Modeling the Technical Factors Affecting the Implementation of Smart City Plans Using the Interpretive Structural Modeling Approach[4]

Ali Safarzadeh[1], Ghasem Ali Bazaee[2]*, Mehdi Faghihi[3]

1- Ph.D. Candidate in IT Management, Department of IT Management, Qeshm Branch, Islamic Azad University, Qeshm, Iran
2- Assistant Professor, Department of Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3- Assistant Professor, Department of Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Article History

Received: 2023-07-19
Accepted: 2023-08-27

Keywords
Data Mining
Feature Selection
Interpretive Structural Modeling
Smart City
Sustainable Development

ABSTRACT

Introduction

Smart cities form the future of cities and the age of information revolution will sooner or later lead cities to become smart. The smart city has become very important in today's technological world and is followed as an important model in advanced countries, but in order to realize the smart city, there are requirements and essentials, as well as components, which their realization is inevitable. Therefore, cities should have the technical preparation to become smart or provide the necessary platform. Therefore, two questions are raised what are the technical factors that are effective for the implementation of urban smart projects and what is the relationship between these factors?

Materials and Methods

The current research is applied in terms of purpose and descriptive in terms of data collection. The type of research is a mixed qualitative and quantitative type. Data collection is done at both field and library levels. In order to investigate the research gap and discover innovation, the library method is used, while using this method, theoretical foundations, and research background are extracted, but to identify the technical factors affecting the implementation of the smart city, interviews with experts are used. In addition, to extract data, governmental and archival databases are used. The data collection tool in the current research includes an interview and a Delphi questionnaire with a scale of 20, and each of the factors extracted in the previous step is included as an item in this question. The validity of this questionnaire is checked using the opinion of professors and its reliability is checked using Cronbach's alpha test. The statistical population of this research includes all experts and activists in the field of smart city, who must have been working in the relevant field for at least 10 years, and the sampling method is snowball. Excel software was used in the Delphi and classification stage, and MATLAB software was used in the feature selection section.

Findings

By using the content analysis technique, factors affecting the smart city are extracted. These factors were extracted by using interviews with experts. After determining the factors, the extracted technical factors were reviewed and refined in the Delphi stage, and the factors that were not agreed upon in the first three stages were eliminated. Out of 22 technical factors, 4 factors were removed due to the lack of consensus and the existence of discrepancies in the three Delphi steps. Cronbach's

* Corresponding author: Gh.bazaei@iauctb.ac.ir

4. The present article is taken from Ali Safarzadeh doctoral thesis with the guidance and advice of professors: Dr. Ghasem ali Bazaee & Dr Mehdi Faghihi in the field of information technology management, smart business trend and titled "Smart city implementation models with the approach of technical-social systems using Data mining technique" from Islamic Azad University, Qeshm branch

alpha test statistic for all variables is higher than 0.6, which shows that all variables are at the desired level of reliability, and therefore the reliability of the questionnaire is confirmed. Then, using the genetic meta-heuristic algorithm technique, which is one of the feature selection methods, the final screening of the input variables was done. The classification stage is considered the final stage of the current analysis. In the previous stages, variables were identified, screened, and refined. However, at this stage, using the interpretive structural modeling method, the leveling of the criteria derived from Delphi methods and the selection of characteristics based on effectiveness and affectability are discussed, and according to the final model of the research, the sixth level, i.e. digital infrastructure criteria, is the most effective. It is a criterion that directly affects the fifth level criterion, which is the development of Internet infrastructure. The first level, which includes the criterion of intelligent driver assistance systems and building warning systems, is the most effective criteria.

Conclusion

In the near future, the smart city will emerge as an important paradigm in the field of urban management and urban planning, while in the developed world this concept is more institutionalized than in the developing world, so research in this field and identifying the factors affecting it It is considered an inevitable necessity. The final model of technical factors includes six levels. The sixth level, i.e. the digital infrastructure criterion, is the most influential criterion, which directly affects the fifth level criterion, i.e. the development of the Internet infrastructure. Also, technical factors were investigated in terms of influence and dependence, based on which, digital infrastructure criteria and Internet infrastructure development are independent. These variables have low dependence and high directivity, in other words, high influence and low influence are the characteristics of these variables. The criteria of intelligent driver assistance systems and building warning systems are also of the dependent type, which have strong dependence and weak guidance. These variables have high influence and little influence on the system. The rest of the criteria are of the interface type, these variables have high dependence and high guiding power, in other words, the effectiveness and affectability of these criteria are very high, and any small change in these variables causes fundamental changes in the system. Therefore, the results of this research show that digital infrastructure is the most effective technical factor in the implementation of smart city plans, and investing in this sector is very important in the development of smart city plans, which will have a significant impact on the lives of citizens and the urban economy.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

COPYRIGHTS
©2022 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.

HOW TO CITE THIS ARTICLE
Safarzadeh A. Bazaee Gh.A. Faghihi M. Modeling the Technical Factors Affecting the Implementation of Smart City Plans Using the Interpretive Structural Modeling Approach. Urban Economics and Planning Vol 4(2):192-208. [In Persian]

DOI: 10.22034/UEP.2023.407312.1384

مدل‌سازی عوامل فنی مؤثر بر پیاده‌سازی طرح‌های شهر هوشمند با استفاده از رویکرد مدل‌سازی تفسیری ساختاری[۴]

علی صفرزاده[۱]؛ قاسمعلی بازایی[۲*]؛ مهدی فقیهی[۳]

۱- دانشجوی دکتری مدیریت فناوری اطلاعات، واحد قشم، دانشگاه آزاد اسلامی، قشم، ایران
۲- استادیار گروه مدیریت، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۳- استادیار گروه مدیریت، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ‌های مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۰۵

کلمات کلیدی

انتخاب ویژگی
توسعهٔ پایدار
داده‌کاوی
شهر هوشمند
مدل‌سازی ساختاری تفسیری

چکیده

مقدمه

شهرهای هوشمند، آیندهٔ شهرها را تشکیل می‌دهند و عصر انقلاب اطلاعات دیر یا زود شهرها را به سمت هوشمند شدن سوق خواهد داد. شهر هوشمند در دنیای تکنولوژیکی امروز اهمیت بسیاری یافته و در کشورهای پیشرفته به عنوان یک الگوی مهم دنبال می‌شود، اما برای تحقق شهر هوشمند الزامات و ضروریات و همچنین، مؤلفه‌هایی لازم است که شناسایی آن‌ها جهت تحقق این مهم اجتناب‌ناپذیر است. بنابراین شهرها باید آمادگی فنی لازم را برای هوشمند شدن داشته باشند یا بستر لازم برای آن را فراهم کنند. بنابراین، دو پرسش مطرح می‌شود که عوامل فنی که برای اجرای طرح‌های هوشمندسازی شهری مؤثرند کدام‌اند و چه ارتباطی بین این عوامل وجود دارد.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر از نظر هدف کاربردی و از نظر جمع‌آوری اطلاعات توصیفی است. نوع تحقیق از نوع آمیختهٔ کیفی و کمی است. جمع‌آوری اطلاعات در دو سطح میدانی و کتابخانه‌ای انجام می‌شود. به منظور بررسی شکاف تحقیقاتی و کشف نوآوری از روش کتابخانه‌ای استفاده می‌شود ضمن اینکه با استفاده از این روش مبانی نظری و پیشینهٔ تحقیق استخراج می‌شود، اما به منظور شناسایی عوامل فنی مؤثر بر پیاده‌سازی شهر هوشمند از مصاحبه با خبرگان استفاده می‌شود، ضمن اینکه به منظور استخراج داده‌ها، از پایگاه‌های داده‌های حاکمیتی و آرشیوی استفاده خواهد شد. ابزار جمع‌آوری اطلاعات در تحقیق حاضر شامل یک مصاحبه و یک پرسشنامهٔ دلفی در مقیاس ۲۰ است که هر یک از عوامل استخراجی در مرحلهٔ قبل به عنوان یک گویه در این پرسش وارد می‌شوند. روایی این پرسشنامه با استفاده از نظر اساتید و پایایی آن با استفاده از آزمون آلفای کرونباخ بررسی می‌شود. جامعهٔ آماری تحقیق حاضر شامل کلیهٔ کارشناسان و فعالان در حوزهٔ شهر هوشمند هستند که باید حداقل ۱۰ سال در حوزهٔ مربوطه مشغول فعالیت باشند و روش نمونه‌گیری به صورت گلوله برفی است. در مرحلهٔ دلفی و دسته‌بندی از نرم‌افزار اکسل و در بخش انتخاب ویژگی از نرم‌افزار متلب استفاده شد.

یافته‌ها

با استفاده از تکنیک تحلیل محتوا عوامل مؤثر بر شهر هوشمند استخراج می‌شوند. این عوامل با استفاده از مصاحبه با خبرگان استخراج شده‌اند. پس از تعیین عوامل، در مرحلهٔ دلفی عوامل فنی استخراجی مورد بازبینی و پالایش قرار گرفت و عواملی که در هر سه مرحلهٔ اول اتفاق نظری در خصوص آن‌ها وجود نداشته باشد حذف می‌شوند. از ۲۲ عامل فنی ۴ عامل به دلیل نبود اتفاق نظر و

۴. مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری علی صفرزاده با راهنمایی و مشاوره اساتید: دکتر قاسمعلی بازایی و دکتر مهدی فقیهی در رشته مدیریت فناوری اطلاعات گرایش کسب و کار هوشمند و با عنوان "الگوهای پیاده سازی شهر هوشمند با رویکرد سیستم های فنی-اجتماعی با استفاده از تکنیک داده کاوی" از دانشگاه آزاد اسلامی واحد قشم است.

