

# Physical Development Planning

Winter (2026) Vol. 10(4). (series40):35-58

DOI: [10.30473/psp.2026.77449.2802](https://doi.org/10.30473/psp.2026.77449.2802)

E-ISSN: 2645-548X

P-ISSN: 2645-5471

## Analyzing Key Factors Influencing the Formation of the IoT-Based Smart Village Approach in Iran

Sara Fazli <sup>1</sup>, Aliakbar Anabestani <sup>2</sup>, Bijan Rahmani <sup>3</sup>

1. Ph.D. in Geography and Rural Planning, Faculty of Earth Science, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

2. Professor in Department of Human Geography and Spatial Planning, Faculty of Earth Science, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

3. Associate Prof. in Department of Human Geography and Spatial Planning, Faculty of Earth Science, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

\*Correspondence

Aliakbar Anabestani

E-mail:

[a\\_anabestani@sbu.ac.ir](mailto:a_anabestani@sbu.ac.ir)

Received: 16/Feb/2026

Accepted: 06/Mar/2026

How to cite

Anabestani, A.A.; Fazli, S.; Rahmani, B. (2026). Analyzing Key Factors Influencing the Formation of the IoT-Based Smart Village Approach in Iran. *Physical Development Planning*, 10 (4), 40, 35-58.

(DOI:

[10.30473/psp.2026.77449.2802](https://doi.org/10.30473/psp.2026.77449.2802))

### ABSTRACT

This study aims to identify, structurally analyze, and prioritize the factors influencing the formation of an Internet of Things (IoT)-based smart village approach in Iran. The primary problem addressed is the absence of an integrated framework to elucidate the interrelationships among technological, economic, social, and managerial components, and to assess their impact within the context of the country's rural areas. This research is applied in terms of objective and utilizes a descriptive-analytical methodology. Data were collected through documentary studies and by soliciting opinions from experts in the field of rural planning ( $n=30$ ). The Delphi method was employed to extract key components. Subsequently, the DEMATEL technique was utilized to analyze causal relationships and determine the degrees of influence and dependence, while the Analytic Network Process (ANP) was used for final weighting and prioritization. The DEMATEL results indicated that Smart Agriculture, Smart Energy, and Smart Economy, with impact values of 1.001, 0.137, and 0.087 respectively, play a driving role in the relationship network and are categorized as causal factors. However, the limit super matrix results in the ANP analysis reveal that Smart Environment achieved the highest final weight (0.27032), followed by Smart Agriculture (0.19688) and Smart Health (0.16148). At the sub-criteria level, technologies related to environmental monitoring, smart resource management, and digital health garnered the highest priority. The findings suggest that realizing an IoT-based smart village requires strengthening environmental and technological infrastructures, focusing on smart agriculture and smart health, and establishing institutional coordination at the local level.

### KEYWORDS

Internet of Things (IoT), Sustainable Development, Smart Village, Iran.



Copyright © 2025 The Authors. Published by Payame Noor University.

This work is licensed under a Creative Commons

Attribution-NonCommercial 4.0 International

license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited

## برنامه‌ریزی توسعه کالبدی

DOI: [10.30473/psp.2026.77449.2802](https://doi.org/10.30473/psp.2026.77449.2802)

«مقاله پژوهشی»

## تحلیل عوامل کلیدی نقش‌آفرین بر شکل‌گیری رهیافت روستای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در ایران

سارا فضلی<sup>۱</sup>، علی اکبر عنابستانی<sup>۲</sup>، بیژن رحمانی<sup>۳</sup>

## چکیده

پژوهش حاضر با هدف شناسایی، تحلیل ساختاری و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر شکل‌گیری رهیافت روستای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در ایران انجام شده است. مسئله اصلی، فقدان چارچوبی یکپارچه برای تبیین روابط متقابل میان مؤلفه‌های فناوری، اقتصادی، اجتماعی و مدیریتی و تعیین میزان اثرگذاری آن‌ها در بستر روستاهای کشور است. این تحقیق از نظر هدف کاربردی و از حیث روش توصیفی-تحلیلی است. داده‌ها از طریق مطالعات اسنادی و اخذ نظر خبرگان حوزه برنامه‌ریزی روستایی (۳۰ نفر) گردآوری شد و با بهره‌گیری از روش دلفی، مؤلفه‌های کلیدی استخراج گردید. سپس برای تحلیل روابط علی و تعیین میزان اثرگذاری و اثرپذیری عوامل از تکنیک DEMATEL و برای وزن‌دهی و اولویت‌بندی نهایی از فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) استفاده شد. نتایج DEMATEL نشان داد کشاورزی هوشمند، انرژی هوشمند و اقتصاد هوشمند به ترتیب با اثرگذاری ۱/۰۰۱، ۱/۱۳۷ و ۰/۰۸۷ نقش پیشران در شبکه روابط دارند و در زمره عوامل علی قرار می‌گیرند. با این حال، نتایج سوپرماتریس حد در ANP بیانگر آن است که محیط هوشمند بیشترین وزن نهایی (۰/۲۷۰۳۲) را به خود اختصاص داده و پس از آن کشاورزی هوشمند (۰/۱۹۶۸۸) و سلامت هوشمند (۰/۱۶۱۴۸) در رتبه‌های بعدی قرار دارند. در سطح زیرمعیارها نیز فناوری‌های مرتبط با پایش محیطی، مدیریت هوشمند منابع و سلامت دیجیتال بیشترین اولویت را کسب کرده‌اند. یافته‌ها نشان می‌دهد تحقق روستای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا مستلزم تقویت زیرساخت‌های محیطی و فناوری، تمرکز بر کشاورزی و سلامت هوشمند و ایجاد هماهنگی نهادی در سطح محلی است.

## واژه‌های کلیدی

اینترنت اشیا، توسعه پایدار، روستای هوشمند، ایران.

۱. دانشجوی دکترای جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

۲. استاد گروه جغرافیای انسانی و آمایش، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

۳. دانشیارگروه جغرافیای انسانی و آمایش، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

نویسنده مسئول: علی اکبر عنابستانی  
رایانامه:

[a\\_anabestani@sbu.ac.ir](mailto:a_anabestani@sbu.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۱۵

## استناد به این مقاله:

عنابستانی، علی اکبر؛ فضلی، سارا؛ رحمانی، بیژن (۱۴۰۴). تحلیل عوامل کلیدی نقش‌آفرین بر شکل‌گیری رهیافت روستای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در ایران. *برنامه‌ریزی توسعه کالبدی*. ۱۰ (۴)، ۳۵-۴۰.

(DOI:

[10.30473/psp.2026.77449.2802](https://doi.org/10.30473/psp.2026.77449.2802))



حق انتشار این مستند، متعلق به نویسندگان آن است. ۱۴۰۳ ©. ناشر این مقاله، دانشگاه پیام نور است.

این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است.

This is an open access article under the CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

<https://psp.journals.pnu.ac.ir>

## مقدمه

بر بنیان نظریه توسعه پایدار، توسعه فرایندی است که در آن نیازهای نسل حاضر برآورده می‌شود، بی‌آنکه توان نسل‌های آینده برای پاسخ‌گویی به نیازهای خود به مخاطره افتد (WCED, 1987). بر اساس این دیدگاه، تمرکز بر یک بعد توسعه نمی‌تواند پاسخگوی نیازهای بلندمدت جوامع انسانی باشد و دستیابی به توسعه واقعی نیازمند توجه به تمام ابعاد توسعه است (Rogers et al., 2007). در این چارچوب، نواحی روستایی به دلیل نقش بنیادین خود در تأمین امنیت غذایی، حفاظت از منابع طبیعی، ایجاد اشتغال، از مهم‌ترین بسترهای تحقق توسعه پایدار می‌باشند (Roldan, 2023). با این حال نواحی روستایی با مجموعه‌ای از چالش‌ها مواجه بوده‌اند که باعث رشد برنامه‌ریزی نشده، گسترش نامتوازن و تشدید مهاجرت روستاییان به شهرها شده است (Fernandez et al., 2020). به بیان دیگر، پیامدهای این روند نه تنها موجب تضعیف بنیان‌های اقتصادی و اجتماعی روستاها شده، بلکه چالش‌های جدیدی را به همراه داشته است. این شرایط، ضرورت بازاندیشی در الگوهای توسعه روستایی و بهره‌گیری از رویکردهای نوین، کارآمد و متناسب با پیچیدگی‌های امروز نواحی روستایی را برجسته می‌سازد (Anyanwu et al., 2020). بنا بر آنچه گفته شد در پاسخ به این چالش‌ها، مفهوم «روستای هوشمند» در سال‌های اخیر به عنوان یکی از رهیافت‌های نوین توسعه روستایی در چارچوب نظریه توسعه پایدار مورد توجه پژوهشگران و سیاست‌گذاران قرار گرفته است (Maliki, 2024).

روستای هوشمند به عنوان سکونتگاهی خوداتکا، متکی بر سرمایه انسانی با بهره‌گیری هدفمند از منابع محلی و فناوری‌های نوین، در پی ارتقای کیفیت زندگی، افزایش بهره‌وری اقتصادی، بهبود ارائه خدمات و تقویت پایداری محیطی است (عناستانی و همکاران، ۱۴۰۰). در این میان، فناوری اینترنت اشیا به عنوان یکی از ارکان کلیدی تحقق روستای هوشمند، نقش محوری در پیوند میان فناوری، مدیریت، سرمایه انسانی و حکمرانی محلی ایفا می‌کند (Rao et al., 2018). به سخن دیگر، اینترنت اشیا با فراهم‌سازی امکان پایش و تحلیل داده‌ها

به صورت بلادرنگ، ظرفیت قابل‌توجهی برای بهبود عملکرد بخش‌های حیاتی روستا از جمله کشاورزی ایجاد می‌کند (Sinha, 2024). شواهد پژوهشی نشان می‌دهد بکارگیری اینترنت اشیا در چارچوب روستای هوشمند به کاهش هزینه‌ها، افزایش تاب‌آوری جوامع روستایی در برابر بحران‌های مختلف منجر شود (Visvizi, 2019). بنابر آنچه گفته شد، رویکرد روستای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا می‌تواند به عنوان بستری مؤثر برای تحقق توسعه متوازن، پایدار انسان‌محور ایفای نقش کند (Emerllahu, 2024).

با وجود این ظرفیت‌ها، مطالعات تجربی نشان می‌دهد که تحقق عملی این رهیافت صرفاً به در دسترس بودن فناوری محدود نمی‌شود، ضعف زیرساخت ارتباطی، دسترسی محدود به اینترنت و هزینه بالای تجهیزات هوشمند، از مهم‌ترین موانع پیاده‌سازی این رویکرد در نواحی روستایی به شمار می‌روند (Mukti et al., 2022). افزون بر این، بررسی ادبیات پژوهش نشان می‌دهد که اغلب مطالعات پیشین به شناسایی توصیفی مؤلفه‌ها بسنده کرده و کمتر به تحلیل ساختاری روابط متقابل، میزان اثرگذاری و اثرپذیری عوامل و نحوه تعامل نظام‌مند آن‌ها پرداخته‌اند. در نتیجه، چارچوبی منسجم که بتواند عوامل فناورانه، اقتصادی، اجتماعی، نهادی و مدیریتی را به صورت یکپارچه شناسایی، طبقه‌بندی و تبیین کند، همچنان در ادبیات پژوهش به‌ویژه در بستر ایران مغفول مانده است.

در ایران نیز با وجود ظرفیت‌های گسترده نواحی روستایی، تحقق عملی روستای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا با چالش‌هایی همچون نابرابری در توزیع زیرساخت‌های دیجیتال، ضعف حکمرانی یکپارچه، محدودیت‌های نهادی و عدم انطباق فناوری‌های نوین با شرایط اجتماعی و فرهنگی محلی مواجه است. از این رو، انتقال مستقیم الگوهای بین‌المللی بدون توجه به اقتضائات بومی، کارایی محدودی داشته است. بدین ترتیب، نبود مدل تحلیلی بومی‌ای که بتواند سازوکار تعامل این عوامل را در شرایط ایران تبیین کند، به عنوان خلأی اساسی قابل شناسایی است.

تسهیل پایش بلادرنگ، بهینه‌سازی بهره‌برداری از منابع، ارتقای شفافیت اطلاعاتی و بهبود فرآیندهای تصمیم‌گیری است. در واقع، اینترنت اشیاء با ایجاد زیرساخت داده‌محور، زمینه هماهنگی میان مدیریت منابع، برنامه‌ریزی محلی و مشارکت اجتماعی را تقویت می‌کند و از این رهگذر می‌تواند تحقق هم‌زمان اهداف توسعه پایدار را در روستا تسهیل نماید (AbdulSalam, 2020).

با این حال، از منظر نظریه توسعه پایدار، نظام‌های روستایی ماهیتی پیچیده و چندبعدی دارند؛ به گونه‌ای که تغییر در هر یک از مؤلفه‌های فناورانه، اقتصادی، اجتماعی یا نهادی می‌تواند پیامدهایی زنجیره‌ای در سایر ابعاد ایجاد کند. از این رو، بهره‌گیری از اینترنت اشیاء در قالب روستای هوشمند تنها زمانی می‌تواند به پایداری منجر شود که روابط متقابل، شدت اثرگذاری و جهت تعامل میان مؤلفه‌های مختلف به صورت نظام‌مند تحلیل شود. در چنین شرایطی، رویکرد سیستمی و تحلیل شبکه‌ای نه صرفاً یک انتخاب روش‌شناختی، بلکه ضرورتی نظری برای فهم سازوکارهای توسعه پایدار در فضاهای روستایی محسوب می‌شود. بر این شالوده، مفهوم روستای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء را می‌توان به مثابه گره‌ای در شبکه توسعه پایدار تلقی کرد که از طریق یکپارچه‌سازی ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی و با اتکا بر ظرفیت‌های بومی، امکان بازتولید و ارتقای کارکردهای توسعه‌ای را فراهم می‌سازد. در این نگاه، روستا نه صرفاً یک واحد مکانی، بلکه بخشی از یک نظام فضایی پویا است که تعامل آن با سطوح منطقه‌ای و ملی، بر پایداری کلی نظام توسعه اثرگذار است.

