

## اولویت‌بندی حوزه‌های کاربرد فناوری اینترنت اشیا در ایران: فرصتی برای هم‌پایی اقتصادی

DOI: 20.1001.1.24767220.1400.11.4.3.7

حامد نوذری<sup>۱</sup>

محمد ابراهیم صادقی<sup>۲</sup>

محمد فلاح<sup>۳</sup>

### چکیده

فناوری اینترنت اشیا یکی از موج‌های بلند فناوری است که به‌منزله سکویی برای صعود یا سقوط کشورها در مسیر توسعه اقتصادی عمل خواهد کرد. کشورها و شرکت‌هایی که از فرصت‌های پیش روی این فناوری استفاده کنند، می‌توانند به جمع پیشتازان جهانی ملحق شوند و چندین دهه جایگاه خود را تثبیت کنند. در سال‌های گذشته، ایران فعالیت‌های گسترده‌ای را به‌منظور توسعه فناوری‌های گوناگون انجام داده است، اما به علت کثرت حوزه‌های فناوری و پخش شدن توان کشور در حوزه‌های متنوع، انباشت کافی دانش و سرمایه در یک بخش صورت نپذیرفته تا امکان سرریز آن به سایر بخش‌های صنعتی و اقتصادی نیز فراهم شود. به‌منظور هم‌پایی اقتصادی باید در چندین بخش صنعتی و فناوری جهش صورت پذیرد تا کشوری بتواند توسعه یابد. اما از آنجاکه فناوری اینترنت اشیا یک فناوری عام بوده و در همه بخش‌ها کاربرد دارد، دوباره خطر پخش شدن توان علمی و سرمایه‌ای کشور در حوزه‌های متعدد آن وجود دارد؛ بنابراین ضروری است با تمرکز بر حوزه‌های اولویت‌دار، انباشت دانش و در پی آن انباشت سرمایه و ثروت هم انجام شود تا بتوان با سرریز به سایر بخش‌ها فرصت را برای جهش اقتصادی کشور فراهم کرد. با توجه این امر، در این پژوهش کوشیده شده است بخش‌های کاربردی فناوری اینترنت اشیا، که می‌توانند جهش فناوری و اقتصادی به‌وجود آورند، شناسایی شوند و سپس با استفاده از رویکرد مدل‌سازی غیرخطی میزان اهمیت و اولویت این بخش‌ها مشخص شوند. نتایج نشان داد که تمرکز بر هوشمندسازی حوزه انرژی در ایران بالاترین مزیت را داشته و تمرکز بر این بخش می‌تواند رشد اقتصادی و فناوری جامعه را تضمین کند.

واژگان کلیدی: فناوری اینترنت اشیا، هم‌پایی اقتصادی، جهش صنعتی، جهش فناوری، سرریز دانش، مدل‌سازی غیرخطی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۰۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۱/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۰۷

۱. گروه مهندسی صنایع دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی (نویسنده مسئول): ham.nozari.eng@iauctb.ac.ir

۲. گروه مدیریتی صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران؛

۳. گروه مهندسی صنایع دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی..

## مقدمه

خود معطوف داشته و بر روی آن‌ها مطالعات گسترده‌ای انجام شده است (Liu et al., 2019).

در سال‌های اخیر تحقیقات متعددی بر روی فناوری‌های نوین، که فناوری‌های عام در نظر گرفته می‌شوند، انجام شده است؛ برای مثال لیاو و همکاران فناوری اطلاعات و ارتباطات را در حکم فناوری عام بررسی و بهره‌وری این فناوری را مطالعه کردند (Liao et al., 2016). تحقیقات دیگر همچون استرومایر و رینر نیز نشان می‌دهد فناوری اطلاعات و ارتباطات در حکم فناوری عام نقش شایانی در افزایش بهره‌وری کل صنایع و اقتصاد در کشور دانمارک داشته است (Strohmaier and Rainer, 2016). مطالعه کلارک و همکاران نیز نشان می‌دهد که اینترنت فناوری عام بوده و تأثیر بسزایی در افزایش بهره‌وری شرکت‌ها، فارغ از اندازه، سطح فناوری یا کشور آن‌ها دارد (Clarke et al, 2015).

یکی از فناوری‌های نوظهوری که به نظر می‌رسد در سال‌های آینده در حکم فناوری عام عمل خواهد کرد و تأثیر بسزایی در بهره‌وری اقتصاد و صنایع خواهد گذاشت فناوری اینترنت اشیا است. این فناوری، نسل آینده فناوری‌های ارتباطات و اطلاعات است که با ترکیب آن‌ها، دستاوردهای بزرگی را برای توسعه جوامع به ارمغان خواهد آورد. ادکوئیست و همکاران در تحقیق خود با استفاده از داده‌های اقتصادی، نشان می‌دهند که اینترنت اشیا به‌منزله فناوری عام عمل خواهد کرد و نقش مکمل نوآورانه برای انقلاب دیجیتال را ایفا خواهد کرد. آن‌ها این فناوری را زمینه‌ساز انقلاب صنعتی چهارم می‌دانند. آن‌ها بیان می‌دارند که لحاظ آماری هم‌پوشانی چشمگیری میان میزان اتصالات اینترنت اشیا و رشد بهره‌وری کل وجود دارد. طبق تحقیق آن‌ها، در کوتاه‌مدت به‌ازای هر ۱۰ درصد افزایش در اتصالات اینترنت اشیا برای هر فرد، معادل ۰/۲۳ درصد در شاخص بهره‌وری کل افزایش خواهیم داشت و در بلندمدت پیش‌بینی‌ها براساس حسابداری رشد، بیانگر افزایش ۰/۹۹ درصدی رشد شاخص بهره‌وری کل به‌صورت سالانه تا سال ۲۰۳۰ است. این به معنی ۸۵۰ میلیارد دلار افزایش تولید ناخالص دنیا در این دوره به‌صورت سالانه با قیمت‌های ثابت سال ۲۰۱۸ است (Edquist et al., 2019).

لی در کتاب خود، همپایی اقتصادی را کاهش فاصله میان کشورهای پیش‌تاز و اقتصادهای دیرآمده می‌داند و برای این منظور مسیر کلی ارائه می‌دهد که عبارت است از انتخاب نقطه ورود مناسب، یافتن مسیر میانبر مناسب و درنهایت جهش. به‌منظور یافتن نقطه ورود مناسب باید پس از بررسی زنجیره ارزش تولیدات در یک فناوری، بخش‌هایی را که هنوز اشغال و یا اشباع نشده‌اند شناسایی کرد و پس از آن، با طراحی مسیر ویژه کشور خود، زمینه‌ساز شکل‌گیری جهش شد. وی همچنین انقلاب صنعتی چهارم را یکی از فرصت‌های پیش‌رو به‌منظور جهش در کشورهای در حال توسعه می‌داند. یکی از فناوری‌های اساسی در

شکل‌گیری فناوری‌های نوین، که مسیرهای تازه‌ای را در حل مسائل باز می‌کنند، به یکی از واقعیات جهان مدرن تبدیل شده است، اما جامعه هدف این فناوری‌های جدید و نوظهور عموماً به بخش خاصی از صنایع یا خدمات محدود بوده و سطح کمی از جامعه را دربر می‌گیرد. اما برخی از فناوری‌ها ویژگی‌هایی دارند که در اصطلاح به آن‌ها عام یا با کاربرد عمومی<sup>۱</sup> می‌گویند. این فناوری‌ها کاربردهای بسیار گسترده‌ای داشته و در همه صنایع رسوخ کرده‌اند. این فناوری‌ها، نه فقط صنایع را تغییر می‌دهند، بلکه عصر جدیدی از زندگی بشر و نوع جدیدی از ساختارهای اجتماعی و سبک زندگی را بنا می‌نهند.