* نویسندهٔ مسئول: Gh.bazaei@iauctb.ac.ir

همچنین، وجود مغایرت در سه مرحلهٔ دلفی حذف شد. آمارهٔ آزمون آلفای کرونباخ برای تمامی متغیرها بالاتر از ۰/۶ است که نشان می‌دهد تمامی متغیرها در سطح قابلیت اطمینان یا پایایی مطلوب قرار داشته و لذا پایایی پرسشنامه مورد تأیید قرار می‌گیرد. سپس با استفاده از تکنیک الگوریتم فراابتکاری ژنتیک که یکی از روش‌های انتخاب ویژگی است، غربال نهایی متغیرهای ورودی صورت گرفت. مرحلهٔ دسته‌بندی به عنوان مرحلهٔ نهایی تحلیل حاضر تلقی می‌شود. در مراحل قبلی شناسایی و غربال و پالایش متغیرها صورت گرفت. اما در این مرحله با استفاده از روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری به سطح‌بندی معیارهای برآمده از روش‌های دلفی و انتخاب ویژگی بر اساس تأثیرگذاری و تأثیرپذیری پرداخته می‌شود که بر اساس مدل نهایی تحقیق، سطح ششم یعنی معیار زیر ساخت دیجیتال، تأثیرگذارترین معیار است که به صورت مستقیم روی معیار سطح پنجم یعنی توسعهٔ زیرساخت اینترنت تأثیر می‌گذارد. سطح اول که شامل معیار سیستم‌های هوشمند کمک به راننده و سیستم‌های هشدار ساختمان است تأثیرپذیرترین معیارها هستند.

نتیجه‌گیری

شهر هوشمند در آیندهٔ نزدیک به عنوان یک پارادایم مهم در عرصهٔ مدیریت شهری و شهرسازی مطرح خواهد شد ضمن اینکه در جهان توسعه‌یافته این مفهوم نسبت به جهان رو به توسعه بیشتر نهادینه شده است. لذا تحقیق در این زمینه و شناسایی عوامل اثرگذار بر آن یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر تلقی می‌شود. مدل نهایی عوامل فنی شامل شش سطح است. سطح ششم یعنی معیار زیرساخت دیجیتال تأثیرگذارترین معیار است که به صورت مستقیم روی معیار سطح پنجم یعنی توسعهٔ زیرساخت اینترنت تأثیر می‌گذارد. همچنین عوامل فنی از لحاظ قدرت نفوذ و وابستگی بررسی شد که بر این اساس، معیارهای زیرساخت دیجیتال و توسعهٔ زیرساخت اینترنت از نوع مستقل هستند. این متغیرها دارای وابستگی کم و هدایت بالا هستند. به بیانی دیگر، تأثیرگذاری زیاد و تأثیرپذیری کم از ویژگی‌های این متغیرها است. معیارهای سیستم‌های هوشمند کمک به راننده و سیستم‌های هشدار ساختمان نیز از نوع وابسته هستند که وابستگی قوی و هدایت ضعیف دارند. این متغیرها تأثیرپذیری بالا و تأثیرگذاری کمی روی سیستم دارند. باقی معیارها از نوع رابط هستند این متغیرها از وابستگی بالا و قدرت هدایت بالا برخوردارند. به بیانی تأثیرگذاری و تأثیرپذیری این معیارها بسیار زیاد است و هر تغییر کوچکی روی این متغیرها باعث تغییرات اساسی در سیستم می‌شود. بنابراین نتایج این پژوهش نشان می‌دهد زیرساخت دیجیتال اثرگذارترین عامل فنی در پیاده‌سازی طرح‌های شهر هوشمند است و سرمایه‌گذاری در این بخش در توسعهٔ طرح‌های شهر هوشمند اهمیت زیادی دارد که در زندگی شهروندان و اقتصاد شهری نیز تأثیر به‌سزایی خواهد داشت.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مقدمه

توسعهٔ سریع شهری، در چند دههٔ اخیر زندگی بشر را تحت تأثیر قرار داده و باعث ناپایداری محیط زیست شده است. صاحب‌نظران این حوزه با افزایش حجم مسائل و معضلات به‌وجودآمده در شهرها، نظریهٔ توسعهٔ پایدار را به عنوان عاملی نجات‌بخش برای حفاظت از محیط زیست مطرح کردند. این موضوع توسعهٔ پایدار را به‌تدریج به الگووارهٔ مسلطی در ادبیات علمی رایج دربارهٔ توسعه و برنامه‌ریزی شهری تبدیل کرده است [۱]. بر اساس این نظریه، از طریق کاهش اتکا به منابع طبیعی، تلاش برای به حداقل رساندن آلودگی‌های محیطی، توجه بهره‌وری انرژی، بالا بردن سطح تنوع زیستی و... می‌توانند علاوه بر آنکه سطح کیفیت محیط‌های شهری را بهبود بخشند، زیست‌بوم طبیعی را نیز هر چه بیشتر حفاظت کنند. در حال حاضر، یکی از مشکلات اساسی پیش روی برنامه‌ریزان حوزه‌های شهری، چگونگی اعمال سیاست‌ها و پیاده‌سازی برنامه‌های پایدار در شهرهاست [۲]. در این خصوص با توجه به اینکه مسائل زیست‌محیطی در اولویت برنامه‌های شهری قرار دارد، توجه به این موضوع در مقیاس خردتر یعنی فضاهای عمومی شهری اهمیت بیشتری می‌یابد. به همین دلیل در دهه‌های اخیر رویکرد انسان‌گرایانه به کیفیت محیط زیست شهر و فضاهای شهری در مقابل رویکردهای فنی، تخصصی به کیفیت محیط، مورد تأکید و تمرکز جدی صاحب‌نظران قرار گرفته است [۳].

فناوری اطلاعات به عنوان خاستگاه اصلی جامعهٔ اطلاعاتی ناشی از ظهور رایانه، توسعهٔ شبکه‌های مخابراتی و نیاز روزافزون به استفادهٔ اطلاعات بوده است. مطالعات انجام‌شده ارتباط برنامه‌های توسعهٔ اغلب کشورها نشان‌دهندهٔ محوری بودن نقشی فناوری اطلاعات و ارتباطات در این‌گونه برنامه‌هاست. ماهیت و ابعاد بسیار گستردهٔ این فناوری، تعریف دقیق آن را با مشکل مواجه می‌سازد [۴].

فناوری‌های اطلاعات که تلفیقی از دستاوردهای مخابراتی، راهکارهای حل مسئله و توانایی راهبری با استفاده از دانش رایانه‌ای است، طی چند سال اخیر توانسته است کارآمدی خود را به اثبات برساند. درک اهمیت کاربرد فناوری اطلاعات اثربخش دولتی نقشی که فناوری اطلاعات می‌تواند در اصلاحات بخش عمومی ایفا کند، سیاست‌گذاران جوامع مختلف را بر آن داشته است تا با در دستور کار قرار دادن آن و وضع خط مشی‌های مرتبط، بسترهای نهادی و اجرایی کاربرد فناوری اطلاعات در بخشی دولتی فراهم آورند [۵].

با توجه به اهمیت موضوعات اشاره‌شده تحقیق حاضر به دنبال بررسی و شناسایی عوامل فنی اثرگذار بر شهر هوشمند است. شهر هوشمند در دنیای تکنولوژیکی امروز اهمیت بسیاری می‌یابد و در کشورهای پیشرفته به عنوان یک الگوی مهم دنبال می‌شود، اما برای تحقق شهر هوشمند الزامات و ضروریات و همچنین مؤلفه‌هایی لازم است که شناسایی آن‌ها برای تحقق این مهم اجتناب‌ناپذیر است. در تحقیقات پیشین مؤلفه‌های مزبور به‌درستی شناسایی نشده است، ضمن اینکه از دیدگاه‌های فنی شناسایی مؤلفه‌های اثرگذار بر پیاده‌سازی شهر هوشمند در ادبیات تحقیق به‌وضوح و به شکل جامع وجود ندارد. تحقیق حاضر با استفاده از ترکیبی از تکنیک‌های کیفی و کمی که بخش کمی مشتمل بر تکنیک‌های انتخاب ویژگی و دسته‌بندی است، به دنبال تعیین عوامل فنی مؤثر بر تحقق شهر هوشمند است. هدف از تحقیق حاضر، شناسایی عوامل فنی مؤثر بر پیاده‌سازی شهرهای هوشمند و ارتباط بین این عوامل و سپس مدل‌سازی این عوامل است و دستاوردهای تحقیق حاضر می‌تواند به عنوان الگویی برای پیاده‌سازی شهر هوشمند در کلان‌شهرهای کشور به کار رود و از نظر علمی می‌تواند به غنای ادبیات در حوزهٔ شهر هوشمند کمک کند.

پیشینهٔ پژوهش

تمرکز ادبیات تحقیق بر موضوع و مفهوم شهر هوشمند طی سالیان اخیر افزایش یافته است، اما به‌رغم اهمیت زیاد این حوزه هنوز شاخصه‌های درستی در خصوص شهر هوشمند در ادبیات مفهومی تحقیق ارائه نشده است. عنابستانی و همکاران [۶] در تحقیقی با عنوان «تبیین محرک‌های کلیدی مؤثر بر استقرار شهر هوشمند مبتنی بر فناوری اینترنت اشیا در کلان‌شهر مشهد» با تکیه بر تحقیقات تجربی تلاش می‌کند به شناسایی عوامل و پیش‌ران‌های کلیدی به منظور دستیابی شهر مشهد به الگوی شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در آینده گام بردارد. زینالی عظیم و همکاران [۷] در پژوهشی با عنوان «تحلیلی بر ایجاد شهر هوشمند قابل زندگی در شهر تبریز» انجام داده اند که هدف اصلی آن شناسایی تمایل به زندگی در شهر هوشمند با مشخصه‌های آن براساس ادراک ساکنان جوان شهر با یک مدل توسعه‌یافته است. صالحی پناهی و همکاران [۸] تحقیقی با عنوان «ارزیابی مؤلفه‌های شهر هوشمند در راستای بهبود خدمات شهری» انجام دادند که در آن طرح‌های مطرح‌شده در راستای ایجاد شهرهای هوشمند در شهرهای آمستردام، بارسلون، بوستون، شیکاگو و نیویورک ارائه و تحلیل شده و سپس با جمع‌بندی این مؤلفه‌ها مدل مفهومی بومی‌سازی‌شده در ایران ارائه شده است. محمدی ده‌چشمه و همکاران [۹] تحقیقی با عنوان «راهبردهای تحقق چشم‌انداز حکمروایی هوشمند در شهرهای ایران» را ارائه کردند که هدف آن، ارائهٔ راهبردهای کلان و قابل تعمیم برای حکمروایی هوشمند در شهرهای ایران است. صدیقی و همکاران [۱۰] در پژوهشی با عنوان «ارائهٔ چارچوبی جهت ارزیابی تهدیدهای امنیت سایبری و حریم خصوصی و بررسی تأثیر آن‌ها بر عملکرد شهر هوشمند» با استناد بر مفاهیم و نظریات حاکم بر شهر هوشمند، عملکرد آن شهر در گذار به سوی شهر هوشمند را بر پایهٔ پنج مؤلفهٔ زیرساخت، حاکمیت، اقتصاد، مردم و محیط زیست هوشمند تبیین کردند.