بر این اساس، پیش‌فرض نظری پژوهش حاضر بر آن استوار است که تحقق روستای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء مستلزم شناسایی نظام‌مند مؤلفه‌های مؤثر، تحلیل روابط علی میان آن‌ها و تعیین اولویت نسبی هر یک در چارچوبی شبکه‌ای است. چنین رویکردی امکان درک ساختار اثرگذاری و اثرپذیری عوامل را فراهم ساخته و زمینه طراحی مداخلات سیاستی مبتنی بر شواهد را در مسیر توسعه روستایی پایدار مهیا می‌کند. همچنین مرور

بر این اساس، ضرورت انجام پژوهشی که با رویکردی تحلیلی و ساختارمند به شناسایی، طبقه‌بندی و بررسی روابط میان عوامل مؤثر بر شکل‌گیری رهیافت روستای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء بپردازد، بیش‌ازپیش احساس می‌شود. نتایج چنین پژوهشی می‌تواند اساس تصمیم‌گیری آگاهانه قرار گیرد و زمینه را برای طراحی و اجرای سیاست‌ها و برنامه‌هایی فراهم سازد که به ارتقای کیفیت زندگی روستاییان، افزایش بهره‌وری فعالیت‌های اقتصادی و حرکت به سوی تحقق توسعه پایدار، هوشمند و انسان‌محور در نواحی روستایی منجر شود. بر همین اساس، پژوهش حاضر در پی پاسخگویی به این پرسش اساسی است که: چه مؤلفه‌ها و عواملی در شکل‌گیری رهیافت روستای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء نقش کلیدی دارند و روابط میان این عوامل چگونه قابل تبیین است؟

مفهوم روستای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء به عنوان رویکردی نوین، باهدف افزایش کیفیت زندگی، بهره‌وری اقتصادی و حفظ منابع طبیعی در نواحی روستایی، در جوامع مختلف مورد توجه قرار گرفته است (Degada, 2021). تبیین نظری این رهیافت را می‌توان در چارچوب نظریه توسعه پایدار جستجو کرد، نظریه‌ای که توسعه را فرایندی نظام‌مند و تداوم‌پذیر می‌داند که تنها در صورت حفظ تعادل تحقق می‌یابد (Rogers et al., 2007). در این چارچوب، فناوری و نوآوری نه به عنوان اهدافی مستقل، بلکه به مثابه ابزارهایی در خدمت تحقق اهداف توسعه عمل می‌کنند. بدین معنا که کاربست فناوری باید در قالب رویکردی سیستمی و یکپارچه صورت گیرد تا بتواند به ارتقای کارکردهای توسعه‌ای بینجامد (Dzhunushalieva & Teuber, 2024). از این منظر، روستای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء را می‌توان سازوکاری دانست که با بهره‌گیری هدفمند از فناوری‌های نوین، در پی بازآرایی کارکردهای فضاهای روستایی است (Rana et al., 2022). اینترنت اشیاء به عنوان یکی از ارکان کلیدی این رهیافت، امکان اتصال اشیاء و زیرساخت‌های فیزیکی به بسترهای دیجیتال و ایجاد جریان مستمر داده را فراهم می‌سازد (Atzori et al., 2010). کارکرد اساسی این فناوری در بستر روستایی،

بخش کشاورزی به شمار می‌آید. سیوار<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۲۰) با تمرکز بر پذیرش فناوری در جوامع روستایی، بر اهمیت مشارکت جامعه محلی، آموزش و ارتقای سواد دیجیتال در موفقیت پروژه‌های روستای هوشمند تأکید کرده‌اند. مطالعه لوپس و ارگاس<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی نقش اینترنت اشیاء در تحقق اهداف توسعه پایدار پرداخته و بر نقش اقتصادی اجتماعی این فناوری در کشورهای درحال توسعه تأکید دارند. آنان چالش‌هایی نظیر ضعف زیرساخت ارتباطی، هزینه‌های بالا و محدودیت دسترسی را از موانع اصلی توسعه اینترنت اشیاء معرفی کرده و پیشنهاد می‌کنند فناوری‌های کم‌هزینه و می‌توانند زمینه گسترش این فناوری در مناطق روستایی را فراهم سازند. مطالعه جواد و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد که اینترنت اشیاء نقش مهمی در جبران کمبود نیروهای درمانی، مدیریت بیماری‌های مزمن و ارتقای خدمات سلامت در مناطق کم‌برخوردار ایفا می‌کند. این فناوری با پشتیبانی از نظارت بلادرنگ، تشخیص زودهنگام، سامانه‌های اورژانسی هوشمند و پایگاه‌های داده ابری پزشکی سبب بهبود کیفیت مراقبت از بیماران می‌شود. در تکمیل این موضوع، نتایج مطالعه بوآکی و اوومی<sup>۷</sup> (۲۰۲۱) نشان داد که اینترنت اشیاء می‌تواند دسترسی به خدمات سلامت را برای ساکنان مناطق دورافتاده، به‌ویژه افراد دارای محدودیت حرکتی، تسهیل کند. کاربردهایی مانند نظارت از راه دور، مراقبت از خود، مدیریت موجودی دارویی و توسعه خدمات درمانی دیجیتال موجب کاهش نابرابری‌های سلامت میان مناطق شهری و روستایی می‌شود.

همچنین در مطالعات کومار<sup>۸</sup> و همکاران (۲۰۲۱) بیان شده که اینترنت اشیاء یکی از مسیرهای اصلی تحول در کشاورزی معاصر است و این مطالعه نشان داد که اینترنت اشیاء با ایجاد زیرساخت‌های هوشمند، نظارت بر زنجیره ارزش، تصمیم‌گیری مبتنی بر داده و اتوماسیون فرایندها، موجب افزایش رقابت‌پذیری، کارایی و ایمنی تولیدات کشاورزی می‌شود و به کاهش هزینه‌های

ادبیات پژوهش نشان می‌دهد پژوهش‌هایی به شکل مستقیم و غیرمستقیم به بررسی نقش روستای هوشمند و اینترنت اشیاء پرداخته‌اند که به‌طور کلی آنان را می‌توان به موارد زیر دسته‌بندی کرد.

### پژوهش‌های خارجی: مطالعه رائو<sup>۱</sup> و همکاران

(۲۰۱۸) از منظر طراحی سیستمی، فرایند پیاده‌سازی روستای هوشمند را در قالب مراحل شناسایی دستگاه‌ها، نصب حسگرها و دوربین‌ها، اتصال تجهیزات، ذخیره‌سازی داده در فضای ابری و تحلیل کلان داده‌ها تشریح می‌کند. آنان نتیجه می‌گیرند که هدف‌محوری اینترنت اشیاء در روستای هوشمند، تحقق سکونتگاه‌هایی است که دارای خانه‌های هوشمند، کشاورزی هوشمند، آموزش هوشمند و سامانه‌های نظارت محیطی پیشرفته باشند. سوتریادی<sup>۲</sup> (۲۰۱۸) یافته‌های آن‌ها نشان داد که روستای هوشمند، در کنار شهر هوشمند و منطقه هوشمند، بخشی از یک چارچوب چند مقیاسی توسعه پایدار محسوب می‌شود که در آن نوآوری، فناوری و حکمرانی هوشمند در خدمت ارتقای کیفیت زندگی، افزایش بهره‌وری اقتصادی و حفاظت از محیط‌زیست قرار می‌گیرند و فناوری‌های هوشمند نه به‌عنوان هدف نهایی، بلکه به‌مثابه ابزارهایی برای تحقق توسعه پایدار و هماهنگ شهری روستایی تعریف می‌شوند. عنابستانی و جوانشیری<sup>۳</sup> (۲۰۱۸) طی مطالعه‌ای عوامل متعددی را در شکل‌گیری توسعه هوشمند روستاها بررسی می‌کنند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که توسعه روستای هوشمند در ایران تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل اقتصادی، محیطی، فیزیکی، اجتماعی-فرهنگی، سرمایه انسانی و اقتصاد خلاق قرار دارد، و این عوامل در تعامل با یکدیگر نظام فضایی و عملکردی سکونتگاه‌های روستایی را شکل می‌دهند. احمد و حسین<sup>۴</sup> (۲۰۱۸) در مطالعه خود به این نتیجه رسید که اینترنت اشیاء نه تنها کارایی فرایندهای کشاورزی را افزایش می‌دهد، بلکه یکی از ستون‌های اصلی ایجاد روستاهای هوشمند، دیجیتالی‌سازی زنجیره تولید، و کاهش وابستگی به نیروی انسانی پرهزینه در

5- Cvar

6- Lopez-Vargas

7- Boakye

8- Kumar

1- Rao

2- Sutriadi

3 - Anabastani &amp; Javanshiri

4- Ahmed &amp; Hussai

تحقق اهداف توسعه پایدار قرار گیرد. مطالعات علی و همکاران (۲۰۲۵) نشان داد که چالش‌های نهادی، ضعف زیرساخت‌های فناورانه، محدودیت‌های مالی، کمبود مهارت‌های انسانی و نارسایی‌های حکمرانی از مهم‌ترین موانع تحقق روستای هوشمند در کشورهای درحال توسعه محسوب می‌شوند و موفقیت روستای هوشمند را نه صرفاً به سطح فناوری، بلکه به کیفیت سیاست‌گذاری، مشارکت ذی‌نفعان و انطباق راهکارها وابسته می‌دانند. همچنین دلدلو و کالژی<sup>۶</sup> (۲۰۱۵) نیز نشان داد که به‌کارگیری اینترنت اشیا در روستاها می‌تواند شکاف دیجیتالی را کاهش داده، بهره‌وری را ارتقا دهد و تاب‌آوری اقتصادی جوامع کشاورزی را افزایش دهد؛ موضوعی که آن را به یکی از زیرساخت‌های کلیدی در شکل‌گیری «روستای هوشمند» تبدیل می‌کند در نتیجه زمینه‌ساز توسعه روستایی پایدار می‌شود.

**پژوهش داخلی:** عنابستانی و همکاران (۱۴۰۲) نشان داد که رسیدن به توسعه همه‌جانبه در ارتباط با روستای هوشمند نیازمند توجه به آموزش و اتصال هوشمنداست و همین‌طور در پژوهش دیگر عنابستانی و همکاران (۱۴۰۲) نشان می‌دهند سیاست‌گذاری‌های بخش دولتی در بخش فناوری اطلاعات می‌تواند اثر مهمی در زمینه استقرار شهر هوشمند مبتنی بر فناوری اینترنت اشیا داشته باشد. در مطالعه کرچگانی و همکاران (۱۴۰۳) روستای هوشمند به‌عنوان رهیافتی چندبعدی، بر یکپارچگی ابعاد اقتصادی، اجتماعی، نهادی و زیست‌محیطی نقش مهمی در کاهش نابرابری‌های فضایی، ارتقای تاب‌آوری سرزمینی و تقویت پایداری نواحی روستایی ایفا می‌کند. اصفهانی و همکاران (۱۴۰۴) طی مطالعه‌ای مفهوم روستای هوشمند به‌عنوان راهبردی نوین برای دستیابی به توسعه یکپارچه روستایی موردتوجه قرار دادند. در این زمینه، نتایج نشان می‌دهد هوشمندسازی روستاها می‌تواند از طریق ارتقای کیفیت حکمرانی محلی، بهبود دسترسی به خدمات، تقویت اقتصاد روستایی و افزایش مشارکت جامعه محلی، زمینه تحقق توسعه‌ای یکپارچه و پایدار را فراهم سازد همچنین روستای هوشمند را به‌عنوان ابزاری برای کاهش

عملیاتی و افزایش بهره‌وری کمک می‌کند. دگادا<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۲۱) در بررسی مفهوم روستای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا تأکید می‌کنند که اینترنت اشیا قادر است بسیاری از چالش‌های زندگی روستایی شامل کشاورزی، انرژی، بهداشت، آموزش، مدیریت آب و پسماند را کاهش دهد. سینگ<sup>۲</sup> (۲۰۲۴) در مطالعه خود نشان داد که مفهوم روستاهای هوشمند این پتانسیل را دارد که با ادغام فناوری در مناطق به طور سنتی محروم، انقلابی در توسعه روستایی ایجاد کند. روستاهای هوشمند از طریق نوآوری در کشاورزی، مراقبت‌های بهداشتی، آموزش و حکوم‌داری، می‌توانند به قطب‌های خودکفای فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی تبدیل شوند.

سوسیلواتی<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۲۴) در مطالعه خود تأکید می‌کنند که توسعه روستای هوشمند تنها در صورت وجود هماهنگی نهادی، زیرساخت‌های فناورانه و مشارکت جامعه محلی می‌تواند به طور مؤثر در تحقق توسعه پایدار و یکپارچه سرزمینی نقش آفرینی کند. در این چارچوب، فناوری‌های دیجیتال و زیرساخت‌های آن، به‌عنوان ابزارهایی راهبردی برای پیوند میان سکونتگاه‌های روستایی و شهری مطرح می‌شوند. سامپتودینگ<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۲۴) به بررسی نظام‌مند ادبیات علمی پیرامون تحول دیجیتال در روستاها پرداخته و نشان دادند که فرایند دیجیتال‌سازی سکونتگاه‌های روستایی دارای ویژگی‌ها، مراحل و اثرات مشخصی است که می‌تواند به فهم بهتر سازوکارهای شکل‌گیری روستای هوشمند کمک کند. سوسیلواتی و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۲۵) در مطالعه خود نشان می‌دهند که روستای هوشمند صرفاً نتیجه بکارگیری فناوری نیست، بلکه حاصل تعامل میان فناوری، حکمرانی محلی و ظرفیت‌های اجتماعی-اقتصادی روستاهاست. از این منظر، فناوری اطلاعات و ارتباطات به‌عنوان عامل پیشران، امکان بهبود تصمیم‌گیری، افزایش بهره‌وری منابع و تقویت تاب‌آوری جوامع روستایی را فراهم کرده و می‌تواند در خدمت

