهروندان را فراهم می‌سازد. نتیجه این تعامل نظری، تقویت رویکردهای مدیریت شهری مشارکتی، داده‌محور و پایداری‌گرا خواهد بود که در آن آموزش، فناوری و محیط زیست به‌عنوان اجزای یک سیستم منسجم در نظر گرفته می‌شوند.

جدول ۱- ابعاد، شاخص‌ها و زیرشاخص‌های شهر آموزش‌دهنده و پایداری محیط‌زیستی

بعد اصلی	شاخص اصلی	زیرشاخص‌ها (گویه‌های قابل سنجش)
	مشارکت شهروندی	میزان مشارکت در آموزش‌های شهری، حضور در کارگاه‌های زیست‌محیطی، یادگیری مشارکتی
	یادگیری مادام‌العمر	وجود زیرساخت‌های آموزش غیررسمی، تسهیل دسترسی به منابع یادگیری، کتابخانه‌های باز شهری
	عدالت آموزشی شهری	توزیع عادلانه مراکز آموزشی در سطح شهر، دسترسی برابر به اطلاعات آموزشی
	آموزش زیست‌محیطی	برنامه‌های آموزش محیط‌زیستی، آگاهی‌بخشی درباره مصرف انرژی و تفکیک زباله
	مدیریت منابع طبیعی	استفاده پایدار از منابع آب، خاک و انرژی؛ کنترل بهره‌برداری بی‌رویه
	کاهش آلاینده‌ها	کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، کنترل آلودگی هوا، آلودگی صوتی و نوری
	فضای سبز و تنوع زیستی	دسترسی به فضای سبز، سرانه فضای سبز شهری، حفاظت از پوشش گیاهی طبیعی
	بازیافت و مدیریت پسماند	وجود سیستم تفکیک زباله، آموزش تفکیک در مبدا، استفاده از فناوری‌های هوشمند بازیافت
	انرژی و ساختمان سبز	استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، طراحی ساختمان‌های کم‌مصرف، کاربرد فناوری‌های انرژی‌بر
	زیرساخت دیجیتال	پوشش اینترنت پرسرعت، دسترسی عمومی به وای‌فای، شهروند دیجیتال
	داده‌محوری و حکمرانی هوشمند	سیاست‌گذاری داده‌محور، دسترسی آزاد به داده‌ها، شفافیت و پاسخ‌گویی شهری
	هوشمندسازی خدمات شهری	سامانه‌های هوشمند حمل‌ونقل، پارکینگ هوشمند، خدمات دولتی دیجیتال
	فرهنگ هوشمند و یادگیرنده	ارتقاء فرهنگ استفاده از فناوری، آموزش شهروندی هوشمند، تاب‌آوری فرهنگی در فضای مجازی

[۶، ۹، ۱۱، ۱۴، ۱۶، ۱۸، ۱۹، ۲۲، ۲۳، ۲۵، ۲۶، ۲۷، ۲۸، ۲۹]



شکل ۱- مدل مفهومی تحقیق

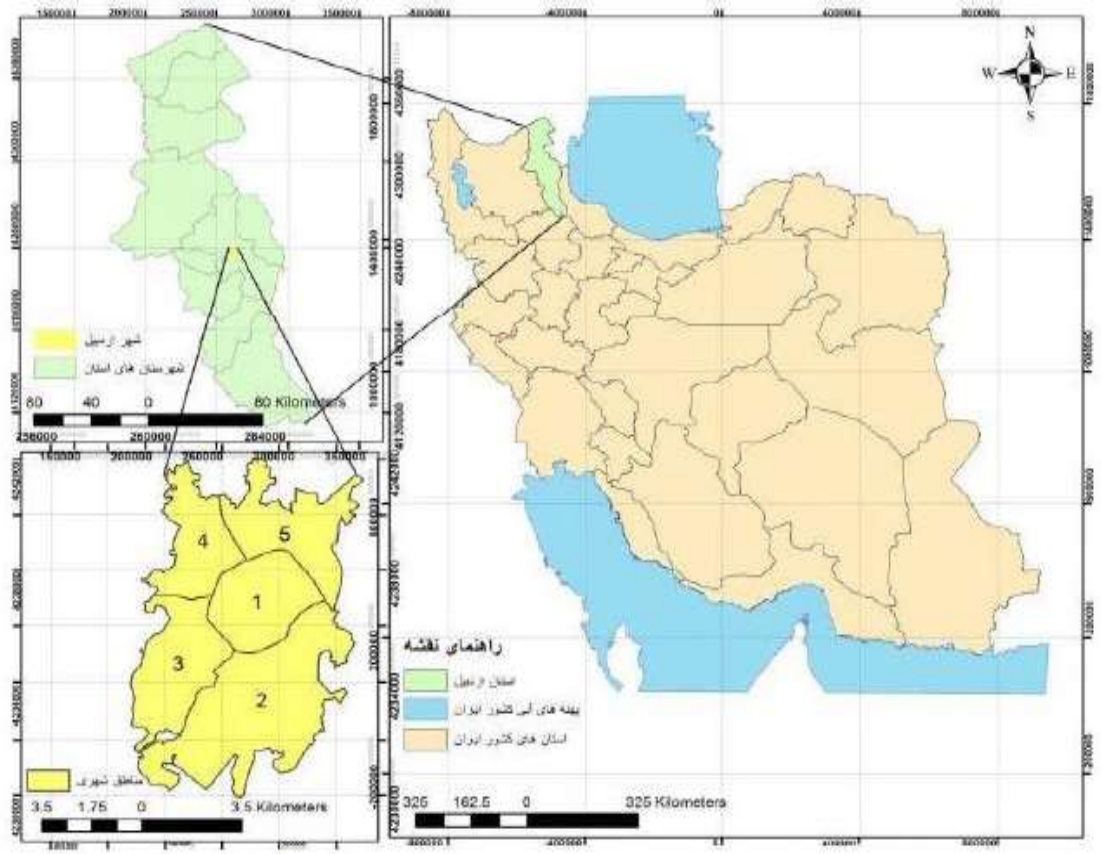
۲-مواد و روشها

این پژوهش با هدف تدوین الگوی توسعه‌ی شهر هوشمند با تأکید بر شاخص‌های شهر آموزش‌دهنده و تحلیل تأثیر آن بر پایداری محیط‌زیستی در شهر اردبیل، از نظر هدف کاربردی و از نظر ماهیت، توصیفی–تحلیلی و همبستگی است. روش گردآوری داده‌ها پیمایشی بوده و برای تحلیل داده‌ها از مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM) با استفاده از نرم‌افزار SmartPLS 4 بهره گرفته شده است. جامعه آماری شامل کلیه متخصصان، مدیران، کارشناسان و صاحب‌نظران در حوزه‌های شهرسازی، محیط‌زیست شهری، برنامه‌ریزی آموزشی، فناوری اطلاعات و خدمات شهری در شهر اردبیل است که به‌نحوی در فرایندهای تصمیم‌سازی یا تحلیل سیاست‌های شهری مشارکت دارند. این افراد با رویکرد هدفمند و روش نمونه‌گیری گلوله‌برفی انتخاب شده‌اند و حجم نمونه نهایی ۲۷۳ نفر در نظر گرفته شده که با توجه به تعداد گویه‌های پرسشنامه (۳۹ گویه برای ۱۳ شاخص)، با معیارهای علمی لازم برای مدل‌سازی ساختاری هم‌خوانی دارد. ابزار گردآوری داده‌ها، پرسشنامه‌ای محقق‌ساخته است که بر مبنای سه بُعد مفهومی شهر آموزش‌دهنده، پایداری محیط‌زیستی و توسعه شهر هوشمند طراحی شده و برای هر شاخص سه گویه با طیف لیکرت پنج‌درجه‌ای از کاملاً مخالف تا کاملاً موافق تعریف شده است. روایی پرسشنامه به‌صورت صوری و محتوایی از طریق نظر خبرگان و اساتید دانشگاه تأیید شده و برای سنجش پایایی از آزمون آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی (CR) استفاده شده است. همچنین در مرحله تحلیل عاملی تأییدی، شاخص‌هایی نظیر روایی همگرا (AVE)، روایی واگرا (HTMT)، و نیکویی برازش مدل با استفاده از SRMR و R^2 بررسی و تأیید شده است. در تحلیل نهایی مدل، روابط میان متغیر مستقل (شهر آموزش‌دهنده)، متغیر میانجی (توسعه شهر هوشمند) و متغیر وابسته (پایداری محیط‌زیستی) از طریق تحلیل مسیر و مقادیر آماره t مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند و با بهره‌گیری از معیار Q^2 وVIF ، برازش مدل و عدم هم‌خطی نیز کنترل شده است. بدین‌ترتیب، این روش تحقیق چارچوبی دقیق و منسجم برای بررسی روابط مفهومی در بستر یک مدل ترکیبی سه‌بعدی ارائه می‌دهد