ژو و همکاران [۱۱] یک مکانیزم شهر هوشمند را برای هدایت بهتر توسعهٔ شهر هوشمند به سمت یک جهت انسان‌محور معرفی می‌کنند. در نتیجه شهر هوشمند در جهت شادی از طریق ارزیابی و تعدیل پویا قابل حصول است.

جوتیمان و همکاران [۱۲] در تحقیقی با عنوان «مطالعهٔ میدانی عوامل مؤثر بر توسعهٔ شهر هوشمند» به مطالعهٔ بررسی و تحلیل توسعهٔ مأموریت شهر هوشمند در کشور هند پرداختند. این کار برای آشنایی با جنبه‌های توسعهٔ هوشمند و عوامل حاکم بر شهر هوشمند انجام شده است.

دویگان و همکاران [۱۳] در پژوهشی ۲۲ شهر سوئیسی را با پروژه‌های شهر هوشمند بررسی کردند و از تحلیل تطبیقی کیفی مجموعه فازی برای تعیین پیکربندی شرایطی استفاده کردند. نتایج پژوهش یادشده نشان می‌دهد پیکربندی سهم بالای بخش خدمات وجود نهادهای تحقیق و تراکم شهری بالا برای این برآیند کافی است، در حالی که اندازهٔ شهر، توسعهٔ سکونتگاهی جدید و مشارکت در شبکه‌های بین‌المللی به صورت کم‌اهمیت‌تر جلوه می‌کند.

کوماستوتی و همکاران [۱۴] به دنبال بررسی عوامل اثرگذار بر جست‌وجو و اشتراک اطلاعات در پلتفرم‌های دیجیتال شهر هوشمند هستند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد عوامل اجتماعی دارای نقش غالب در تعیین نیت ساکنان در جست‌وجوی اطلاعات در پلتفرم‌های شهر هوشمند است.

کاشف و همکاران [۱۵] به جستاری در خصوص سیستم‌های نظارت شهری برای شناسایی محدودیت‌های اصلی و منابع آن می‌پردازند که نتیجه گرفته می‌شود که ارزش تکنولوژی شبکه باید بررسی شود. همچنین، نتیجه گرفته می‌شود که لازم نیست فقط شهروندان به بحث در خصوص شهر هوشمند بازگردانده شوند.

نیلسن و همکاران [۱۶] در تحقیقی توسعهٔ نوع‌شناسی نوآوری شهری هوشمند را ارائه کردند. آن‌ها در این پژوهش به بررسی پیامدهای درک متفاوت مفهوم شهر هوشمند برای ابتکاری در توانایی شهرها پرداختند. این پژوهش با تکیه بر مشارکت‌های علمی موجود در مورد هوشمندی شهرها و ادبیات نوآوری، یک نوع‌شناسی از ابتکارات شهر هوشمند را بر اساس میزان و انواع نوآوری‌هایی که درگیر آن‌هاست، ایجاد می‌کند.

برتا [۱۷] در تحقیقی با عنوان «اثرات اجتماعی نوآوری‌های زیست‌محیطی در

شهرهای هوشمند ایتالیایی» به ارائهٔ نتایج حاصل از تحقیقات انجام‌شده روی پروژه‌های زیست‌محیطی هوشمند اجراشده در ایتالیا بر پایهٔ تجزیه‌وتحلیل کیفی پروژه‌های زیست‌محیطی که به منظور تجزیه‌وتحلیل اثرات اجتماعی آن‌ها، به‌خصوص با اشاره به مسئلهٔ جامعهٔ اجتماعی و خطر زیست‌محیطی ارائه شده می‌پردازد.

اسنو و همکاران [۱۸] در پژوهشی با عنوان «نوآوری شهری از طریق ائتلاف سیاسی» دیدگاه‌های انتقادی از ۱۰۰ مأموریت شهرهای هوشمند در هندوستان، مکانیسم‌های پیچیدهٔ برنامه‌ریزی و حکومت‌داری را در سریع‌ترین رشد اقتصادی در جهان یعنی هند که مأموریت بلندپروازانه‌ای برای تبدیل ۱۰۰ منطقهٔ شهری در سراسر کشور به شهرهای هوشمند آغاز کرده است را بررسی می‌کند. هان و هاوکن [۱۹] در پژوهشی با عنوان «نوآوری و هویت در شهرهای هوشمند نسل بعدی»، تفاوت فرهنگی و رفتار انسانی و هویت اجتماعی را نیازمند توجه بیشتری در شهرهای نوین می‌دانند و هویت و فرهنگ شهری را به عنوان مرکز اصلی چالش شهر هوشمند مورد توجه قرار می‌دهند.

بورسکووا و همکاران [۲۰] در پژوهشی با عنوان «کارآمدی بین اندازه و شاخص‌های شهرهای هوشمند» یک چالش تحقیقی با مفاهیم سیاسی بر مفهوم شهر هوشمند و اجزای خاص آن در رابطه با اندازهٔ شهر که اهمیت کلیدی آن در بین رشته‌های دانشگاهی و برنامه‌ریزی شهری به طور فزاینده‌ای در حال افزایش است، تمرکز کرده‌اند و می‌نویسند ایدهٔ یک شهر هوشمند رؤیای برنامه‌ریزان شهری در سراسر جهان است و موضوع بسیاری از تحقیقات و ابتکارات تجاری و همچنین مباحثات سیاسی است.

میدلارز و همکاران [۲۱] در تحقیقی با عنوان «شهر هوشمند، ایمنی و امنیت»، تمرکز اصلی خود را بر ایمنی و امنیت در شهرهای هوشمند آینده قرار دادند و مطالعهٔ آن‌ها در مورد برنامهٔ شهر هوشمند، فقدان اهمیتی را که به این موضوع داده می‌شود نشان می‌دهد.

ارمیرا و همکاران [۲۲] در پژوهشی با عنوان «مفهوم شهر هوشمند در قرن بیست و یکم» به ارائهٔ مختصری از سیر تحول اصطلاح «شهر هوشمند» و شاخص‌ترین ویژگی‌های آن می‌پردازند. علاوه بر این، اصطلاحات جایگزین مختلفی که برای توصیف ویژگی‌های چندگانهٔ شهرهای آینده پیشنهاد شده‌اند، تحلیل می‌شوند. ارتباط بین شهر هوشمند و شبکهٔ هوشمند نیز ارائه شده است.

میجر و همکاران [۲۳] در تحقیقی با عنوان «ادارهٔ شهر هوشمند: مروری بر ادبیات حاکمیت شهری هوشمند» این مقاله تأکید می‌کنند که حکمرانی شهر هوشمند یک موضوع فناوری نیست: ما باید حکمرانی شهر هوشمند را به عنوان یک فرایند پیچیده تغییر نهادی مورد مطالعه قرار دهیم و ماهیت سیاسی دیدگاه‌های جذاب حاکمیت اجتماعی-فنی را بشناسیم.

لیو و همکاران [۲۴] پژوهشی تحت عنوان «شهرهای نوآورانهٔ هوشمند» تأثیر سیاست‌های شهر هوشمند بر نوآوری شهری را ارائه کردند. در این پژوهش مجموعه داده‌های جدید جمع‌آوری‌شده برای این تجزیه‌وتحلیل شامل داده‌های مربوط به ویژگی‌های شهر هوشمند برای ۳۰۹ کلان‌شهر اروپا، شدت سیاست‌های شهر هوشمند و خروجی‌های نوآوری شهری است.

تاورنا و همکاران [۲۵] پژوهشی تحت عنوان «نوآوری مدل کسب‌وکار برای هوشمندسازی شهری» را ارائه کردند. هدف از این کار پژوهشی، بررسی این امر است که چگونه یک کلان‌شهر باید اجزای سازندهٔ مدل کسب‌وکار خود را سازماندهی و پیکربندی مجدد کند تا تبدیل به یک شهر هوشمند شود. محققان بررسی می‌کنند که آیا شهرها مدل‌های کسب‌وکار خود را نوآوری می‌کنند تا هوشمند شوند یا خیر.

در هیچ‌یک از تحقیقات انجام‌شده در حوزهٔ شهر هوشمند عوامل فنی مؤثر بر پیاده‌سازی شهر هوشمند مورد بررسی قرار نگرفته و این موضوع به سبب اهمیت شناسایی عوامل یادشده می‌تواند به عنوان یک شکاف تحقیقاتی مهم در نظر گرفته شود. تحقیق حاضر به سبب توجه تلاش در جهت رفع خلأ مطالعاتی موجود و استخراج و شناسایی و نحوهٔ ارتباط عوامل فنی مؤثر بر پیاده‌سازی شهر هوشمند مشمول نوآوری است.