1 - Degada

2 - Singh

3 - Susilowati

4 - Sampetoding

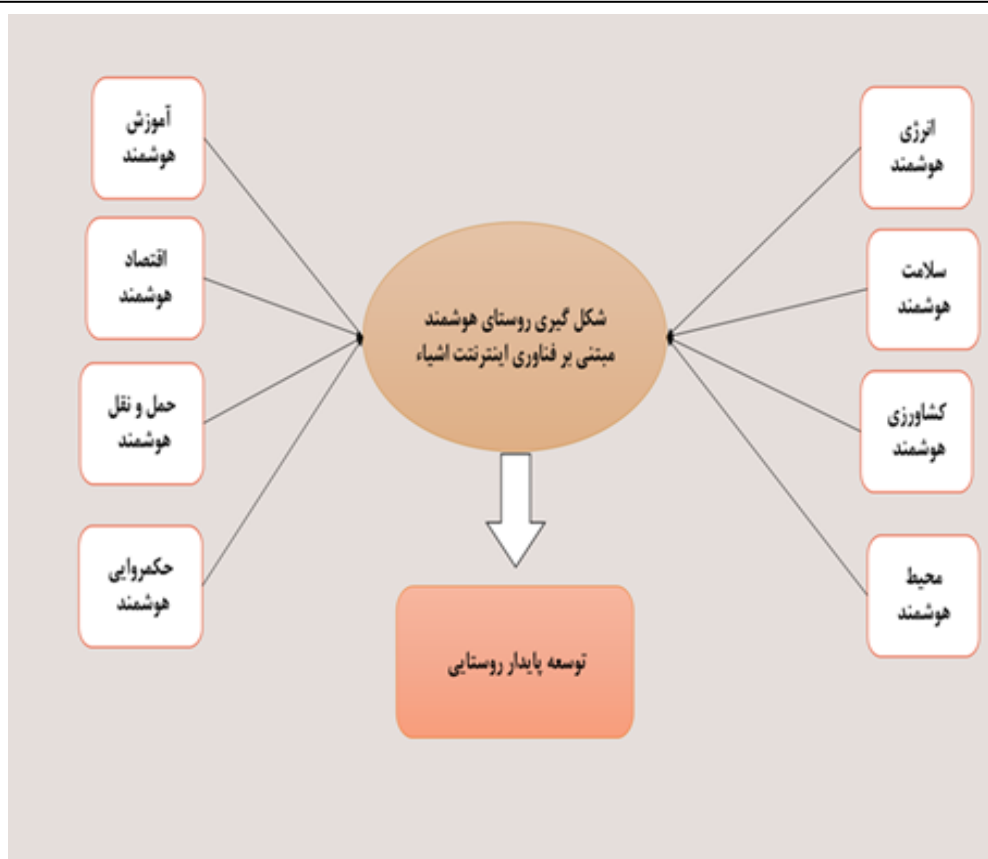
5 - Susilowati

نابرابری‌های فضایی و تقویت پیوند میان بخش‌های مختلف توسعه روستایی تحلیل می‌کنند

پیشینه تحقیق نشان‌دهنده تمرکز غالب مطالعات بر جنبه‌های فناوریانه اینترنت اشیاء در کشاورزی هوشمند، سلامت و مدیریت منابع است، اما تحلیل انتقادی آن بیانگر چهار خلأ اساسی می‌باشد: اول، رویکرد خطی و ابزاری به فناوری بدون توجه به زیرساخت‌های پایدار، سواد دیجیتال و شرایط بومی ایران؛ دوم، توصیفی بودن پژوهش‌های حوزه حکمرانی و عدم ارائه سازوکار عملی برای هماهنگی نهادی در سطح محلی؛ سوم، غفلت از تحلیل هزینه-فایده و مدل‌های تأمین مالی متناسب با ساختار اقتصادی روستاهای ایران؛ و چهارم، نادیده گرفتن مسائل اجتماعی فرهنگی نظیر اعتماد به فناوری، تفاوت‌های نسلی، و تعارض احتمالی سیستم‌های داده‌محور با دانش بومی و سنتی. همچنین در پیشینه، تحلیل تطبیقی بین‌کشوری، بررسی شکست‌های پروژه‌های روستای هوشمند، و مسائل امنیت داده و حریم خصوصی به وضوح مغفول مانده است. با وجود ارجاع به چند پژوهش داخلی، همچنان فقدان چارچوبی بومی و یکپارچه برای تبیین روابط علی میان مؤلفه‌های فناوریانه، اقتصادی، اجتماعی و مدیریتی در ایران احساس می‌شود که پژوهش حاضر تلاش دارد با بهره‌گیری از

تکنیک‌های DEMATEL و ANP تا حدی این شکاف را پر کند.

چارچوب نظری این پژوهش بر نظریه توسعه پایدار استوار است که توسعه را فرایندی چندبعدی و متوازن میان نیازهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی می‌داند. در این چارچوب، فناوری اینترنت اشیاء نه به‌عنوان هدف نهایی، بلکه به‌مثابه ابزاری در خدمت تحقق روستای هوشمند تعریف می‌شود. همچنین، نظریه سیستم‌ها مبنای روش‌شناختی پژوهش را تشکیل می‌دهد و بر روابط متقابل، اثرات زنجیره‌ای و تعامل علی-معلولی میان مؤلفه‌ها تأکید دارد. مفاهیم حکمرانی هوشمند و تحول دیجیتال به‌عنوان نظریه‌های پشتیبان، نقش زیرساخت‌های نهادی و فرایند دیجیتال‌سازی را در بستر روستایی تبیین می‌کنند. مدل مفهومی پژوهش، شبکه‌ای از هشت مؤلفه اصلی (محیط، کشاورزی، سلامت، اقتصاد، آموزش، انرژی، حکمروایی و حمل‌ونقل هوشمند) و ۵۰ شاخص عملیاتی است که با روش دلفی استخراج و با تکنیک‌های دیمتل و فرایند تحلیل شبکه‌ای تحلیل شده‌اند. در این مدل، برخلاف رویکردهای فردمحور مانند TAM یا UTAUT، تأکید بر تحلیل ساختاری و نظام‌مند روابط میان ابعاد مختلف توسعه است.



شکل ۱. مدل مفهومی پژوهش

### داده‌ها و روش کار

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش، توصیفی-تحلیلی است. در این پژوهش، داده‌ها از طریق مطالعات اسنادی، کتابخانه‌ای و میدانی گردآوری شده و بخشی از اطلاعات نیز با استفاده از پرسشنامه جمع‌آوری گردیده است. در روش‌های خبره محور، رابطه یا فرمول دقیقی برای تعیین حجم جامعه آماری وجود ندارد و در این نوع مطالعات، سطح دانش و تخصص خبرگان نسبت به تعداد آن‌ها ارجحیت دارد. با این حال، برخی صاحب‌نظران حداقل تعداد خبرگان را ۳۵ نفر پیشنهاد می‌کنند. در این تحقیق، جامعه آماری شامل ۳۰ نفر از خبرگان در دسترس بوده که از میان اساتید دانشگاه، مدیران و مسئولان حوزه‌های روستایی (دهیاران، اعضای شوراهای اسلامی، رؤسای سازمان‌ها و مدیران حوزه توسعه روستایی)، کارشناسان عمرانی استانداری‌ها و همچنین اساتید دانشگاه شهید بهشتی تهران و دانشگاه رازی کرمانشاه و متخصصان حوزه روستایی انتخاب شده‌اند. به‌منظور سنجش روایی و اعتبار ابزار گردآوری

داده‌ها، پرسش‌نامه تحقیق به تأیید اساتید دانشگاه و خبرگان موضوعی رسیده است. برای شناسایی و احصاء عوامل کلیدی مؤثر بر شکل‌گیری روستای هوشمند مبتنی بر فناوری اینترنت اشیا، از روش دلفی استفاده شده است. روش دلفی یکی از متداول‌ترین شیوه‌های جمع‌آوری داده‌ها در شرایطی است که اطلاعات آماری دقیق و داده‌های کمی کافی درباره موضوع تحقیق در دسترس نیست. در این روش، با بهره‌گیری از نظرات خبرگان و طی چندین مرحله رفت‌وبرگشتی، تلاش می‌شود تا به اجماع نظر و نتیجه‌گیری نهایی دست‌یافت. صحت و دقت نتایج حاصل از این روش، به میزان تسلط و آگاهی خبرگان نسبت به موضوع پژوهش وابسته است. در پژوهش حاضر، ابتدا با بررسی ادبیات تحقیق در سطح بین‌المللی، مؤلفه‌ها و شاخص‌های مرتبط با رهیافت روستای هوشمند مبتنی بر فناوری اینترنت اشیا شناسایی شد. سپس این شاخص‌ها طی فرایندهای متعدد رفت‌وبرگشتی در چارچوب روش دلفی، به تأیید کارشناسان خبره این حوزه رسید. در فرآیند دلفی طی سه دور، شاخص‌ها با استفاده از نظر ۳۰ خبره غربال شدند.

شاخص در قالب ۸ مؤلفه تأیید شد. در ادامه، برای تحلیل روابط درونی و بیرونی شاخص‌ها و تعیین وزن و اهمیت آن‌ها، از روش فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) در محیط نرم‌افزاری Super Decision و DEMATEL در محیط نرم‌افزاری Excel بهره گرفته شده است.

ضریب توافق کندال (Kendall's W) در دور نهایی ۰/۷۵۸ (معنادار در سطح ۰/۹۹) محاسبه شد که حاکی از اجماع قوی است. آستانه پذیرش، میانگین اهمیت  $\leq 4$  از ۵ و آستانه حذف، میانگین کمتر از ۳/۵ یا ضریب تغییرات  $< 0/3$  تعیین گردید. از ۸۴ شاخص اولیه، در نهایت ۵۰

جدول ۱. مؤلفه‌های شکل‌گیری روستای هوشمند مبتنی بر فناوری اینترنت‌اشیاء

| مؤلفه                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | شاخص                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| محیط هوشمند                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | کنترل پریز برق از راه دور، اتوماسیون سیستم حرارت استفاده از شناسه فرکانس رادیویی برای حیوانات و امکان ردیابی آنها با جی‌پی‌اس، استفاده از فناوری ماهواره‌ای برای تشخیص آتش‌سوزی، استفاده از بارکدهای پلاستیکی درختان، کارت بهداشت هوشمند حاوی اطلاعات حیوانات، تلفن هوشمند برای عکاسی و انتقال تصاویر، گردشگری هوشمند طریق برنامه‌های مختلف، سطل‌های زباله مجهز به حسگر کنتورهای هوشمند استفاده از آب و گاز، حسگرهای آتش و دود در خانه و انبار                                                                                                                                                    |
| کشاورزی هوشمند                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | سیستم نظارت دما و رطوبت خاک برای گیاهان کشاورزی، سنسورهای سیستم آبیاری هوشمند، سنسور نظارت بر سلامت محصول، سیستم استفاده دقیق (زمان، مکان و میزان) از آفت‌کش‌ها و سموم، سیستم هوشمند مدیریت پسماند محصولات، پهپادهای زمینی و هوایی آبیاری قطره‌ای خودکار، خدمات بانکداری هوشمند سنسورهای حساس به خسارت گواشی هوشمند جهت خریدوفروش، فناوری مجهز به شناسایی کشاورزانی که به حمل‌ونقل نیاز دارند، حسگرهایی با توانایی تجزیه‌وتحلیل آب‌وهوا، لجستیک کشاورزی خدمات الکترونیکی مشاوره پیشگیری، تشخیص و درمان آفات و بیماری‌های گیاهی، شبکه‌های حسگر بی‌سیم Zig Bee، برای داده‌های کشاورزی در مقیاس بزرگ |
| سلامت هوشمند                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | پیشگیری و شناسایی زود هنگام بیماری‌ها از طریق داده‌های سلامت، تشخیص و ارائه پشتیبانی به بیماران با استفاده از دستگاه‌های الکترونیکی هوشمند، مشاوره تخصصی از راه دور، ویزیت برخط پزشک، ثبت سوابق پزشکی دیجیتال                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| آموزش هوشمند                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | دسترسی به دوره‌های آموزشی مراکز آموزش عالی از راه دور، بارکد مبتنی بر کد ملی دانش‌آموز در ثبت خودکار حضور غیاب، کلاس‌هایی در بستر اپلیکیشن مجازی و مبتنی بر گواشی‌های هوشمند، استفاده از ویدیو تعاملی برای یادگیری، تخته هوشمند و پروژکتور، مجهز کردن مدارس روستا به اینترنت                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| انرژی هوشمند                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | سنسور عملکرد خودکار در جهت مدیریت بهینه مصرف انرژی، حسگرهایی برای تولید برق، سیستم انرژی هوشمند برای ارسال انرژی اضافی به مناطق شهری، استفاده از چراغ روشنایی هوشمند در محیط‌های روستایی، نصب پنل خورشیدی یا بادی                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| اقتصاد هوشمند                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | کسب‌وکار الکترونیک، برنامه‌های از راه دور، ارائه مشاوره‌های کسب‌وکار، اطلاع از فرصت‌های تجاری موجود بازار با استفاده از اپلیکیشن‌های هوشمند، بانکداری الکترونیکی، دسترسی به بازارهای محلی مثل برای فروش از راه دور، برنامه‌های از راه دور، ارائه مشاوره‌های کسب‌وکار                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| حکمرانی هوشمند                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | توسعه پرداخت الکترونیک، گسترش خدمات مبتنی بر دولت الکترونیک، معامله الکترونیک، حضور در همایش‌ها و کنفرانس‌های مجازی جهت دانش‌افزایی، خدمات الکترونیکی دریافت شکایات و رسیدگی به پیشنهادهای روستاییان، به اشتراک گذاشتن هوشمند اطلاعات دولت با مردم برای انجام امور اداری                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| حمل‌ونقل هوشمند                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | استفاده از حسگرهای ردیابی مانند GPS و RFID، مسیریابی هوشمند، پارکینگ هوشمند، حمل‌ونقل عمومی متصل با اپلیکیشن‌های تلفن همراه، ایستگاه‌های هوشمند وسایل نقلیه با حسگرهای نظارت بر شرایط حاد جاده                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <p>مأخذ: عنابستانی و همکاران (۱۴۰۲)، عنابستانی و همکاران (۱۴۰۲)</p> <p>Dlodlo et al., 2015; Akinsiku et al. 2024; Chunk &amp; Baranji, 2020; Rao et al., 2018; Akinsiku et al., 2024; Chanak et al., 2020; Dlodlo et al., 2015; Solodovnik et al., 2021; Kumar et al., 2021; Javaid et al., 2021; Boakye and et al., 2021; Degada et al., 2022; Kaur, 2016; Degada et al., 2022; Min et al., 2022; Malik, 2024; Singh et al., 2021; Rao, 2018; Akinsiku et al., 2024;</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

## شرح و تفسیر نتایج

## ویژگی‌های فردی پاسخگویان

یافته‌های توصیفی پژوهش نشان می‌دهد که بیشترین فراوانی پاسخگویان ۵۲/۶۳ درصد در رده سنی ۴۱ تا ۵۰ سال؛ ۲۶/۳۲ درصد رده سنی ۳۱ تا ۴۰ سال؛ ۱۵/۷۹ درصد در رده سنی ۵۱ سال به بالا و سپس ۵/۲۶ درصد رده سنی ۲۱ تا ۳۰ سال قرار دارند از مجموع پاسخ‌دهندگان به پرسش‌نامه ۶۳ درصد پاسخگویان را مردان و ۳۷ درصد پاسخگویان را زنان تشکیل می‌دهند از نظر میزان تحصیل بیشترین فراوانی در گروه دکترا ۶/۵۲ درصد سپس افراد دارای مدرک کارشناسی ارشد ۲۶/۳ درصد و بعد از آن کارشناسی ۲۱/۱ درصد است از نظر شغلی بیشترین فراوانی با ۳۱/۶ مربوط به کارمندان دولت سپس ۲۶/۳ درصد مربوط به کارشناسان حوزه

روستایی و دانشجویان دکترا و پس از آن اساتید برنامه‌ریزی روستایی با ۱۵/۸ درصد است.