که بر مبنای داده‌های واقعی از یک جامعه تخصصی استخراج شده و از توان تحلیلی کافی برای ارائه یک الگوی بومی‌سازی‌شده در حوزه شهرهای هوشمند برخوردار است.

۲-۱-محدوده مورد مطالعه

شهر اردبیل که به‌عنوان مرکز سیاسی و اداری استان اردبیل شناخته می‌شود، در دشتی هم‌نام خود قرار دارد و ساختار فضایی آن به‌صورت شعاعی گسترش یافته است. بنابر آمار منتشرشده در سالنامه آماری کشور مربوط به سال ۱۴۰۰، جمعیت این شهر ۵۹۰٬۶۸۲ نفر در قالب ۱۶۵٬۷۲۱ خانوار گزارش شده و وسعتی بیش از ۶۱۰۰ هکتار را در بر می‌گیرد. طبق اطلاعات به‌روز شهرداری اردبیل، این شهر به ۵ منطقه شهری تقسیم شده که دربرگیرنده ۴۴ ناحیه و ۹۷ محله شهری است[۳۰].



شکل۲- موقعیت جغرافیایی شهر اردبیل در نظام تقسیمات کشوری و استانی

۳-بحث و نتایج

در این بخش، به ارائه یافته‌های تحقیق پرداخته می‌شود که بر مبنای تجزیه‌وتحلیل داده‌های گردآوری‌شده از ۲۷۳ پاسخ‌دهنده، شامل تحلیل جمعیت‌شناختی نمونه و بررسی ابعاد اصلی مدل مفهومی پژوهش صورت گرفته است. هدف از این تحلیل‌ها، شناسایی وضعیت متغیرهای مورد بررسی در جامعه آماری و ارزیابی روابط میان شاخص‌های شهر آموزش‌دهنده، توسعه شهر هوشمند و پایداری محیط‌زیستی در بستر شهر اردبیل است.

جدول ۲- ویژگی‌های جمعیت‌شناختی پاسخ‌دهندگان پژوهش

دسته‌بندی	ویژگی	تعداد	درصد
	جنسیت		
	مرد	۱۴۲	۵۲
	زن	۱۳۱	۴۸
	سن		
	زیر ۳۰ سال	۴۱	۱۵
	۳۰ تا ۴۰ سال	۸۷	۳۲
	۴۰ تا ۵۰ سال	۸۵	۳۱
	بالای ۵۰ سال	۶۰	۲۲
	تحصیلات		
	دیپلم یا کمتر	۲۷	۱۰
	کارشناسی	۱۱۵	۴۲
	کارشناسی‌ارشد	۱۰۱	۳۷
	دکتری	۳۰	۱۱
	حوزه فعالیت		
	کارشناس حوزه شهری	۹۸	۳۶
	کارشناس محیط‌زیست	۶۵	۲۴
	استاد یا پژوهشگر	۷۳	۲۷
	سایر	۳۷	۱۳
	سابقه فعالیت		
	کمتر از ۵ سال	۵۲	۱۹
	بین ۵ تا ۱۰ سال	۱۲۸	۴۷
	بیش از ۱۰ سال	۹۳	۳۴

بررسی ویژگی‌های جمعیت‌شناختی نمونه تحقیق حاضر که شامل ۲۷۳ نفر از متخصصان حوزه‌های مرتبط با شهر هوشمند، محیط‌زیست و آموزش شهری است، نشان می‌دهد که توزیع جنسیتی نسبتاً متوازن بوده و ۵۲ درصد پاسخ‌دهندگان را مردان و ۴۸ درصد را زنان تشکیل می‌دهند. این توازن، بیانگر دیدگاه‌های چندجانبه از هر دو جنس نسبت به موضوع تحقیق است. از نظر توزیع سنی، ۶۳ درصد از مشارکت‌کنندگان در بازه سنی ۳۰ تا ۵۰ سال قرار دارند که گروه فعال و تصمیم‌ساز جامعه شهری محسوب می‌شوند و از تجربه و شناخت مناسبی در حوزه مدیریت شهری و توسعه پایدار برخوردارند. در بعد تحصیلات، بیش از ۸۰ درصد دارای تحصیلات کارشناسی و بالاتر هستند که سطح علمی نمونه را قابل قبول و مناسب برای تحلیل تخصصی مدل‌های شهری نشان می‌دهد. همچنین داده‌ها بیانگر آن است که حدود ۸۷ درصد از پاسخ‌دهندگان در حوزه‌هایی شاغل‌اند که مستقیماً با موضوعات شهر هوشمند، پایداری محیط‌زیستی یا یادگیری شهری ارتباط دارند و تنها ۱۳ درصد در دسته "سایر" قرار گرفته‌اند. از منظر سابقه فعالیت، نزدیک به نیمی از افراد (۴۷ درصد) دارای ۵ تا ۱۰ سال سابقه در حوزه‌های مرتبط هستند که نشان‌دهنده وزن بالای تجربه در تحلیل دیدگاه‌هاست، در حالی‌که ۳۴ درصد نیز با سابقه بیش از ۱۰ سال، به غنای تخصصی پاسخ‌ها افزوده‌اند. ترکیب جمعیت‌شناختی نمونه نشان می‌دهد که تحلیل‌های انجام‌شده در این تحقیق بر پایه دیدگاه‌های متنوع، متخصصانه و مبتنی بر تجربه حرفه‌ای افراد شکل گرفته و از اعتبار علمی و میدانی لازم برخوردار است.

جدول ۳- آمار توصیفی ابعاد و شاخص‌های تحقیق

بُعد / شاخص اصلی	تعداد	میانگین	انحراف معیار
شهر آموزش‌دهنده	۲۷۳	۳/۹۵	۰/۷۳
مشارکت شهروندی	۲۷۳	۳/۹۴	۰/۷۸
یادگیری مادام‌العمر	۲۷۳	۳/۸۸	۰/۸۱
عدالت آموزشی شهری	۲۷۳	۳/۷۳	۰/۷۵
آموزش زیست‌محیطی	۲۷۳	۴/۰۲	۰/۷۲
پایداری محیط‌زیستی	۲۷۳	۳/۷۹	۰/۷۷
مدیریت منابع طبیعی	۲۷۳	۳/۸۵	۰/۷۹
کاهش آلاینده‌ها	۲۷۳	۳/۶۹	۰/۸۵
فضای سبز و تنوع زیستی	۲۷۳	۳/۹۷	۰/۷۶
بازیافت و مدیریت پسماند	۲۷۳	۳/۷۶	۰/۸۳
انرژی و ساختمان سبز	۲۷۳	۳/۶۸	۰/۸۶
توسعه شهر هوشمند	۲۷۳	۳/۸۲	۰/۷۴
زیرساخت دیجیتال	۲۷۳	۳/۹۲	۰/۸۰
داده‌محوری و حکمرانی هوشمند	۲۷۳	۳/۸۴	۰/۷۸
هوشمندسازی خدمات شهری	۲۷۳	۳/۸۱	۰/۷۷
فرهنگ هوشمند و یادگیرنده	۲۷۳	۳/۹۵	۰/۷۵

در تحلیل آماری داده‌ها مشاهده می‌شود که بیشترین میانگین مربوط به شاخص «آموزش زیست‌محیطی» با مقدار ۴/۰۲ است که نشان می‌دهد پاسخ‌دهندگان نقش آموزش‌های محیط‌محور را در ارتقاء کیفیت زیست‌پذیری شهری بسیار مثبت ارزیابی کرده‌اند. همچنین شاخص‌های «فرهنگ هوشمند و یادگیرنده» (میانگین ۳/۹۵)، «فضای سبز و تنوع زیستی» (۳/۹۷)، و «مشارکت شهروندی» (۳/۹۴) نیز میانگین‌های بالایی داشته‌اند که این امر بر اهمیت تلفیق آموزش، آگاهی، و ظرفیت‌های طبیعی در توسعه پایدار شهری تأکید دارد. در مقابل، پایین‌ترین میانگین‌ها مربوط به شاخص‌های «انرژی و ساختمان سبز» (۳/۶۸) و «کاهش آلاینده‌ها» (۳/۶۹) است که می‌تواند ناشی از چالش‌های اجرایی در نوسازی زیرساخت‌های انرژی‌بر و کنترل آلودگی در شهر اردبیل باشد. در سطح ابعاد کلان، بعد «شهر آموزش‌دهنده» با دارا بودن میانگین‌های نسبتاً بالا در تمام شاخص‌های خود، به‌عنوان بُعدی با بیشترین وزن ادراکی در ذهن پاسخ‌دهندگان برجسته شده است. پس از آن، بُعد «توسعه شهر هوشمند» نیز با توجه به میانگین بالای شاخص‌های «زیرساخت دیجیتال» و «حکمرانی هوشمند» جایگاه مطلوبی دارد. در نهایت، گرچه میانگین کلی شاخص‌های «پایداری محیط‌زیستی» نیز مثبت ارزیابی شده‌اند، اما پراکندگی نسبی داده‌ها (انحراف معیار بالاتر) در این بُعد، بیانگر تنوع دیدگاه‌ها و وجود چالش‌های اجرایی بیشتر در این حوزه است.

جدول ۴- نتایج آزمون نرمال‌بودن توزیع داده‌ها برای شاخص‌های پژوهش با آزمون کولموگروف–اسمیرنوف

شاخص	آمارهK–S	سطح معناداری (Sig)	نتیجه آزمون
مشارکت شهروندی	۰/۰۹۳	۰/۰۷۶	نرمال است
یادگیری مادام‌العمر	۰/۰۸۷	۰/۰۸۹	نرمال است
عدالت آموزشی شهری	۰/۰۹۵	۰/۰۷۲	نرمال است
آموزش زیست‌محیطی	۰/۰۸۴	۰/۱۰۱	نرمال است
مدیریت منابع طبیعی	۰/۰۹۱	۰/۰۸۰	نرمال است

شاخص	آمارهK–S	سطح معناداری (Sig)	نتیجه آزمون
کاهش آلاینده‌ها	۰/۰۹۷	۰/۰۷۰	نرمال است
فضای سبز و تنوع زیستی	۰/۰۸۸	۰/۰۹۳	نرمال است
بازیافت و مدیریت پسماند	۰/۰۹۰	۰/۰۸۴	نرمال است
انرژی و ساختمان سبز	۰/۰۹۳	۰/۰۷۸	نرمال است
زیرساخت دیجیتال	۰/۰۸۹	۰/۰۹۱	نرمال است
داده‌محوری و حکمرانی هوشمند	۰/۰۹۲	۰/۰۸۰	نرمال است
هوشمندسازی خدمات شهری	۰/۰۸۶	۰/۰۹۵	نرمال است
فرهنگ هوشمند و یادگیرنده	۰/۰۸۱	۰/۱۰۵	نرمال است

بر اساس نتایج آزمون کولموگروف–اسمیرنوف برای ۱۳ شاخص اصلی تحقیق، مشاهده می‌شود که مقدار سطح معناداری برای تمامی شاخص‌ها بالاتر از ۰/۰۵ است. این امر نشان می‌دهد که هیچ‌کدام از توزیع‌های داده با توزیع نرمال تفاوت معناداری ندارند. به‌عبارت دیگر، فرض صفر مبنی بر نرمال‌بودن داده‌ها برای تمام شاخص‌ها پذیرفته می‌شود. تأیید نرمال‌بودن داده‌ها در تمامی متغیرها، این امکان را فراهم می‌سازد تا در مراحل بعدی تحلیل، از آزمون‌های آماری پارامتریک مانند تحلیل عاملی تأییدی (CFA) و مدل‌سازی معادلات ساختاری بهره‌گیری شود. همچنین نرمال‌بودن داده‌ها بیانگر آن است که توزیع پاسخ‌ها از توزیع‌های شدیداً متمایل یا چولدار فاصله دارد و داده‌ها در یک طیف منطقی و متوازن از دیدگاه پاسخ‌دهندگان قرار گرفته‌اند. این ویژگی به‌ویژه در پژوهش‌های شهری با رویکرد رفتاری–ادراکی، نشانه‌ی کیفیت مناسب ابزار اندازه‌گیری (پرسشنامه) و ساختار مفهومی سازگار با ذهنیت جمعیت نمونه تلقی می‌شود.

جدول ۵- تحلیل پایایی و روایی سازه‌ها برای ابعاد و شاخص‌های مدل مفهومی

بُعد / شاخص اصلی	آلفای کرونباخ	پایایی ترکیبی (CR)	میانگین واریانس استخراج‌شده (AVE)
شهر آموزش‌دهنده	**۰/۸۴**	**۰/۸۹**	**۰/۶۳**
مشارکت شهروندی	۰/۷۰	۰/۸۵	۰/۵۸
یادگیری مادام‌العمر	۰/۸۲	۰/۸۸	۰/۶۱
عدالت آموزشی شهری	۰/۷۶	۰/۸۱	۰/۵۵
آموزش زیست‌محیطی	۰/۸۵	۰/۸۹	۰/۶۶
پایداری محیط‌زیستی	**۰/۸۱**	**۰/۸۷**	**۰/۶۰**
مدیریت منابع طبیعی	۰/۷۷	۰/۸۳	۰/۵۷
کاهش آلاینده‌ها	۰/۷۵	۰/۸۲	۰/۵۴
فضای سبز و تنوع زیستی	۰/۸۰	۰/۸۶	۰/۵۹
بازیافت و مدیریت پسماند	۰/۷۹	۰/۸۵	۰/۵۷
انرژی و ساختمان سبز	۰/۷۴	۰/۸۱	۰/۵۳
توسعه شهر هوشمند	**۰/۸۳**	**۰/۸۸**	**۰/۶۲**
زیرساخت دیجیتال	۰/۷۸	۰/۸۵	۰/۵۸
داده‌محوری و حکمرانی هوشمند	۰/۸۰	۰/۸۷	۰/۶۰
هوشمندسازی خدمات شهری	۰/۷۷	۰/۸۳	۰/۵۵
فرهنگ هوشمند و یادگیرنده	۰،۸۱	۰،۸۷	۰/۶۱

نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد که تمامی ابعاد و شاخص‌های اصلی تحقیق از سطوح قابل‌قبول پایایی و روایی برخوردار هستند. مقدار آلفای کرونباخ برای همه متغیرها بالاتر از ۰/۷۰است که نشان‌دهنده‌ی انسجام درونی مناسب گویه‌های مربوط به هر سازه است. همچنین مقادیر پایایی ترکیبی (CR) نیز در تمامی سازه‌ها بالاتر از ۰/۷۰ است که این نیز نشان‌دهنده‌ی اعتبار بالای اندازه‌گیری‌های مدل در

سطح مفهومی است. از سوی دیگر، مقادیر میانگین واریانس استخراج‌شده (AVE) در تمامی سازه‌ها بیشتر از ۰/۵۰ بوده که مؤید روایی همگرای مناسب در مدل است؛ یعنی گویه‌های هر شاخص توانسته‌اند متغیر پنهان مربوط به خود را به‌خوبی تبیین کنند. این مسئله به‌ویژه در شاخص‌هایی چون «آموزش زیست‌محیطی»، «فرهنگ هوشمند و یادگیرنده» و «یادگیری مادام‌العمر» به‌وضوح دیده می‌شود که AVE آن‌ها به ترتیب ۰/۶۶، ۰/۶۱ و ۰/۶۱ بوده است و این به معنای همبستگی قوی بین گویه‌های پرسشنامه و سازه‌های نظری آن‌ها است. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که ابزار سنجش مورد استفاده در این پژوهش از نظر پایایی و روایی همگرا معتبر و مناسب است و آمادگی کامل برای ورود به مرحله تحلیل عاملی تأییدی (CFA) و مدل‌سازی معادلات ساختاری را دارد.

جدول ۶- ماتریس HTMT برای بررسی روایی واگرا میان سازه‌های مدل

	شهر آموزش‌دهنده	توسعه شهر هوشمند	پایداری محیط‌زیستی
شهر آموزش‌دهنده	—	۰/۷۶	۰/۶۹
توسعه شهر هوشمند	۰/۷۶	—	۰/۷۲
پایداری محیط‌زیستی	۰/۶۹	۰/۷۲	—

باتوجه به نتایج جدول ۶، تحلیل روایی واگرا بر اساس ماتریس HTMT نشان می‌دهد که میان سه سازه اصلی شامل شهر آموزش‌دهنده، توسعه شهر هوشمند و پایداری محیط‌زیستی، تمایز مفهومی مناسبی برقرار است؛ چراکه تمامی مقادیر HTMT کمتر از ۰/۹۰ بوده و در محدوده‌ای بین ۰/۶۹ تا ۰/۷۶ قرار دارند. بالاترین مقدار مربوط به ارتباط شهر آموزش‌دهنده و توسعه شهر هوشمند است که با مقدار ۰/۷۶ بیانگر همبستگی نزدیک‌تر این دو سازه و در عین حال حفظ تمایز نظری آن‌هاست. این رابطه می‌تواند ناشی از آن باشد که بسترهای یادگیری و ارتقای سواد دیجیتال در قالب شهر آموزش‌دهنده، زمینه‌ساز گسترش خدمات فناورانه و زیرساخت‌های هوشمند در شهر هستند. مقدار HTMT میان توسعه شهر هوشمند و پایداری محیط‌زیستی برابر با ۰/۷۲است که ارتباطی منطقی و کاربردی میان زیرساخت‌های هوشمند با شاخص‌های زیست‌محیطی از جمله بهینه‌سازی مصرف انرژی، مدیریت پسماند و کاهش آلاینده‌ها را نشان می‌دهد. پایین‌ترین مقدار HTMT مربوط به رابطه شهر آموزش‌دهنده و پایداری محیط‌زیستی است که عدد ۰/۶۹ را نشان می‌دهد؛ این مقدار نشان‌دهنده آن است که گرچه آموزش و ارتقای آگاهی زیست‌محیطی می‌تواند به پایداری کمک کند، اما این رابطه بیشتر به‌صورت غیرمستقیم و از مسیرهایی چون تغییر رفتار شهروندی یا سیاست‌های آموزش زیست‌محیطی شکل می‌گیرد. در مجموع، تمامی مقادیر تأییدکننده روایی واگرا در سطح سازه‌ای هستند و نشان می‌دهند که مدل مفهومی تحقیق، انسجام نظری لازم را داراست.

جدول ۷- بارهای عاملی استانداردشده برای برخی شاخص‌های اصلی(CFA)

بُعد اصلی	بار عاملی بُعد	شاخص اصلی	بار عاملی شاخص	رد/قبول
		مشارکت شهروندی	۰/۷۴	قبول
		یادگیری مادام‌العمر	۰/۷۸	قبول
		عدالت آموزشی شهری	۰/۶۰	قبول
		آموزش زیست‌محیطی	۰/۸۰	قبول
		مدیریت منابع طبیعی	۰/۷۲	قبول
		کاهش آلاینده‌ها	۰/۶۸	قبول
		فضای سبز و تنوع زیستی	۰/۶۶	قبول
		بازیافت و مدیریت پسماند	۰/۷۶	قبول
		انرژی و ساختمان سبز	۰/۵۳	قبول
		زیرساخت دیجیتال	۰/۷۹	قبول
		داده‌محوری و حکمرانی هوشمند	۰/۷۵	قبول
		هوشمندسازی خدمات شهری	۰/۷۰	قبول
		فرهنگ هوشمند و یادگیرنده	۰/۶۱	قبول

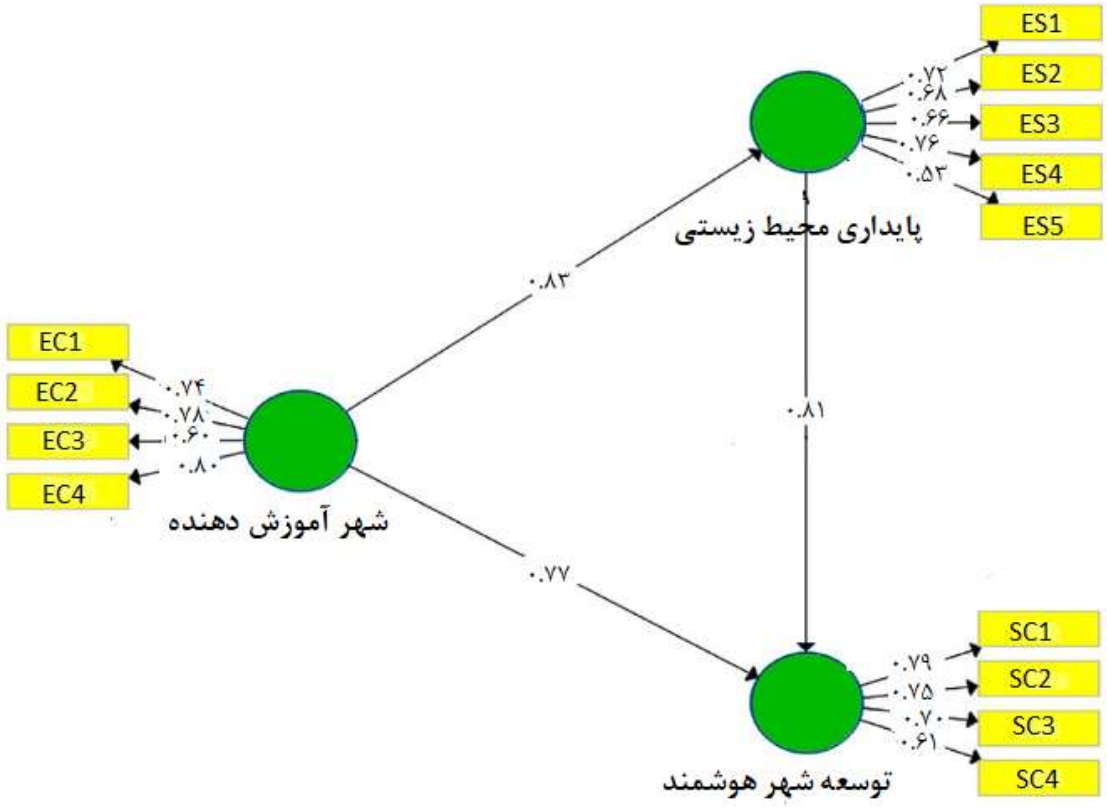
در تحلیل دقیق داده‌های جدول ۷، یافته‌های تحلیل عاملی تأییدی (CFA) مدل مفهومی پژوهش نشان می‌دهد که تمامی شاخص‌های اصلی در سه بُعد «شهر آموزش‌دهنده»، «پایداری محیط‌زیستی» و «توسعه شهر هوشمند» دارای بارهای عاملی بالاتر از ۰٫۵ هستند؛ این بدان معناست که تمامی شاخص‌ها از نظر آماری به‌طور معناداری با بُعد مربوط به خود همبستگی دارند و در نتیجه، روایی همگرای سازه‌ها در این مدل تأیید می‌شود. از منظر مقایسه‌ای، بُعد «شهر آموزش‌دهنده» با بار عاملی ۰/۸۳ بیشترین سهم را در تبیین ساختار مفهومی مدل داشته و بالاتر از ابعاد «توسعه شهر هوشمند» (۰/۸۱) و «پایداری محیط‌زیستی» (۰/۷۷) قرار دارد. این موضوع نشان‌دهنده آن است که درک شهروندان از شهر هوشمند پایدار، در گام نخست با مقوله‌های آموزشی و یادگیری گره خورده است. در سطح شاخص‌ها، آموزش زیست‌محیطی (۰٫۸۰)، یادگیری مادام‌العمر (۰/۷۸) و زیرساخت دیجیتال (۰/۷۹) بالاترین بارهای عاملی را دارند که بیانگر آن است که تقویت ظرفیت‌های آموزشی و فناورانه، دو رکن اساسی در ارتقای کیفیت توسعه شهر هوشمند با رویکرد زیست‌محیطی محسوب می‌شوند. این یافته، هم‌راستا با رویکردهای نوین برنامه‌ریزی شهری است که بر نقش آموزش‌های شهروندی و فناوری‌های ارتباطی برای دستیابی به توسعه پایدار شهری تأکید دارند. در سوی دیگر، شاخص‌های انرژی و ساختمان سبز (۰/۵۳) و عدالت آموزشی شهری (۰/۶۰) پایین‌ترین بارهای عاملی را نشان می‌دهند. این نتیجه می‌تواند ناشی از کمبود سیاست‌های اجرایی، نابرابری در توزیع فرصت‌های آموزشی، و ضعف در نهادینه‌سازی فناوری‌های سبز در بستر شهری باشد. از دیدگاه شهرسازانه، لازم است این حوزه‌ها در برنامه‌ریزی راهبردی مدیریت شهری اولویت بیشتری پیدا کنند.

تحلیل بین‌ابعادی نیز نشان می‌دهد که رابطه‌ای دوسویه و تقویتی میان آموزش، فناوری و زیست‌پایداری وجود دارد؛ به‌گونه‌ای که آموزش زیست‌محیطی (که زیرمجموعه شهر آموزش‌دهنده است)، به‌شکل غیرمستقیم پایداری محیطی را ارتقاء داده و فرهنگ هوشمند و یادگیرنده (زیرمجموعه شهر هوشمند) نیز بر سواد زیست‌محیطی و مدیریت داده‌ها اثر می‌گذارد. این یافته‌ها گویای آن‌اند که مسیر دستیابی به شهر هوشمند پایدار، مستلزم نگاه تلفیقی به آموزش، فناوری، حکمرانی داده‌محور و حفاظت محیطی است. در جمع‌بندی، مدل مفهومی این پژوهش از نظر آماری و مفهومی برازنده بوده و با تأکید بر آموزش و یادگیری، به‌خوبی توانسته است نقش آن را به‌عنوان محرک کلیدی در تحقق ابعاد پایداری محیط‌زیستی در بستر توسعه هوشمند شهری تبیین کند. برای برنامه‌ریزان شهری، این نتیجه به منزله توصیه‌ای راهبردی در جهت ارتقای سیاست‌های آموزشی، دیجیتال‌سازی خدمات شهری و مدیریت یکپارچه محیط‌زیست محسوب می‌شود.

جدول ۸- شاخص نیکویی برازش مدل و ضرایب تعیین (R^2) برای سازه‌های درون‌زا

شاخص	مقدار
مقدارSRMR	۰/۰۵۲
توسعه شهر هوشمند R^2	۰/۶۴۳
پایداری محیط‌زیستی R^2	۰/۵۸۹

در این پژوهش، مقدار شاخص برازش SRMR برابر با ۰/۰۵۲ به دست آمده که کمتر از آستانه ۰/۰۸ بوده و نشان‌دهنده برازش مطلوب مدل مفهومی با داده‌های تجربی است، به‌گونه‌ای که انحراف استانداردشده بین ماتریس همبستگی واقعی و مدل پیش‌بینی‌شده بسیار ناچیز است و ساختار نظری مدل به‌خوبی با داده‌های گردآوری‌شده منطبق است. همچنین مقادیر ضریب تعیین (R^2) برای دو سازه درون‌زای مدل نشان‌دهنده قدرت تبیین بالای متغیر مستقل شهر آموزش‌دهنده است؛ به‌طوری‌که حدود ۶۴ درصد از واریانس مربوط به توسعه شهر هوشمند و حدود ۵۹ درصد از واریانس پایداری محیط‌زیستی توسط این متغیر تبیین شده است. این مقادیر، نشان‌دهنده پشتیبانی تجربی قوی از مدل پیشنهادی پژوهش هستند و تأکید می‌کنند که گسترش آموزش‌های شهری، یادگیری مادام‌العمر، و عدالت آموزشی می‌تواند نقش محوری در تقویت زیرساخت‌های هوشمند و بهبود شاخص‌های زیست‌محیطی در بستر شهری ایفا کند. در مجموع، نتایج این مرحله اعتبار نظری و تجربی مدل ساختاری تحقیق را به‌طور کامل تأیید می‌کند.



شکل ۳- ارزیابی اعتبار سنجی تحلیل عاملی تاییدی رابطه بین شاخص‌های شهر آموزش‌دهنده و پایداری محیط‌زیستی در چارچوب توسعه‌ی شهر هوشمند در شهر اردبیل

جدول ۹- شاخص VIF برای ارزیابی تشخیص هم‌خطی در مدل ساختاری

متغیر / مسیر	VIF
توسعه شهر هوشمند ← شهر آموزش‌دهنده	۲/۳۱
پایداری محیط‌زیستی ← شهر آموزش‌دهنده	۲/۷۶
پایداری محیط‌زیستی ← توسعه شهر هوشمند	۲/۵۲

بر اساس یافته‌های جدول ۹، شاخصVIF ، تمامی مقادیر زیر آستانه ۳/۵ قرار دارند که نشان‌دهنده آن است که در مدل نهایی هیچ‌گونه هم‌خطی مخرب میان متغیرهای مستقل و وابسته وجود ندارد. این وضعیت از منظر شهرسازی به‌معنای آن است که مؤلفه‌های شهر آموزش‌دهنده و توسعه هوشمند، هرکدام به‌صورت مجزا و مستقل بر پایداری محیطی تأثیرگذارند و اثرات آن‌ها با یکدیگر تداخل ندارد. به‌بیان دیگر، شهر هوشمند به‌عنوان یک متغیر واسط، بار تحلیلی منحصربه‌فرد خود را حفظ کرده و هم‌افزایی آن با آموزش‌های شهری، موجب بروز تحولات کیفی در حوزه محیط‌زیست شده است.

جدول ۱۰- ارزیابی قدرت پیش‌بینی مدل (ضریب Q^2 استون-گیسر)

متغیر وابسته	مقدارQ^2
توسعه شهر هوشمند	۰/۴۲
پایداری محیط‌زیستی	۰/۳۸

در ادامه در جدول ۱۰، مقدار ضریب Q^2 برای توسعه شهر هوشمند معادل ۰/۴۲ و برای پایداری محیط‌زیستی معادل ۰/۳۸ به‌دست آمده که هر دو مقدار بیانگر قدرت پیش‌بینی متوسط تا قوی هستند. این بدان معناست که مدل تحقیق، توان بالایی در پیش‌بینی تغییرات مؤلفه‌های هوشمندی شهری و پایداری زیست‌محیطی دارد. این قدرت پیش‌بینی مؤید آن است که اگر سیاست‌گذاران شهری سرمایه‌گذاری مؤثری در آموزش‌های شهری، توسعه زیرساخت‌های یادگیری و ارتقاء مشارکت شهروندان داشته باشند، می‌توانند اثرات ملموسی در تحقق شاخص‌های توسعه هوشمند و ارتقاء کیفیت محیطی تجربه کنند. به‌ویژه در شهرهایی چون اردبیل که از منظر زیرساختی و محیطی در حال گذار هستند، نقش برنامه‌ریزی یادگیرنده و هوشمند به‌عنوان حلقه واسط در پایداری اکولوژیک و ارتقاء سکونت‌پذیری اهمیت مضاعف می‌یابد.

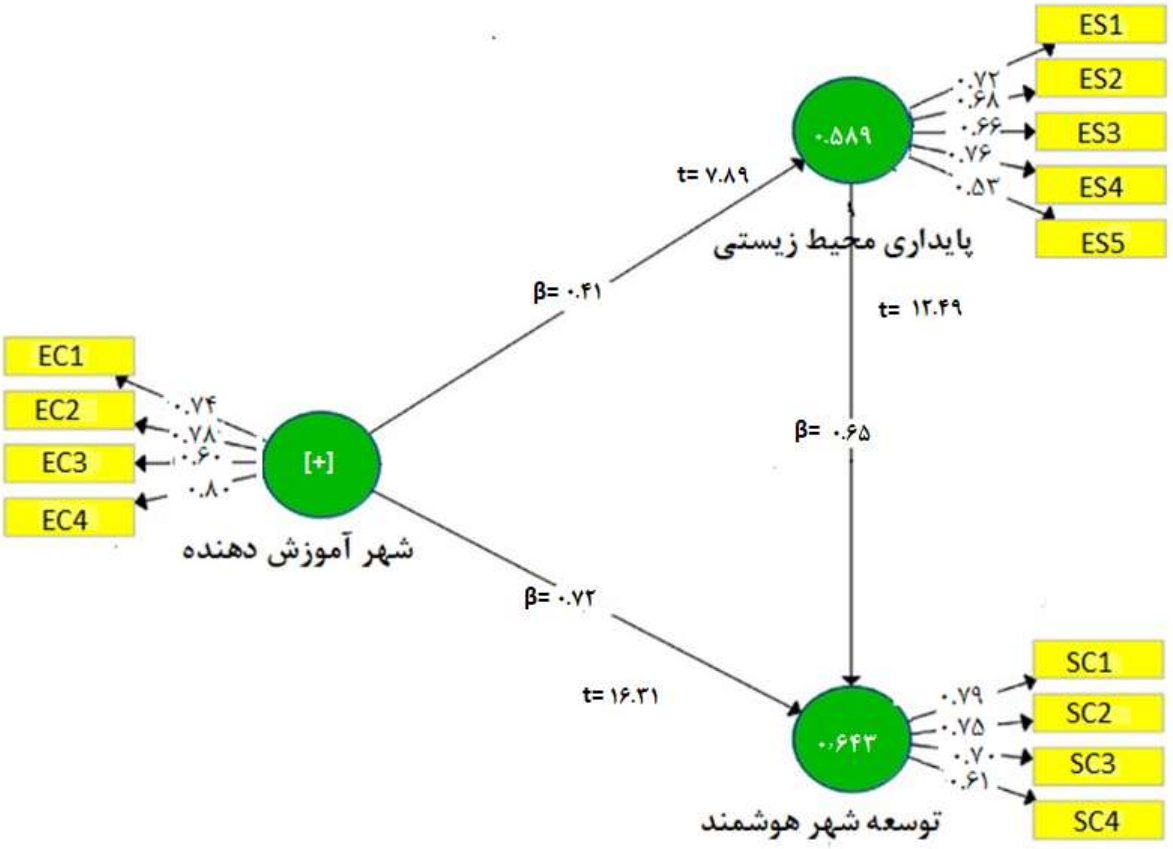
جدول ۱۱- نتایج تحلیل مسیر مدل ساختاری

مسیر علی (رابطه بین متغیرها)	ضریب مسیر(β)	آماره t	سطح معناداری(P)	نتیجه آزمون
شهر آموزش‌دهنده ← توسعه شهر هوشمند	۰/۷۲	۱۶/۳۱	۰/۰۰۱	معنادار
توسعه شهر هوشمند ← پایداری محیط‌زیستی	۰/۶۵	۱۲/۴۹	۰/۰۰۱	معنادار
شهر آموزش‌دهنده ← پایداری محیط‌زیستی	۰/۴۱	۷/۸۹	۰/۰۰۱	معنادار

نتایج جدول ۱۱ و شکل ۴، تحلیل مسیر نشان می‌دهد که تمامی روابط میان متغیرها در سطح بسیار معنادار ۰/۰۰۱ قرار دارند. ضرایب مسیر همگی از آستانه ۰/۳ فراتر رفته‌اند که نشان‌دهنده تأثیر متوسط تا قوی هستند. مسیر نخست از «شهر آموزش‌دهنده» به «توسعه شهر هوشمند» با ضریب ۰/۰۷۲ و آماره تی ۱۶/۳۱، نشان می‌دهد که بهبود زیرساخت‌های یادگیری شهری، آموزش‌های محیطی، مشارکت شهروندی و عدالت آموزشی نقش مستقیمی در رشد شاخص‌های شهر هوشمند دارد؛ به‌عبارت دیگر، هرگونه سرمایه‌گذاری در عرصه یادگیری شهری موجب تحریک توسعه هوشمند شهری از منظر حکمرانی داده‌محور، خدمات دیجیتال، فرهنگ فناورانه و زیرساخت‌های دیجیتال خواهد شد.

مسیر دوم نیز نشان می‌دهد که «توسعه شهر هوشمند» با ضریب ۰/۶۵ تأثیر قابل توجهی بر «پایداری محیط‌زیستی» دارد. این نتیجه مؤید آن است که استفاده از فناوری‌های هوشمند در حمل‌ونقل، بازیافت، انرژی پاک، مدیریت منابع و فضای سبز به‌صورت نظام‌مند، باعث بهبود کیفیت اکولوژیکی محیط شهری می‌شود. این پیوند در شهرهایی مانند اردبیل که در مسیر مدرن‌سازی زیرساخت‌ها قرار دارند، کلیدی و تحول‌آفرین خواهد بود.

در مسیر سوم نیز «شهر آموزش‌دهنده» با ضریب مسیر ۰/۴۱ تأثیر مستقیمی بر پایداری زیست‌محیطی دارد. این بدان معناست که آموزش‌های رسمی و غیررسمی شهری، فرهنگ‌سازی زیست‌محیطی، و ارتقاء سواد اکولوژیک می‌توانند بدون واسطه فناوری نیز تأثیرگذار باشند؛ با این حال، با حضور متغیر میانجی توسعه شهر هوشمند، مسیر غیرمستقیم تقویت می‌شود و این نشان از اهمیت هم‌افزایی یادگیری و فناوری در دستیابی به توسعه پایدار دارد.



شکل ۴- مدل نهایی معادلات ساختاری تحقیق: بررسی رابطه بین شهر آموزش‌دهنده، توسعه شهر هوشمند و پایداری محیط‌زیستی اردبیل

در مجموع، مدل ساختاری تحقیق حاضر با پشتیبانی کامل از فرضیه‌ها، الگویی منسجم و بومی برای شهرهای در حال گذار مانند اردبیل ارائه می‌دهد که تلفیقی از یادگیری شهری، هوشمندسازی ساختاری و پایداری محیطی را در بر می‌گیرد؛ الگویی که می‌تواند به‌طور مستقیم در سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی فضایی و کالبدی شهری مورد بهره‌برداری قرار گیرد.

۴-نتیجه‌گیری

در تحلیل نهایی پژوهش حاضر که با بهره‌گیری از روش مدل‌سازی معادلات ساختاری بر مبنای داده‌های تجربی در شهر اردبیل انجام شد، مشخص گردید که مؤلفه شهر آموزش‌دهنده نه‌تنها به‌صورت مستقیم، بلکه از طریق میانجی‌گری توسعه شهر هوشمند، تأثیر معنادار و قابل‌توجهی بر پایداری محیط‌زیستی شهری دارد. یافته‌ها بیانگر آن است که شاخص‌هایی نظیر مشارکت شهروندی در آموزش، یادگیری مادام‌العمر، عدالت آموزشی و آموزش زیست‌محیطی، زمینه‌ساز شکل‌گیری توسعه هوشمند شهری در ابعاد زیرساخت دیجیتال، حکمرانی داده‌محور، فرهنگ یادگیرنده و خدمات هوشمند می‌باشند. این توسعه فناورانه، به‌نوبه خود به ارتقاء مدیریت منابع طبیعی، کاهش آلاینده‌ها، بهینه‌سازی مصرف انرژی و ارتقاء تنوع زیستی شهری کمک می‌کند. در مقایسه با سایر تحقیقات، نتایج این مطالعه با یافته‌های اسدی و همکاران (۱۴۰۳) در شهر قائن هم‌راستا است؛ آن‌ها نیز نشان دادند که مؤلفه آموزش در قالب شاخص‌های یادگیری شهروندی و برنامه‌ریزی محیط‌زیستی، نقش کلیدی در تحقق شهر هوشمند دارد. پژوهش اجلی (۱۴۰۴) نیز در کلان‌شهر تهران با تمرکز بر ارزیابی عوامل مؤثر بر تحقق شهر هوشمند پایدار، به نقش نسبتاً ضعیف فناوری در برابر حکمرانی و سرمایه‌گذاری هوشمند اشاره کرده که می‌توان آن را مکمل یافته‌های پژوهش حاضر دانست که بر اهمیت آموزش در کنار فناوری تأکید دارد. همچنین، نتایج پژوهش حجاریان (۱۴۰۴) در اصفهان درباره نقش خدمات داده‌محور و مشارکت شهروندی در بهبود زیست‌پذیری، هم‌راستا با ساختار تحلیلی این تحقیق بوده است. علاوه بر این، در سطح بین‌المللی، نتایج پژوهش آدداس (Addas, 2023) و بیبری و همکاران (Bibri et al., 2023) نیز از همگرایی فناوری، آموزش و محیط‌زیست به‌عنوان بنیان‌های اصلی در شهرهای آینده حکایت دارد. به‌ویژه، پژوهش بیبری بر تلفیق

آموزش محیطی و فناوری‌های هوشمند در افزایش کارایی انرژی و کاهش آسیب‌پذیری زیست‌محیطی تأکید داشته است. نتایج اصلی این پژوهش نشان می‌دهد که استقرار مدل شهر آموزش‌دهنده در بستر توسعه هوشمند شهری می‌تواند نقشی بنیادین در ارتقاء شاخص‌های پایداری محیط‌زیستی ایفا کند. در شهر اردبیل، جایی که با چالش‌هایی چون گسترش بی‌رویه شهری، مصرف غیربهینه منابع طبیعی، و ضعف در آموزش عمومی زیست‌محیطی مواجه است، تقویت زیرساخت‌های یادگیری شهری، مشارکت فعال شهروندان در فرآیندهای آموزشی و زیست‌محیطی، و بهره‌گیری از فناوری‌های هوشمند در خدمت آموزش و فرهنگ‌سازی، ضرورتی غیرقابل انکار دارد. یافته‌های مدل ساختاری نشان داد که بیشترین تأثیرگذاری بر پایداری زیست‌محیطی از مسیر آموزش شهروندی و یادگیری محیطی صورت می‌گیرد، نه صرفاً توسعه تکنولوژیک. این امر بر ضرورت بازتعریف سیاست‌های توسعه شهری اردبیل بر مبنای ادغام آموزش، فناوری و محیط‌زیست تأکید دارد. اگر این مسیر به‌درستی در اردبیل طراحی و پیاده‌سازی شود، می‌توان انتظار داشت که نه‌تنها کیفیت محیطی شهر بهبود یابد، بلکه تاب‌آوری زیستی و مشارکت شهروندی نیز تقویت گردد.

بر این اساس، پیشنهاد می‌شود در برنامه‌ریزی‌های آتی توسعه شهری اردبیل، به استقرار مدل «شهر آموزش‌دهنده» به‌عنوان یک چارچوب راهبردی توجه ویژه شود. توسعه زیرساخت‌های یادگیری عمومی، طراحی پارک‌های آموزش‌محور محیط‌زیستی، تقویت عدالت آموزشی در نواحی کمترتوسعه‌یافته، و پیوست آموزشی در طرح‌های هوشمندسازی خدمات شهری، از جمله اقدامات ضروری در این مسیر خواهد بود. همچنین، لازم است فناوری‌های شهری از حالت صرفاً تکنولوژیک به بستری برای یادگیری، توانمندسازی و مشارکت عمومی ارتقاء یابد تا مسیر تحقق پایداری محیط‌زیستی در اردبیل نه‌فقط در سطح اسناد، بلکه در کنش‌های روزمره شهروندان نهادینه گردد. این مهم در گرو هم‌راستایی سه‌جانبه میان نهادهای آموزشی، شهرداری و ساختارهای فناوری اطلاعات شهری است.

۵- مراجع و منابع

1-Berezsky O, Kovalchuk O, Berezka K, Ivanytskyy R. Assessing smart cities' effectiveness: machine learning approaches. *Front Sustain Cities*. 2025;7:1400917. https://doi.org/10.3389/frsc.2025.1400917.

2-Sarostani Nejad Z, Maleki S. Evaluation and feasibility of the role of the smart city in the sustainability of urban livability (case study: Ahvaz metropolis). *Geography and Human Relationships*. 2025;7(4):208–27. https://doi.org/10.22034.gahr.2025.499410.2363.

3-Zeynali Azim, A. (2025). New developments in the relations of world cities: with the technology of smart cities. *Development of humanities*, *5*(10), 29-49. https://doi.org/110.22047/hsd.2024.471869.1022.

4-Rieckmann, M. Learning to transform the world: Key competencies in ESD. In Issues and Trends in Education for Sustainable Development; Leicht, A., Heiss, J., Byun,W.J., Eds.; UNESCO Publishing: Paris, France, 2018; Chapter 2; p. 276. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261445. 2025.

5-Bucea-Manea-Țoniș R, Păun DG, Martins OMD, Santos AJ, Urdeș L. Education for sustainable development: What matters? Sustainability. 2024;16(12):9493. https://doi.org/10.3390/su16129493.

6-Marques MM, Ferreira-Santos J, Rodrigues R, Pombo L. Mobile augmented reality games towards smart learning city environments: learning about sustainability. *Computers*. 2025;14(7):267. https://doi.org/10.3390/computers14070267.

7-Khan J, Elfakharany R, Nazmudeen MSH, Pathan MM, Shahzad E, Dhou S, Aloul F. Can machine learning enhance intrusion detection to safeguard smart city networks from multi-step cyberattacks? *Smart Cities*. 2025;8(1):13. https://doi.org/10.3390/smartcities8010013.

8-Addas A (2023) The concept of smart cities: a sustainability aspect for future urban development based on different cities. Front. Environ. Sci. 11:1241593. https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1241593.

9-Bibri SE, Alexandre A, Sharifi A, Krogstie J. Environmentally sustainable smart cities and their converging AI, IoT, and big data technologies and solutions: an integrated approach to an extensive literature review. *Energy Inform*. 2023;6(1):9. https://doi.org/10.1186/s42162-023-00259-2.

10-Procopie FG, Butnariu AR. Exploring the relationship between smart city, sustainable development and innovation as a model for urban economic growth. Ann Fac Econ Univ Oradea. 2021;1(1):82–91. https://ideas.repec.org/a/ora/journl/v1y2021i1p82-91.html?utm_source=chatgpt.com.

11-Ajalli, M. Identifying and evaluating factors affecting the realization of a sustainable smart city and examining the level of readiness at Tehran metropolis. Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS), 2025; 6(3): 1-18. https://www.srds.ir/article_215587.html?lang=en.

12-Hajarian, A. Spatial Analysis of the Relationship between Smart Cities and Urban Livability (Case Study: Neighborhoods of Isfahan). *Geography and Environmental Sustainability*, 2025; 15(1): 97-114. https://doi.org/10.22126/ges.2025.11462.2807.

13-Baghali Aghdam, L., Sadeghi, S. K., Nobahar, E. Modeling the Smart City of Tabriz in the 2030 Horizon: A Comprehensive Study of Infrastructure, Economic, and Governance Indicators. *Urban Economics and Planning*, 2025; 6(1): 58-75. https://doi.org/10.22034/uep.2025.501394.1588.

14-Khaliji, M. A. The Role of Smart Technologies in Enhancing the Ecological Passive Defense of Tehran. *Human Ecology*, 2025; 4(10): 763-779. https://doi.org/10.22034/el.2025.513750.1075.

15-Asadi, A., Ahadnejad Roshti, M., Zadvali khajeh, S. Presenting a Smart City Development Model with an Emphasis on the Characteristics of Education City (Case Study: Qaen City). Geography and Urban Space Development, 2023; 10(3): 1-20. https://doi.org/10.22067/jgusd.2022.72739.1109.

16-Raoufi A, Naghdi H, Kianian H. Investigating urban sustainable development: sustainability of smart city services. *J New Res Approaches Manag Account*. 2024;8(31):577–589. Available from: https://majournal.ir/index.php/ma/article/view/2990

17-Al-Rimawi TH, Nadler M. Leveraging smart city technologies for enhanced real estate development: An integrative review. *Smart Cities*. 2025;8(1):10. doi: 10.3390/smartcities8010010

18-Zeynali Azim, A. New developments in the smart cities of the world. *Science Cultivation*, 2024; 14(2): 93-99. https://www.sciencecultivation.ir/article_717201.html?lang=en.

19-Rodrigues R, Ferreira-Santos J, Draghi J, Marques MM, Pombo L. EduCITY, a project for a sustainable smart learning city environment – preliminary results. In: Proceedings of the International Conferences e-Society 2024 and Mobile Learning 2024; 2024; Aveiro, Portugal. University of Aveiro; 2024. https://doi.org/10.1163/15718093-12341375.

20-Feli S, Habib F, Zabihi H. A conceptual model for achieving a learning city with an emphasis on civic culture (Case study: selected public spaces in Tehran). Sustainability, Development and Environment. 2024;3(5):15–32. https://sanad.iau.ir/fa/Article/846767?FullText=FullText.

21-Rostami, L., Zolfaghari Zafarani, R. Identify the Status of Influential Components of Citizenship Education for the Cultural and Social Development of Citizens. Islamic lifestyle with a focus on health, 2021; 5(4): 34-45. https://www.islamiilife.com/article_186128.html?lang=en.

22-Macagno T, Nguyen-Quoc A, Jarvis SP. Nurturing Sustainability Changemakers through Transformative Learning Using Design Thinking: Evidence from an Exploratory Qualitative Study. Sustainability. 2024; 16(3):1243. https://doi.org/10.3390/su16031243.

23-Kim J, Chen Z, editors. *Trends in environmental sustainability and green energy: proceedings of 2022 5th International Conference on Green Energy and Environment Engineering*. Cham: Springer; 2023. (Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences). https://doi.org/10.1007/978-3-031-27803-7.

24-Baghali Aghdam, L., Sadeghi, S. K., Nobahar, E. Modeling the Smart City of Tabriz in the 2030 Horizon: A Comprehensive Study of Infrastructure, Economic, and Governance Indicators. Urban Economics and Planning, 2025; 6(1): 58-75. https://doi.org/10.22034/uep.2025.501394.1588.

25-Feli, S, Habib, F. and Zabihi, H. Investigating the Mechanism of Socio-Cultural Component in The Educating City Based on Global Experiences. *Urban Economics and Planning*, 2024, *5*(2), 6-21. https://doi.org/10.22034/uep.2024.446497.1474.

26-Wang, M., & Zhou, T. Understanding the dynamic relationship between smart city implementation and urban sustainability. Technology in Society, 2022, 70, 102018. https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.102018.

27- oli, A. M., & Murtagh, N. The Concept of sustainability in smasrt city definitions. Frontiers in Built Environment, 2020, 6, 77. https://doi.org/10.3389/fbuil.2020.00077.

28-Procopie FG, Butnariu AR. Exploring the relationship between smart city, sustainable development and innovation as a model for urban economic growth. *Ann Fac Econ Univ Oradea*. 2021;1(1):82–91.

29-Kalyuzhnaya, A. V., Mityagin, S., Lutsenko, E., Getmanov, A., Aksenkin, Y., Fatkhiev, K., Fedorin, K., Nikitin, N. O., Chichkova, N., Vorona, V., & Boukhanovsky, A. V. LLM Agents for Smart City Management: Enhancing Decision Support Through Multi-Agent AI Systems. Smart Cities, 2025, 8(1), 19. https://doi.org/10.3390/smartcities8010019.

30-Jami Odulo, M , Yazdani, M. H. and Jalili Sadrabad, S. Measuring the Residential Segregation of Ardabil City Using Multi-Group Measurement Index. *Geography and Territorial Spatial Arrangement*, 2022, *12*(44), 145-170. https://doi.org/10.22111/gaij.2022.42596.3036.