مبانی نظری

شهر هوشمند

شهر هوشمند یک منطقهٔ شهری است که از فناوری اطلاعات و ارتباطات، برای جمع‌آوری اطلاعات در جهت افزایش بهره‌وری عملیاتی استفاده می‌کند. این اطلاعات سپس برای مدیریت کارآمد دارایی‌ها، منابع و خدمات شهری استفاده می‌شود [۲۶]. هدف از ایجاد شهر هوشمند، ادغام فناوری اطلاعات و ارتباطات و دستگاه‌های فیزیکی مختلف متصل به شبکهٔ اینترنت اشیا برای بهینه‌سازی فرایندهای شهری و خدمات‌دهی بهینه و ارتباط با شهروندان است. فناوری شهر هوشمند به مسئولان یک شهر اجازه می‌دهد به صورت مستقیم با جامعه و زیرساخت‌های شهری تعامل برقرار کنند و به نیازهای شهر و شهروندان پاسخ‌های فوری دهند [۲۷].

شاخص‌های شهر هوشمند

شاخص‌ها مسائلی حیاتی برای ارزیابی شهرهای هوشمند هستند، بنابراین می‌توانند به اتخاذ تکنولوژی‌های نوین و ایجاد ساختاری قابل اتکا برای مسئولان مختلف شهری از جمله برنامه‌ریزان و متخصصان شهری کمک کنند. نگرش اصلی شهرهای هوشمند، ارائهٔ یک مرکز شهری از آینده است که ایمن، محیط‌پسند و کارا باشد. تمامی چارچوب‌های مورد نیاز برای این منظور برنامه‌ریزی شده است و از طریق مواد یکپارچهٔ سنسورها و شبکه‌هایی عملیاتی می‌شود که با سیستم‌های کامپیوتری رابطه دارد. حریم داده‌ها و ایمنی مهم‌ترین ضروریات در شهرهای هوشمند هستند که باید به‌دقت در نظر گرفته شوند. ضروریات اولیه فناوری اطلاعات در شهرهای هوشمند شامل عناصر سخت‌افزار نرم‌افزار، عناصر دیتابیس و عناصر سیستم اطلاعات مدیریت هستند. به منظور تحقق ضروریات شهر هوشمند برخی ارتباطات ماشین به ماشین پیشنهاد می‌شود [۲۸].

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر از نظر هدف کاربردی و از نظر جمع‌آوری اطلاعات توصیفی است. نوع تحقیق از نوع آمیختهٔ کیفی و کمی است که در بخش کیفی عوامل فنی اثرگذار بر پیاده‌سازی شهر هوشمند شناسایی شد و در بخش دوم با استفاده از الگوریتم‌های انتخاب ویژگی ابعاد تعیین‌شده کاهش یافت و سپس با استفاده از رویکرد مدل‌سازی ساختاری تفسیری روابط بین عوامل فنی برای تحقق شهر هوشمند استخراج شده است. در نهایت مدل‌سازی عوامل فنی انجام می‌شود.

ابتدا با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای شکاف تحقیقاتی استخراج شده و نوآوری تحقیق تعیین می‌شود. سپس با استفاده از مصاحبه با خبرگان عوامل فنی مؤثر بر انتخاب شهر هوشمند شناسایی می‌شود. پس از شناسایی عوامل، این عوامل توسط روش دلفی دوباره مورد بازبینی قرار می‌گیرد و سپس با ورود به فاز کمی، با استفاده از الگوریتم‌های انتخاب ویژگی ابعاد مدل انتخاب کاهش می‌یابد. پس از تعیین متغیرهای نهایی، داده‌های این متغیرها استخراج شده و سپس با رویکرد مدل‌سازی ساختاری تفسیری (Interpretive Structural Modeling) روابط بین مهم‌ترین عوامل فنی یا متغیرها شناسایی می‌شوند و در سطح مربوطه قرار می‌گیرند و مدل نهایی ترسیم می‌شود.

جمع‌آوری اطلاعات در تحقیق حاضر در دو سطح میدانی و کتابخانه‌ای انجام می‌شود. به منظور بررسی شکاف تحقیقاتی و کشف نوآوری از روش کتابخانه‌ای استفاده می‌شود ضمن اینکه با استفاده از این روش مبانی نظری و پیشینهٔ تحقیق استخراج می‌شود، اما به منظور شناسایی عوامل فنی مؤثر بر پیاده‌سازی شهر هوشمند از مصاحبه با خبرگان استفاده می‌شود ضمن اینکه به منظور استخراج داده‌ها از پایگاه‌های داده‌های حاکمیتی و آرشیوی استفاده خواهد شد.

ابزار جمع‌آوری اطلاعات در تحقیق حاضر شامل یک مصاحبه و یک پرسشنامهٔ

دلفی در مقیاس ۲۰ است که هر یک از عوامل استخراجی در مرحلهٔ قبل به عنوان یک گویه در این پرسش وارد می‌شود. روایی این پرسشنامه با استفاده از نظر اساتید و پایایی آن با استفاده از آزمون آلفای کرونباخ بررسی می‌شود.
جامعهٔ آماری تحقیق حاضر شامل کلیهٔ کارشناسان و فعالان در حوزهٔ شهر هوشمند هستند که باید حداقل ۱۰ سال در حوزهٔ مربوطه مشغول فعالیت باشند. با توجه به ماهیت قضاوتی نمونهٔ انتخاب ۲۰ نفر منجر به کفایت نمونه می‌شود. روش نمونه‌گیری به صورت گلوله برفی است یعنی پس از مصاحبه با نفر اول از وی خواسته می‌شود که فرد دیگری را برای مصاحبه معرفی کند و این روال تا جایی ادامه می‌یابد که اشباع نظری حاصل شود.
تجزیه‌وتحلیل اطلاعات در تحقیق حاضر در چهار سطح صورت می‌گیرد:
۱- *تحلیل محتوا:* با استفاده از این تکنیک مضامین مصاحبه تحت عنوان عوامل فنی استخراج می‌شود.
۲- *دلفی:* با استفاده از این تکنیک عوامل استخراجی مورد بازبینی و پالایش قرار می‌گیرد.
۳- *انتخاب ویژگی:* با استفاده از الگوریتم‌های انتخاب ویژگی می‌توان ابعاد تعیین‌شده با استفاده از روش قبلی را مورد کاهش و بازبینی قرار داد که این کار به روش کمی صورت می‌گیرد.
۴- *دسته‌بندی:* با استفاده از رویکرد مدل‌سازی تفسیری ساختاری سطح‌بندی عوامل فنی استخراج‌شده از مراحل قبلی انجام شد.

در مرحلهٔ دلفی و دسته‌بندی از نرم‌افزار اکسل و در بخش انتخاب ویژگی از نرم‌افزار متلب (matlab) استفاده خواهد شد.

یافته‌های پژوهش

در این بخش با استفاده از ترکیب تکنیک‌های تحلیل محتوا، دلفی و انتخاب ویژگی عوامل فنی مؤثر بر شهر هوشمند استخراج می‌شود. با استفاده از مصاحبه با خبرگان ابتدا عوامل استخراج شده و سپس با استفاده از تکنیک دلفی پالایش آن‌ها صورت می‌گیرد. سپس وارد فاز داده‌کاوی شده و ابتدا با استفاده از تکنیک انتخاب ویژگی غربال مرحلهٔ دوم داده‌ها انجام می‌شود تا حجم قابل قبول‌تری از داده‌ها به دست آید و در انتها با استفاده از تکنیک مدل‌سازی تفسیری ساختاری عوامل استخراجی، سطح‌بندی و مدل‌سازی می‌شوند.

استخراج عوامل مؤثر بر شهر هوشمند

در این بخش با استفاده از تکنیک تحلیل محتوا عوامل مؤثر بر شهر هوشمند استخراج می‌شوند. این عوامل با استفاده از مصاحبه با خبرگان استخراج شده‌اند. مصاحبهٔ خبرگان همراه با کدهای استخراجی در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. عوامل فنی استخراج‌شده از نظر خبرگان

معیارها	کد معیار	معیارها	کد معیار	معیارها	کد معیار
زیرساخت دیجیتال	C1	تعمیر و نگهداری هوشمند	C9	بهره‌گیری از کاربردهای کسب‌وکار الکترونیک	C17
زیرساخت فناوری اطلاعات	C2	سنسورهای شهری	C10	سنسورهای بیوپزشکی	C18
فضای کسب‌وکار هوشمند	C3	سیستم‌های هشدار ساختمان	C11	کنترل بیماران در منزل	C19
توسعهٔ زیرساخت اینترنت	C4	سیستم‌های واکنش اضطراری به بحران	C12	بازار هوشمند	C20
گرمایش و سرمایش هوشمند	C5	بهره‌گیری از انرژی تجدیدپذیر	C13	افزایش کسب‌وکارهای شخصی مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات	C21
حمل‌ونقل مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات	C6	تعدیل مصرف انرژی	C14	توسعهٔ سیستم‌های تجارت الکترونیک	C22
لجستیک مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات	C7	تسهیلات آموزشی هوشمند	C15		
سیستم‌های هوشمند کمک به راننده	C8	فرایند تولید مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات	C16		

پس از تعیین عوامل، در مرحلهٔ دلفی عوامل فنی استخراجی مورد بازبینی و پالایش قرار گرفته است و عواملی که در هر سه مرحله اول اتفاق نظری در خصوص آن‌ها وجود نداشته باشد حذف می‌شوند.