### بررسی ارتباط بین روستای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء با تکنیک DEMATEL

برای بازتاب ارتباطات متقابل میان معیارهای اصلی از تکنیک دیمتل استفاده شده است، به‌طوری که متخصصان قادرند با تسلط بیشتری نظرات خود را درباره آثار (جهت و شدت آثار) میان عوامل بیان کنند ماتریس به‌دست‌آمده از تکنیک دیمتل ماتریس (ارتباط داخلی) رابطه علی و رابطه معلولی و همچنین اثرگذاری و اثرپذیری متغیرها را نمایش می‌دهد تکنیک دیمتل شامل چهار گام اساسی است:

#### محاسبه ماتریس ارتباط مستقیم: (M) هنگامی

که از دیدگاه چند کارشناس استفاده می‌شود، از میانگین حسابی ساده نظرات بهره برده و ماتریس ارتباط مستقیم تشکیل می‌شود (جدول ۲).

جدول ۲. ماتریس ارتباط مستقیم M

| عوامل            | زندگی هوشمند | کشاورزی هوشمند | سلامت هوشمند | آموزش هوشمند | انرژی هوشمند | اقتصاد هوشمند | حکمرانی هوشمند | حمل و نقل هوشمند |
|------------------|--------------|----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|----------------|------------------|
| زندگی هوشمند     | ۰            | ۰/۰۷۷          | ۰/۱۱۵        | ۰/۱۱۵        | ۰/۱۵۴        | ۰/۱۱۵         | ۰/۱۱۵          | ۰/۱۱۵            |
| کشاورزی هوشمند   | ۰/۱۵۴        | ۰              | ۰/۱۱۵        | ۰/۱۵۴        | ۰/۱۵۴        | ۰/۱۵۴         | ۰/۱۱۵          | ۰/۱۵۴            |
| سلامت هوشمند     | ۰/۱۱۵        | ۰/۰۷۷          | ۰            | ۰/۰۷۷        | ۰/۰۷۷        | ۰/۰۷۷         | ۰/۱۱۵          | ۰/۰۷۷            |
| آموزش هوشمند     | ۰/۱۱۵        | ۰/۰۷۷          | ۰/۱۱۵        | ۰            | ۰/۰۷۷        | ۰/۱۱۵         | ۰/۰۷۷          | ۰/۰۷۷            |
| انرژی هوشمند     | ۰/۰۷۷        | ۰/۱۱۵          | ۰/۱۱۵        | ۰/۱۱۵        | ۰            | ۰/۰۷۷         | ۰/۱۱۵          | ۰/۰۷۷            |
| اقتصاد هوشمند    | ۰/۱۵۴        | ۰/۱۱۵          | ۰/۱۱۵        | ۰/۱۱۵        | ۰/۰۷۷        | ۰             | ۰/۱۱۵          | ۰/۱۱۵            |
| حکمرانی هوشمند   | ۰/۰۷۷        | ۰/۰۷۷          | ۰/۰۳۸        | ۰/۰۷۷        | ۰/۰۷۷        | ۰/۰۷۷         | ۰              | ۰/۰۳۸            |
| حمل و نقل هوشمند | ۰/۱۱۵        | ۰/۱۵۴          | ۰/۰۷۷        | ۰/۰۷۷        | ۰/۰۳۸        | ۰/۱۵۴         | ۰/۰۷۷          | ۰                |

برای رسیدن به ماتریس ارتباط کامل بین مؤلفه‌های روستای هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیاء مراحل ذیل شامل تشکیل ماتریس روابط مستقیم بر اساس نظر خبرگان، نرمال‌سازی ماتریس روابط مستقیم، محاسبه ماتریس روابط غیرمستقیم و در نهایت استخراج ماتریس ارتباط کامل در روش دیمتل پیگیری و به نتایج جدول ۳ زیر دست‌یافته‌ایم.

#### محاسبه ماتریس کامل: در این قسمت با استفاده

از ماتریس رابطه ۲، ارتباطات کل را تشکیل می‌دهیم؛ یعنی ابتدا ماتریس نرمال را از ماتریس واحد کم می‌کنیم، سپس آن را معکوس و پس از آن ماتریس نرمال را

#### محاسبه ماتریس مستقیم نرمال $N=K.M$ : در

این مرحله با بی‌مقیاس کردن ماتریس میانگین نظرات خبرگان (ماتریس M) ماتریس تأثیر روابط مستقیم بی‌مقیاس شده به دست می‌آید برای محاسبه ماتریس روابط مستقیم بی‌مقیاس شده (ماتریس N) باید درایه‌های ماتریس میانگین را در ضریب بی‌مقیاس کننده (K) ضرب نمود. با دست آوردن ضریب بی‌مقیاس کننده آن را در ماتریس میانگین ضرب کرده تا ماتریس تأثیر روابط مستقیم بی‌مقیاس شده به دست آید. با این کار شدت نسبی حاکم بر روابط مستقیم تعیین می‌شود (Anabestani & Javanshiri, 2018).

در ماتریس معکوس شده ضرب می‌کنیم که حاصل ماتریس

ارتباط کل (T) است و در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳. محاسبه ماتریس کامل مؤلفه‌ها

| عوامل            | زندگی هوشمند | کشاورزی هوشمند | سلامت هوشمند | آموزش هوشمند | انرژی هوشمند | اقتصاد هوشمند | حکمرانی هوشمند | حمل و نقل هوشمند |
|------------------|--------------|----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|----------------|------------------|
| زندگی هوشمند     | ۱۰           | ۰/۳۲۱          | ۰/۳۵۴        | ۰/۳۶۶        | ۰/۳۷۳        | ۰/۳۷۶         | ۰/۳۶۷          | ۰/۳۳۹            |
| کشاورزی هوشمند   | ۰/۴۹۱        | ۰/۳۰۸          | ۰/۴۱۴        | ۰/۴۶۰        | ۰/۴۳۰        | ۰/۴۷۵         | ۰/۴۲۸          | ۰/۴۲۹            |
| سلامت هوشمند     | ۰/۳۲۸        | ۰/۲۶۴          | ۰/۱۹۵        | ۰/۲۷۷        | ۰/۲۶۰        | ۰/۲۸۵         | ۰/۳۱۰          | ۰/۲۵۶            |
| آموزش هوشمند     | ۰/۳۴۶        | ۰/۲۷۹          | ۰/۳۱۵        | ۰/۲۲۰        | ۰/۲۷۳        | ۰/۳۳۳         | ۰/۲۹۳          | ۰/۲۷۱            |
| انرژی هوشمند     | ۰/۳۲۳        | ۰/۳۱۹          | ۰/۳۲۲        | ۰/۳۳۴        | ۰/۲۰۹        | ۰/۳۱۱         | ۰/۳۳۴          | ۰/۲۷۸            |
| اقتصاد هوشمند    | ۰/۴۲۹        | ۰/۳۵۵          | ۰/۳۵۸        | ۰/۳۷۱        | ۰/۳۱۷        | ۰/۲۸۱         | ۰/۳۷۱          | ۰/۳۴۶            |
| حکمرانی هوشمند   | ۰/۲۴۸        | ۰/۲۲۳          | ۰/۱۹۳        | ۰/۲۳۴        | ۰/۲۲۰        | ۰/۲۳۹         | ۰/۱۶۲          | ۰/۱۸۵            |
| حمل و نقل هوشمند | ۰/۳۷۳        | ۰/۳۶۴          | ۰/۳۰۳        | ۰/۳۱۶        | ۰/۲۶۲        | ۰/۳۹۱         | ۰/۳۱۴          | ۰/۲۲۴            |

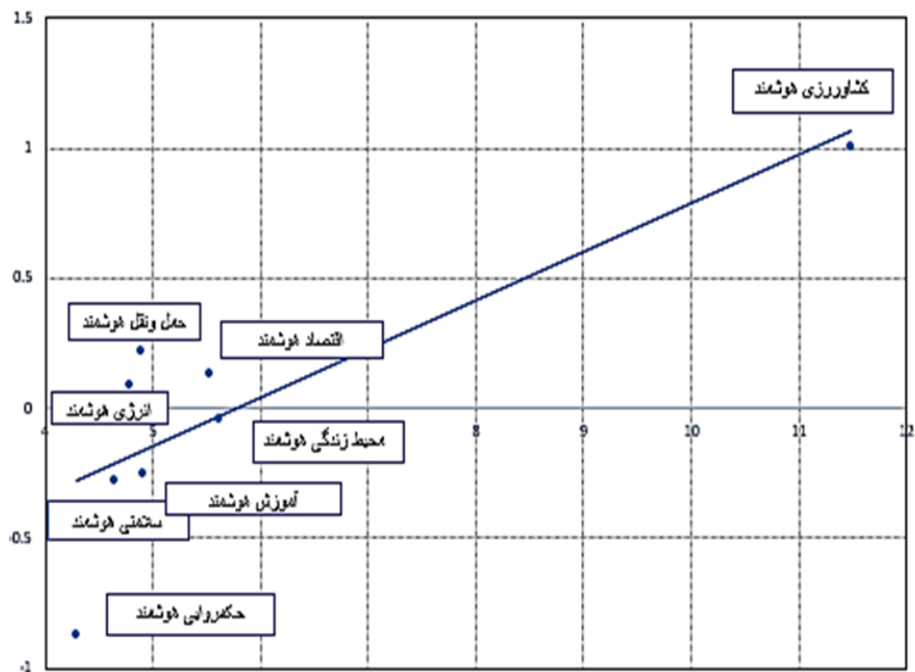
می‌دهد، براین اساس مؤلفه محیط هوشمند میزان تأثیر پذیری زیاد دارد. بردار افقی (D+R) میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری عامل مدنظر سیستم است. به بیان دیگر، هرچه مقدار (D+R) عاملی بیشتر باشد، آن عامل تعامل بیشتری با سایر عوامل سیستم دارد. بر این اساس مؤلفه محیط هوشمند بیشترین تعامل را با سایر معیارهای مطالعه شده دارد.

#### نمایش نقشه روابط شبکه: در این قسمت از

پژوهش برای جلوگیری از اطاله کلام، جدول نهایی ۴ حاصل از مدل دیمتل ارائه شده است. در جدول ۴ جمع عناصر هر سطر (D) نشان‌دهنده میزان تأثیرگذاری آن معیار بر دیگر معیارهای مدل است. براین اساس مؤلفه محیط هوشمند و کشاورزی هوشمند بیشترین تأثیرگذاری را دارند. جمع عناصر ستون (R) برای هر عامل میزان تأثیر پذیری آن عامل را از سایر عوامل سیستم نشان

جدول ۴. الگوی روابط علی مؤلفه‌های استقرار رهیافت روستای هوشمند باتکیه بر فناوری اینترنت اشیا

| معیارهای اصلی    | D     | R           | D+R         | D-R          |
|------------------|-------|-------------|-------------|--------------|
| محیط هوشمند      | ۲/۷۸۵ | ۲/۸۲۶۹۴۳۵۴۱ | ۵/۶۱۲۲۶۳۸۶۹ | -۰/۰۴۱۶۲۳۲۱۲ |
| کشاورزی هوشمند   | ۳/۴۳۸ | ۲/۴۳۶۶۸۸۲۱۱ | ۴/۴۸۷۳۳۲۲۶  | ۱/۰۰۱۶۹۱۹۶۵  |
| سلامت هوشمند     | ۲/۱۷۹ | ۲/۴۵۷۹۸۳۱۲۴ | ۴/۶۳۶۹۳۴۴۵۷ | -۰/۲۷۹۰۳۱۷۹۲ |
| آموزش هوشمند     | ۲/۳۳۳ | ۲/۵۸۰۷۴۹۱۵۱ | ۴/۹۱۳۴۲۲۰۳۳ | -۰/۲۴۸۰۷۶۲۶۹ |
| انرژی هوشمند     | ۲/۴۳۵ | ۲/۳۴۶۸۷۵۵۱۹ | ۴/۷۸۱۷۰۸۴۲۶ | ۰/۰۸۷۹۵۷۳۸۷  |
| اقتصاد هوشمند    | ۲/۸۳۲ | ۲/۶۹۵۲۲۲۸۷۹ | ۵/۵۲۷۲۳۴۰۵۹ | ۰/۱۳۶۷۸۸۳۰۱  |
| حکمرانی هوشمند   | ۱/۷۰۷ | ۲/۵۸۱۵۰۹۶۸۳ | ۴/۲۸۸۲۶۸۸۰۹ | -۰/۸۷۴۷۵۰۵۵۷ |
| حمل و نقل هوشمند | ۱/۵۵۰ | ۲/۳۳۳۳۰۶۸۲۲ | ۴/۸۸۳۶۵۷۸۲۲ | ۰/۲۱۷۰۴۴۱۷۸  |



شکل ۲. روابط علی میان مؤلفه‌های استقرار رهیافت روستای هوشمند با تکیه بر فناوری اینترنت اشیاء

گرفته‌اند و عوامل محیط هوشمند، سلامت هوشمند، آموزش هوشمند و حکمروایی هوشمند معلولی‌ترین عوامل به شمار می‌روند، زیرا به منزله نزدیک‌ترین عوامل به محور افقی قرار گرفته‌اند. برای تعیین روابط بین متغیرها نیز، از جدول ماتریس کامل میانگین گرفته شد که برابر با ۳۱۶/۰ است. سپس هر عددی از این آستانه بزرگ‌تر بود، رابطه بین عوامل را نشان می‌دهد. نتیجه مؤلفه‌ها در جدول ۵ دیده می‌شود.

بردار عمودی، (D-R) مقدار تاثیرگذاری هرعامل را نشان می‌دهد، به‌طورکلی اگر (D-R) مثبت باشد، متغیر علی محسوب می‌شود و چنانچه اگر منفی باشد، معلول محسوب می‌شود. بنابر نتایج شکل (۵) در نمودار بالا، مؤلفه‌ها بر اساس دو شاخص اهمیت و رابطه مشخص شده‌اند. در زمینه اهمیت، به ترتیب کشاورزی هوشمند، انرژی هوشمند، اقتصاد هوشمند و حمل‌ونقل هوشمند علی‌ترین عوامل‌اند، زیرا در بالاترین مؤلفه در نمودار قرار

جدول ۵. الگوی رابطه بین مؤلفه‌های استقرار رهیافت روستای هوشمند باتکیه بر فناوری اینترنت اشیاء

| عوامل           | زندگی هوشمند | کشاورزی هوشمند | سلامت هوشمند | آموزش هوشمند | انرژی هوشمند | اقتصاد هوشمند | حکمروایی هوشمند | حمل‌ونقل هوشمند |
|-----------------|--------------|----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|-----------------|-----------------|
| زندگی هوشمند    | *            | ۰/۳۲۱          | ۰/۳۵۵        | ۰/۳۶۶        | ۰/۳۷۳        | ۰/۳۷۷         | ۰/۳۶۷           | ۰/۳۳۹           |
| کشاورزی هوشمند  | ۰/۴۹۱        | *              | ۰/۴۱۵        | ۰/۴۶۰        | ۰/۴۳۰        | ۰/۴۷۵         | ۰/۴۲۸           | ۰/۴۳۰           |
| سلامت هوشمند    | ۰/۳۲۸        | *              | *            | *            | *            | *             | *               | *               |
| آموزش هوشمند    | ۰/۳۴۶        | *              | *            | *            | *            | ۰/۳۳۳         | *               | *               |
| انرژی هوشمند    | ۰/۳۲۴        | ۰/۳۲۰          | ۰/۳۲۳        | ۰/۳۳۴        | *            | *             | ۰/۳۳۴           | *               |
| اقتصاد هوشمند   | ۰/۴۲۹        | ۰/۳۵۶          | ۰/۳۵۹        | ۰/۳۷۲        | ۰/۳۱۷        | *             | ۰/۳۷۲           | ۰/۳۴۷           |
| حکمروایی هوشمند | *            | *              | *            | *            | *            | *             | *               | *               |
| حمل‌ونقل هوشمند | ۰/۳۷۳۷       | ۰/۳۶۴۷         | *            | ۰/۳۱۶۷       | *            | ۰/۳۹۲         | *               | *               |

گام اول: ترسیم شبکه روابط علی و معلولی

بر پایه شکل ۳ و برای رسیدن به عوامل مؤثر بر شکل‌گیری رهیافت روستای هوشمند مبتنی بر اینترنت

شناخت میزان اثرگذاری عوامل شکل‌گیری رهیافت روستای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء

W32: زیرمعیارهای هر معیاری براساس آن معیار به صورت زوجی مقایسه می‌شود.