حدود دو دهه قبل، مفهوم «تکنولوژی‌های عام» وارد تحلیل‌های اقتصادی مربوط به تغییرات فنی و رشد شد (Bresnahan and Trajtenberg, 1995). دیدگاه فناوری‌های عام تا حدود زیادی از مطالعات تاریخ رشد اقتصادی الهام گرفته است. این دیدگاه در مطالعه فناوری‌های اصلی گذشته ریشه دارد، فناوری‌هایی مانند بخار و الکتروسیسته که طبق نظر مورخان اقتصادی نقش محوری در توسعه اقتصادی داشته‌اند. در تکمیل این مطالعات در حوزه اقتصاد مدرن، برسناهان و ترای‌تینبرگ، کامپیوترها را به‌منزله فناوری عام بررسی کردند. ترای‌تینبرگ بر تأثیر استفاده از کامپیوترها در حوزه سلامت و تجهیزات پزشکی خصوصاً سی‌تی‌اسکن‌ها تمرکز کرده بود و برسناهان نیز بر تأثیرات بهره‌گیری از کامپیوترها در خدمات مالی کار کرده بود (Bresnahan, 2010). پس از فناوری‌های بخار، الکتروسیسته و کامپیوترها، فناوری‌های ارتباطی به‌منزله مهم‌ترین فناوری‌های برافکن، در قالب فناوری عام، مطالعه شدند. این فناوری‌ها این قابلیت را دارند که می‌توانند از یک‌سو به‌منزله ورودی در بسیاری از محصولات و فرایندها استفاده شوند و از سوی دیگر، مکملی برای فناوری‌های موجود و جدید باشند و در حکم موتور رشد اقتصاد نقش آفرینی کنند (Petralia, 2020). به فناوری‌های عام به‌منزله موتور توسعه صنایع و حتی کشورها توجه شده است و از آن‌ها برای تبیین نظریه موج‌های بلند فناوری استفاده کرده‌اند (Korzinov and Savin, 2018). این فناوری‌ها موتور پیش‌ران تنوع‌بخشی هستند و به‌مثابه پلی برای برقراری ارتباط میان بخش‌ها و صنایع گوناگون عمل می‌کنند (Qiu and Cantwell, 2018). این فناوری‌ها بهره‌وری را به‌صورت چشمگیری افزایش می‌دهند؛ ازمین‌رو بسیاری از کشورهای پیشرفته همچون آمریکا و ژاپن برنامه‌ها و راهبردهای خود را برای توسعه فناوری‌های عام طرح‌ریزی کرده‌اند. از مهم‌ترین این فناوری‌ها می‌توان به فناوری اطلاعات و ارتباطات اشاره کرد که توجه بسیاری از کشورها را به

1. General Purpose

نتیجه‌گیری در بخش پنجم ارائه می‌شود.

### ۱. پیشینه تحقیق

برای نخستین بار کوین اشتون در سال ۱۹۹۹ عبارت اینترنت اشیا را در شرکت پروکتر اند گمبل<sup>۲</sup> مطرح کرد (Ashton, 2009). او در یک مرکز تحقیقاتی<sup>۳</sup> در دانشگاه ام‌آی‌تی<sup>۴</sup> فعال بود. در کمتر از یک دهه از مطرح شدن این مفهوم، در سال ۲۰۰۸ تعداد اشیا<sup>۵</sup> که باهم مرتبط بودند از جمعیت کره زمین فراتر رفت (Marr, 2015) و پیش‌بینی شده است که تا پایان سال ۲۰۲۵، تعدادشان به بیش از ۷۵ میلیارد شیء متصل به هم برسد (Rahim et al., 2021). طبق برآوردها تا سال ۲۰۲۲، اتصالات اینترنت اشیا بیش از نیمی از کل اتصالات و تجهیزات متصل به اینترنت را پوشش و بیش از ۶ درصد از کل ترافیک جهانی را به خود اختصاص خواهد داد (Tuysuz and Trestian, 2020). در آینده نزدیک، اینترنت اشیا در زندگی روزمره ما رسوخ خواهد کرد. پیش‌بینی می‌شود که همه مشاغل از اینترنت اشیا تأثیر بپذیرند. عبارت اینترنت اشیا به شبکه‌سازی اشیا<sup>۵</sup> همچون حسگرهای تعبیه‌شده، عملگرها و تجهیزاتی که جمع‌آوری و ارسال داده را میسر می‌سازند اطلاق می‌شود. اکوسیستم اینترنت اشیا شامل حسگرها، عملگرها، سیستم‌های تعبیه‌شده،<sup>۵</sup> اتصال، تحلیل داده و رایانش ابری است (Kumar et al., 2016).

طبق تحقیقات انجام‌شده، حجم بازار مستقیم تجهیزات اینترنت اشیا در سال ۲۰۱۸ نزدیک به ۲ میلیارد دلار بوده که این میزان تا سال ۲۰۲۶ به بیش از ۱۱ میلیارد دلار خواهد رسید (Wang et al., 2021). این تجهیزات توانایی خلق ارزش بسیار بالایی را در بخش‌های گوناگون دارند. برای مثال طبق برآوردها ارزش بازار اینترنت اشیا در صنعت خودرو در سال ۲۰۱۶ بیش از ۲۰ میلیارد دلار بوده است که تا سال ۲۰۲۳ به بیش از ۱۰۰ میلیارد دلار خواهد رسید (Rahim et al., 2021). طبق پیش‌بینی‌ها فناوری اینترنت اشیا در سال ۲۰۲۵ می‌تواند بین ۳۹۰۰ تا ۱۱۱۰۰ میلیارد دلار در اقتصاد جهان تأثیر بگذارد. پیش‌بینی‌ها نشان‌دهنده آن است که این فناوری می‌تواند در سال ۲۰۲۵ بر روی ۴ تا ۱۱ درصد از کل تولید ناخالص دنیا اثرگذار باشد (Edquist et al., 2019).

براساس تعریف اتحادیه بین‌المللی ارتباطات، اینترنت اشیا زیرساختی جهانی برای جامعه اطلاعاتی است که خدمات پیشرفته‌ای را از طریق اتصال اشیا فیزیکی و مجازی به یکدیگر - براساس فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی سازگار موجود و در حال تکامل - میسر می‌سازد (Levi and Sarimurat, 2016). چندین

این انقلاب، اینترنت اشیاست که با فناوری‌هایی همچون هوش مصنوعی و بزرگ داده درهم تنیده است. یکی از پنجره‌های فرصت موجود در انقلاب صنعتی چهارم، پراکندگی و یکپارچه‌نبودن فرایندهای تولید است که می‌تواند نقاط ورود مناسبی را برای اقتصادهای در حال توسعه فراهم آورد. این فرصت می‌تواند زمینه‌ساز بروز جهش در این اقتصادها شود. مهم‌ترین نوع جهش، جهش فرابخشی<sup>۱</sup> است. در این نوع جهش، میان نسل‌های فناوری پرش اتفاق می‌افتد که امکان شکل‌گیری جهش‌های بزرگ‌تر را فراهم می‌آورد (Lee, 2019).

فناوری اطلاعات و ارتباطات در حال تکامل به محیط ارتباطی جدید یعنی اینترنت اشیاست (Nguyen et al., 2020). اینترنت اشیا یکی از پویاترین حوزه‌ها را در چشم‌انداز فناوری اطلاعات ارائه کرده است. علت آن نیز یکپارچه‌سازی فناوری‌های بسیار ناهمگون و نیز ظهور کاربردهای جدید مبتنی بر فناوری اینترنت اشیا در حوزه‌های گوناگون است. (Casola et al., 2019). اینترنت اشیا پارادایمی نو ظهور برای اتصال تجهیزات فیزیکی، با هدف یکپارچه‌سازی بی‌واسطه دنیای فیزیکی به سیستم‌های کامپیوتری است که به کارایی بیشتر، کاربردهای جدید و رشد اقتصادی منجر می‌شود (Asghari et al., 2019). فناوری اینترنت اشیا در بردارنده پنجره فرصت برای جهش فرابخشی است و از این رو فرصت را برای شکل‌گیری جهشی بزرگ در کشورهای در حال توسعه فراهم می‌کند.

اما باید توجه داشت که بر مبنای دیدگاه نظام‌های نوآوری، بر بخشی که در ادبیات جهش اقتصادی تأکید شده، تمامی بخش‌ها و صنایع از منظر جهش اقتصادی قابلیت‌ها و فرصت‌های یکسانی را پیش رو ندارند بنابراین موضوع انتخاب میان فناوری‌ها موضوعی مهم خواهد بود. بر این اساس ضروری است تا بخش صنعت یا فناوری کلیدی از میان سایرین انتخاب و سپس در آن متخصص شد (Lee, 2019).

با توجه به اهمیت بالای این فناوری و موج بلند اقتصادی ناشی از آن، در این تحقیق به دنبال شناسایی و اولویت‌بندی مهم‌ترین حوزه‌های کاربردی این فناوری در کشوریم. این فناوری در آینده نزدیک همه بخش‌های کاربردی و صنایع را تحت تأثیر قرار خواهد داد و انتخاب حوزه‌های پیشران این فناوری در کشور می‌تواند تأثیر بسزایی در توسعه اقتصادی کشور و سیاست‌گذاری‌های آینده داشته باشد. به‌منظور بررسی مسئله پیش رو، ساختار این مقاله به‌صورت زیر خواهد بود.

پس از مقدمه در بخش دوم، ادبیات موضوع بررسی می‌شود. در بخش سوم، روش تحقیق ارائه و متدولوژی حل مسئله تبیین می‌شود. در بخش چهارم، یافته‌های پژوهش تحلیل و در نهایت

2. Procter and Gamble (P&G)

3. Auto-ID

4. Massachusetts Institute of Technology (MIT)

5. Embedded

1. Intra-Sectoral Leapfrogging

فناوری‌های معنایی<sup>۵</sup> امکان رونق اینترنت اشیا را فراهم کرد (Hui et al., 2016). هالر و همکاران (2014) خاطر نشان کردند که علت اصلی جهش اینترنت اشیا فعال‌سازی فناوری‌های با هزینه مناسب است (Holler et al., 2014).

ظهور اینترنت اشیا الگوی تفکر سنتی را ارتقا می‌دهد و امکان اتصال بسیاری از اشیای موجود در محیط - اگر نگوئیم همه - را در چارچوب شبکه فراهم می‌آورد. این فناوری، خودروها، لوازم خانگی و سایر تجهیزات الکترونیکی را بر روی شبکه به یکدیگر متصل می‌کند و در نتیجه برای بشر زندگی هوشمندانه‌تری را به ارمغان می‌آورد؛ زیرا سیستم امکان شناسایی، موقعیت‌یابی، رهگیری و نظارت بلادرنگ خواهد داشت و به‌صورت خودکار در برابر وقایع پاسخ خواهد داد (Wang et al., 2019).

تأثیر اینترنت اشیا برای بسیاری هم‌اکنون واقعیتی روزانه است و انتظار می‌رود افزایش یابد. این فناوری در کاربردهایی که کیفیت محیط و خودکارسازی فرایندهای شرکتی را در گستره دانشی متنوعی ارتقا می‌دهد، مشارکت همه‌جانبه‌ای دارد (Teixeira et al., 2020).

اینترنت اشیا مفهومی از یک زیرساخت شبکه هوشمند است که در آن بسیاری از اشیایی که هویت مستقل دارند (برای مثال، حسگرها، عملگرها، تجهیزات بی‌سیم و...) با یکدیگر مرتبط‌اند تا بتوانند وظایف پیچیده‌ای را به‌صورت مشارکتی انجام دهند. اینترنت اشیا در حوزه‌هایی همچون شبکه توزیع انرژی هوشمند، ساختمان، نظام‌های مراقبت از سلامت، حمل‌ونقل، پایش محیط‌زیست و مدیریت ترافیک خواهند داشت. فناوری ارتباطات یکی از مؤلفه‌های اصلی زیرساخت اینترنت اشیاست و به همراه فناوری شناسایی فرکانس رادیویی اینترنت اشیا میراث‌دار فناوری‌های توسعه‌یافته برای شبکه‌های حسگر بی‌سیم به‌منظور پشتیبانی از طیف وسیعی از کاربردهاست (Nguyen et al., 2016).

اینترنت اشیا از تجهیزاتی با سطح پیچیدگی و کارکردی متفاوت تشکیل شده است که همگی به زیرساخت اطلاعاتی جهانی اینترنت متصل‌اند. یک سرطیف می‌تواند شامل یک حسگر ساده دما باشد و سر دیگر طیف چیزی شبیه به سکوی پرتاب موشک. برخی از این تجهیزات اینترنت اشیا فاقد سیستم‌عامل‌اند و برخی نیز سیستم‌عامل بسیار کوچک در بخش خدمات کلاینت‌اند. نقش اصلی اینترنت اشیا پشتیبانی از ساختارهای اجتماعی است. این موجودیت‌ها خانه، بزرگراه، فرودگاه، و مدارس را دربر می‌گیرند. برای مثال یک خانه شامل لوازمی مانند یخچال و تستر است. همچنین اینترنت اشیا می‌تواند سیستم‌های نظارتی دوربین‌دار را پشتیبانی کند و یا اینکه از سیستم‌های درمانی برای ساکنان حمایت کند. همچنین می‌تواند شامل سیستم‌های ترکیبی مدیریت انرژی

شیء فیزیکی می‌تواند در اینترنت اشیا با یکدیگر مرتبط شوند و داده‌ها را بر بستر اینترنت تبادل و جمع‌آوری کنند. تحول دیجیتال در پی انقلاب چهارم صنعتی، به‌ویژه با توسعه اینترنت اشیا، در سرتاسر جهان در حال رخدادن است و حوزه‌های گوناگون زندگی بشر مانند حمل‌ونقل، سلامت و دارو، مدیریت انرژی و ماشین‌های خودران را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Nguyen et al., 2020). بخش کشاورزی نیز از اینترنت اشیا متأثر خواهد شد. فناوری‌های نوظهور اینترنت اشیا، پتانسیل بالایی برای راه‌حل‌های جدیدتر و توسعه کاربردهای هوشمندتر، که می‌تواند همه ابعاد بخش کشاورزی را ارتقا دهد، مطرح می‌کنند (Glaroudis et al., 2020).

اینترنت اشیا حوزه‌های کاربردی متنوعی دارد، مانند پایش هوشمند ترافیک، خانه هوشمند، تجهیزات پوشیدنی، صنایع و شهر هوشمند. در محیط اینترنت اشیا ابری، از پلتفرم‌های ابری برای ذخیره‌سازی داده‌های حسگرهای اینترنت اشیا استفاده می‌شود. این محیط به‌شدت مقیاس‌پذیری است و پردازش بلادرنگ رخدادها را میسر می‌سازد که در برخی از شرایط (برای مثال در کاربردهای پایش و مراقبت) جنبه حیاتی دارد. بنابراین، کاربردهای مبتنی بر اینترنت اشیا به یکی از بخش‌های ضروری زندگی روزمره ما تبدیل می‌شود (Wazid et al., 2020).

اینترنت اشیا فناوری در حال ظهور است که قصد دارد هر شیء را از طریق اتصال آن به اینترنت به شیئی هوشمند تبدیل کند. این امر به ما این امکان را می‌دهد تا بتوانیم هر شیء قابل لمسی را از راه دور کنترل کنیم (Dehury and Sahoo, 2016). در اینترنت اشیا، برای هر چیزی قابلیت ارسال و دریافت داده وجود خواهد داشت. تجهیزات گوناگون به‌طور مستمر به جمع‌آوری اطلاعات درباره محیط پیرامون خود می‌پردازند و از ارتباطات خود برای تعامل مستقل با یکدیگر و سرورهای ابری که دارای واحدهای تجمیع داده‌اند، استفاده می‌کنند (Mazzei et al., 2020). داده‌ها از روی بسترهای گوناگون منتقل خواهند شد و سطحی از هوشمندی را به وجود خواهند آورد که تاکنون تجربه نشده است. به بیان دیگر، در این فناوری اشیا متنوع با فناوری‌های گوناگون و با پروتکل‌های متفاوت به یکدیگر متصل می‌شوند و به تبادل اطلاعات می‌پردازند و سطح بالاتری از دانش را برای نظارت، کنترل و تصمیم‌گیری در موضوعات متنوع فراهم می‌آورند.

دیدگاه جمع‌آوری خودکار داده‌ها با استفاده از شناسایی فرکانس رادیویی<sup>۱</sup> و فناوری حسگرها، همراه با ادامه توسعه در شبکه‌های حسگر بی‌سیم<sup>۲</sup>، معماری‌های ماشین به ماشین<sup>۳</sup>، هوش مصنوعی<sup>۴</sup> و

1. Radio Frequency Identification (RFID)

2. Wireless Sensor Networks (WSNs)

3. Machine-to-Machine (M2M)

4. Artificial Intelligence (AI)

برای خانه‌ها با تلفیقی از شبکه توزیع، باد، و منابع انرژی خورشیدی باشد. به‌طور مشابه، فرودگاه‌ها علاوه بر داشتن خدمات مربوط به تجهیزات اینترنت اشیا برای پشتیبانی از هواپیما، خدماتی نیز برای پشتیبانی از مسافران خواهند داشت. فعالیت‌های گوناگونی همچون خرید، خوردن، تفریح و سرگرمی طیف وسیعی از ابزارهای مبتنی بر اینترنت اشیا را شامل خواهد شد (Hamadeh et al., 2016). در جدول ۱، کاربردهای اصلی فناوری اینترنت اشیا، که در ادبیات موضوع به آن اشاره شده است، مشاهده می‌شود.

جدول ۱: کاربردهای اصلی فناوری اینترنت اشیا

کاربردها	مراجع
ساختمان هوشمند	Nguyen et al., 2016; Hamadeh et al., 2016; Wazid et al., 2020; Casola et al., 2019; Hui et al., 2016; Hassan et al., 2020; Khanna and Kaur, 2020; Porkodi and Bhuvanewari, 2014; Sethi and Sarangi, 2017; Lee and Lee, 2015
سلامت هوشمند	Nguyen et al., 2016; Nguyen et al., 2020; Wazid et al., 2020; Casola et al., 2019; Hui et al., 2016; Hassan et al., 2020; Khanna and Kaur, 2020; Porkodi and Bhuvanewari, 2014; Sethi and Sarangi, 2017; Chen et al., 2014; Lee and Lee, 2015
انرژی هوشمند	Nguyen et al., 2016; Nguyen et al., 2020; Hassan et al., 2020; Khanna and Kaur, 2020; Porkodi and Bhuvanewari, 2014; Sethi and Sarangi, 2017; Lee and Lee, 2015; Hamadeh et al., 2016
حمل و نقل هوشمند	Hamadeh et al., 2016; Nguyen et al., 2016; Nguyen et al., 2020; Wazid et al., 2020; Casola et al., 2019; Hui et al., 2016; Zhai et al., 2016; Hassan et al., 2020; Khanna and Kaur, 2020; Porkodi and Bhuvanewari, 2014; Sethi and Sarangi, 2017; Chen et al., 2014; Lee and Lee, 2015.
صنعت هوشمند	Casola et al., 2019; Drath and Horch, 2014; Zhai et al., 2016; (Hassan et al., 2020; Khanna and Kaur, 2020; Porkodi and Bhuvanewari, 2014; Chen et al., 2014; Wazid et al., 2020
کشاورزی هوشمند	Zhai et al., 2016; Hassan et al., 2020; Porkodi and Bhuvanewari, 2014; Sethi and Sarangi, 2017; Chen et al., 2014; Khanna and Kaur, 2020; Glaroudis et al., 2020

عوامل مؤثر در کاربرد اینترنت اشیا در دولت باز (Bahrami et al., 2020)، شناسایی و اولویت‌بندی کاربردهای اینترنت اشیا در هوشمندسازی شهرها (مطالعه موردی: شهر تهران) (Mohammadi, 2019) اشاره کرد. در برخی از تحقیقات به‌منظور ارائه چارچوبی برای انتخاب خدمات‌های اینترنت اشیا توسط کاربران از دیدگاه کمی (Baranwal et al., 2020) و یا از اولویت‌بندی چالش‌های اینترنت اشیا در ایران (Mohammadzadeh et al., 2018) استفاده شده است. تاکنون هیچ تحقیقی با موضوع اولویت‌بندی بخش‌های کاربردی فناوری اینترنت اشیا از منظر سیاست‌گذاری ملی به‌منظور کسب حداکثر استفاده از این فناوری انجام نشده است. بنابراین یک خلأ مطالعاتی در این حوزه وجود دارد که در این تحقیق قصد داریم به آن بپردازیم.

## ۲. روش تحقیق

روش پژوهش حاضر از نوع پیمایشی و از نظر هدف کاربردی است؛ زیرا درصدد به‌کارگیری روش تصمیم‌گیری به‌منظور اولویت‌بندی بخش‌های کاربردی فناوری اینترنت اشیا و انتخاب مناسب‌ترین کاربرد برای کشور است. بسیاری از اطلاعات این پژوهش با ارسال و تکمیل پرسش‌نامه به‌دست متخصصان و خبرگان حوزه مطالعه شده جمع‌آوری شده است. این خبرگان

بنابر مطالعات ذکر شده در جدول ۱، می‌توان مهم‌ترین کاربردهای فناوری اینترنت اشیا را در موارد زیر خلاصه کرد:

- ۱) ساختمان هوشمند؛
- ۲) سلامت هوشمند؛
- ۳) انرژی هوشمند؛
- ۴) حمل و نقل هوشمند؛
- ۵) صنعت هوشمند؛
- ۶) کشاورزی هوشمند.

در تحقیقات گوناگون حوزه‌های اینترنت اشیا از نظر کمی بررسی شده است. در عمده این مطالعات، از قبل حوزه محوری مدنظر انتخاب شده و در آن حوزه کاربردی، اولویت‌های اصلی شناسایی شده‌اند. برای نمونه می‌توان به اولویت‌بندی کاربردهای فناوری اینترنت اشیا در بخش آموزش و پرورش (Elmi Sola, 2017)، شناسایی و طبقه‌بندی کاربردهای نوآورانه اینترنت اشیا در بازاریابی دیجیتال (Mohammadian et al., 2019)، اولویت‌بندی کاربردهای اینترنت اشیا برای نوآوری در آمیخته بازاریابی (ibid)، شناسایی و رتبه‌بندی خدمات اینترنت اشیا در حوزه سلامت (Ronaghi and Hosseini, 2018; Ghasemi et al., 2016; Ramezani, 2017)، اولویت‌بندی کاربردهای فناوری اینترنت اشیا در توسعه پایدار (Farajzadeh et al., 2018)، شناسایی و اولویت‌بندی



بخش‌های کاربردی فناوری اینترنت اشیا و انتخاب مناسب‌ترین کاربرد برای کشور، از یک روش رتبه‌بندی ریاضی غیرخطی و فازی استفاده می‌شود. این روش بر مبنای روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی است.

پس از نظرخواهی از خبرگان، با استفاده از انجام مصاحبه و همچنین اخذ امتیاز برای شاخص‌های استخراج‌شده از مرور ادبیات موضوع با استفاده از ارسال پرسش‌نامه و جمع‌بندی نظریات، موارد زیر به‌منزله مهم‌ترین شاخص‌ها مطرح شد:

۱) **حجم بازار داخلی:** هرچه حجم بازار داخلی حوزه‌های صنعتی و فناوریانه بزرگ‌تر باشد، انتخاب آن برای اولویت سیاست‌گذاری در کشور بالاتر است؛

۲) **حجم تجارت جهانی:** حجم تجارت جهانی نشان‌دهنده فرصتی برای خلق ثروت و ارزآوری برای کشور است که هرچه حجم آن بزرگ‌تر باشد، نشان‌دهنده پتانسیل بیشتر آن برای سرمایه‌گذاری در کشور است؛

۳) **محیط‌زیست:** آلودگی‌های صنعتی یکی از معضلات دنیای مدرن است. هرچه میزان آلاینده‌های یک صنعت یا فناوری کمتر باشد و امکان حفظ یا ارتقای محیط‌زیست را فراهم آورد، به توسعه پایدار منجر خواهد شد و از منظر سیاست‌گذاری کلان‌کشوری اهمیت بیشتری می‌یابد؛

۴) **اشتغال‌زایی:** میزان اشتغال‌زایی در یک بخش صنعتی، عامل مهمی در تصمیم‌گیری‌های ملی است. بنابراین با میزان سرمایه‌گذاری ثابت، هرچه میزان اشتغال‌زایی بیشتر باشد، آن بخش صنعتی از منظر سیاست‌گذاری کلان‌اولویت بیشتری پیدا می‌کند؛

۵) **سرمایه‌گذاری:** با توجه به محدودیت منابع مالی در کشور، میزان سرمایه‌گذاری لازم برای توسعه یک فناوری یا صنعت، عامل اصلی در تصمیمات حاکمیتی است؛

۶) **ارزش‌افزوده:** میزان ارزش‌افزوده تولیدشده در هر بخش، عامل مهمی در انتخاب آن برای ورود کشور و تلاش برای موفقیت در آن است؛

۷) **قدرت نرم:** پیشگامی در برخی از صنایع و فناوری‌ها علاوه بر شاخص‌های اقتصادی، به ایجاد قدرت نرم برای کشورها منجر می‌شود. افزایش قدرت نرم به بهبود تصویر کلی از کشورها در سطح جهانی منجر می‌شود و قابلیت اعمال قدرت در سطح جهانی را با ایجاد دست بالاتر در یک فناوری یا بخشی خاص فراهم می‌آورد؛

۸) **بهره‌وری:** یکی از علل اصلی توسعه فناوری‌ها ایجاد بهره‌وری در سطح جامعه و صنایع است. هرچه میزان بهره‌وری ایجادشده بیشتر باشد و قابلیت اثرگذاری در بهره‌وری کل اجتماع را داشته باشد، از منظر سیاست‌گذاری، آن فناوری اولویت بالاتری خواهد داشت.

واجد سه ویژگی، شامل آشنایی با فناوری‌های پیشرفته به‌ویژه اینترنت اشیا، تجربه سیاست‌گذاری فناوری‌های پیشرفته و آشنایی و ارتباط با شرکت‌های دانش‌بنیان است. با توجه به این ویژگی‌ها، جامعه خبرگان این تحقیق در کشور از پیش مشخص شده نیستند. در تحقیقاتی که دسترسی به نمونه آماری ویژگی‌های مدنظر دشوار یا کمیاب داشته باشند، از روش نمونه‌گیری گلوله‌برفی استفاده می‌شود (Johnson, 2014; Naderifar et al., 2017).

بنابراین به‌منظور شناسایی خبرگان این حوزه، از روش گلوله‌برفی استفاده شد. برای این منظور در گام نخست، سه نفر از خبرگان این حوزه شناسایی شدند و از آن‌ها خواسته شد تا سایر خبرگان این حوزه را که چنین ویژگی‌هایی دارند معرفی کنند. پس از سه دور معرفی خبرگان جدید از طریق خبرگان قبلی، به تکرار اسامی معرفی‌شدگان رسیدیم. تعداد خبرگان شناسایی‌شده چهارده نفرند که تحصیلات دانشگاهی‌شان با رشته‌های الکترونیک، مخابرات و فناوری اطلاعات مرتبط است و سابقه همکاری با نهادهای سیاست‌گذار حاکمیتی مانند معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری، مرکز همکاری‌های تحول و پیشرفت، شورای عالی فضای مجازی، پژوهشگاه نیرو و پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات و ... و همچنین ارتباط نزدیک با بسیاری از شرکت‌های دانش‌بنیان کشور را دارند.

ساختار شبکه‌ای مسئله با استفاده از بررسی کتابخانه‌ای و مرور ادبیات و همچنین مصاحبه با خبرگان حاصل و سپس با استفاده از نظر خبرگان این ساختار صحت‌سنجی شده است. به‌منظور هم‌راستایی پاسخنامه‌ها سعی شده است که پاسخ‌های خبرگان به‌صورت مشاهده‌ای کنترل شود. چارچوب ارزیابی این پژوهش به‌اختصار شامل مراحل زیر است.

۱. شناسایی معیارها و گزینه‌ها: برای دستیابی به این هدف از مطالعات کتابخانه‌ای و ادبیات موضوع استفاده شد. این عوامل با استفاده از نظر خبرگان پالایش و صحت‌سنجی شد.

۲. ایجاد ساختار سلسله‌مراتبی: ساختار سلسله‌مراتبی با استفاده از سطوح هدف و معیار و گزینه ایجاد شد.

۳. ایجاد ماتریس‌های قضاوت فازی: برای تحلیل و اولویت‌بندی بخش‌های کاربردی فناوری اینترنت اشیا و انتخاب مناسب‌ترین کاربرد برای کشور، از ماتریس‌های توافقی قضاوت فازی براساس نظریات خبرگان و بر مبنای روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) استفاده می‌شود. بنابراین به‌منظور تبیین ترجیحات افراد و تحلیل نظریات آن‌ها از معیارهای زبانی استفاده می‌شود. معیارهای زبانی برای مقایسات زوجی فازی استفاده‌شده در این پژوهش در جدول ۳ مشاهده می‌شود. این مقیاس‌ها براساس اعداد مثلثی فازی است. ۴. طراحی و حل مدل ریاضی غیرخطی فازی: به‌منظور رتبه‌بندی

جدول ۲: معیارهای زبانی برای مقایسات زوجی فازی

مقادیر زبانی	معادل فازی
خیلی کم	(۱،۲،۳)
کم	(۴،۲،۳)
متوسط	(۵،۴،۳)
زیاد	(۶،۵،۴)
خیلی زیاد	(۷،۶،۵)

### ۳. روش برنامه‌ریزی ترجیحی فازی گروهی

در این پژوهش، از روش رتبه‌بندی فازی برمبنای تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شده است. این روش را برای اولین بار میخایلوو در سال ۲۰۰۳ ارائه کرد (Mikhailov, 2003). در این روش، ابتدا ماتریس ادغامی مقایسات زوجی فازی برمبنای اعداد مثلثی و معیارهای زبانی (جدول ۱) حاصل می‌شود. سپس این مقادیر حاصل‌شده، با استفاده از روش مدل‌سازی ریاضی غیرخطی فازی (رابطه ۱) به منظور رتبه‌بندی معیارها استفاده می‌شوند.

$$\begin{aligned} & \max \lambda \\ & s.t: (m_{ij} - l_{ij})\lambda w_j - w_i + l_{ij}w_j \leq 0 \quad \text{رابطه (۱)} \\ & (u_{ij} - m_{ij})\lambda w_j + w_i - u_{ij}w_j \leq 0 \\ & \sum_{k=1}^n w_k = 1 \\ & w_k > 0, \quad k = 1, 2, \dots, n; \\ & i = 1, 2, \dots, n-1; \quad j = 2, 3, \dots, n \quad j > i \end{aligned}$$

در رابطه ۱، مقادیر حاصل از اعداد مثلثی فازی، که از ماتریس مقایسات زوجی حاصل شده‌اند  $(\vec{a}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}))$ ، در رابطه قرار گرفته و پس از آن باید مدل ایجادشده حل شود. از آنجاکه مدل ایجادشده غیرخطی است، با استفاده از روش‌های ساده برنامه‌ریزی

ریاضی نمی‌توان آن‌ها را حل کرد. برای حل مدل ایجادشده از نرم‌افزارهایی مانند گمز یا لینگو استفاده می‌شود. در پژوهش حاضر، برای حل مدل‌هایی که براساس ماتریس مقایسات زوجی ایجاد شده‌اند از نرم‌افزار لینگو استفاده شده است.

پس از حل مدل، مقدار مثبت به دست آمده نشان‌دهنده این است که همه وزن‌ها کاملاً در قضاوت‌های اولیه صدق می‌کنند، اما در صورتی که شاخص منفی باشد، می‌توان درک کرد که قضاوت‌های فازی سازگاری کامل را ندارند و یا به عبارتی ناسازگارند.

### ۴. یافته‌های پژوهش

مراحل اصلی بررسی و رتبه‌بندی بخش‌های کاربردی فناوری اینترنت اشیا و انتخاب مناسب‌ترین کاربرد برای کشور به دو مرحله کلی تقسیم می‌شوند: در مرحله اول، با استفاده از تنظیم پرسش‌نامه‌های فازی، نظریات خبرگان فعال در حوزه‌های گوناگون مرتبط با فناوری اینترنت اشیا استخراج و ادغام (میانگین‌گیری) می‌شود (جداول ۳ تا ۱۱). میزان نرخ ناسازگاری پرسش‌نامه‌ها با استفاده از نرم‌افزار اکسپرت چویس محاسبه شده است. نتایج نشان‌دهنده از قابل اعتماد بودن داده‌هاست. سپس با استفاده از مدل ریاضی غیرخطی، که در پژوهش ارائه شده، کاربردی‌ترین بخش‌ها رتبه‌بندی می‌شوند (جداول ۱۲ تا ۲۰)





جدول ۷: مقایسات زوجی فازی براساس ادغام نظریات کارشناسان برای گزینه‌ها براساس معیار ارزش افزوده

	سلامت هوشمند			کشاورزی هوشمند			ساختمان هوشمند			حمل و نقل هوشمند			صنعت هوشمند			انرژی هوشمند		
سلامت هوشمند	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
کشاورزی هوشمند	5.1	5.2	5.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ساختمان هوشمند	3.1	3.2	3.8	2.1	4.1	4.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
حمل و نقل هوشمند	3.2	3.8	4.1	2.1	2.5	3.6	1.7	1.9	2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
صنعت هوشمند	5.1	6.4	7.1	8.5	8.6	8.9	2.5	2.8	2.9	3.7	5.1	7.1	-	-	-	-	-	-
انرژی هوشمند	4.1	4.8	5.1	6.1	6.5	7.1	2.5	2.8	4.5	1.8	3.2	3.7	4.2	4.6	5.1	-	-	-

جدول ۸: مقایسات زوجی فازی براساس ادغام نظریات کارشناسان برای گزینه‌ها براساس معیار بهره‌وری

	سلامت هوشمند			کشاورزی هوشمند			ساختمان هوشمند			حمل و نقل هوشمند			صنعت هوشمند			انرژی هوشمند		
سلامت هوشمند	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
کشاورزی هوشمند	7.1	7.2	8.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ساختمان هوشمند	4.1	4.5	4.9	2.3	2.7	3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
حمل و نقل هوشمند	4.8	5.1	5.9	3.7	3.9	5.2	2.7	2.9	3.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
صنعت هوشمند	2.7	3.5	3.9	4.7	4.9	5.1	2.7	2.9	3.1	3.7	4.2	4.36	-	-	-	-	-	-
انرژی هوشمند	3.4	3.8	4.1	5.1	5.8	6.1	3.4	3.9	4.1	4.8	5.1	6.3	7.1	8.4	9.06	-	-	-

جدول ۹: مقایسات زوجی فازی براساس ادغام نظریات کارشناسان برای گزینه‌ها براساس قدرت نرم

	سلامت هوشمند			کشاورزی هوشمند			ساختمان هوشمند			حمل و نقل هوشمند			صنعت هوشمند			انرژی هوشمند		
سلامت هوشمند	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
کشاورزی هوشمند	1.25	2.4	3.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ساختمان هوشمند	2.8	2.9	3.1	4.8	4.9	5.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
حمل و نقل هوشمند	3.5	3.9	4.8	2.8	3.1	4.5	4.5	4.9	5.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
صنعت هوشمند	2.8	3.8	6.1	8.1	8.8	9.1	3.1	3.8	3.9	2.1	2.8	3.5	-	-	-	-	-	-
انرژی هوشمند	1.5	1.9	5.4	3.5	3.8	4.8	2.1	2.9	3.4	2.1	2.8	4.1	6.4	7.1	7.9	-	-	-

جدول ۱۰: مقایسات زوجی فازی براساس ادغام نظریات کارشناسان برای گزینه‌ها براساس حجم داخلی بازار

	سلامت هوشمند			کشاورزی هوشمند			ساختمان هوشمند			حمل و نقل هوشمند			صنعت هوشمند			انرژی هوشمند		
سلامت هوشمند	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
کشاورزی هوشمند	2.5	3.9	5.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ساختمان هوشمند	3.8	4.2	4.8	2.9	3.8	4.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
حمل و نقل هوشمند	8.1	8.9	9.1	9.2	9.3	9.5	2.1	2.8	3.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
صنعت هوشمند	8.1	8.7	9.2	1.2	1.8	1.9	2.9	3.5	4.5	2.9	3.8	4.8	-	-	-	-	-	-
انرژی هوشمند	2	2.5	3.1	3.1	3.2	4.1	2.8	2.9	4.5	3.4	3.8	4.5	1.8	2.9	4.8	-	-	-

جدول ۱۱: مقایسات زوجی فازی براساس ادغام نظریات کارشناسان برای گزینه‌ها براساس محیط‌زیست

	سلامت هوشمند			کشاورزی هوشمند			ساختمان هوشمند			حمل‌ونقل هوشمند			صنعت هوشمند			انرژی هوشمند		
سلامت هوشمند	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
کشاورزی هوشمند	2.8	3.5	4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ساختمان هوشمند	3.01	4.2	5.1	3.5	4.8	6.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
حمل‌ونقل هوشمند	3.1	3.9	4.8	1.8	3.5	6.7	2.8	3.7	5.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
صنعت هوشمند	2.8	3.8	4.9	6.1	6.9	7.2	7.1	7.8	9.1	3.1	3.8	4.7	-	-	-	-	-	-
انرژی هوشمند	3.1	3.8	4.6	5.1	5.8	5.9	6.1	6.8	7.1	2.8	2.9	3.5	5.1	5.8	7.1	-	-	-

با قراردادن داده‌های حاصل از جداول مقایسات زوجی، که از نرم‌افزار لینگو حل و وزن و رتبه هریک از معیارها و گزینه‌ها ادغام نظریات خبرگان به‌دست آمده است، مدل‌های ریاضی حاصل شد. نتایج در جداول ۱۱ تا ۱۹ نشان داده شده است. غیرخطی فازی تشکیل شد و مدل‌های حاصله با استفاده از

جدول ۱۲: وزن و رتبه هریک از معیارها

	نماد	وزن	رتبه
حجم تجارت جهانی	W1	0.117587	4
سرمایه‌گذاری	W2	0.0879	6
اشتغال‌زایی	W3	0.190855	2
ارزش افزوده	W4	0.18923	3
بهره‌وری	W5	0.090338	5
قدرت نرم	W6	0.052285	8
حجم بازار داخلی	W7	0.192076	1
محیط‌زیست	W8	0.079727	7

جدول ۱۴: وزن و رتبه هریک از گزینه‌ها براساس معیار سرمایه‌گذاری

	نماد	وزن
سلامت هوشمند	W9	0.190452
کشاورزی هوشمند	W10	0.177585
ساختمان هوشمند	W11	0.128022
حمل‌ونقل هوشمند	W12	0.209025
صنعت هوشمند	W13	0.12817
انرژی هوشمند	W14	0.166746

جدول ۱۳: وزن و رتبه هریک از گزینه‌ها براساس معیار حجم تجارت جهانی

	نماد	وزن
سلامت هوشمند	W9	0.015798
کشاورزی هوشمند	W10	0.250243
ساختمان هوشمند	W11	0.053559
حمل‌ونقل هوشمند	W12	0.294034
صنعت هوشمند	W13	0.00988
انرژی هوشمند	W14	0.376487

جدول ۱۶: وزن و رتبه هریک از گزینه‌ها براساس معیار ارزش افزوده

وزن	نماد	
0.116928	W9	سلامت هوشمند
0.028897	W10	کشاورزی هوشمند
0.130376	W11	ساختمان هوشمند
0.341358	W12	حمل و نقل هوشمند
0.000859	W13	صنعت هوشمند
0.381581	W14	انرژی هوشمند

جدول ۱۵: وزن و رتبه هریک از گزینه‌ها براساس معیار اشتغال‌زایی

وزن	نماد	
0.093512	W9	سلامت هوشمند
0.341079	W10	کشاورزی هوشمند
0.05584	W11	ساختمان هوشمند
0.175677	W12	حمل و نقل هوشمند
0.124549	W13	صنعت هوشمند
0.209342	W14	انرژی هوشمند

جدول ۱۸: وزن و رتبه هریک از گزینه‌ها براساس معیار قدرت نرم

وزن	نماد	
0.346016	W9	سلامت هوشمند
0.035067	W10	کشاورزی هوشمند
0.227872	W11	ساختمان هوشمند
0.226101	W12	حمل و نقل هوشمند
0.108231	W13	صنعت هوشمند
0.056713	W14	انرژی هوشمند

جدول ۱۷: وزن و رتبه هریک از گزینه‌ها براساس معیار بهره‌وری

وزن	نماد	
0.179264	W9	سلامت هوشمند
0.034358	W10	کشاورزی هوشمند
0.284461	W11	ساختمان هوشمند
0.211168	W12	حمل و نقل هوشمند
0.028598	W13	صنعت هوشمند
0.262151	W14	انرژی هوشمند

جدول ۲۰: وزن و رتبه هریک از گزینه‌ها براساس معیار محیط‌زیست

وزن	نماد	
0.172963	W9	سلامت هوشمند
0.313366	W10	کشاورزی هوشمند
0.068649	W11	ساختمان هوشمند
0.182396	W12	حمل و نقل هوشمند
0.096891	W13	صنعت هوشمند
0.165736	W14	انرژی هوشمند

جدول ۱۹: وزن و رتبه هریک از گزینه‌ها براساس معیار حجم بازار داخلی

وزن	نماد	
0.223797	W9	سلامت هوشمند
0.064344	W10	کشاورزی هوشمند
0.26489	W11	ساختمان هوشمند
0.091958	W12	حمل و نقل هوشمند
0.279246	W13	صنعت هوشمند
0.075766	W14	انرژی هوشمند

وزن‌های به‌دست‌آمده رتبه‌بندی کلی حاصل خواهد شد. این رتبه‌بندی در جدول ۲۰ نشان داده شده است.

با بررسی وزن‌های حاصل‌شده از حل مدل‌سازی ریاضی، می‌توان به درک میزان اهمیت هریک از گزینه‌ها پی برد. با نرمال‌سازی

جدول ۱۲: وزن و رتبه هریک از معیارها

رتبه نهایی	وزن نرمال	نماد
3	0.223797	W9
5	0.064344	W10
4	0.26489	W11
2	0.091958	W12
6	0.279246	W13
1	0.075766	W14

رمضانی، ع. (۱۳۹۶). شناسایی و اولویت‌بندی کارکردهای اینترنت اشیا پزشکی (IOMT) بر مبنای بهبود مؤلفه‌های اثربخشی و کیفیت فعالیت‌های بیمارستانی و سلامت. ارائه‌شده در چهارمین کنگره بین‌المللی فناوری، ارتباطات و دانش، مشهد.

فرج‌زاده، س. ف.، لشگری، س.، عندلیب، ا. (۱۳۹۶). الویت‌بندی کاربردهای فناوری اینترنت اشیا در توسعه پایدار. ارائه‌شده در سومین کنفرانس سالانه مدیریت و اقتصاد کسب‌وکار، تهران.

محمدی، ه. (۱۳۹۷). شناسایی و اولویت‌بندی کاربردهای اینترنت اشیا در هوشمندسازی شهرها (مطالعه موردی: شهر تهران). پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علم و صنعت ایران.

محمدیان، ا.، میرباقری، ف.، خانلری، ا. (۱۳۹۸). «شناسایی و طبقه‌بندی کاربردهای نوآورانه اینترنت اشیا در بازاریابی دیجیتال». مدیریت بازرگانی، دوره ۱۱، شماره ۴، ۷۱۹-۷۴۱.

### منابع

Asghari, M., Yousefi, S., and Niyato, D. (2019). "Pricing strategies of IoT wide area network service providers with complementary services included". *Journal of Network and Computer Applications*, 147.

Ashton, K. (2009). "That 'Internet of Things' Thing". *RFID Journal*. Available in: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>

Bahrami Zonooz, P., Faghihi, M., and Alborzi, M. (2020). "Identifying and Prioritizing Effective Factors on IoT Applications in Open Government". *Public Policy In Administration*, 11(37), pp. 15-25. {In Persian}

Baranwal, G., Singh, M., and Vidyarthi, D. P. (2020). "A framework for IoT service selection". *The Journal of Supercomputing*, 76(4), 2777-2814.

Bresnahan, T. (2010). "General Purpose Technologies. In B. H. Hall and N. Rosenberg (Eds.)", *Handbook of the Economics of Innovation*, 2, pp. 761-791.

Bresnahan, T. F., and Trajtenberg, M. (1995). "General purpose technologies 'Engines of growth'?" *Journal of Econometrics*, 65(1), pp. 83-108.

Casola, V., De Benedictis, A., Rak, M., and Villano, U. (2019). "Toward the automation of threat modeling and risk assessment in IoT systems". *Internet of Things*, 7.

همان‌گونه که در جدول ۲۰ نشان داده شده است، در میان کاربردهای فناوری اینترنت اشیا، بخش انرژی هوشمند بالاترین اهمیت را داشته و بدیهی است که توجه ویژه به افزودن کاربردها در این بخش می‌تواند تأثیرات بسزایی در جهش‌های اقتصادی و صنعتی جامعه داشته و ارتقای سایر سطوح دانشی و صنعتی را تضمین کند.

### نتیجه‌گیری

در کشورهای در حال توسعه، معمولاً جهش‌ها در دو سطح فناوری یا صنعت اتفاق می‌افتند. اما جهش‌های اقتصادی زمانی اتفاق می‌افتد که صنعت بسیار رشد کند یا موج‌های بلند فناوری به وجود آید و معمولاً این فناوری‌ها از نوع فناوری‌های عام‌اند و می‌توانند هم‌زمان در صنایع و سایر فناوری‌ها تحول بنیادین به وجود آورند. یکی از مهم‌ترین فناوری‌های عام، که در سال‌های اخیر به سبب همه‌گیر شدن اینترنت رشد چشمگیری داشته است، فناوری اینترنت اشیا است. از آنجاکه این فناوری یک فناوری عام است، بنابراین با توجه به عوامل و شاخص‌های بسیار، مانند موقعیت جغرافیایی و منابع و توانمندی‌های هر کشور، باید تمرکز ویژه‌ای به برخی از بخش‌های کاربردی آن داشت تا بتوان بهینه‌ترین بهره را از این فناوری‌ها برد و از اتلاف منابع عمومی نیز جلوگیری کرد. در این پژوهش سعی شده با بررسی منابع و ادبیات موضوع و همچنین بررسی نظریات خبرگان، کاربردی‌ترین بخش‌های فناوری اینترنت اشیا در کشور شناسایی شوند. سپس با استفاده از رویکرد مدل‌سازی غیرخطی، مهم‌ترین بخش‌های اصلی شناسایی شدند که به نظر می‌رسد باید توجه ویژه‌تری به این بخش‌ها داشت. در میان بخش‌های موجود، بخش انرژی هوشمند بالاترین جایگاه را دارد و از آنجاکه ایران بزرگ‌ترین قطب جهانی انرژی بوده و در مجموع گاز و نفت، ایران بزرگ‌ترین منابع انرژی دنیا را در اختیار دارد، بنابراین به نظر می‌رسد که جایگاه درستی را در میان بخش‌های کاربردی اینترنت اشیا در ایران به خود اختصاص داده است، بنابراین تمرکز بر این حوزه با توجه به اینکه سرمایه‌های بزرگی از قبل در این حوزه وجود دارد، می‌تواند با بهره‌وری در کل اقتصاد زمینه جهش در سایر زمینه‌ها را فراهم کند.

### منابع فارسی که معادل لاتین آن‌ها در فهرست منابع آمده است

بهرامی زونوز، پ. (۱۳۹۸). «شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر کاربرد اینترنت اشیا در دولت باز». ماهنامه بورس و بانک، ۳۸.

علمی‌سولا، ی. (۱۳۹۶). اولویت‌بندی کاربردهای فناوری اینترنت اشیا در بخش آموزش و پرورش. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی سبزوار.

- Chen, S., Xu, H., Liu, D., Hu, B., and Wang, H. (2014). "A Vision of IoT: Applications, Challenges, and Opportunities With China Perspective". *IEEE Internet of Things Journal*, 1(4), pp. 349-359.
- Clarke, G. R. G., Qiang, C. Z., and Xu, L. C. (2015). "The Internet as a general-purpose technology: Firm-level evidence from around the world". *Economics Letters*, 135, pp. 24-27.
- Dehury, C. K., and Sahoo, P. K. (2016). "Design and implementation of a novel service management framework for IoT devices in cloud". *Journal of Systems and Software*, 119, pp. 149-161.
- Drath, R., and Horch, A. (2014). "Industrie 4.0: Hit or Hype? [Industry Forum]". *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 8(2), pp. 56-58.
- Edquist, H., Goodridge, P., and Haskel, J. (2019). "The Internet of Things and economic growth in a panel of countries". *Economics of Innovation and New Technology*, 1-22.
- Elmi Sola, Y. (2017). *Prioritize IoT technology applications in education. Master Thesis*. Islamic Azad University of Sabzevar. {In Persian}
- Farajzadeh, S., Lashgari, S. and Andalib, A. (2018). *Prioritizing IoT applications in sustainable development*, Third Annual Conference on Management and Business Economics, Tehran. {In Persian}
- Glaroudis, D., Iossifides, A., and Chatzimisios, P. (2020). "Survey, comparison and research challenges of IoT application protocols for smart farming". *Computer Networks*, 168.
- Ghasemi, R., Mohaghar, A., Safari, H., and Akbari Jokar, M. (2016). "Prioritizing the Applications of Internet of Things Technology in the Healthcare Sector in Iran: A Driver for Sustainable Development". *Journal of Information Technology Management*, 8(1), pp. 155-176. {In Persian}
- Hamadeh, H., Chaudhuri, S., and Tyagi, A. (2016). "Area, energy, and time assessment for a distributed TPM for distributed trust in IoT clusters". *Integration, the VLSI Journal*.
- Hassan, R., Qamar, F., Hasan, M. K., Aman, A. H. M., and Ahmed, A. S. (2020). "Internet of Things and Its Applications: A Comprehensive Survey". *Symmetry*, 12(10), 1674. Available in: <https://www.mdpi.com/2073-8994/12/10/1674>
- Holler, J., Tsiatsis, V., Mulligan, C., Avesand, S., Karnouskos, S., and Boyle, D. (2014). *From Machine-to-Machine to the Internet of Things, Introduction to a New Age of Intelligence*. Oxford: Academic Press.
- Hui, T. K. L., Sherratt, R. S., and Sánchez, D. D. (2016). "Major requirements for building Smart Homes in Smart Cities based on Internet of Things technologies". *Future Generation Computer Systems*.
- Johnson, T. P. (2014). "Snowball Sampling: Introduction". In T. C. N. Balakrishnan, B. Everitt, W. Piegorisch, F. Ruggeri and J.L. Teugels (Ed.), *Wiley StatsRef: Statistics Reference Online*.
- Khanna, A., and Kaur, S. (2020). Internet of Things (IoT), "Applications and Challenges: A Comprehensive Review". *Wireless Personal Communications*, 114(2), pp. 1687-1762.
- Korzinov, V., and Savin, I. (2018). "General Purpose Technologies as an emergent property". *Technological Forecasting and Social Change*, 129, pp. 88-104.
- Kumar, K. S., Rao, G. H., Sahoo, S., and Mahapatra, K. K. (2016). "Secure split test techniques to prevent IC piracy for IoT devices". *Integration, the VLSI Journal*. Available in: <http://dx.doi.org/10.1016/j.vlsi.2016.09.004>
- Lee, I., and Lee, K. (2015). "The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises". *Business Horizons*, 58(4), pp. 431-440.
- Lee, K. (2019). *The Art of Economic Catch-Up: Barriers, Detours and Leapfrogging in Innovation Systems*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Levi, A., and Sarimurat, S. (2016). "Utilizing hash graphs for key distribution for mobile and replaceable interconnected sensors in the IoT context". *Ad Hoc Networks*.
- Liao, H., Wang, B., Li, B., and Weyman-Jones, T. (2016). "ICT as a general-purpose technology: The productivity of ICT in the United States revisited". *Information Economics and Policy*, 36, 10-25.

- Liu, Y., Du, J.-l., Yang, J.-b., Qian, W.-y., and Forrest, J. Y.-L. (2019). "An incentive mechanism for general purpose technologies R&D based on the concept of super-conflict equilibrium: Empirical evidence from nano industrial technology in China". *Technological Forecasting and Social Change*, 147, pp. 185-197. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.07.014>
- Marr, B. (2015). "17 'Internet Of Things' Facts Everyone Should Read". Available in: <http://www.webcitation.org/6mqwfsCUI>
- Mazzei, D., Baldi, G., Fantoni, G., Montelisciani, G., Pitasi, A., Ricci, L., and Rizzello, L. (2020). "A Blockchain Tokenizer for Industrial IOT trustless applications". *Future Generation Computer Systems*, 105, pp. 432-445.
- Mikhailov, L. (2003). "Deriving priorities from fuzzy pairwise comparison judgements". *Fuzzy Sets and Systems*, 134, pp. 365-385.
- Mohammadian, A., Mirbagheri, F., and Khanlari, A. (2019). "Identification and Classification of Innovative Applications of Internet of Things in Digital Marketing". *Journal of Business Management*, 11(4), pp. 719-741. {In Persian}
- Mohammadi, H. (2019). Identifying and prioritizing Internet of Things applications in smart cities (Case study: Tehran). Master Thesis. Iran University of Science and Technology. {In Persian}
- Mohammadzadeh, A. K., Ghafoori, S., Mohammadian, A., Mohammadkazemi, R., Mahbanooei, B., and Ghasemi, R. (2018). "A Fuzzy Analytic Network Process (FANP) approach for prioritizing internet of things challenges in Iran". *Technology in Society*, 53, pp. 124-134.
- Naderifar, M., Goli, H., and Ghaljaie, F. (2017). "Snowball Sampling: A Purposeful Method of Sampling in Qualitative Research". *Strides in Development of Medical Education*, 14(3). {In Persian}
- Nguyen, H.-T., Ngo, Q.-D., Nguyen, D.-H., and Le, V.-H. (2020). "PSI-rooted subgraph: A novel feature for IoT botnet detection using classifier algorithms". *ICT Express*.
- Nguyen, T. D., Khan, J. Y., and Ngo, D. T. (2016). "Energy harvested roadside IEEE 802.15.4 wireless sensor networks for IoT applications". *Ad Hoc Networks*. Available in: <http://dx.doi.org/10.1016/j.adhoc.2016.12.003>
- Petralia, S. (2020). "Mapping general purpose technologies with patent data". *Research Policy*, 49(7), 104013. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2020.104013>
- Porkodi, R., and Bhuvaneswari, V. (2014, 6-7 March 2014). The Internet of Things (IoT) Applications and Communication Enabling Technology Standards: An Overview. Paper presented at the 2014 International Conference on Intelligent Computing Applications.
- Qiu, R., and Cantwell, J. (2018). "General Purpose Technologies and local knowledge accumulation — A study on MNC subunits and local innovation centers". *International Business Review*, 27(4), pp. 826-837.
- Rahim, M. A., Rahman, M. A., Rahman, M. M., Asyhari, A. T., Bhuiyan, M. Z. A., and Ramasamy, D. (2021). "Evolution of IoT-enabled connectivity and applications in automotive industry: A review". *Vehicular Communications*, 27, 100285. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.vehcom.2020.100285>
- Ramezani, A. (2017). Identification and Prioritization of IoT Functions Based on Improving Components of Effectiveness and Quality of Hospital and Health Activities, 4th International Congress of Technology, Communication and Knowledge, Mashhad. {In Persian}
- Ronaghi M, and Hosseini F. (2018). "Identifying and Ranking Internet of Things Services in Healthcare Sector". *jha.*, 21(73), pp. 106-117. {In Persian}
- Sethi, P., and Sarangi, S. R. (2017). "Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications". *Journal of Electrical and Computer Engineering*, 2017, 9324035.
- Strohmaier, R., and Rainer, A. (2016). "Studying general purpose technologies in a multi-sector framework: The case of ICT in Denmark". *Structural Change and Economic Dynamics*, 36, pp. 34-49.



- Teixeira, S., Agrizzi, B. A., Filho, J. G. P., Rossetto, S., Pereira, I. S. A., Costa, P. D., . . . and Martinelli, R. R. (2020). "LAURA architecture: Towards a simpler way of building situation-aware and business-aware IoT applications". *Journal of Systems and Software*, 161.
- Tuysuz, M. F., and Trestian, R. (2020). "From serendipity to sustainable green IoT: Technical, industrial and political perspective". *Computer Networks*, 182, 107469.
- Wang, J., Lim, M. K., Wang, C., and Tseng, M.-L. (2021). ("The evolution of the Internet of Things (IoT) over the past 20 years". *Computers and Industrial Engineering*, 155, 107174.
- Wang, Q., Zhu, X., Ni, Y., Gu, L., and Zhu, H. (2019). "Blockchain for the IoT and industrial IoT: A review". *Internet of Things*.
- Wazid, M., Das, A. K., Bhat K, V., and Vasilakos, A. V. (2020). "LAM-CIoT: Lightweight authentication mechanism in cloud-based IoT environment". *Journal of Network and Computer Applications*, 150.
- Zhai, C., Zou, Z., Chen, Q., Xu, L., Zheng, L.-R., and Tenhunen, H. (2016). "Delay-aware and reliability-aware contention-free MF-TDMA protocol for automated RFID monitoring in industrial IoT". *Journal of Industrial Information Integration*, 3, pp. 8-19.



# Quantitative analysis of the applied parts of Internet of Things technology in Iran: an opportunity for economic leapfrogging through technological development

Mohammad fallah<sup>1</sup>  
Mohammad ebrahim Sadeghi<sup>2</sup>  
Hamed Nozari<sup>3</sup>

## Abstract

IoT technology is one of long waves of technology that will act as a platform for countries to rise or fall in the economic path. If countries and companies that take advantage of the opportunities ahead of this technology, they can join the ranks of global leaders and consolidate their position for decades. In recent years, Iran has carried out extensive activities to develop various technologies, but due to the multiplicity of technology fields and the spread of the country's potential in various fields, sufficient accumulation of knowledge and capital in one sector has not taken place. In general, in order for economic coexistence, there must be leaps in several industrial and technological sectors so that a country can become the backbone of a developed country. But since IoT technology is a common technology and is used in all sectors, there is a risk of spreading the scientific and capital potential of the country in its various fields. Therefore, it is necessary to create accumulation of knowledge, capital and wealth by focusing on priority areas. Due to this, in this research, the applied parts of IoT technology that can cause technological and economic leaps have been identified and then the importance and priority of these parts can be determined using nonlinear modeling approach. The results showed that focusing on energy intelligence in Iran has the highest advantage and focusing on this sector can ensure economic growth and technology of society.

**Keywords:** Internet of Things, Economic Catch Up, Industrial Catch Up, Technology Leapfrogging, Knowledge Spillover, Nonlinear Modelling

---

1. Department of Industrial Engineering - Islamic Azad University, Central Tehran Branch

2. Department of Industrial Management, Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran

3. Department of Industrial Engineering, Islamic Azad University, Central Tehran Branch

## نقش نامه و فرم تعارض منافع

### الف) نقش نامه

محمد فلاح	محمد ابراهیم صادقی	حامد نوذری	
نویسنده دوم	نویسنده اول	نویسنده مسئول	نقش
نظارت بر روند پژوهش بازخوانی نسخه نهایی	مرور ادبیات	نگارش	نگارش متن
شکل - دهی به سوال	شکل دهی به سوال	-	ویرایش متن و ...
-	طراحی / مفهوم پردازی	روش شناسی	طراحی / مفهوم پردازی
-	-	گردآوری داده میدانی	گردآوری داده
بحث و بررسی نتایج	بحث و بررسی نتایج	-	تحلیل / تفسیر داده
-	-	-	سایر نقش ها

### ب) اعلام تعارض منافع

یا غیررسمی، اشتغال، مالکیت سهام، و دریافت حق اختراع، و البته محدود به این موارد نیست. منظور از رابطه و انتفاع غیرمالی عبارت است از روابط شخصی، خانوادگی یا حرفه‌ای، اندیشه‌ای یا باورمندان، و غیره.

چنانچه هر یک از نویسندگان تعارض منافع داشته باشد (و یا نداشته باشد) در فرم زیر تصریح و اعلام خواهد کرد:

مثال: نویسنده الف هیچ‌گونه تعارض منافع ندارد. نویسنده ب از شرکت فلان که موضوع تحقیق بوده است گرت دریافت کرده است. نویسندگان ج و د در سازمان فلان که موضوع تحقیق بوده است سخنرانی افتخاری داشته‌اند و در شرکت فلان که موضوع تحقیق بوده است سهامدارند.

در جریان انتشار مقالات علمی تعارض منافع به این معنی است که نویسنده یا نویسندگان، داوران و یا حتی سردبیران مجلات ارتباطات شخصی و یا اقتصادی دارند که ممکن است به طور ناعادلانه‌ای در تصمیم‌گیری آن‌ها در چاپ یک مقاله تأثیرگذار باشد. تعارض منافع به خودی خود مشکلی ندارد بلکه عدم اظهار آن است که مسئله‌ساز می‌شود.

بدین وسیله نویسندگان اعلام می‌کنند که رابطه مالی یا غیرمالی با سازمان، نهاد یا اشخاصی که موضوع یا مفاد این تحقیق هستند ندارند، اعم از رابطه و انتساب رسمی یا غیررسمی. منظور از رابطه و انتفاع مالی از جمله عبارت است از دریافت پژوهانه، گرت آموزشی، ایراد سخنرانی، عضویت سازمانی، افتخاری

اظهار (عدم) تعارض منافع: نویسندگان مقاله هیچ‌گونه تعارض منافع ندارند.

نویسنده مسئول: حامد نوذری

تاریخ: ۱۴۰۰/۱۲/۰۱