جدول ۲. مرحلهٔ اول آزمون دلفی برای عوامل فنی

عامل	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	میانگین
زیرساخت دیجیتال	۱۰	۱۰	۱	۴	۹	۱۰	۱۰	۴	۹	۹	۷.۶
زیرساخت فناوری اطلاعات	۲	۹	۴	۹	۱۰	۶	۱۰	۶	۱۰	۱۰	۷.۶
فضای کسب‌وکار هوشمند	۷	۸	۸	۸	۱۰	۵	۸	۴	۵	۹	۷.۲
توسعهٔ زیرساخت اینترنت	۵	۷	۸	۸	۷	۸	۹	۴	۷	۶	۶.۹
گرمایش و سرمایش هوشمند	۷	۷	۶	۴	۹	۶	۲	۱۰	۸	۶	۶.۵
حمل‌ونقل مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات	۳	۴	۶	۸	۴	۹	۶	۹	۷	۹	۶.۵

عامل	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	میانگین
لجستیک مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات	۹	۱	۵	۱۰	۷	۲	۸	۸	۶	۸	۶.۴
سیستم‌های هوشمند کمک به راننده	۷	۵	۴	۳	۱۰	۱۰	۳	۱۰	۲	۱۰	۶.۴
تعمیر و نگهداری هوشمند	۱۰	۴	۹	۴	۱۰	۸	۶	۱	۵	۶	۶.۳
سنسورهای شهری	۹	۶	۱۰	۷	۸	۵	۴	۵	۳	۶	۶.۳
سیستم‌های هشدار ساختمان	۸	۲	۷	۶	۹	۵	۹	۵	۲	۹	۶.۲
سیستم‌های واکنش اضطراری به بحران	۹	۶	۳	۷	۴	۶	۹	۴	۵	۹	۶.۲
بهره‌گیری از انرژی تجدیدپذیر	۱۰	۱۰	۱۰	۵	۳	۲	۹	۲	۸	۲	۶.۱
تعدیل مصرف انرژی	۳	۱	۹	۱۰	۴	۸	۹	۳	۶	۷	۶
تسهیلات آموزشی هوشمند	۶	۷	۳	۴	۱	۴	۱۰	۹	۶	۱۰	۶
فرایند تولید مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات	۷	۸	۵	۴	۳	۱۰	۸	۶	۸	۱	۶
بهره‌گیری از کاربردهای کسب‌وکار الکترونیک	۴	۶	۸	۷	۱	۹	۵	۶	۸	۵	۵.۹
سنسورهای بیوپزشکی	۱۰	۸	۴	۸	۱	۸	۳	۶	۶	۵	۵.۹
کنترل بیماران در منزل	۴	۱	۷	۷	۵	۶	۷	۹	۷	۵	۵.۸
بازار هوشمند	۷	۷	۱۰	۲	۵	۹	۵	۴	۳	۶	۵.۸
افزایش کسب‌وکارهای شخصی مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات	۶	۸	۴	۵	۹	۴	۹	۱	۹	۳	۵.۸
توسعهٔ سیستم‌های تجارت الکترونیک	۷	۱۰	۸	۸	۶	۳	۵	۲	۶	۱	۵.۶

در مرحلهٔ اول میانگین نظرات خبرگان در خصوص عوامل ۲۲ گانه فنی به دست آمد. در ادامه مراحل دوم و سوم اجرا شده و مقایسهٔ میانگین مراحل دوم و سوم تعیین‌کنندهٔ عوامل فنی نهایی است.

جدول ۳. مقایسهٔ میانگین مراحل اول و دوم

معیار	میانگین مرحلهٔ اول	میانگین مرحلهٔ دوم	اختلاف
زیرساخت دیجیتال	۷.۶	۶.۷	۰.۹
زیرساخت فناوری اطلاعات	۷.۶	۶.۳	۱.۳
فضای کسب‌وکار هوشمند	۷.۲	۶	۱.۲
توسعهٔ زیرساخت اینترنت	۶.۹	۵.۷	۱.۲
گرمایش و سرمایش هوشمند	۶.۵	۵.۴	۱.۱
حمل‌ونقل مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات	۶.۵	۵.۲	۱.۳
لجستیک مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات	۶.۴	۵.۵	۰.۹
سیستم‌های هوشمند کمک به راننده	۶.۴	۵	۱.۴
تعمیر و نگهداری هوشمند	۶.۳	۵.۵	۰.۸
سنسورهای شهری	۶.۳	۵.۴	۰.۹
سیستم‌های هشدار ساختمان	۶.۲	۵.۳	۰.۹
سیستم‌های واکنش اضطراری به بحران	۶.۲	۵.۴	۰.۸
بهره‌گیری از انرژی تجدیدپذیر	۶.۱	۴.۷	۱.۴
تعدیل مصرف انرژی	۶	۵	۱
تسهیلات آموزشی هوشمند	۶	۵.۱	۰.۹
فرایند تولید مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات	۶	۵	۱

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

معیار	میانگین مرحلهٔ اول	میانگین مرحلهٔ دوم	اختلاف
بهره‌گیری از کاربردهای کسب‌وکار الکترونیک	۵.۹	۵.۱	۰.۸
سنسورهای بیوپزشکی	۵.۹	۴.۹	۱
کنترل بیماران در منزل	۵.۸	۴.۹	۰.۹
بازار هوشمند	۵.۸	۴.۸	۱
افزایش کسب‌وکارهای شخصی مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات	۵.۸	۴.۸	۱
توسعهٔ سیستم‌های تجارت الکترونیک	۵.۶	۴.۸	۰.۸

در جدول یادشده عواملی که دارای مقدار آستانهٔ کمتر از ۰/۹ هستند، به عنوان عوامل نهایی در نظر گرفته می‌شوند و عواملی که بالاتر از این آستانه هستند، به مرحلهٔ سوم ارسال می‌شوند. پس از مرحلهٔ سوم، میانگین مراحل سوم و دوم با هم مقایسه شده و این غربال بر اساس آستانهٔ ۰/۹ تکرار می‌شود.

جدول ۴. مقایسهٔ اختلاف میانگین برای عوامل فنی بین مراحل دوم و سوم

عامل	میانگین مرحلهٔ دوم	میانگین مرحلهٔ سوم	اختلاف
زیرساخت فناوری اطلاعات	۶.۳	۴.۹	۱.۴
فضای کسب‌وکار هوشمند	۶	۴.۹	۱.۱
توسعهٔ زیرساخت اینترنت	۵.۷	۵	۰.۷
گرمایش و سرمایش هوشمند	۵.۴	۴.۳	۱.۱
حمل‌ونقل مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات	۵.۲	۴.۶	۰.۶
سیستم‌های هوشمند کمک به راننده	۵	۴.۲	۰.۸
بهره‌گیری از انرژی تجدیدپذیر	۴.۷	۴.۱	۰.۶
تعدیل مصرف انرژی	۵	۴.۲	۰.۸
فرایند تولید مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات	۵	۴.۸	۰.۲
سنسورهای بیوپزشکی	۴.۹	۴.۱	۰.۸
بازار هوشمند	۴.۸	۳.۷	۱.۱
افزایش کسب‌وکارهای شخصی مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات	۴.۸	۳.۸	۱

همان‌گونه که دیده می‌شود، در مرحلهٔ سوم نیز برخی عوامل همچنان مغایرت دارند و از مقدار آستانه فراتر هستند؛ نظیر بازار هوشمند، افزایش کسب‌وکارهای شخصی مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات یا فضای کسب‌وکار هوشمند. بنابراین می‌توان گفت که در خصوص عوامل یادشده اتفاق نظری بین خبرگان وجود ندارد و می‌توان این عوامل را از تحلیل کنار گذاشت، بنابراین عوامل نهایی فنی به شرح جدول ۵ هستند.

جدول ۵. عوامل فنی نهایی استخراجی از روش دلفی

ردیف	معیار	ردیف	معیار	ردیف	معیار
۱	زیرساخت دیجیتال	۷	سنسورهای شهری	۱۳	فرایند تولید مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات
۲	توسعهٔ زیرساخت اینترنت	۸	سیستم‌های هشدار ساختمان	۱۴	بهره‌گیری از کاربردهای کسب‌وکار الکترونیک
۳	حمل‌ونقل مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات	۹	سیستم‌های واکنش اضطراری به بحران	۱۵	سنسورهای بیوپزشکی
۴	لجستیک مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات	۱۰	بهره‌گیری از انرژی تجدیدپذیر	۱۶	کنترل بیماران در منزل
۵	سیستم‌های هوشمند کمک به راننده	۱۱	تعدیل مصرف انرژی	۱۷	افزایش کسب‌وکارهای شخصی مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات
۶	تعمیر و نگهداری هوشمند	۱۲	تسهیلات آموزشی هوشمند	۱۸	توسعهٔ سیستم‌های تجارت الکترونیک

از ۲۲ عامل فنی ۴ عامل به دلیل نبود اتفاق نظر و همچنین، وجود مغایرت در سه مرحلهٔ دلفی حذف و ۱۸ عامل باقی‌مانده به شرح جدول یادشده هستند. آمارهٔ آزمون آلفای کرونباخ برای تمامی متغیرها بالاتر از ۰/۶ است که نشان می‌دهد تمامی متغیرها در سطح قابلیت اطمینان یا پایایی مطلوب قرار دارد و لذا پایایی پرسشنامه مورد تأیید قرار می‌گیرد.

انتخاب ویژگی

در این بخش با استفاده از تکنیک الگوریتم فرااِبتکاری ژنتیک که یکی از روش‌های انتخاب ویژگی است غربال متغیرهای ورودی صورت گرفت. با استفاده از این الگوریتم تمامی متغیرهای فنی به صورت یک بردار یا کروموزم باینری وارد الگوریتم شده و با هر بار تکرار الگوریتم مقادیر باینری صفر و یک دچار تغییر می‌شود تا بهترین جواب که نشان‌دهندهٔ حداقل‌سازی مقدار تابع فیتنس است حاصل شود. در صورتی که یک ویژگی مقدار ۱ بگیرد، آن ویژگی انتخاب‌شده تلقی شده و در غیر این‌صورت حذف‌شده در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۶. انتخاب ویژگی برای عوامل فنی

ردیف	معیار	انتخاب ویژگی	ردیف	معیار	انتخاب ویژگی
۱	زیرساخت دیجیتال	۱	۱۰	بهره‌گیری از انرژی تجدیدپذیر	۱
۲	توسعهٔ زیرساخت اینترنت	۱	۱۱	تعدیل مصرف انرژی	۱
۳	حمل‌ونقل مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات	۱	۱۲	تسهیلات آموزشی هوشمند	۱
۴	لجستیک مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات	۱	۱۳	فرایند تولید مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات	۱
۵	سیستم‌های هوشمند کمک به راننده	۱	۱۴	بهره‌گیری از کاربردهای کسب‌وکار الکترونیک	۱
۶	تعمیر و نگهداری هوشمند	۰	۱۵	سنسورهای بیو پزشکی	۰
۷	سنسورهای شهری	۱	۱۶	کنترل بیماران در منزل	۱
۸	سیستم‌های هشدار ساختمان	۱	۱۷	افزایش کسب‌وکارهای شخصی مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات	۱
۹	سیستم‌های واکنش اضطراری به بحران	۱	۱۸	توسعهٔ سیستم‌های تجارت الکترونیک	۱

همان‌گونه که در جدول یادشده مشاهده می‌شود، مقدار ۱ نشان‌دهندهٔ انتخاب ویژگی و مقدار صفر نشان‌دهندهٔ عدم انتخاب آن است. به عنوان مثال سنسورهای بیوپزشکی بر اساس الگوریتم انتخاب ویژگی حذف شده و این متغیر بی‌اثر تشخیص داده شده است یا تعمیر و نگهداری هوشمند نیز مقدار صفر گرفته و به عنوان عوامل غیر مؤثر تلقی شده است.