جدول ۶. ماتریس مقایسه‌ای خوشه‌های تصمیم‌گیری

| خوشه‌ها    | هدف | معیار اصلی | زیر معیار |
|------------|-----|------------|-----------|
| هدف        | ۰   | ۰          | ۰/۷۴      |
| معیار اصلی | -   | -          | ۰/۲۶      |
| زیرمعیار   | ۰   | جمع        | ۱         |

اشیاء مراحل زیر باتوجه‌به ساختار سوپرمارت‌ریس اولیه به شرح زیر پیگیری می‌شود. این فرایند مستلزم محاسبات زیر است:

W21: ابتدا معیارهای اصلی براساس هدف به صورت زوجی مقایسه می‌شود.

W22: معیارهای اصلی براساس هر معیار به صورت زوجی مقایسه می‌شود.



شکل ۳. مدل شبکه‌ای مؤلفه‌های شکل‌دهنده روستای هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیاء

### گام دوم: بررسی وابستگی درونی و بیرونی بین معیارها و مؤلفه‌ها

مقایسه دودویی مؤلفه‌های اصلی ماتریس (W21):

مقایسه دودویی موقف‌های اصلی ده‌گانه بر اساس مقیاس توماس ال ساعتی جدول ۶ و به همان ترتیبی که در فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP مورد استفاده قرار می‌گیرد، انجام می‌شود. نتیجه مقایسه دودویی مؤلفه‌های

جدول ۷. ضریب اهمیت شکل‌گیری رهیافت روستای هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیاء باتوجه به وابستگی درونی ماتریس W22

| عوامل            | زندگی هوشمند | کشاورزی هوشمند | سلامت هوشمند | آموزش هوشمند | انرژی هوشمند | اقتصاد هوشمند | حکمرانی هوشمند | حمل و نقل هوشمند | وزن معیار |
|------------------|--------------|----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|----------------|------------------|-----------|
| زندگی هوشمند     | ۱            | ۱/۸۸           | ۱/۷۰         | ۲/۳۵         | ۲/۴۵         | ۲/۶۵          | ۴/۰۰           | ۴/۷۰             | ۰/۲۴۰     |
| کشاورزی هوشمند   |              | ۱              | ۱/۴۲         | ۱/۹۰         | ۲/۰۰         | ۲/۳۵          | ۳/۰۰           | ۲/۲۵             | ۰/۱۳۲     |
| سلامت هوشمند     |              |                | ۱            | ۱/۸۵         | ۲/۱۰         | ۲/۱۵          | ۳/۴۰           | ۳/۸۳             | ۰/۱۸۶     |
| آموزش هوشمند     |              |                |              | ۱            | ۲/۴۵         | ۱/۵۵          | ۱/۹۰           | ۲/۱۰             | ۰/۱۰۲     |
| انرژی هوشمند     |              |                |              |              | ۱            | ۱/۶۰          | ۲/۱۰           | ۲/۴۵             | ۰/۱       |
| اقتصاد هوشمند    |              |                |              |              |              | ۱             | ۲/۰۲           | ۲/۵۰             | ۰/۰۸۷     |
| حکمرانی هوشمند   |              |                |              |              |              |               | ۱              | ۱/۲۵             | ۰/۰۹۳     |
| حمل و نقل هوشمند |              |                |              |              |              |               |                | ۱                | ۰/۰۴۷     |
| نرخ ناسازگاری    | ۰/۰۷۲        |                |              |              |              | جمع           |                | ۱                | ۱         |

مقایسه مؤلفه‌های اصلی شکل‌گیری رهیافت روستای هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیاء باتوجه به وابستگی درونی آنها (ماتریس W22)

۸ ماتریس در این بخش مورد بررسی قرار گرفته که از میان آن فقط نتایج دو ماتریس به‌عنوان نمونه ارائه شده است. برای درک وابستگی‌های متقابل بین مؤلفه‌های اصلی مقایسه دودویی بین مؤلفه‌های اصلی به‌منظور دستیابی به عناصر ماتریس W22 و بر اساس مقیاس ۹ کمیتی ساعتی انجام می‌شود. برای نحوه محاسبه ضریب اهمیت هریک از مؤلفه‌های اصلی (باتوجه به وابستگی متقابل بین آن‌ها) مقایسه دو دویی مؤلفه‌های اصلی ۲ گانه دیگر با توجه به مؤلفه اول یعنی مؤلفه محیط هوشمند در جداول ۸ و ۹ ارائه شده است. نحوه پرسش ضریب اهمیت در این مورد به این ترتیب است که اهمیت نسبی مؤلفه کشاورزی هوشمند در مقایسه با مؤلفه‌های سلامت هوشمند نسبت به مؤلفه محیط هوشمند چقدر است؟ با بررسی جدول ۸، مقایسه دودویی مؤلفه‌های اصلی باتوجه به وابستگی درونی آن‌ها نسبت به یکدیگر را نشان می‌دهد که مؤلفه‌های کشاورزی هوشمند حمل و نقل هوشمند سلامتی هوشمند

به ترتیب با وزن ۰/۳۷۲، ۰/۳۲۲، ۰/۲۴۱ بیشترین وزن معیار و مؤلفه آموزش انرژی اقتصاد حکمرانی به ترتیب با وزن ۰/۱۴۲، ۰/۰۴۳۹، ۰/۰۷۹، ۰/۰۸۶۹ کمترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین نرخ ناسازگاری این ماتریس موردقبول است و می‌توان به قضاوت خبرگان اعتماد کرد. از سوی دیگر، با تشکیل یک ماتریس دودویی دیگر شبیه ماتریس ارائه شده لازم است، تا ضریب سازگاری هر یک از آن‌ها کنترل شود تا بتوان ماتریس مربوط به وابستگی‌های متقابل مؤلفه‌های اصلی W22 را محاسبه کرد. پس از تشکیل این ماتریس نمونه جدول ۸ و انجام محاسبات لازم نتایج حاصل در ماتریس W22 ارائه شده است. باتوجه به نتایج جدول ۸، به نظر می‌رسد در میان مؤلفه‌های اصلی شکل‌گیری روستای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا، کشاورزی هوشمند، سلامت هوشمند و حمل و نقل هوشمند نقش پررنگ‌تری نسبت به سایر مؤلفه‌ها دارند. این موضوع می‌تواند ناشی از آن باشد که در روستاهای مورد مطالعه، مسائل مرتبط با معیشت، سلامت و دسترسی فیزیکی، جزو نیازهای اولیه و روزمره ساکنان به شمار می‌روند و طبیعی است که در ارزیابی خبرگان نیز اهمیت بیشتری پیدا کنند. در مقابل،

شکل گیری روستای هوشمند در منطقه مورد مطالعه بیشتر تحت تأثیر نیازهای کاربردی و فوری روستاییان قرار دارد و کمتر متکی بر سازوکارهای مدیریتی و نهادی است؛ موضوعی که با شرایط حاکم بر روستاهای منطقه همخوانی دارد.

پایین تر بودن وزن مؤلفه‌هایی مانند آموزش هوشمند، انرژی هوشمند، اقتصاد هوشمند و حکمروایی هوشمند نشان می‌دهد که این حوزه‌ها یا هنوز به مرحله بلوغ لازم برای پیاده‌سازی هوشمند نرسیده‌اند یا تأثیر آن‌ها به صورت غیرمستقیم و در بلندمدت قابل مشاهده است. در مجموع، نتایج این جدول بیانگر آن است که روند

جدول ۸. ضریب اثرگذاری مؤلفه‌های اصلی در شکل‌گیری مؤلفه محیط هوشمند در راستای ایجاد روستای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا

| شرح              | کشاورزی هوشمند | سلامتی هوشمند | آموزش هوشمند | انرژی هوشمند | اقتصاد هوشمند | حکمروایی هوشمند | حمل و نقل هوشمند | وزن شاخص |
|------------------|----------------|---------------|--------------|--------------|---------------|-----------------|------------------|----------|
| کشاورزی هوشمند   | ۱              | ۳             | ۴            | ۵            | ۴             | ۵               | ۶                | ۰/۳۷۲    |
| سلامتی هوشمند    | ۰/۳۳۳          | ۱             | ۳            | ۴            | ۴             | ۵               | ۵                | ۰/۲۴۱    |
| آموزش هوشمند     | ۰/۲۵           | ۰/۳۳۳         | ۱            | ۴            | ۲             | ۳               | ۴                | ۰/۱۴۲    |
| انرژی هوشمند     | ۰/۲            | ۰/۲۵          | ۰/۲۵         | ۱            | ۲             | ۳               | ۳/۵              | ۰/۰۸۶۹   |
| اقتصاد هوشمند    | ۰/۲۵           | ۰/۲۵          | ۰/۵          | ۰/۵          | ۱             | ۳               | ۴                | ۰/۰۷۹۹   |
| حکمروایی هوشمند  | ۰/۲            | ۰/۲           | ۰/۳۳۳        | ۰/۳۳۳        | ۰/۳۳          | ۱               | ۲                | ۰/۰۴۳۹   |
| حمل و نقل هوشمند | ۰/۱۶۶۷         | ۰/۲           | ۰/۲۵         | ۰/۲۸۵۷       | ۰/۲۵          | ۰/۵             | ۱                | ۰/۳۲۲    |
| نرخ ناسازگاری    | ۰/۰۷۵          |               |              |              |               | جمع             |                  | ۱        |

هوشمند در بخش کشاورزی بدون توجه به پایش محیطی، مدیریت منابع طبیعی و ارتقای سلامت بهره‌برداران، نمی‌تواند به صورت مؤثر و پایدار محقق شود. از سوی دیگر، پایین تر بودن وزن سایر مؤلفه‌ها نشان می‌دهد که نقش آن‌ها در ارتباط با کشاورزی هوشمند بیشتر به صورت غیرمستقیم و تکمیلی قابل تبیین است. همچنین، باتوجه به قراردادن نرخ ناسازگاری این ماتریس در محدوده قابل قبول، می‌توان به قضاوت خبرگان اعتماد کرده و نتایج به دست آمده را معتبر دانست.

بررسی جدول مقایسه زوجی مؤلفه‌های اصلی با توجه به وابستگی‌های درونی آن‌ها نسبت به مؤلفه کشاورزی هوشمند نشان می‌دهد که مؤلفه محیط هوشمند با وزن ۰/۳۱۵ و پس از آن مؤلفه سلامت هوشمند با وزن ۰/۲۱۸ بیشترین اهمیت نسبی را در ارتباط با کشاورزی هوشمند دارند. این یافته نشان می‌دهد که توسعه کشاورزی هوشمند در روستاها به شدت متأثر از شرایط محیطی و همچنین وضعیت سلامت جامعه روستایی است. به طور کلی می‌توان گفت استفاده از فناوری‌های

جدول ۹. ضریب اثرگذاری مؤلفه‌های اصلی در شکل‌گیری مؤلفه کشاورزی هوشمند در راستای ایجاد روستای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا

| شرح              | محیط هوشمند | سلامتی هوشمند | آموزش هوشمند | انرژی هوشمند | اقتصاد هوشمند | حکمروایی هوشمند | حمل و نقل هوشمند | وزن شاخص |
|------------------|-------------|---------------|--------------|--------------|---------------|-----------------|------------------|----------|
| محیط هوشمند      | ۱           | ۲             | ۳            | ۴            | ۳/۵           | ۴/۵             | ۴                | ۰/۳۱۵    |
| سلامت هوشمند     | ۰/۵         | ۱             | ۲            | ۳            | ۳/۵           | ۴               | ۲/۵              | ۰/۲۱۸    |
| آموزش هوشمند     | ۰/۳۳۳       | ۰/۵           | ۱            | ۲            | ۳             | ۴               | ۴/۵              | ۰/۱۶۸    |
| انرژی هوشمند     | ۰/۲۵        | ۰/۳۳۳         | ۰/۵          | ۱            | ۲             | ۳               | ۳/۵              | ۰/۱۰۹    |
| اقتصاد هوشمند    | ۰/۲۸۵       | ۰/۲۸۵         | ۰/۳۳۳        | ۰/۵          | ۱             | ۳               | ۴                | ۰/۰۶۹    |
| حکمروایی هوشمند  | ۰/۲۲۲       | ۰/۲۵          | ۰/۲۵         | ۰/۳۳۳        | ۰/۳۳۳         | ۱               | ۲                | ۰/۰۷۷    |
| حمل و نقل هوشمند | ۰/۲۵        | ۰/۴           | ۰/۲۲۲        | ۰/۲۸۵        | ۰/۲۵          | ۰/۵             |                  | ۰/۰۴۳    |
| نرخ ناسازگاری    | ۰/۰۹۶       |               |              |              |               | جمع             |                  | ۱        |

در این مرحله ۸ ماتریس مورد بررسی قرار گرفته که به صورت نمونه از آن میان، نتایج دوماتریس ارائه شده

مقایسه معیارهای هر یک از مؤلفه‌های شکل‌گیری رهیافت روستای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا (W31)

همچنین، زیرمعیار «اطلاع از فرصت‌های تجاری موجود در بازار با استفاده از اپلیکیشن‌های هوشمند» با وزن ۰/۱۸۴ در رتبه دوم اهمیت قرار دارد که نشان‌دهنده اهمیت دسترسی به اطلاعات بازار و استفاده از فناوری‌های دیجیتال برای ارتقای شناخت فرصت‌های اقتصادی است. این یافته‌ها تأکید می‌کنند که در مسیر توسعه اقتصاد هوشمند روستاها، علاوه بر ایجاد زیرساخت‌های کسب‌وکار دیجیتال، توجه به ابزارهای اطلاع‌رسانی و توانمندسازی دیجیتال افراد نیز ضروری است. از سوی دیگر، نرخ ناسازگاری ماتریس تحت بررسی قابل قبول است که اعتماد به قضاوت خبرگان را برای استخراج این اوزان تأیید می‌کند.

است. ضریب اهمیت هریک از معیارهای مربوط به مؤلفه‌ها از طریق مقایسه دودویی آن‌ها براساس مقیاس ۹ کیمتی ساعتی به دست آمده و این ضرایب اهمیت عناصر ستونی ماتریس W31 را نشان می‌دهد. معیارهای مؤلفه اقتصاد هوشمند مؤثر بر شکل‌گیری روستای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا

تحلیل اوزان زیرمعیارهای مربوط به مؤلفه «اقتصاد هوشمند» نشان می‌دهد که زیرمعیار «کسب و کار الکترونیک» با وزن نسبی ۰/۳۶۸، بیشترین اهمیت را در ارتقای مؤلفه اقتصاد هوشمند دارد. این امر بیانگر آن است که توسعه و تقویت فعالیت‌های تجاری برخط و حضور کسب‌وکارها در فضای دیجیتال، نقش کلیدی در بهبود عملکرد اقتصادی روستاهای هوشمند دارد.

جدول ۱۰. ضریب اثرگذاری شاخص‌های مؤلفه اقتصاد هوشمند برای بر شکل‌گیری روستای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا

| شرح                                                                       | (۱)   | (۲)   | (۳)   | (۴)   | (۵)  | وزن شاخص |
|---------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|----------|
| (۱) کسب و کار الکترونیک                                                   | ۱     | ۳/۰۰  | ۲/۵۰۰ | ۲/۲۵  | ۲/۵۰ | ۰/۳۶۸    |
| (۲) برنامه‌های از راه دور، ارائه مشاوره‌های کسب و کار                     | ۰/۳۳۳ | ۱     | ۱/۹۰  | ۲/۰۰  | ۲/۱۰ | ۰/۱۷۹    |
| (۳) اطلاع از فرصت‌های تجاری موجود بازار با استفاده از اپلیکیشن‌های هوشمند | ۰/۴   | ۰/۵۲۶ | ۱     | ۲/۰۰  | ۲/۵۰ | ۰/۱۸۴    |
| (۴) بانکداری الکترونیکی                                                   | ۰/۴۴۴ | ۰/۵   | ۰/۵   | ۱     | ۱/۸۰ | ۰/۱۷۶    |
| (۵) دسترسی به بازارهای محلی مثل برای فروش از راه دور                      | ۰/۴   | ۰/۴۷۶ | ۰/۴   | ۰/۵۵۶ | ۱    | ۰/۰۹۱    |
| نرخ ناسازگاری                                                             | ۰/۰۵۶ |       |       |       | جمع  | ۱        |

در رتبه دوم اهمیت قرار دارد و اهمیت آن در مستندسازی اطلاعات پزشکی و امکان دسترسی سریع به تاریخچه سلامت حیوانات را نشان می‌دهد. همچنین، باتوجه به اینکه نرخ ناسازگاری ماتریس مقایسات زوجی در حد قابل قبول است، می‌توان به دقت و اعتبار قضاوت خبرگان اعتماد کرد؛ بنابراین، تمرکز بر پیشگیری و شناسایی زود هنگام بیماری‌ها و ثبت سوابق پزشکی دیجیتال می‌تواند راهنمای مهمی برای بهبود سلامت هوشمند باشد.

معیارهای مؤلفه سلامت هوشمند مؤثر بر شکل‌گیری روستای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا

بررسی زیر معیارهای مؤلفه سلامت هوشمند نشان می‌دهد، پیشگیری و شناسایی زود هنگام بیماری‌ها از طریق داده‌های سلامت با وزن نسبی ۰/۳۲۰ از اهمیت بالایی برخوردار است و در رتبه اول قرار گرفته است. این موضوع نشان می‌دهد که کارشناسان، تشخیص به موقع بیماری‌ها و استفاده مؤثر از داده‌های سلامت را به عنوان اولویت اصلی برای ارتقای سلامت حیوانات می‌دانند. پس از آن، ثبت سوابق پزشکی دیجیتال با وزن نسبی ۰/۱۹۶

جدول ۱۱. ضریب اثرگذاری شاخص‌های مؤلفه سلامت هوشمند برای بر شکل‌گیری روستای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا

| شرح                                                              | (۱) | (۲)  | (۳)  | (۴)  | (۵)  | وزن شاخص |
|------------------------------------------------------------------|-----|------|------|------|------|----------|
| (۱) پیشگیری و شناسایی زود هنگام بیماری‌ها از طریق داده‌های سلامت | ۱   | ۲/۲۵ | ۲/۰۰ | ۳/۰۰ | ۲/۰۰ | ۰/۳۲۰    |

|                                                                                  |       |       |       |      |       |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|------|-------|
| ۰/۴۴۴                                                                            | ۱     | ۲/۰۰  | ۱/۷۵  | ۱/۵۰ | ۰/۱۹۵ |
| (۲) تشخیص و ارائه پشتیبانی به بیماران با استفاده از دستگاه‌های الکترونیکی هوشمند |       |       |       |      |       |
| ۰/۵                                                                              | ۰/۵   | ۱     | ۲/۰۰  | ۱/۷۵ | ۰/۱۶۴ |
| (۳) مشاوره تخصصی از راه دور                                                      |       |       |       |      |       |
| ۰/۳۳۳                                                                            | ۰/۵۷۱ | ۰/۵   | ۱     | ۱/۵۰ | ۰/۱۲۳ |
| (۴) ویزیت آنلاین پزشک                                                            |       |       |       |      |       |
| ۰/۵                                                                              | ۰/۶۶۷ | ۰/۵۷۱ | ۰/۶۶۷ | ۱    | ۰/۱۹۶ |
| (۵) ثبت سوابق پزشکی دیجیتال                                                      |       |       |       |      |       |
| ۰/۱۸۵                                                                            |       |       |       | جمع  | ۱     |
| نرخ سازگاری                                                                      |       |       |       |      |       |

## تشکیل سوپرماتریس موزون:

برای تبدیل سوپرماتریس ناموزون به سوپرماتریس موزون باید سوپرماتریس ناموزون را در ماتریس خوشه‌ای ضرب کرد. ماتریس خوشه‌ای میزان تأثیرگذاری هریک از خوشه‌ها برای دستیابی به اهداف مطالعه را منعکس می‌کند. ماتریس خوشه‌ای از مقایسه دو نوعی خوشه‌ها در چهارچوب ساختار سوپرماتریس اولیه ناموزون حاصل می‌شود. بر اساس پیشنهاد ساعتی برای به‌دست‌آوردن اهمیت نسبی خوشه‌ها در سوپرماتریس اولیه ناموزون لازم است ماتریس خوشه‌ای به‌گونه‌ای محاسبه شود که خوشه‌های ستونی آن به‌عنوان عناصر کنترلی در نظر گرفته شود به‌عبارت‌دیگر، خوشه‌های ستونی غیرصفر سوپرماتریس اولیه ناموزون با خوشه‌های دیگر واقع در آن ستون مورد مقایسه دودویی قرار بگیرند تا بردار اهمیت هر یک از خوشه‌های ستونی به‌دست‌آمده و با درکنارهم گذاشتن بردار اهمیت هریک از خوشه‌های ستونی به‌دست‌آمده و در نهایت با در کنار هم گذاشتن بردار اهمیت هر یک از خوشه‌ها ماتریس خوشه‌ای به‌دست‌آمده است (Saaty, 2004). سوپرماتریس اولیه نشان می‌دهد که فقط در خوشه ستونیه مربوط به معیارهای اصلی باید این خوشه با خوشه مؤلفه مورد مقایسه قرار گیرد در نتیجه ماتریس خوشه‌ای حاصل شده است. حال برای به‌دست آوردن سوپرماتریس موزون هریک از عناصر خوشه‌های ستونی سوپرماتریس ناموزون در بردار اهمیت نسبی آن خوشه از ماتریس خوشه‌ای باید ضرب شود، سوپرماتریس موزون به‌دست‌آمده تصادفی احتمالی است؛ یعنی جمع عناصر ستونی آن یک است.

## گام چهارم: انتخاب گزینه برتر

عناصر سوپرماتریس حد باید نرمالیزه شود تا حالت تصادفی یا احتمالی به دست آید (جمع عناصر ستونی آن یک شود). بردار اهمیت نهایی برای اهداف این مطالعه پس از نرمالیزه‌شدن در زیر ارائه شده است (Wanp)

## گام سوم: تشکیل سوپرماتریس و تبدیل آن به

## سوپرماتریس حد

عناصر AHP با یکدیگر در تعامل قرار دارند این عناصر می‌توانند واحد تصمیم‌گیرنده معیارها زیر معیارها نتایج حاصل گزینه‌ها و هر چیز دیگری باشند وزن نسبی هر ماتریس بر اساس مقایسه زوجی شبیه روش AHP محاسبه می‌شود وزن‌های حاصل در سوپرماتریس وارد می‌شوند که رابطه متقابل بین عناصر سیستم را نشان می‌دهند برای محاسبه سوپرماتریس مراحل زیر را باید طی کرد

## تشکیل سوپرماتریس ناموزون:

باتوجه‌به اینکه کلیه ماتریس‌های مقایسه‌ای موجود در ساختار سوپرماتریس ناموزون (W21, W22, W31) محاسبه شده و سازگاری آن‌ها نیز کنترل شده است می‌توان با جایگزین کردن این ماتریس‌ها در سوپرماتریس اولیه سوپرماتریس ناموزون را به دست آورد در واقع ستون‌های سوپرماتریس از چند بردار ویژه تشکیل می‌شود که جمع هر کدام از بردارها برابر یک است بنابراین این امکان وجود دارد که جمع هر ستون سوپرماتریس اولیه بیش از یک باشد متناسب با بردار ویژه تشکیل می‌شود که جمع هر کدام از بردارها برابر یک است بنابراین امکان وجود دارد که جمع هر ستون سوپرماتریس اولیه بیش از یک باشد متناسب با بردار ویژه‌هایی که در هر ستون وجود دارند برای آنکه از عناصر ستون متناسب با وضع نسبی آن‌ها فاکتور گرفته شود و جمع ستون برابر یک شود هر ستون ماتریس استاندارد می‌شود نتیجه ماتریس جدیدی به دست می‌آید که جمع هر یک از ستون‌های آن برابر یک خواهد بود این موضوع شبیه به زنجیره مارکوف است که جمع احتمالی همه وضعیت‌ها معادل یک است. ماتریس جدید ماتریس وزنی یا ماتریس استوک استیک گفته می‌شود (عنابستانی و جوانشیری، ۱۳۹۷).

حرارت با ضریب  $0/0446$  در رتبه دوم، و استفاده از شناسه فرکانس رادیویی برای حیوانات و ردیابی آن‌ها با GPS با ضریب  $0/03247$  در رتبه سوم قرار دارند. همچنین، ثبت سوابق پزشکی دیجیتال و استفاده از بارکد پلاستیکی برای درختان به ترتیب در رتبه‌های چهارم و پنجم قرار گرفته‌اند که اهمیت مستندسازی داده‌ها و مدیریت هوشمند منابع را نشان می‌دهد.

در مقابل، برخی زیرمعیارها کمترین اثر را بر شکل‌گیری روستای هوشمند داشته‌اند. به‌عنوان مثال، اطلاع از فرصت‌های تجاری موجود با استفاده از اپلیکیشن‌های هوشمند ( $0/009364$ )، برنامه‌های از راه دور و ارائه مشاوره کسب‌وکار ( $0/009092$ )، استفاده از ویدئو تعاملی برای یادگیری ( $0/006309$ )، دسترسی به بازارهای محلی از راه دور ( $0/004648$ ) و معامله الکترونیک ( $0/003207$ ) به ترتیب کمترین تأثیر را داشته‌اند. این موضوع نشان می‌دهد که گرچه فناوری‌های دیجیتال و آموزشی اهمیت دارند، اما در میان کارشناسان، تمرکز اصلی بر بهبود محیط، سلامت و مدیریت منابع هوشمند است.

به‌طور کلی، نتایج بیانگر آن است که محیط هوشمند، سلامت و کشاورزی هوشمند سه محور اصلی شکل‌گیری روستای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء هستند و برنامه‌ریزی‌ها باید با تمرکز بر این حوزه‌ها انجام شود، درحالی‌که برخی فناوری‌های کم‌اثر می‌توانند مکمل باشند؛ اما اولویت اصلی نیستند.

براساس این بردار اهمیت نهایی (Wnp) اگر سوپرماتریس تشکیل شده مرحله سوم، کل شبکه را در نظر گرفته باشد، یعنی گزینه‌ها نیز در سوپرماتریس لحاظ شده باشند اولین کلی گزینه‌ها از ستون مربوط به گزینه‌ها در سوپرماتریس حد نرمالیزه شده قابل حصول است. اگر سوپرماتریس فقط بخشی از شبکه که وابستگی متقابل دارند را شامل شود و گزینه‌ها در سوپرماتریس در نظر گرفته نشوند، محاسبات بعدی لازم است صورت بگیرد تا اولویت کلی گزینه‌ها به دست آید. گزینه‌ای که بیشترین اولویت کلی را داشته باشد به عنوان برترین گزینه برای موضوع موردنظر انتخاب می‌شود. بر اساس نظرسنجی انجام شده توسط کارشناسان و خبرگان حوزه برنامه‌ریزی روستایی، بین هشت مؤلفه اصلی، محیط هوشمند با ضریب اثرگذاری  $0/27032$  بیشترین اهمیت را داشته و در رتبه اول قرار گرفته است. پس از آن، کشاورزی هوشمند با ضریب  $0/19668$  و سلامت هوشمند با ضریب  $0/16148$  به ترتیب در رتبه‌های دوم و سوم اثرگذاری قرار دارند. این نتایج نشان می‌دهد که کارشناسان بیشترین توجه را به جنبه‌های محیطی، فناوری‌های هوشمند در کشاورزی و سلامت حیوانات معطوف کرده‌اند.