دسته‌بندی

مرحلهٔ دسته‌بندی به عنوان مرحلهٔ نهایی تحلیل حاضر تلقی می‌شود. در مراحل قبلی شناسایی و غربال و پالایش متغیرها صورت گرفت. اما در این مرحله با استفاده از روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری به سطح‌بندی معیارهای برآمده از روش‌های دلفی و انتخاب ویژگی بر اساس تأثیرگذاری و تأثیرپذیری پرداخته می‌شود.

نتایج روش ISM شاخص‌های فنی

برای انجام مدل‌سازی ساختاری- تفسیری پنج گام اصلی برداشته می‌شود:

گام اول: تشکیل ماتریس خودتعاملی

در گام اول ماتریس خودتعاملی ساختاری شاخص‌های نهایی فنی را با استفاده از نظر پاسخ‌دهندگان تشکیل می‌دهیم برای تشکیل ماتریس خودتعاملی ساختاری خبرگان معیارها را به صورت زوجی با یکدیگر در نظر می‌گیرند و بر اساس طیف زیر به مقایسات زوجی پاسخ می‌دهند.

- V: عامل سطر i باعث محقق شدن عامل ستون j می‌شود.
- A: عامل ستون j باعث محقق شدن عامل سطر i می‌شود.
- X: هر دو عامل سطر و ستون باعث محقق شدن یکدیگر می‌شوند (عامل i و j رابطه دوطرفه دارند).
- O: بین عامل سطر و ستون هیچ ارتباطی وجود ندارد.

ماتریس خودتعاملی در جدول ۷ آورده شده است.

جدول ۷. ماتریس خودتعاملی ساختاری

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
C1		V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
C2			V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
C3				X	V	O	O	X	X	V	O	X	O	O	O	A
C4					X	O	O	A	A	A	O	X	A	O	A	A
C5						O	O	O	A	A	O	A	A	O	A	A
C6							V	A	A	A	O	A	A	O	A	A
C7								A	A	A	O	A	O	O	A	A

C8									X	X	V	V	V	V	X	X
C9										V	X	X	X	X	X	X
C10											X	V	V	X	V	A
C11												X	X	O	X	X
C12													V	O	V	A
C13														O	X	A
C14															O	A
C15																A
C16																

گام دوم: تشکیل ماتریس دستیابی اولیه

در گام دوم باید ماتریس دستیابی اولیه را با تبدیل ماتریس خودتعاملی ساختاری به اعداد صفر و یک تشکیل داد. برای این کار از قاعدهٔ زیر استفاده می‌شود:

- اگر نماد خانه ij حرف V باشد در آن خانه عدد ۱ و در خانه قرینه عدد صفر گذاشته می‌شود.
- اگر نماد خانه ij حرف A باشد در آن خانه عدد صفر و در خانه قرینه عدد ۱ گذاشته می‌شود.
- اگر نماد خانه ij حرف X باشد در آن خانه عدد ۱ و در خانه قرینه نیز عدد ۱ گذاشته می‌شود.
- اگر نماد خانه ij حرف O باشد در آن خانه عدد صفر و در خانه قرینه نیز عدد صفر گذاشته می‌شود.

ماتریس دستیابی اولیه در جدول ۸ آورده شده است.

جدول۸. ماتریس دستیابی اولیه

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
C۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
C۲	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
C۳	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰
C۴	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰
C۵	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C۸	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
C۹	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
C۱۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۰
C۱۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۱
C۱۲	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۰
C۱۳	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۰
C۱۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C۱۵	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۰
C۱۶	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰

گام سوم تشکیل ماتریس دستیابی اولیه سازگار

پس از اینکه ماتریس اولیه دستیابی به دست آمد، باید سازگاری درونی آن برقرار شود. به عنوان نمونه اگر متغیر ۱ منجر به متغیر ۲ شود و متغیر ۲ منجر به متغیر ۳ شود، باید متغیر ۱ نیز منجر به متغیر ۳ شود و اگر در ماتریس دسترسی این حالت برقرار نبود، باید ماتریس اصلاح شود و روابط این‌چنینی اصلاح و ایجاد شوند. این سازگاری با استفاده از روابط ثانویه که ممکن است وجود نداشته باشند به ماتریس دستیابی اولیه افزوده می‌شوند. در جدول ۹ سلول‌های که با *۱ نشان داده شد روابطی هستند که در ماتریس سازگار شده ایجاد شده‌اند.

جدول ۹. ماتریس دستیابی اولیهٔ سازگارشده

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	قدرت نفوذ
C1	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۶
C2	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۵
C3	۰	۰	۱	۱	۱	۱*	۱*	۱	۱	۱	۱*	۱	۱*	۱*	۱*	۱*	۱۴
C4	۰	۰	۱	۱	۱	۱*	۱*	۱*	۱*	۱*	۱*	۱	۱*	۰	۱*	۰	۱۲
C5	۰	۰	۱*	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱*	۰	۰	۰	۰	۴
C6	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲
C7	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱
C8	۰	۰	۱	۱	۱*	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۴
C9	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۴
C10	۰	۰	۱*	۱	۱	۱	۱	۱	۱*	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱*	۱۴
C11	۰	۰	۱*	۱*	۱*	۱*	۱*	۱*	۱	۱	۱	۱	۱	۱*	۱	۱	۱۴
C12	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱*	۱	۱*	۱	۱	۱	۱*	۱	۱*	۱۴
C13	۰	۰	۱*	۱	۱	۱	۱*	۱*	۱	۱*	۱	۱*	۱	۱*	۱	۱*	۱۴
C14	۰	۰	۱*	۱*	۱*	۱*	۱*	۱*	۱	۱	۱*	۱*	۱*	۱	۱*	۱*	۱۴
C15	۰	۰	۱*	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱*	۱	۱*	۱	۱*	۱	۱*	۱۴
C16	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۴
میزان وابستگی	۱	۲	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۵	۱۳	۱۳	۱۳	۱۳	۱۴	۱۳	۱۲	۱۳	۱۲	

گام چهارم: تعیین سطوح عوامل

در این گام مجموعه معیارهای ورودی (پیش‌نیاز) و خروجی (دستیابی) برای هر معیار را محاسبه می‌کنیم و سپس عوامل مشترک را نیز مشخص می‌کنیم. در این گام معیاری دارای بالاترین سطح است که مجموعهٔ خروجی (دستیابی) با مجموعهٔ مشترک برابر باشد. پس از شناسایی این متغیر یا متغیرها، سطر و ستون آن‌ها را از جدول حذف می‌کنیم و عملیات را دوباره روی دیگر معیارها تکرار می‌کنیم.

جدول ۱۰. معیارهای سطح ۱

نام معیار	خروجی	ورودی	اشتراک	سطح
C1	C1-C2-C3-C4-C5-C6-C7-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-	C1-	
C2	C2-C3-C4-C5-C6-C7-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-C2-	C2-	
C3	C3-C4-C5-C6-C7-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-C2-C3-C4-C5-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3-C4-C5-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	
C4	C3-C4-C5-C6-C7-C8-C9-C10C11-C12-C13-C15	C1-C2-C3-C4-C5-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3-C4-C5-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C15	
C5	C3-C4-C5-C12	C1-C2-C3-C4-C5-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3-C4-C5-C12	۱
C6	C6-C7	C1-C2-C3-C4-C6-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C6-	
C7	C7	C1-C2-C3-C4-C6-C7-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C7	۱

سطح	اشتراک	ورودی	خروجی	نام معیار
	C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-C2-C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3-C4-C5-C6-C7-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C8
	C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-C2-C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3-C4-C5-C6-C7-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C9
	C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-C2-C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3-C4-C5-C6-C7-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C10
	C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-C2-C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3-C4-C5-C6-C7-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C11
	C3-C4-C5-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-C2-C3-C4-C5-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3-C4-C5-C6-C7-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C12
	C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-C2-C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3-C4-C5-C6-C7-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C13
	C3-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-C2-C3-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3-C4-C5-C6-C7-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C14
	C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-C2-C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3-C4-C5-C6-C7-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C15
	C3-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-C2-C3-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3-C4-C5-C6-C7-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C16

در جدول ۱۰ معیارهای سطح ۱ استخراج شده است که شامل معیارهای C۵ و C۷ می‌شود. حال برای تعیین معیارهای سطح دوم، کافی است سطر و ستون این ۲ معیار را از ماتریس دستیابی اولیه سازگار شده حذف کرد و دوباره محاسبات تعیین خروجی و ورودی را انجام داد. نتایج در جدول ۱۱ آورده شده است.

جدول ۱۱. معیارهای سطح ۲

سطح	اشتراک	ورودی	خروجی	نام معیار
	C1-	C1-	C1-C2-C3-C4-C6-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1
	C2-	C1-C2-	C2-C3-C4-C6-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C2
	C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-C2-C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3-C4-C6-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3
	C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C15-	C1-C2-C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3-C4-C6-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C15-	C4
۲	C6-	C1-C2-C3-C4-C6-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C6-	C6
	C3-C4-C6-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-C2-C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3-C4-C6-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C8
	C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-C2-C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3-C4-C6-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C9
	C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-C2-C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3-C4-C6-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C10
	C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-C2-C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3-C4-C6-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C11
	C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-C2-C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3-C4-C6-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C12

نام معیار	خروجی	ورودی	اشتراک	سطح
C13	C3-C4-C6-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-C2-C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	
C14	C3-C4-C6-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-C2-C3-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	
C15	C3-C4-C6-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-C2-C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	
C16	C3-C4-C6-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-C2-C3-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	

در جدول ۱۱، معیارهای سطح ۲ استخراج شده است که شامل معیار C۶ است. حال برای تعیین معیارهای سطح سوم، کافی است سطر و ستون این معیار را از ماتریس دستیابی اولیه سازگار شده حذف و دوباره محاسبات تعیین خروجی و ورودی را انجام داد. نتایج در جدول ۱۲ آورده شده است.

جدول ۱۲. معیارهای سطح ۳

نام معیار	خروجی	ورودی	اشتراک	سطح
C1	C1-C2-C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-	C1-	
C2	C2-C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-C2-	C2-	
C3	C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-C2-C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	۳
C4	C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C15-	C1-C2-C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C15-	۳
C8	C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-C2-C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	۳
C9	C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-C2-C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	۳
C10	C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-C2-C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	۳
C11	C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-C2-C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	۳
C12	C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-C2-C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	۳
C13	C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-C2-C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	۳
C14	C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-C2-C3-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	
C15	C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-C2-C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	۳
C16	C3-C4-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C1-C2-C3-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	C3-C8-C9-C10-C11-C12-C13-C14-C15-C16	

در جدول ۱۲ معیارهای سطح ۳ استخراج شده است که شامل معیارهای C۳-C۴-C۸-C۹-C۱۰-C۱۱-C۱۲-C۱۳-C۱۵ است. حال برای تعیین معیارهای سطح چهارم، کافی است سطر و ستون این ۹ معیار را از ماتریس دستیابی اولیه سازگار شده حذف و دوباره محاسبات تعیین خروجی و ورودی را انجام داد. نتایج در جدول ۱۳ آورده شده است.

جدول ۱۳. معیارهای سطح ۴

سطح	اشتراک	ورودی	خروجی	نام معیار
	C1-	C1-	C1-C2-C14-C16	C1
	C2-	C1-C2-	C2-C14-C16	C2
۴	C14-C16	C1-C2-C14-C16	C14-C16	C14
۴	C14-C16	C1-C2-C14-C16	C14-C16	C16

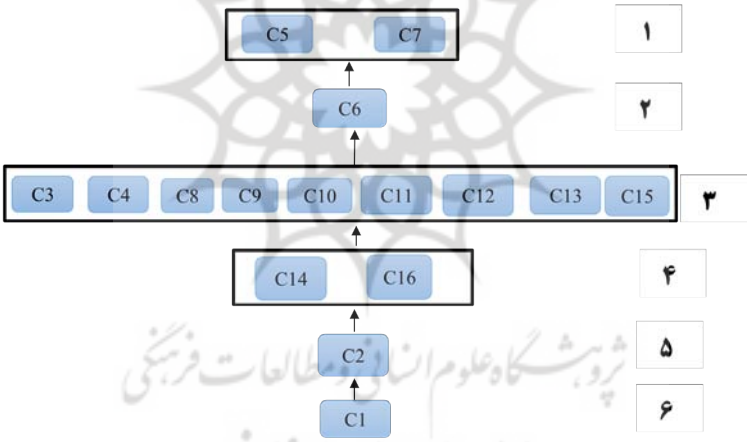
در جدول ۱۳، معیارهای سطح ۴ استخراج شده است که شامل معیار C۶ است. حال برای تعیین معیارهای سطح پنجم، کافی است سطر و ستون این معیار را از ماتریس دستیابی اولیه سازگار شده حذف و دوباره محاسبات تعیین خروجی و ورودی را انجام داد. نتایج در جدول ۱۴آورده شده است.

جدول ۱۴. معیارهای سطح ۵ و ۶

سطح	اشتراک	ورودی	خروجی	نام معیار
۶	C1	C1	C1-C2	C1
۵	C2	C1-C2	C2	C2

گام پنجم: شبکهٔ تعاملات

در گام پنجم با استفاده از سطوح به‌دست‌آمده از معیارها، شبکهٔ تعاملات رسم می‌شود. دیاگرام نهایی ایجادشده که با حذف حالت‌های تعدی و نیز با استفاده از بخش‌بندی سطوح به دست آمده، در شکل ۱ نشان داده شده است.

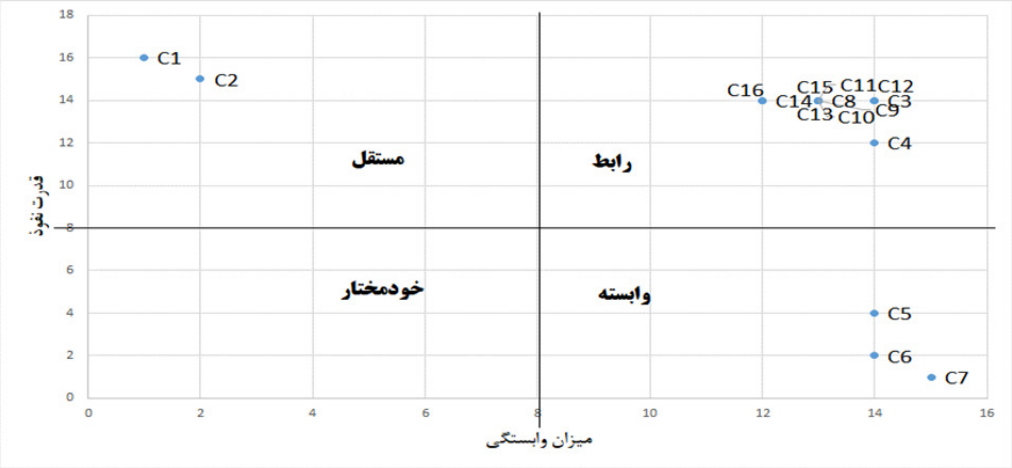


شکل ۱. مدل ISM عوامل فنی

با توجه به شکل یادشده مدل عوامل فنی شامل ۶ سطح است. سطح ششم یعنی معیار زیرساخت دیجیتال (C۱) تأثیرگذارترین معیار است که به صورت مستقیم روی معیار سطح پنجم یعنی توسعهٔ زیرساخت اینترنت (C۲) تأثیر می‌گذارد. سطح اول که شامل معیار سیستم‌های هوشمند کمک به راننده و سیستم‌های هشدار ساختمان است تأثیرپذیرترین معیارها هستند.

تحلیل میک مک

همچنین مدل عوامل فنی را می‌توان از لحاظ قدرت نفوذ و وابستگی به صورت شکل ۲ نشان داد. بر این اساس، معیارهای زیرساخت دیجیتال (C۱) و توسعهٔ زیرساخت اینترنت (C۲) از نوع مستقل هستند. این متغیرها وابستگی کم و هدایت زیاد دارند، به بیانی دیگر تأثیرگذاری بالا و تأثیرپذیری کم از ویژگی‌های این متغیرها است. معیارهای سیستم‌های هوشمند کمک به راننده (C۵) و سیستم‌های هشدار ساختمان (C۷) نیز از نوع وابسته هستند که وابستگی قوی و هدایت ضعیف دارند. این متغیرها اصولاً تأثیرپذیری زیاد و تأثیرگذاری کمی روی سیستم دارند. باقی معیارها از نوع رابط هستند. این متغیرها از وابستگی بالا و قدرت هدایت بالا برخوردارند. به بیانی، تأثیرگذاری و تأثیرپذیری این معیارها بسیار زیاد است و هر تغییر کوچکی روی این متغیرها باعث تغییرات اساسی در سیستم می‌شود.



شکل ۲. ماتریس قدرت نفوذ–وابستگی

بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله عوامل فنی اثرگذار بر شهر هوشمند ابتدا با استفاده از نظر خبرگان شناسایی شد و سپس با استفاده از تکنیک دلفی مورد بازبینی و پالایش قرار گرفت. تعداد کل عوامل فنی که در مرحلهٔ شناسایی ۲۲ عامل بود پس از روش دلفی به ۱۸ عامل کاهش یافت. سپس با استفاده از تکنیک انتخاب ویژگی ۱۸ عامل فنی دوباره به ۱۶ عامل کاهش یافت تا در نهایت عوامل نهایی برای مدل‌سازی حاصل شود. در انتها با استفاده از تکنیک مدل‌سازی تفسیری ساختاری (ISM) سطح‌بندی آن‌ها انجام شد.

مدل نهایی عوامل فنی شامل شش سطح است. سطح ششم یعنی معیار زیرساخت دیجیتال (C۱) تأثیرگذارترین معیار است که به صورت مستقیم روی معیار سطح پنجم یعنی توسعهٔ زیرساخت اینترنت (C۲) تأثیر می‌گذارد. سطح اول که شامل معیار سیستم‌های هوشمند کمک به راننده و سیستم‌های هشدار ساختمان است تأثیرپذیرترین معیارها هستند. همچنین عوامل فنی از لحاظ قدرت نفوذ و وابستگی بررسی شد که بر این اساس، معیارهای زیرساخت دیجیتال (C۱) و توسعهٔ زیرساخت اینترنت (C۲) از نوع مستقل هستند. این متغیرها دارای وابستگی کم و هدایت بالا هستند. به بیانی دیگر، تأثیرگذاری زیاد و تأثیرپذیری کم از ویژگی‌های این متغیرها است. معیارهای سیستم‌های هوشمند کمک به راننده (C۵) و سیستم‌های هشدار ساختمان (C۷) نیز از نوع وابسته هستند که وابستگی قوی و هدایت ضعیف دارند. این متغیرها تأثیرپذیری زیاد و تأثیرگذاری کمی روی سیستم دارند. باقی معیارها از نوع رابط هستند. این متغیرها از وابستگی بالا و قدرت هدایت بالا برخوردارند. به بیانی، تأثیرگذاری و تأثیرپذیری این معیارها بسیار زیاد است و هر تغییر کوچکی روی این متغیرها باعث تغییرات اساسی در سیستم می‌شود.