در بین زیرمعیارها، بیشترین تأثیرگذاری مربوط به تشخیص و ارائه پشتیبانی به بیماران با استفاده از دستگاه‌های الکترونیکی هوشمند با ضریب  $0/05175$  است که اهمیت استفاده از فناوری‌های هوشمند در سلامت و مراقبت را نشان می‌دهد. اتوماسیون سیستم

جدول ۱۲. وزن مؤلفه‌ها و معیارهای مورد استفاده روستای هوشمند مبتنی اینترنت اشیاء

| رتبه | Raw       | Normals   | معیار                                                                         | وزن مؤلفه | مؤلفه‌ها    |
|------|-----------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------|
| ۶    | $0/0284$  | $0/10514$ | کنترل پریز برق از راه دور                                                     | $0/27032$ | محیط هوشمند |
| ۲    | $0/0446$  | $0/16524$ | اتوماسیون سیستم حرارت                                                         |           |             |
| ۳    | $0/03247$ | $0/12014$ | استفاده از شناسه فرکانس رادیویی برای حیوانات و امکان ردیابی آن‌ها با جی‌پی‌اس |           |             |
| ۱۰   | $0/02291$ | $0/08476$ | استفاده از فناوری ماهواره‌ای برای تشخیص آتش‌سوزی                              |           |             |
| ۵    | $0/02940$ | $0/10879$ | استفاده از بارکدهای پلاستیکی درختان                                           |           |             |
| ۷    | $0/02790$ | $0/10324$ | کارت بهداشت هوشمند حاوی اطلاعات حیوانات                                       |           |             |
| ۱۷   | $0/0178$  | $0/0661$  | تلفن هوشمند برای عکاسی و انتقال تصاویر                                        |           |             |
| ۱۸   | $0/01617$ | $0/05982$ | گردشگری هوشمند از طریق برنامه‌های مختلف                                       |           |             |
| ۳۷   | $0/0130$  | $0/04845$ | سطح‌های زیاله مجهز به حسگر                                                    |           |             |
| ۱۴   | $0/0188$  | $0/0696$  | کنترل‌های هوشمند استفاده از آب و گاز                                          |           |             |

| رتبه | Raw       | Normals  | معیار                                                                        | وزن مؤلفه | مؤلفه‌ها          |
|------|-----------|----------|------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------|
| ۱۵   | ۰/۰۱۸۵۵   | ۰/۰۶۸۶۴  | حسگرهای آتش و دود درخانه و انبار                                             | ۰/۱۹۶۶۸   | کشاورزی<br>هوشمند |
| ۱۲   | ۰/۰۲۰۶۷   | ۰/۱۰۵۱۳  | سیستم نظارت دما و رطوبت خاک برای گیاهان کشاورزی                              |           |                   |
| ۱۳   | ۰/۰۱۹۰۷   | ۰/۰۹۷۰۱  | سنسورهای سیستم آبیاری هوشمند                                                 |           |                   |
| ۱۶   | ۰/۰۱۷۹۶   | ۰/۰۹۱۳۴  | سنسور نظارت بر سلامت محصول                                                   |           |                   |
| ۳۱   | ۰/۰۱۵۶۰   | ۰/۰۷۹۳۴  | سیستم استفاده دقیق (زمان، مکان و میزان) از آفت‌کش‌ها و آفتکش                 |           |                   |
| ۱۹   | ۰/۰۱۶۱۱   | ۰/۰۸۱۹۳  | سیستم هوشمند مدیریت پسماند محصولات                                           |           |                   |
| ۲۲   | ۰/۰۱۵۱۰   | ۰/۰۷۶۸   | پهپادهای زمینی و هوایی                                                       |           |                   |
| ۲۸   | ۰/۰۱۲۶۲   | ۰/۰۶۴۳۱  | آبیاری قطره‌ای خودکار                                                        |           |                   |
| ۲۶   | ۰/۰۱۴۶۷   | ۰/۰۷۴۶۳  | خدمات بانکداری هوشمند                                                        |           |                   |
| ۳۹   | ۰/۰۱۱۹۸   | ۰/۰۶۰۹۳  | سنسورهای حساس به خسارات                                                      |           |                   |
| ۲۰   | ۰/۰۱۵۶۶   | ۰/۰۷۹۶۵  | گوشی هوشمند جهت خریدوفروش                                                    |           |                   |
| ۳۰   | ۰/۰۰۹۳۲   | ۰/۰۴۷۴۱  | فناوری مجهز به شناسایی کشاورزانی که به حمل‌ونقل نیاز دارند                   |           |                   |
| ۳۳   | ۰/۰۰۷۶۵۷  | ۰/۰۳۸۹۴  | حسگرهایی با توانایی تجزیه‌وتحلیل آب‌وهوا،                                    |           |                   |
| ۳۲   | ۰/۰۰۷۷۲۷  | ۰/۰۳۹۵۲  | لجستیک کشاورزی                                                               |           |                   |
| ۳۴   | ۰/۰۰۷۰۲۱  | ۰/۰۳۵۷   | خدمات الکترونیکی مشاوره پیشگیری، تشخیص و درمان آفات و بیماری‌های گیاهی       | ۰/۱۶۱۴۸   | سلامت<br>هوشمند   |
| ۳۶   | ۰/۰۰۵۳۹۸  | ۰/۰۲۷۴۵  | شبکه‌های حسگر بی‌سیم Zig Bee، برای داده‌های کشاورزی در مقیاس بزرگ            |           |                   |
| ۳۷   | ۰/۰۰۵۱۰۳  | ۰/۰۳۱۶۰۷ | پیشگیری و شناسایی زود هنگام بیماری‌ها از طریق داده‌های سلامت                 |           |                   |
| ۱    | ۰/۰۵۱۷۵   | ۰/۰۳۲۰۴۸ | تشخیص و ارائه پشتیبانی به بیماران با استفاده از دستگاه‌های الکترونیکی هوشمند |           |                   |
| ۷    | ۰/۰۲۶۵۵   | ۰/۱۶۴۴۴  | مشاوره تخصصی از راه دور                                                      |           |                   |
| ۱۲   | ۰/۰۱۹۸۹   | ۰/۱۲۳۲   | ویزیت آنلاین پزشک                                                            | ۰/۱۱۲۵    | آموزش<br>هوشمند   |
| ۴    | ۰/۰۳۱۶۷   | ۰/۱۹۶۱۵  | ثبت سوابق پزشکی دیجیتال                                                      |           |                   |
| ۲    | ۰/۰۳۳۳۳   | ۰/۲۹۶۳۲  | دسترسی به دوره‌های آموزشی مراکز آموزش عالی از راه دور                        |           |                   |
| ۱۱   | ۰/۰۲۱۱    | ۰/۱۸۸۱۲  | بارکد مبتنی بر کد ملی دانش‌آموز در ثبت خودکار حضور غیاب                      |           |                   |
| ۱۲   | ۰/۰۲۰۰۷   | ۰/۱۷۸۴۱  | کلاس‌هایی در بستر اپلیکیشن مجازی و مبتنی بر گوشی‌های هوشمند                  |           |                   |
| ۴۸   | ۰/۰۰۶۳۰۹  | ۰/۰۰۵۶۰۸ | استفاده از ویدیو تعاملی برای یادگیری                                         | ۰/۰۶۴۷۸   | انرژی<br>هوشمند   |
| ۲۷   | ۰/۰۱۰۶۴   | ۰/۰۹۴۶۵  | تخته هوشمند و پروژکتور                                                       |           |                   |
| ۲۵   | ۰/۰۱۰۹۹   | ۰/۰۹۷۷۵  | مجهز کردن مدارس روستا به اینترنت                                             |           |                   |
| ۸    | ۰/۰۲۴۰۹   | ۰/۳۷۱۹   | سنسور عملکرد خودکار در جهت مدیریت بهینه مصرف انرژی                           |           |                   |
| ۲۳   | ۰/۰۱۵۰۶   | ۰/۲۳۲۴۸  | حسگرهایی برای تولید برق                                                      |           |                   |
| ۲۶   | ۰/۰۱۰۸۶   | ۰/۱۶۷۷۱  | سیستم انرژی هوشمند برای ارسال انرژی اضافی به مناطق شهری                      | ۰/۱۳۱۵۸   | اقتصاد<br>هوشمند  |
| ۳۱   | ۰/۰۰۷۹۱۰  | ۰/۱۲۲۱۲  | استفاده از چراغ روشنایی هوشمند در محیط‌های روستایی                           |           |                   |
| ۳۵   | ۰/۰۰۶۸۵۹  | ۰/۱۰۵۷۸  | نصب پنل خورشیدی یا بادی                                                      |           |                   |
| ۳۷   | ۰/۰۰۱۸۶۸  | ۰/۸۰۱    | کسب‌وکار الکترونیک                                                           |           |                   |
| ۴۷   | ۰/۰۰۰۹۰۹۲ | ۰/۰۰۶۹۱  | برنامه‌های از راه دور، ارائه مشاوره‌های کسب‌وکار                             |           |                   |
| ۴۶   | ۰/۰۰۹۳۶۴  | ۰/۰۰۷۱۱۷ | اطلاع از فرصت‌های تجاری موجود بازار با استفاده از اپلیکیشن‌های هوشمند        | ۰/۰۴۴۰۶   | حکمرانی<br>هوشمند |
| ۹    | ۰/۰۲۳۲۲   | ۰/۱۷۶۵۱  | بانکداری الکترونیکی                                                          |           |                   |
| ۴۹   | ۰/۰۰۴۶۴۸  | ۰/۰۰۳۵۳۳ | دسترسی به بازارهای محلی مثل برای فروش از راه دور                             |           |                   |
| ۲۵   | ۰/۰۱۴۵۷   | ۰/۳۳۰۹   | توسعه پرداخت الکترونیک                                                       |           |                   |
| ۳۰   | ۰/۰۰۹۱۱۳  | ۰/۲۰۶۸۴  | گسترش خدمات مبتنی بر دولت الکترونیک                                          |           |                   |
| ۵۰   | ۰/۰۰۰۳۲۰۷ | ۰/۰۰۷۲۸  | معامله الکترونیک                                                             | ۰/۰۴۴۰۶   | حکمرانی<br>هوشمند |
| ۳۶   | ۰/۰۰۵۳۳۱  | ۰/۱۱۸۷۳  | حضور در همایش‌ها و کنفرانس‌های مجازی جهت دانش‌افزایی                         |           |                   |
| ۳۸   | ۰/۰۴۲۸۶   | ۰/۰۹۷۳۳  | خدمات الکترونیکی دریافت شکایات و رسیدگی به پیشنهادهای                        |           |                   |

| رتبه | Raw    | Normals | معیار                                                              | وزن مؤلفه | مؤلفه‌ها         |
|------|--------|---------|--------------------------------------------------------------------|-----------|------------------|
|      |        |         | روستاییان                                                          |           |                  |
| ۳۹   | ۰/۰۰۳۵ | ۰/۰۸۰۹۶ | به اشتراک گذاشتن هوشمند اطلاعات دولت با مردم برای انجام امور اداری |           |                  |
| ۴۰   | ۰/۰۰۵  | ۰/۳۱۹۵۴ | استفاده از حسگرهای ردیابی مانند RFID و GPS                         |           |                  |
| ۴۱   | ۰/۰۰۴  | ۰/۲۳۸۰۶ | مسیریابی هوشمند                                                    |           |                  |
| ۴۳   | ۰/۰۰۲  | ۰/۱۱۳۵۵ | پارکینگ هوشمند                                                     |           |                  |
| ۴۴   | ۰/۰۰۱  | ۰/۰۸۹۸۳ | حمل و نقل عمومی متصل با اپلیکیشن های تلفن همراه                    | ۰/۰۱۸۵۲   | حمل و نقل هوشمند |
| ۴۲   | ۰/۰۰۳  | ۰/۱۶۲۳۸ | ایستگاه‌های هوشمند وسایل نقلیه                                     |           |                  |
| ۴۵   | ۰/۰۰۱  | ۰/۰۷۶۶۸ | حسگرهای نظارت بر شرایط حاد جاده                                    |           |                  |
|      | ۱      | -       |                                                                    |           |                  |

سکونتگاه‌هایی با کشاورزی هوشمند، خانه‌های هوشمند و سامانه‌های پیشرفته پایش محیطی مورد تأکید قرار داده‌اند. همچنین، یافته‌های این پژوهش با نتایج جوادی و همکاران (۲۰۲۱) و بوآکی و اوومی (۲۰۲۱) مطابقت دارد که نشان می‌دهد کاربرد اینترنت اشیاء در سلامت روستایی، نظارت از راه دور و خودمراقبتی می‌تواند نابرابری‌های سلامت را کاهش دهد. همچنین، مطابق نتایج وارگاس و همکاران (۲۰۲۰)، دلودلو و کالژی (۲۰۱۵) و سینگ (۲۰۲۴)، بکارگیری اینترنت اشیاء در نواحی روستایی ضمن کاهش شکاف دیجیتالی، بهره‌وری اقتصادی و تاب‌آوری جوامع کشاورزی را افزایش می‌دهد. از نظر نوآوری، پژوهش حاضر چند نکته کلیدی را برجسته می‌کند:

- ترکیب مؤلفه‌های محیط، کشاورزی و سلامت هوشمند و تعیین وزن و اولویت آن‌ها که چارچوبی عملیاتی برای برنامه‌ریزی روستای هوشمند ارائه می‌دهد.
- تحلیل علمی زیرمعیارها که نشان می‌دهد کدام فناوری‌ها و سامانه‌ها بیشترین اثرگذاری را دارند و کدام‌ها می‌توانند نقش مکمل داشته باشند.
- تمرکز بر کاربردهای عملی اینترنت اشیاء در حوزه سلامت و کشاورزی که به‌طور مستقیم با کاهش نابرابری‌ها و ارتقای تاب‌آوری جوامع روستایی مرتبط است و به تصمیم‌گیری‌های سیاستی کمک می‌کند.

## بحث و نتیجه گیری

برای پاسخ به این سؤال تحقیق که عبارت است از چه مؤلفه‌هایی در شکل‌گیری رهیافت روستای هوشمند تأثیرگذار است از فرایند تحلیل شبکه‌ای برای تصمیم‌گیری از تکنیک مختص به مقایسات زوجی ANP با استفاده از نرم‌افزار سوپردسیژن بین مؤلفه‌ها استفاده شده است. نتایج نشان داد که مؤلفه‌های محیط هوشمند، کشاورزی هوشمند و سلامت هوشمند به ترتیب بیشترین اثرگذاری را در شکل‌گیری این روستاها دارند و زیرمعیارهای مرتبط با کنترل هوشمند دما، ردیابی حیوانات، تشخیص و پیشگیری زود هنگام بیماری‌ها و ثبت دیجیتال سوابق پزشکی اهمیت ویژه‌ای دارند. تحلیل علمی نتایج حاکی از آن است که موفقیت روستاهای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء تنها به توسعه فناوری محدود نمی‌شود، بلکه هماهنگی میان فناوری، محیط و نیازهای انسان و حیوانات نقش تعیین‌کننده‌ای دارد. زیرمعیارهای فناوری‌های آموزشی و تجاری، مانند اپلیکیشن‌های اطلاع‌رسانی فرصت‌های تجاری و ویدئوهای تعاملی یادگیری، اثرگذاری کمتری داشته‌اند. این موضوع نشان می‌دهد که تمرکز اولویت‌بندی منابع و برنامه‌ریزی بر مؤلفه‌های اصلی و حیاتی بیشترین بازده را در توسعه روستاهای هوشمند ایجاد می‌کند.

یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج مطالعات پیشین همسو است. برای نمونه، سولودونیک و همکاران (۲۰۲۱) اینترنت اشیاء را یکی از مسیرهای اصلی تحول در کشاورزی معاصر معرفی کرده‌اند، و راثو و همکاران (۲۰۱۸) نقش اینترنت اشیاء را در شکل‌گیری

در ادامه جدول ۱۳، یکپارچه پیشنهاد‌های سیاستی بر اساس تلفیق افق زمانی (کوتاه/میان/بلندمدت) و سطح اجرا (ملی/استانی/محلی) ارائه می‌شود.

جدول ۱۳. پیشنهاد‌های سیاستی تحقق روستای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء در ایران

| افق زمانی              | سطح ملی                                                                       | سطح استانی                                                           | سطح محلی                                                                |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| کوتاه‌مدت<br>(۱-۲ سال) | تصویب آیین‌نامه اجرایی توسعه روستای هوشمند با اولویت محیط، کشاورزی و سلامت    | شناسایی و معرفی روستاهای پایلوت هوشمند در هر استان                   | نصب حسگرهای دما، رطوبت خاک، آتش و دود در روستاهای منتخب                 |
|                        | تخصیص اعتبار اولیه برای زیرساخت ارتباطی روستاها                               | تشکیل کارگروه استانی هوشمندسازی روستایی                              | برگزاری دوره‌های آموزش دیجیتال برای دهیاران و شوراهای                   |
|                        | تدوین ضوابط حمایت از شرکت‌های دانش‌پس‌ان فعال در حوزه IoT روستایی             | انقصاد تفاهم‌نامه با دانشگاه‌های استان برای پشتیبانی فنی             | راه‌اندازی سامانه ثبت دیجیتال سوابق پزشکی دام و انسان                   |
| میان‌مدت<br>(۳-۵ سال)  | ایجاد صندوق ملی نوآوری روستایی برای تأمین مالی طرح‌های هوشمند                 | گسترش شبکه پایلوت به ۱۰ روستا در هر استان با تنوع اقلیمی             | پیاده‌سازی سامانه آبیاری هوشمند و پهپادهای سمپاشی                       |
|                        | الزام دستگاه‌های اجرایی به اشتراک‌گذاری داده با سامانه جامع روستا             | برگزاری دوره‌های تخصصی IoT برای کارشناسان جهاد کشاورزی و شبکه بهداشت | راه‌اندازی بازارچه الکترونیکی محلی برای فروش مستقیم محصولات             |
|                        | تدوین استانداردهای فنی تجهیزات IoT در محیط روستایی                            | ایجاد مراکز مشاوره سلامت از راه دور در شهرستان‌ها                    | استقرار سامانه ویزیت آنلاین و مشاوره تخصصی پزشکی                        |
| بلندمدت<br>(۶-۱۰ سال)  | ایجاد زیرساخت ملی اینترنت اشیاء با پوشش پایدار تمامی روستاهای بالای ۲۰ خانوار | تبدیل استان‌های پیشرو به قطب‌های منطقه‌ای روستای هوشمند              | نصب پنل‌های خورشیدی و توربین بادی در مقیاس روستایی                      |
|                        | تصویب قانون حمایت از تولید و مصرف انرژی تجدیدپذیر در روستاها                  | راه‌اندازی سامانه یکپارچه استانی برای پایش محیط، کشاورزی و سلامت     | پیاده‌سازی حکمرانی هوشمند محلی (پرداخت الکترونیک، دریافت شکایات آنلاین) |
|                        | بازنگری دوره‌ای سند ملی مبتنی بر پایش شاخص‌های عملکرد                         | الگوسازی و تکثیر تجارب موفق در سایر استان‌ها                         | هوشمندسازی حمل‌ونقل عمومی روستایی (ردیاب GPS، مسیریابی)                 |

متخصصان امور شهری روستایی در تهران انجام شده است. همچنین از حمایت‌های مادی و معنوی دانشگاه شهید بهشتی سپاسگزاری می‌گردد.

## سپاسگزاری

پژوهش حاضر برگرفته از رساله دکتری نویسنده اول در گروه جغرافیای انسانی و آمایش، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی تهران است و با کمک کارشناس و

Ali, Y., Tariq, M., & Amjad, M. H. (2025). Modelling and classification of barriers in the construction of smart villages in developing countries. *Evaluation and Program Planning*, 111, 102565.

<https://search.eitaa.com/?url=https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2025.102565>

Anabastani, A., Javanshiri, M., & Mousavi, S.M. (2018). Investigating the impact of villagers' participation on the success of implementing the rural guide plan: A case study of Dashtestan County. *Village and*

## References

Ahmed, N., De, D., & Hussain, I. (2018). Internet of Things (IoT) for smart precision agriculture and farming in rural areas. *IEEE internet of things journal*, 5(6), 4890-489. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2018.2879579>

Akinsiku, M. R., & Ubochi, B. (2024). IoT in smart villages: challenges and prospects. *LAUTECH Journal of Engineering and Technology*, 18(2) 25-39. <https://laujet.com/index.php/laujet/article/download/675/492/1129>

- Development*, 21(2), 1-28. (In Persian) <https://sid.ir/paper/94901/fa>
- Anabastani, A., Zolfaghari, M. & Tavakolinia, J. (1402). Analysis of the impact of the smart village approach on the sustainability of peri-urban settlements (villages around Tehran metropolis). *Spatial Economics and Rural Development*, 12(4), 39-64. (In Persian) <https://doi.org/10.61186/serd.12.46.39>
- Anabastani, A., & Javanshiri, M. (2018). Factors affecting the formation of smart rural development in Iran. *Journal of Rural Development*, 37(1), 71-94. <https://doi.org/10.25175/jrd/2018/v37/i1/122692>
- Anyanwu, I. U., & Oparaugo, K. O. (2024). Issues, challenges and prospects in rural development processes in Nigeria. *Journal of African Innovation and Advanced Studies*, 5 (2). <https://africanscholarpub.com/ajaias/article/view/388>
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 54(15), 2787-2805. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>
- Boakye, A., & Babatunde Olumide, O. (2021). The role of internet of things to support health services in rural communities: A case study of Ghana and Sierra Leone. *Transnational Corporations Review*, 13(1), 43-50. <https://doi.org/10.1080/19186444.2020.1849937>
- Chanak, P., & Banerjee, I. (2020). Internet-of-things-enabled smart villages: An overview. *IEEE Consumer Electronics Magazine*, 10(3), 12-18. <https://doi.org/10.1109/MCE.2020.3013244>
- Cvar, N., Trilar, J., Kos, A., Volk, M., & Stojmenova Duh, E. (2020). *The use of IoT technology in smart cities and smart villages: Similarities, differences, and future prospects. Sensors*, 20(14), 3897. <https://doi.org/10.3390/s20143897>
- Degada, A., Thapliyal, H., & Mohanty, S. P. (2021, June). Smart village: An iot based digital transformation. In *IEEE 7th World Forum on Internet of Things*: 459-463. <https://doi.org/10.1109/WF-IoT51360.2021.9594980>
- Dlodlo, N., & Kalezhi, J. (2015). The Internet of Things in agriculture for sustainable rural development. In *Proceedings of the 2015 International Conference on Emerging Trends in Networks and Computer Communications (ETNCC 2015)* 13-18. Windhoek, Namibia: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ETNCC.2015.7184801>
- Dzhunushalieva, G., & Teuber, R. (2024). Roles of innovation in achieving the Sustainable Development Goals: A bibliometric analysis. *Journal of Innovation & Knowledge*, 9 (2), 100472. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2024.100472>
- Emerllahu, V., & Bogataj, D. (2024). *Smart Villages as infrastructure of rural areas: Literature review and research agenda. IFAC-PapersOnLine*, 58(3), 268-273. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2024.07.162>
- Fernández Martínez, P., de Castro-Pardo, M., Barroso, V. M., & Azevedo, J. C. (2020). Assessing sustainable rural development based on ecosystem services vulnerability. *Land*, 9(7), 222. <https://doi.org/10.3390/land9070222>
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645-1660.

- <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>
- Isfahani, S. M. J., Palouj, M., & Soltani, Sh. (1404). Smart Village: *A Way to Achieve Integrated Rural Development*. *Smart Business Management Studies*, 14(15), 115-158. (In Persian)  
<https://doi.org/10.22054/ims.2025.84426.2581>
- Javaid, M., & Khan, I. H. (2021). Internet of Things (IoT) enabled healthcare helps to take the challenges of COVID-19 Pandemic. *Journal of oral biology and craniofacial research*, 11(2), 209-214.  
<https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2021.01.015>
- Kaur, K. (2016). The idea of Smart villages based on Internet of Things (IoT). *Int. Res. J. Eng. Technol. (IRJET)*, 3(05), 1-4.  
<https://www.irjet.net/archives/V3/i5/IRJET-V3I535.pdf>
- Kumar, L., Ahlawat, P., Rajput, P., Navsare, R. I., & Singh, P. K. (2021). Internet of things (IOT) for smart precision farming and agricultural systems productivity: A review. *IJEAST*, 5, 141-146.  
<https://doi.org/10.33564/ijeast.2021.v05i09.022>
- Lopez-Vargas, A., Ledezma, A., Bott, J., & Sanchis, A. (2021). IoT for global development to achieve the United Nations sustainable development goals: The new scenario after the COVID-19 pandemic. *Ieee Access*, 9, 124711-124726.  
<https://hdl.handle.net/10016/37472>
- Maliki, M. R. (2024). The implementation of the smart village concept based on the Internet of Things in Ogan Ilir in the digital development of village economy towards Society 5.0. *International Journal of Community Care of Humanity (IJCCH)*, 2(6), 750-761.  
<https://journal.lsmsharing.com/index.php/ijcch/article/view/75>
- Mokhtari-Karchgani, A., Tavakoli, M., Borzo, Gh., & Yarahmadi, K. (2014). Perspectives of smart villages and sustainable territorial development: A bibliometric analysis and systematic review. *Planning and Development of Coastal and Border Areas*, 1(1), 16-32. (In Persian)  
<https://doi.org/10.22034/jpd.2024.2023834.1051>
- Mokhtari-Karchgani, A.M., Borzo, Gh., & Yarahmadi, K. (2014). Perspectives of smart villages and sustainable territorial development: *A bibliometric analysis and systematic review*. *Planning and Development of Coastal and Border Areas*, 1(1), 16-32. (In Persian)  
<https://doi.org/10.22034/jpd.2024.2023834.1051>
- Mukti, I. Y., Henseler, J., Aldea, A., Govindaraju, R., & Iacob, M. E. (2022). Rural smartness: Its determinants and impacts on rural economic welfare. *Electronic Markets*, 32(4), 19-43.  
<https://journal.lsmsharing.com/index.php/ijcch/article/view/75>
- Nunsina, N., Fitri, Z., Nazimah, N., & Ulva, A. F. (2025). *IoT-Based Monitoring System to Support Village Food Security in the Smart Village Concept*. *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*, 5(2), 1046-1053.  
<https://doi.org/10.47709/brilliance.v5i2.7229>
- Rana, N. P., Dwivedi, Y. K., Williams, M. D., & Weerakkody, V. (2022). Defining rural smartness and its impact: *A systematic literature review*. *Journal of the Knowledge Economy*, 13(3), 956-1007.  
<https://doi.org/10.1007/s13132-021-00736-7>
- Rao, M. N., Sai, K. N., Deepika, C. L., & Karthik, C. (2018). *Internet of Things*

- on Smart Villages. *International Journal of Engineering and Technology*, 7(2.32), 397–399.  
[https://doi.org/10.14419/ijet.v7i2.32.1572\\_2](https://doi.org/10.14419/ijet.v7i2.32.1572_2)
- Rogers, P. P., Jalal, K. F., & Boyd, J. A. (2007). *An Introduction to Sustainable Development*. Earthscan Publications Ltd.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/An\\_Introduction\\_to\\_Sustainable\\_Development](https://en.wikipedia.org/wiki/An_Introduction_to_Sustainable_Development)
- Roldan, C. S., Giraldo, G. A. M., & Santana, E. L. (2023). Sustainable development in rural territories within the last decade: *A review of the state of the art*. *Heliyon*, 9(7).
- Salam, A. (2024). Internet of things for sustainable community development: introduction and overview. In *Internet of Things for Sustainable Community Development: Wireless Communications, Sensing, and Systems* (1-31). Cham: Springer International Publishing.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-031-62162-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-031-62162-8_1)
- Sampetoding, E. A. M., & Mahendrawathi, E. R. (2024). Digital Transformation of Smart Village: A Systematic Literature Review. *Procedia Computer Science*, 239, 1336-1343.  
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.06.304>
- Singh, V. K. (2024). A Study on the Future of Smart Villages: Integrating Technology for Rural Development. *Educational Administration: Theory and Practice*, 30 (1), 4350, 4356.  
<https://kuey.net/index.php/kuey/article/download/8018/6013/15553>
- Sinha, P. K., Akhtar, M. A. K., & Kumar, A. (2024). Impact of Internet of Things applications in smart villages. *Proceedings of the Workshop on Advances in Computational Intelligence (ACI 2023)*, co-located with the 2nd International Conference on Artificial Intelligence and Data Science (ICAIDS 2023) (pp. 210–222). Hyderabad, Telangana, India: *CEUR Workshop Proceedings*.  
<https://ceur-ws.org/Vol-3706/Paper17>
- Solodovnik, A. I., Savkin, V. I., & Amelina, A. V. (2021). The role of the Internet of Things as direction for the development of agriculture 4.0 for rural areas. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 839(3), 032040.  
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/839/3/032040>
- Solodovnik, A. I., Savkin, V. I., & Amelina, A. V. (2021, September). The role of the internet of things as direction for the development of agriculture 4.0 for rural areas. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 839(3).  
<https://search.eitaa.com/?url=https://doi.org/10.1088/1755-1315/839/3/032040>
- Sutriadi, R. (2018). Defining smart city, smart region, smart village, and technopolis as an innovative concept in Indonesia's urban and regional development themes to reach sustainability. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 202(1), 012047.  
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/202/1/012047>
- Visvizi, A., & Lytras, M. D. (2020). *Sustainable Smart Cities and Smart Villages Research: Rethinking Security, Safety, Well-being, and Happiness*. Sustainability, 12(1), 215.  
<https://doi.org/10.3390/su12010215>
- World Commission on Environment and Development (WCED). (1987). *Our common future*. Oxford: Oxford University Press.  
[https://www.un.org/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/42/427](https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/42/427)