تحقیق حاضر از نظر اینکه در حوزهٔ عوامل اثرگذار بر پلتفرم دیجیتال شهر هوشمند است، مشابه با تحقیق [۱۴] است. تحقیق [۱۷] به بررسی اثر سیاست‌های شهر هوشمند بر نوآوری شهری می‌پردازد که چندان ارتباطی با تحقیق حاضر ندارد. پژوهش [۲۳] از این جهت که به اثرات اجتماعی نوآوری زیست‌محیطی در شهرهای هوشمند می‌پردازد به دلیل تمرکز بر عوامل اجتماعی مشابه با تحقیق حاضر است، اما توجهی به عوامل فنی ندارد که این وجه تمایز این تحقیق با تحقیق حاضر است. تحقیق [۲۰] از آنجا که به شاخصه‌های شهر هوشمند توجه دارد مشابه با تحقیق حاضر است، اما نتایج این تحقیق عمدتاً کلی بوده و همانند تحقیق حاضر وارد جزئیات و دسته‌بندی عوامل فنی نمی‌شود.

شهر هوشمند در آیندهٔ نزدیک به عنوان یک پارادایم مهم در عرصهٔ مدیریت شهری و شهرسازی مطرح خواهد شد ضمن اینکه در جهان توسعه‌یافته این مفهوم نسبت به جهان رو به توسعه بیشتر نهادینه شده است. بنابراین، تحقیق در این زمینه و شناسایی عوامل اثرگذار بر آن یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر تلقی می‌شود. بنابراین نتایج این پژوهش نشان می‌دهد زیرساخت دیجیتال اثرگذارترین عامل فنی در پیاده‌سازی طرح‌های شهر هوشمند است و سرمایه‌گذاری در این بخش در توسعهٔ طرح‌های شهر هوشمند اهمیت زیادی دارد که در زندگی شهروندان و اقتصاد شهری نیز تأثیر به‌سزایی خواهد داشت.

مشارکت نویسندگان

نویسندهٔ اول ۶۰ درصد، نویسندهٔ دوم ۳۰ درصد و نویسندهٔ سوم ۱۰ درصد است.

تشکر و قدردانی

از تمام کسانی که در این پژوهش، پژوهشگران را یاری کرده‌اند، صمیمانه تشکر می‌کنیم. این پژوهش منافع تجاری برای نویسندگان نداشته است و پژوهشگران در قبال ارائهٔ اثر خود وجهی دریافت نکرده‌اند و مقاله حامی مادی و معنوی ندارد.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

منابع

[1] Jodki, Saba and Fayaz, Maryam & Ahmadi, Nasim, 2015, What Big Data Do in Smart City, The Second National Conference on New Approaches in Electrical and Computer Engineering, Khorramabad, https://civilica.com/doc/627600, [In Persian]

[2] dadghar, Seyyed Mehdi; Bromandania, Ali & Farhang Adib, Somia 2016. Challenges in the Internet of Things and ways to deal with them in reaching a smart city, National Conference of Computer Science and Engineering and Information Technology, Babol, https://civilica.com/doc/526986 ,[In Persian]

[3] Islampanah, Maryam & Salimi, Fatemeh, 2015, examining the function and position of the smart city and tomorrow's school in the next twenty years, the second national conference on the psychology of educational and social sciences, Babol, https://civilica.com/doc/557929

[4] Aguaded-Ramírez, E. (2017). Smart City and Intercultural Education. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 237(21), 326-333, https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2017.02.010

[5] Anthopoulos, L., 2017. Smart utopia VS smart reality: learning by experience from 10 smart city cases. Cities 63, 128–148, https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.10.005

[6] Anabestani, Ali-akbar, Kalantari, Mohsen & Niknami, Nasim, 2023, Explanation of the key drivers affecting the establishment of a smart city based on Internet of Things technology (case study: Mashhad metropolis), Economic and Urban Planning Quarterly,4(1), https://doi:233-248,10.22034/UEP.2023.390907.1346 [In Persian]

[7] Zinali Azim, Ali & Babazadeh Eskoi, Solmaz, 2022, an analysis on the creation of a livable smart city in Tabriz city, Quarterly Journal of Economics and Urban Planning,4(3) 24-37, https://doi:10.22034/UEP.2022.365191.1286 [In Persian]

[8] Salehi Panahi, Mir Mohammad; Dares Khan, Rasul, Singari, Maryam & Farmarzi, Mahsa, 2022, Passive Defense Journal, 13(4), https://doi: 95-105, 20.1001.1.20086849.1401.13.4.9.8 [In Persian]

[9] Mohammadi Deh Cheshmeh, Mostafa & Moradi Houshang ,2022, strategies for realizing the vision of smart governance in Iranian cities, Economics and Urban Planning Quarterly, 3(4) ,114-131, https://doi:10.22034/UEP.2022.366428.1293 [In Persian]

[10] Sediqi, Nazila, Ehtsham Rathi, Reza; & Sanai, Mohammad Reza, 2022, providing a framework for evaluating cyber security and privacy threats and investigating their impact on smart city performance, Electronic and Cyber Defense Magazine, 10(3), 77 – 91, https://doi.org/10.22054/ims.2021.59476.1925 [In Persian]

[11] Zhu, Huiying, Liyin Shen & Yitian Ren (2022), How can smart city shape a happier life? The mechanism for developing a Happiness Driven Smart City, Sustainable Cities and Society, 80, https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103791

[12] Jothimani, Priya , Chenniappan, Palanisamy & Chidambaranathan, Vinothini(2022, January), Factors impinge on the development of a smart city: a field study, Research on Sustainable Developments for Environment Management, 29(57):86298-86307. https://doi:10.1007/s11356-021-17930-4

[13] Duygan, Mert, Manuel Fischer, Rea P¨arli & Karin Ingold (2022), Where do Smart Cities grow? The spatial and socio-economic configurations of smart city development, Sustainable Cities and Society 77, https://doi:10.1016/j.scs.2021.103578

[14] Kusumastuti, Ratih Dyah, N. Nurmala Juliana Rouli & Herdis Herdiansyah (2022), Analyzing the factors that influence the seeking and sharing of information on the smart city digital platform: Empirical evidence from Indonesia, Technology in Society 68 https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101876

[15] Kashef, Mohamad &, Anna Visvizi Orlando Troisi (2021), Smart city as a smart service system: Human-computer interaction and smart city surveillance systems, Comp uters in Human Behavior 124, https://doi:10.1016/j.chb.2021.106923

[16] Nilssen, M. (2019). To the smart city and beyond? Developing a typology of smart urban innovation. medicine, 21(6), 563-571, https://doi: 10.1007/s12199-016-0582-7

[17] Beretta, Ilaria, (2018), The social effects of eco-innovations in Italian smart cities,72, 115-121 , https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.07.010

[18] Snow, C. C., Håkonsson, D. D., & Obel, B. (2016). A smart city is a collaborative community: lessons from Smart Aarhus. California Management Review, 59(1), 92-108. https://doi:10.1177/0008125616683954

[19] han, hoon & Hawken, Scott, (2018), Introduction: Innovation and identity in next-generation smart cities, City, Culture and Society, (12), 1-4, https://doi.org/10.1016/j.ccs.2017.12.003

[20] Borsekova, Korony, Vanova & Vitalisova, Kamila, Samuel, Anna & Katarina (2018), Functionality between the size and indicators of smart cities: A research challenge with policy implications, Cities,78, 17-26, https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.03.010

[21] Mydlarz, C., Salamon, J., & Bello, J. P. (2017). The implementation of low-cost urban acoustic monitoring devices. Applied Acoustics, 117, 207-218, https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.06.010

[22] Eremia, Toma & Sanduleac, Mircea, Lucian & Mihai (2017), the smart city concept in the 21st century, Procedia Engineering 181 ,12-19, https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.357

[23] Meijer, A., & Bolívar, M. P. R. (2016). Governing the smart city: a review of the literature on smart urban governance. International Review of Administrative Sciences, 82(2), 392-408. http://doi.:10.1177/0020852314564308

Technological Forecasting and Social Change, 142, 98-104, https://doi: 10.1016/j.techfore.2018.07.060

[24] Liu, L., Chen, W., Nie, M., Zhang, F., Wang, Y., He, A. & Yan, G. (2016). IMAGE cloud: medical image processing as a service for regional healthcare in a hybrid cloud environment. Environmental health and preventive, 21(6): 563–571, http://doi:00107/s12199-016-0582-7

[25] Taverna, M., Piccinini, L. C., Chang, T. F. M., & Iseppi, L. (2013). Structures and Paths for the Exploration of Landscape-Cultural Mosaic. In Society, Integration, Education, Proc. of Intern. Conference: Sabiedriba, Integracija, Izglitiba. 1, 517-527, https://doi:10.13140/2.1.3572.1928

[26] Marta Peris-Ortiz, Dag R. Bennett, Diana Pérez-Bustamante Yábar ,Sustainable Smart Cities: Creating Spaces for Technological, Social and Business Development,2017,159-181, https://doi:10.1007/978-3-319-40895-8

[27] Komninos, Nicos, (2013). "What makes cities intelligent?". In Deakin, Mark (ed.). Smart Cities: Governing, Modelling and Analysing the Transition. Taylor and Francis. p. 77. https://doi:10.4324/9781315769349.

[28] Lai, Chun Sing; Jia, Youwei; Dong, Zhekang & Wang, Dongxiao; Tao, Yingshan; Lai, Qi Hong; Wong, Richard T. K.; Zobaa, Ahmed F.; Wu, Ruiheng; Lai, Loi Lei (17 August 2020). "A Review of Technical Standards for Smart Cities". Clean Technologies. 2 (3): 290–310. https://doi:10.3390/cleantechnol2030019

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی