فصلنامه مطالعات مدیریت شهری
سال چهاردهم/ شماره چهل و نهم/ بهار ۱۴۰۱

تجزیه و تحلیل معیارهای بهبود مدیریت پسماند شهری مبتنی بر فناوری اینترنت اشیا با استفاده از روش دیمتل

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۳/۲۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۴/۳۱

نادی علیزاده
استادیار، گروه کامپیوتر ، واحد نور ، دانشگاه آزاد اسلامی، نور، ایران.
nadi.alizadeh.noor@gmail.com (نویسنده مسئول)
مسعود احمدی گرجی
استادیار، گروه مهندسی برق، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور، ایران. *ma.ahmadigorji@iau.ac.ir*

چکیده

مقدمه و هدف پژوهش: مدیریت پسماند یک مسئله کلیدی برای مراجع ذیربط جهت توسعه پایدار زیست محیطی بوده و آنها را به چاره‌جویی در جهت مدیریت کارآمد پسماند واداشته است. در طی سالیان اخیر، هزینه‌های اجرایی مدیریت پسماند افزایش یافته و معمولاً بیشتر بودجه‌ی آن در بخش جمع‌آوری و حمل و نقل پسماند هزینه می‌شود. لذا لازم است که راه‌های جایگزین برای کنترل هزینه‌ها بر اساس فناوری‌های مدرن را آزمود. به موازات پیچیده شدن مشکلات در مدیریت منابع، سلامت، آلودگی، ترافیک و مدیریت پسماند، با ظهور شهرهای هوشمند در سال‌های اخیر مواجه هستیم که فناورمحور بوده و هنوز استانداردها و شیوه‌های بکارگیری آن به طور کامل تبیین نشده‌اند. هدف این پژوهش تجزیه و تحلیل معیارهای بهبود مدیریت پسماند شهری مبتنی بر فناوری اینترنت اشیا می‌باشد.

روش پژوهش: روش دیمتل جهت شناسایی و بررسی رابطه متقابل بین معیارها و ایجاد نگاشت روابط شبکه به کار گرفته می‌شود.

یافته‌ها: معیار زیر ساخت‌های هوشمند تاثیرگذارترین عامل و معیار لایه‌ی واسط هوشمند تاثیرپذیرترین عامل است. همچنین عامل لایه واسط هوشمند بیشترین ارتباط را با دیگر عوامل سیستم دارد.

نتیجه گیری: اینترنت اشیا می‌تواند با تبدیل مدیریت پسماند به فرآیندهای جمع‌آوری داده محور، خدمات جمع‌آوری زباله را بهینه ساخته و هزینه‌های عملیاتی را کاهش دهد.

واژگان کلیدی: اینترنت اشیا، جمع‌آوری پسماند، سطل زباله هوشمند، مدیریت پسماند هوشمند

مقدمه

مفهوم شهر هوشمند به عنوان یک الگوی جدید در شهرسازی و رشد اقتصادی، اجتماعی و فناوری در نظر گرفته می‌شود. این مفهوم به قبل از سالهای ۱۹۹۰ میلادی بر می‌گردد. تا امروز، هیچ اتفاق نظری در مفهوم شهر هوشمند به دست نیامده است. تنها نقطهٔ مشترک بین مفاهیم موجود، استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات[1] (ICT) است. فناوری اطلاعات و ارتباطات به عنوان پارامتر کلیدی در پشتیبانی از سرویس‌هایی که به شهروندان ارائه می‌شود، اصلی ترین جزء یک شهر هوشمند به شمار می‌آید (Rong Wenge,2014). امروزه در سطح جهانی، فناوری‌های هوشمند سازی به عنوان راهکارهایی برای مقابله با چالش‌های موجود در حوزه های مختلف مانند کشت و صنعت، حمل و نقل و همچنین مدیریت پسماند بکار گرفته شده‌اند که باعث ایجاد مفهومی به نام شهر هوشمند شده‌اند. یکی از مقوله‌هایی که مفهوم شهرها را متحول کرده و باعث شده تا آنها پاسخ‌های راحت تر و هوشمندانه تری برای رویدادها و نیازهای مختلف داشته باشند، «اینترنت اشیا»[2] است که در آن بسیاری از موارد و زیرساخت‌ها با فناوری‌های جدید سخت افزاری و نرم‌افزاری ادغام می‌شوند.

تا کنون تعاریف متعددی توسط محققان مختلف برای شهر هوشمند ارائه شده است، اما هنوز تعریف واحدی که همگان در آن اتفاق نظر داشته باشند، به دست نیامده است. هاریسون تعریفی به صورت زیر ارائه کرده است: «از دیدگاه فناوری، یک شهر هوشمند تمام زیرساختهای فیزیکی، اجتماعی، فناوری اطلاعات[3](IT) و تجاری را با استفاده از اهرم هوشمندی به هم متصل می‌کند (Harrison et al, 2010). محقق دیگری به نام ال هادر، هوشمندی یک شهر را به وسیلهٔ انتقال و دریافت اطلاعات با استفاده از پروتکل‌های ارتباطی و از طریق اجزای شبکه نشان می‌دهد که این ارسال و دریافت داده‌ها به عنوان پایه و اساس کنترل و پایش چارچوبهای عملیاتی به حساب می‌آید که برای مدیریت هوشمند شبکه‌ها لازم است (Rong Wenge, 2014).

با توجه به تنوع کاربردهای بالقوه اینترنت اشیا، این فناوری بطور فزاینده‌ای در حال فراگیری و گسترش می‌باشد (AjazMoharkan et al, 2017). امروزه اینترنت اشیا به شدت در زندگی ما تأثیر گذاشته است؛ به طور مثال رانندگی، تصمیم‌گیری و حتی نحوه استفاده بشر از انرژی را تغییر داده است (Florea et al 2017). دامنه برنامه‌های کاربردی اینترنت اشیا به سرعت در حال افزایش است و هم اکنون چندین حوزه را پوشش می‌دهد: امنیت و نظارت، محیط هوشمند خانه، دفاتر، شهرها، حمل ونقل و تدارکات (Lanotte and Merro, 2018).

از مهمترین مزایای اینترنت اشیا، امکان کنترل اشیا درجهت ارتقای زندگی روزمره است (خدمتگزار، ۱۳۹۴). اینترنت اشیا اشاره دارد به هر ارتباطی با اینترنت بر اساس پروتکل‌های تعیین شده از طریق تجهیزات سنجش اطلاعات برای انتقال اطلاعات و ارتباطات (K, Patel, K and, Patel, s, 2016) که شامل شناسایی اشیا با فرکانس رادیویی، سیستم موقعیت‌یاب جهانی، اسکنر، اشعه مادون قرمز و دستگاه‌های سنجش اطلاعات گوناگون برای کسب و تبادل اطلاعات (Cho et al, 2013) می‌باشد. اینترنت اشیا را میتوان به صورت چتری تصور کرد که انواع اشیایی مثل تلفن‌های هوشمند، کنتورهای هوشمند، ماشینهای مستقل و ساختمان‌های متصل به اینترنت را پوشش داده و به هم متصل می‌نماید (Berat Sezer et al, 2017).

ویژگیهای اساسی اینترنت اشیا، که باعث کاربرد روزافزون آن در حوزه‌های گوناگون شده است، عبارتند از:

- اتصال متقابل: هر شیء قابلیت این را دارد که با زیرساخت اطلاعات و ارتباطات، با اشیای دیگر ارتباط برقرار کند؛ ــ خدمات مرتبط با اشیا: اینترنت اشیا قابلیت ارائه خدماتی را دارد مانند محافظت از حریم خصوصی و برقراری سازگاریِ مرتبط، معنایی بین چیزهای واقعی و چیزهای مجازی.
- ناهمگونی: در اینترنت اشیا، حتی دستگاه‌های ناهمگون هم به وسیله سیستم عاملهای سخت افزاری و شبکه‌های گوناگون با هم ارتباط برقرار می‌کنند؛
- تغییرات پویا: وضعیت دستگاه‌ها به صورت پویا از جنبه‌هایی مانند اتصال یا قطع ارتباط، مکان و سرعت تغییر می‌کند؛
- مقیاس: تعداد دستگاه‌هایی که مدیریت می‌شوند و با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند، بسیار زیاد و حداقل یک مرتبه بزرگتر از دستگاه‌های متصل به اینترنت فعلی است؛

- مدیریت کارآمد اطلاعات: مدیریت داده‌های تولیدشده و تفسیر آنها برای اهداف کاربردی امکانپذیر خواهد بود؛
- ایمنی: با اندیشیدن تدابیری، ایمنی اطلاعات شخصی و فیزیکی را میتوان تضمین کرد؛
- اتصال: این ویژگی قابلیت دسترسی و سازگاری شبکه را فراهم می‌کند (Patel, k and Patel, s, 2016).

کاربردهای زیست محیطی اینترنت اشیا: یکی از مهمترین معضلات فعلی بیمارستانها و شهرها، زباله‌ها و پسماندهایی است که سلامت عموم جامعه و محیط زیست را به خطر انداخته است. با به کارگیری اینترنت اشیا در بیمارستان و شهر، مدیریت کارآمد پسماندهای الکترونیکی، اقتصادی کردن بازیافت زباله‌ها و پسماندهای الکترونیکی در حوزه شهری و بیمارستانی تقویت می‌شود و در مسیر تعالی قرار می‌گیرد (توکلی و همکاران، ۱۳۹۶). بعضی دیگر از کاربردهای اینترنت اشیا در محیط زیست عبارتند از تشخیص زودهنگام زلزله، نظارت بر آلودگی هوا، تشخیص آتش سوزی جنگل، تشخیص کیفیت آب، و محافظت از حیات وحش (Patel, k and Patel, s, 2016).

مدیریت جامع پسماند[۴] (IWM) این چنین تعریف می‌شود: سیستمی که جریان پسماند، جمع آوری پسماند و روشهای پردازش و دفع پسماند را در تعامل با یکدیگر مدیریت می‌کند، به نحوی که اهداف محیط زیستی، اقتصادی و اجتماعی مطلوب در یک منطقه مشخص به دست آید. مدیریت پایدار پسماند باید از لحاظ محیط زیستی مؤثر، از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه و از لحاظ اجتماعی مقبول باشد. باید کارایی محیط زیستی، صرفه ی اقتصادی و مقبولیت اجتماعی لازم را داشته باشد، علاوه بر این بر اساس دیدگاه اندیشمندان مؤثرترین ویژگیهای اصلی یک سیستم مدیریت پسماند پایدار عبارت است از:

- جامعیت سیستم: سیستم باید همه نوع مواد و از هر منبعی را پوشش دهد.
- بازار محوری: هر ایدهای که در مورد پردازش و بازیابی مواد ارائه می‌شود، باید بازار محصولات این فرآیندها را در نظر بگیرد.
- انعطاف‌پذیری: یک سیستم مؤثر باید در طراحی، انطباق و اجرا انعطاف‌پذیری کافی داشته باشد تا در طول زمان و در شرایط مختلف کارایی خود را از دست ندهد.
- مقیاس: لزوم یکنواختی کمیت و کیفیت مواد بازیافتی، کمپوست یا انرژی، لزوم استفاده از گزینه‌های متعدد مدیریتی و مزایای اقتصادی، همگی دلیلی بر ترجیح مقیاس‌های بزرگتر و منطقه‌ای است.
- مقبولیت اجتماعی: برای اجرای مؤثر یک سیستم مدیریت پسماند مشارکت عمومی امری ضروری است. مردم باید نقش خود را در سیستم به خوبی بدانند و با آن همکاری کنند (نورپور و همکاران، ۱۳۹۲).

فرآیندهای درون یک سیستم مدیریت جامع پسماند (جمع‌آوری، انتقال، دفع و پردازش، بازیافت) در ارتباط کامل با یکدیگر هستند؛ بنابراین لازم است نسبت به کل سیستم مدیریت پسماند نگاهی جامع داشته باشیم؛ و از سوی دیگر در این رویکرد جامع سه مزیت عمده وجود خواهد داشت:

- این رویکرد تصویری کلی نسبت به فرآیند مدیریت پسماند ارائه می‌دهد. داشتن چنین دیدی برای برنامه‌ریزی راهبردی ضروری است.
- از لحاظ محیط زیستی، تمام سیستم‌های مدیریت پسماند بخشی از اکوسیستم جهانی هستند. تنها با نگاهی جامع به فشارهای وارد بر کل این سیستم جهانی است که میتوان مطمئن شد کاهش این فشارها در یک منطقه به افزایش فشارها در مناطق دیگر منجر نخواهد شد.
- امکان نگاهی جامع به کل سیستم، از لحاظ بازده اقتصادی و ارزیابی آن به دست می‌آورد.

بنابراین رسیدن به یک سیستم جامع مدیریت پسماند نیازمند تغییراتی عمده در وضعیت کنونی است. هدف یک سیستم جامع رسیدن به پایداری اقتصادی و محیط زیستی به صورت هم زمان است. هر کدام از اجزای سیستم در تعامل با سایر اجزاست و به نظر می‌رسد طراحی دوباره کل سیستم گزینه‌ی بهتری نسبت به اعمال تغییرات جزئی در سیستم قدیمی باشد.

اینترنت اشیا به مثابه موضوعی جذاب در زمینه شبکه‌های رایانه‌ای و شبکه‌های حسگر بیسیم نیازمند نوعی معماری استاندارد (معماری اینترنت اشیا) است تا محیطی رقابتی را برای رقبای تجاری در جهت افزایش کیفیت محصولات و کیفیت زندگیشان فراهم کند. اینترنت اشیا راه‌حل‌های مبتنی بر ادغام فناوری اطلاعات را در بر دارد که شامل سخت‌افزار و نرم‌افزار مورد استفاده برای ذخیره، بازیابی و پردازش داده‌ها و فناوری ارتباطات است. فناوری ارتباطات خود شامل سیستمهای

الکترونیکی مورد استفاده در ارتباط بین افراد یا گروه‌هاست (Patel, k & Patel, s, 2016).

به علاوه، معماری اینترنت سنتی باید دوباره بررسی شود تا بتوان آن را با چالشهای اینترنت اشیا تطبیق داد. اینترنت اشیا باید تعداد بسیار زیادی از اشیای ناهمگن را از طریق اینترنت به هم متصل کند. اگرچه این دستگاه‌ها عمدتاً از امکانات پهنای باندِ کم برخوردارند، مقدار زیادی اطلاعات را باید ذخیره و پردازش کنند و در قالبی یکپارچه، کارآمد و تفسیرپذیر ارائه دهند؛ از این رو، باید یک معماری با لایه انعطاف‌پذیر داشته باشند. معماری اینترنت اشیا چهار مؤلفه اصلی دارد: دستگاه‌های حساس یا حسگرها (اشیا)، شبکه ارتباطی محلی، ابر اینترنت و کاربردهای اینترنت اشیا. دستگاه‌های حسگر اطلاعات را از محیط فیزیکی جمع آوری می‌کنند. از این داده‌ها بعدها در قالب برنامه‌های اینترنت اشیا در مواردی مانند حمل و نقل هوشمند، مراقبتهای بهداشتی، کشاورزی هوشمند و نظارت تصویری برای ارائه خدمات مطلوب به مشتریان استفاده می‌شود. به سبب آنکه دستگاه‌های اینترنت اشیا به طور کلی با حافظه‌های بسیار محدود و محاسباتی ذخیره می‌شوند، در اینترنت اشیا معمولاً از خدمات ارائه شده به وسیله ابر[5] برای ذخیره و پردازش داده استفاده می‌شود (Tomovic, et al, 2017).

تاکنون معمار ی‌های متعددی برای اینترنت اشیا ارائه شده است. در ادامه، یکی از پرکاربردترین معماری‌ها، که شامل چهار لایه است، شرح داده خواهد شد:

الف) لایه اشیا یا لایه حسگرها: اولین لایه، لایه اشیا یا همان لایه ادراک است. در این لایه، حسگرهای فیزیکی اطلاعات را جمع‌آوری و پردازش می‌کنند، داده‌ها دیجیتال می‌شوند و از طریق کانال امن به لایه شبکه انتقال می‌یابند.

ب) لایه دروازه‌ها و شبکه‌ها: در این لایه، داده‌های تولیدی لایه اشیا از طریق کانال امن به لایه مدیریت خدمات فرستاده می‌شوند که این عمل از طریق فناوری‌هایی نظیر شناسایی اشیا با فرکانس رادیویی، جی اس ام[6]، وا ی‌فای، بلوتوث و... امکان‌پذیر می‌باشد.

ج) لایه مدیریت خدمات یا مدیریت سرویس: لایه مدیریت سرویس یا همان لایه میان افزار، هر سرویس را براساس نام‌ها و آدرسها برای درخواست کننده به اشتراک می‌گذارد. مسئولیت این لایه، مدیریتِ جریان اطلاعات (تجزیه و تحلیل اطلاعات)، کنترل امنیت، مدلسازی فرایندها و مدیریت دستگاه است.

د) لایه کاربردی یا برنامه: این لایه سرویس درخواستی مشتری را ارائه می‌دهد. اهمیت این لایه در قابلیت آن برای ارائه‌ی سرویسهای هوشمندِ با کیفیت بالا برای رفع نیازهای مشتری است (Patel, k and Patel, s, 2016).

در این مقاله از مدل پنج لایه‌ای ال هادر که اساساً یک معماری پنج سطحی هرمی برای شهر هوشمند می‌باشد، استفاده گردیده است که در ساختار آن، دیدگاه تعاملات انسان و سیستم را در نظر گرفته است. پایین‌ترین لایه در این پنج سطح، لایهٔ زیرساخت‌های هوشمند نام دارد که شامل الکترونیک، آب، گاز، ارتباطات الکترونیکی و شبکه است. لایه‌ی دوم، لایه‌ی منابع پایگاه داده‌ی هوشمند است که پایگاه داده‌های مکانی و سرورهای پایگاه داده‌ای است. لایه‌ی سوم، لایه‌ی سیستم‌های مدیریت ساختار هوشمند نام دارد که شبکه‌های کنترل خودکار را شامل می‌شود. لایه‌ی چهارم، لایه‌ی واسطه‌ای هوشمند است که شامل یکسری بسترهای نرم‌افزاری عملیاتی مشترک و سرویس‌های مبتنی بر وب می‌باشد. بالاترین لایه در این معماری، لایهٔ شهر هوشمند است که ترکیبی از چهار لایهٔ پایین می‌باشد. طرحواره این معماری در شکل (۱) نشان داده شده است (Rong Wenge, 2014):

شکل ۱: چارچوب معماری ال هادر
(Rong Wenge, 2014)

پیاده سازی سیستم مدیریت جامع پسماند

فرآیندهای درون یک سیستم مدیریت جامع پسماند (جمع‌آوری، انتقال، دفع و پردازش، بازیافت) در ارتباط کامل با یکدیگر هستند؛ بنابراین لازم است نسبت به کل سیستم مدیریت پسماند نگاهی جامع داشته باشیم؛ و از سوی دیگر در این رویکرد جامع سه مزیت عمده وجود خواهد داشت:

۱) این رویکرد تصویری کلی نسبت به فرآیند مدیریت پسماند ارائه می‌دهد. داشتن چنین دیدی برای برنامه‌ریزی استراتژیک ضروری است.
۲) از لحاظ محیط زیستی، تمام سیستمهای مدیریت پسماند بخشی از اکوسیستم جهانی هستند. تنها با نگاهی جامع به فشارهای وارد بر کل این سیستم جهانی است که میتوان مطمئن شد کاهش این فشارها در یک منطقه به افزایش فشارها در مناطق دیگر منجر نخواهد شد.
۳) از لحاظ اقتصادی، امکان نگاهی جامع به کل سیستم، از لحاظ بازده اقتصادی و ارزیابی آن به دست می‌آورد.

بنابراین رسیدن به یک سیستم جامع مدیریت پسماند نیازمند تغییراتی عمده در وضعیت کنونی است. هدف یک سیستم جامع رسیدن به پایداری اقتصادی و محیط زیستی به صورت هم زمان است. هر کدام از اجزای سیستم در تعامل با سایر اجزاست و به نظر می‌رسد طراحی دوباره کل سیستم گزینه‌ی بهتری نسبت به اعمال تغییرات جزئی در سیستم قدیمی باشد (نورپور و همکاران، ۱۳۹۲).

مدیریت جامع پسماند در کشورهای در حال توسعه (شهری)

یکی از مهمترین مسائل زیست محیطی کشورهای در حال توسعه، مدیریت پسماند شهری است. معضل مربوط به پسماند به دلیل رشد سریع جمعیت و گسترش شهرنشینی در اکثر نقاط آسیا، آمریکای لاتین و آفریقا بیش از گذشته موجب نگرانی‌های مختلف شده است. اگرچه ماهیت مسائل مدیریت پسماند شهری در کشورهای در حال توسعه تا حدود زیادی مشابه کشورهای صنعتی است، ولی شرایط خاص فرهنگی، اعتقادی، اقتصادی، محیطی و اقلیمی این کشورها باعث تفاوتهایی و شاید مشکلاتی در اداره این سیستم‌ها گردیده است.

رشد سریع شهرنشینی و عدم برنامه‌ریزی صحیح و اصولی در ایجاد زیرساختهای شهری باعث شده تا کمبودهای جدی و اساسی در ارائه خدمات شهری قابل قبول مانند مدیریت پسماند در این کشورها به وجود آید. پراکندگی پسماندهای خانگی در کوچه، خیابان و معابر عمومی، ضعف در مکانیزم جمع‌آوری و در نتیجه تلنبار شدن مواد زائد و آلودگیهای ناشی از آن و فقدان بهره‌گیری از دفع بهداشتی منجر شده است تا اینگونه شهرها با مسائل زیست محیطی و بهداشتی گوناگون که تهدید کننده‌ی سلامت مردم است، مواجه شده‌اند؛ لذا عدم کفایت سیستم جمع‌آوری و دفع پسماندها از مهمترین عوامل اصلی در توسعه‌ی بیماریهای خطرناک در این شهرها است. شواهد عینی و نتایج مطالعات نشان می‌دهد که مهمترین مسائلی که در ارتباط با مدیریت مواد زائد جامد در کشورهای در حال توسعه وجود دارد عبارتند از:

- عدم تناسب ظرفیت سیستم جمع‌آوری مواد زائد با جمعیت زیر پوشش سیستم؛
- عدم بازدهی کافی سرویس خدمات شهری و مدیریت مواد زائد شهری؛
- محدودیت در به کارگیری بخشهای رسمی و غیررسمی در فعالیتهای بازیافت مواد؛
- مشکلات ویژه در ارتباط با دفع نهایی پسماند؛
- مشکلات مربوط به جمع‌آوری و دفع پسماند خطرناک شهری.

بررسی پسماند تولیدی در کشورهای در حال توسعه نشانگر آن است که سهم عمده ای از ترکیبات زائد جامد شهری را ترکیبات آلی تشکیل میدهد، به گونه‌ای که میزان تولید این نوع از زائدات در این کشورها رقمی ما بین ۴۵ تا ۸۵ درصد از کل زائدات جامد تولیدی را شامل میگردد. این در حالی است که این میزان در کشورهای توسعه یافته تنها ۲۵ تا ۴۵ درصد از کل زباله تولیدی آنها را تشکیل میدهد؛ لذا این ارقام بیانگر افزایش فرهنگ مصرف‌گرایی در کشورهای در حال توسعه است (ضعف تفکیک زباله در مبدأ) که این تولیدات در تعامل ضعف فناوری، فناوری و شیوه‌های کارآمد سایر فرآیند مدیریت پسماند (حمل، پردازش و بازیافت) موجبات مشکلات مدیریتی و پیامدهای زیست محیطی ناشی از آن را فراهم نموده است (نورپور و همکاران، ۱۳۹۲).

پیشینه تحقیق

اسدی و همکاران (۱۴۰۱) پژوهشی تحت عنوان شناسایی و تعیین عوامل موثر اشاعه و پذیرش فناوری‌های نوین حوزه مدیریت پسماند شهری، انجام داده‌اند. تحقیق فوق از لحاظ هدف در زمره تحقیقات کاربردی بوده و از لحاظ نحوه گردآوری داده‌ها توصیفی-پیمایشی است. جامعه مورد بررسی شهروندان، شهر تهران است که در آنها فناوری‌های نوین مورد نظر در این پژوهش در حوزه تفکیک در مبدا پسماند اجرا و پیاده

شده است. به منظور بررسی روایی پرسشنامه از تحلیل عاملی تاییدی و به منظور بررسی فرضیات تحقیق از مدل‌سازی معادلات ساختاری روش الگویابی معادلات ساختاری با کمک نرم‌افزار SmartPLS3 استفاده شده است.همه فرضیه‌های تحقیق مورد تایید قرار گرفته است و عوامل موثر (عوامل اجتماعی، عوامل مدیریتی، عوامل فرهنگی، روش‌های آموزشی و ترویجی، آگاهی از غرفه‌های بازیافت، اعتماد به برنامک[۷]، جذابیت فنی، انگیزه، انتظارات از انتشار و توزیع، بازاریابی رقابتی) اشاعه و پذیرش فناوری‌های نوین در حوزه مدیریت پسماند شهری به اثبات رسید. نتایج اخذ شده نشان داد که عوامل موثر با اشاعه و پذیرش فناوری‌های نوین بکارگرفته شده در حوزه تفکیک در مبدا پسماند، رابطه مثبت و معناداری دارند. همچنین نتایج حاکی از آن است که بهره گیری از این مدل به مدیران کمک می کند تا این ابعاد را شناسایی و با رفع نقاط ضعف و قوت در زمینه ذیربط، به ارتقا و بهبود اشاعه و پذیرش در مخاطبان فناوری های بکارگرفته شده تفکیک از مبدا پسماند اهتمام داشته و بتوانند علاوه بر معرفی موثر، کاربران بیشتری را به استفاده از این فناوری ها ترغیب نمایند.

نادعلی علوی و احمدی زرج آباد (۱۳۹۹) در تحقیقی تحت عنوان مدیریت پسماند در شهر هوشمند با استفاده از اینترنت اشیا به این نتیجه رسیده‌اند که در چند سال گذشته، تولید زباله جامد افزایش چشمگیری داشته است. مدیریت پسماندهای جامد یک مسئله مهم و چالش برانگیز در محیط زیست در سراسر جهان است. امروزه، هر دولت در سراسر جهان در حال برنامه‌ریزی برای ساختن شهرهای هوشمند یا تلاش برای تبدیل شهرهای موجود به شهرهای هوشمند است. جمع‌آوری زباله‌های جامد نکته مهمی برای محیط زیست است و تأثیر آن بر جامعه باید در زیرساخت‌های شهرهای هوشمند مورد توجه قرارگیرد. فناوری‌های اینترنت اشیا می‌توانند در شهرهای هوشمند طور موثری چنین خدماتی را انجام دهند.

ترکاشوند و همکاران (۱۳۹۷) تحقیقی انجام داده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که در شهرهای اصفهان، شیراز و سمنان با وجود پوشش ۹۰ درصدی طرح‌های آموزشی، میزان تفکیک از مبدأ پسماند شهری کمتر از ۴۰ درصد بوده و به طور میانگین این عدد برای تمام شهرهای مورد بررسی، به میزان ۱۳/۴۶ درصد گزارش شده است. میزان پسماند خشک ارزشمند و قابل تفکیک در مجموع شهرهای مورد بررسی ۷۰۵ هزار تُن در سال برآورد شده است که ۶۱۰ هزار تُن از آن به صورت مخلوط با پسماند شهری جمع‌آوری می‌شود. عوامل فرهنگی و اجتماعی مانند آگاهی و آموزش، اعتماد اجتماعی، مسائل اقتصادی و تداوم طرح‌های تفکیک از مبدأ بر میزان مشارکت مردم در این طرح‌ها مؤثر شناخته شده است.

مجتبی خاتم زاده و همکاران (۱۳۹۶) درباره مدیریت دارایی‌های سازمان با استفاده از اینترنت اشیا مبتنی بر رایانش ابری تحقیق نموده‌اند. موج سوم عصر اطلاعات که از آن به عنوان رایانش فراگیر تعبیر می‌گردد، با بوجود آمدن اینترنت اشیا به تحقق پیوست. این فناوری با استفاده از حسگرهای بی‌سیم و شبکه‌های هوشمند توانست ارتباط با اشیا را امکان‌پذیر نماید و این ارتباط با رشد و توسعه تکنولوژی ابعاد وسیع پیدا کرد. همزمان با توسعه این فناوری جهت ذخیره و ویرایش اطلاعات که حجم زیادی نیز داشت، استفاده از رایانش ابری با قابلیت دسترسی به منابع فناوری اطلاعات در هر زمان و مکان بوجود آمده و در اکثر حوزه های مدیریت قابلیت استفاده را دارد. یکی از این کاربردها در مدیریت دارایی می باشد که در آن با استفاده از اینترنت اشیا در بستر ابر اطلاعات، می توان به مشکلاتی که در مدیریت دارایی‌ها وجود دارد، فائق آمد. همچنین کنترل دارایی‌ها بصورت هوشمند منجر به استفاده بهینه از دارایی‌ها گردیده و اثرات چشمگیر دیگری از جمله صرفه جویی و کاهش هزینه‌های سازمان را نیز در بر خواهد داشت. در تحقیق فوق، استفاده از اینترنت اشیا در بستر ابر اطلاعات درمدیریت دارایی‌ها مورد بررسی قرار گرفته شده است .

عبدالاحد و همکاران (۲۰۲۰) در تحقیقی تحت عنوان فناوری‌های فعال و شهرهای هوشمند پایدار بیان داشتند که مداخلات فناوری در فرآیندهای روزمره منجر به ظهور اکوسیستم‌های هوشمند شده است که در آن تمام جنبه‌های زندگی روزمره مانند حکومت، حمل و نقل، کشاورزی، لجستیک، نگهداری، آموزش و مراقبت های بهداشتی به نوعی خودکار می‌شوند و می‌توان به کمک دستگاه‌های هوشمند، به آنها از راه دور دسترسی داشته و نیز آنها را کنترل و مدیریت نمود. این قابلیت منجر به پیدایش مفهوم شهرهای هوشمند شده است که در آن ارتباطات و فناوری اطلاعات (ICT) با زیرساخت‌های سنتی موجود یک شهر ادغام گردیده و سپس با استفاده از فناوری دیجیتال، هماهنگ و مدیریت می‌شود. این ایده از شهرهای هوشمند به آرامی اما

مطمئناً به واقعیت تبدیل می‌شود زیرا بسیاری از کشورها در سراسر جهان این ایده را اتخاذ کرده و مدل خود از شهرهای هوشمند را ارائه می‌دهند. در هسته‌ی شهر هوشمند، حسگرها و محرک‌های تعبیه‌شده در دستگاه‌های هوشمند قرار دارند که محیط را برای تسهیل تصمیم‌گیری مؤثر حس می‌کنند. میکروکنترلرهای موجود در این دستگاه‌ها طوری برنامه‌ریزی شده‌اند که بر اساس اطلاعات دریافتی از حسگرها به طور خودکار تصمیم‌گیری کنند. این قابلیت شامل ادغام چندین نوع از فناوری اطلاعات و ارتباطات مانند هوش مصنوعی، پروتکل‌ها، اینترنت اشیا (IoT)، شبکه حسگر بی‌سیم[8] (WSN) و غیره است. این مقاله نقش فناوری‌های توانمند در شهرهای هوشمند را مورد بحث و بررسی قرار می‌دهد. مرجع فوق‌الذکر، بیشتر چالش‌ها و محدودیت‌های توسعه شهرهای هوشمند را همراه با استراتژی‌های کاهش نشان می‌دهد. به طور خاص، سه دسته از چالش‌ها به نامهای فنی، اجتماعی-اقتصادی و زیست محیطی با ارائه ویژگی‌های هر دسته در این مرجع شناسایی می شوند. در نهایت، برخی از بهترین شیوه‌ها برای دستیابی به شهرهای هوشمند پایدار نیز ارائه شده است (Abdul Ahad et al,2020).

گنزالس بریونز و همکاران (۲۰۱۹) در تحقیقی تحت عنوان پلتفرم اینترنت اشیا برای تشویق به بازیافت در یک شهر هوشمند بیان داشتند. یکی از اقدامات، ایجاد تاسیسات تصفیه ضایعات شهری جهت مدیریت ضایعات تولید شده در شهرها می‌باشد؛ لیکن برای اینکه این تاسیسات کارکرد بازیافت خود را انجام دهند، لازم است که یک شبکه جمع‌آوری ضایعات ابداع و ساخته شود. در اتحادیه اروپا، یک روش معمول در مدیریت ضایعات و پسماند، وجود ندارد. تعدادی از کشورها یک سری جعبه‌های رنگی در سطح شهر قرار داده‌اند که کاربر، ضایعات را براساس نوع آن، به داخل این جعبه‌ها می‌ریزد؛ در کشورهای دیگر، در سوپرمارکت ها به مصرف کننده اجازه داده می‌شود تا یک سری ضایعات و بسته‌بندی‌ها را برای بازیافت تحویل دهند. استفاده از این اقدامات، بازیابی دهها تن ضایعات که قبلاً به طور کامل در خاکریزها دفع می شدند را ممکن ساخته است و در نتیجه مزایای متعددی هم برای انسان‌ها و هم محیط زیست فراهم کرده است. یکی از معایب اصلی این سیستم‌ها این است که بازیافت ضایعات، اغلب به صورت نوع دوستانه انجام می‌شود؛ بنابراین طراحی مکانیزمی که بازیافت را جهت تبدیل شهرها به شهرهای هوشمند ترغیب می‌کند، جالب خواهد بود. این مکانیزم می‌تواند یک ماژول از یک بستر یا پلتفرم شهر هوشمند با موارد ذکر شده در بالا و یا فقط یک بستر باشد که بتواند داده‌های خود را کسب کند، آنها را پردازش کند و نهایتاً تصمیم گیری کند. به همین دلیل، مرجع فوق، یک بستر مبتنی بر کارگزاران که به همه فرآیندی که یک بستر اینترنت اشیا باید در یک شهر هوشمند وارد کند، توجه نموده است. بستر کارگزاران با استفاده از یک الگوریتم نظریه بازی، به ترغیب کاربران برای بازیافت ضایعات پرداخته و با برنامه نصب شده در تلفن همراه کاربر، جهت انجام فرآیندهای ارتباطات دو طرفه، تبادل اطلاعات دارد بطوریکه کاربر همیشه از وضعیت رفع چالش‌ها اطلاع دارد (González Briones et al, 2019).

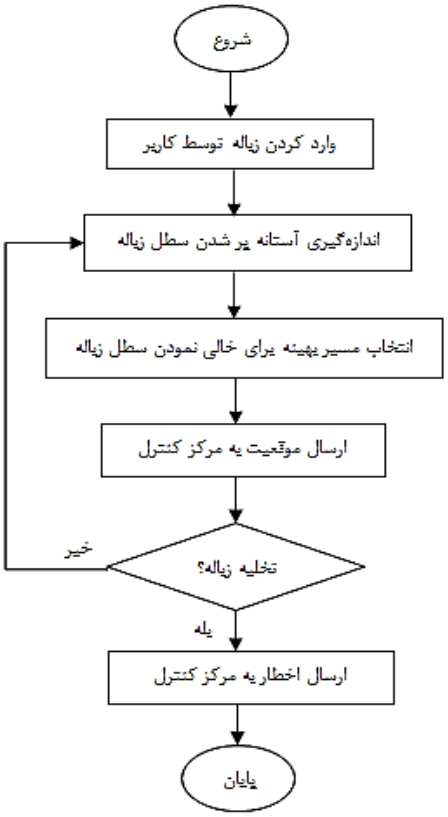
ساها و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیق، مدیریت زباله هوشمند با استفاده از اینترنت اشیا بیان داشتند به منظور ایجاد شهرهایی سبزتر، ایمن تر و کارآمدتر، اینترنت اشیا می‌تواند نقش مهمی ایفا کند. بهبود امنیت و کیفیت زندگی را می‌توان با اتصال دستگاه‌ها، خودروها و زیرساختهای موجود در تمام شهر بدست آورد. بهترین راه حل‌های فناورانه را می‌توان با همکاری سهامداران و ذینفعان در کنار یکدیگر به دست آورد. ادغام کنندگان سیستم، اپراتورهای شبکه و ارائه‌دهندگان فناوری نقش مهمی در همکاری با دولت‌ها به منظور ارائه راه حل‌های هوشمند دارند؛ اما، ایجاد چنین راه‌حل‌هایی در یک پلتفرم ارتباطاتی استاندارد محور و باز که مستمراً مورد استفاده قرار گیرد، یک چالش کاربردی محسوب می‌گردد. در این مرجع، یک راه حل مدیریت جمع‌آوری زباله مبتنی بر هوشمندسازی زباله دان‌ها با استفاده از نمونه‌گیری حسگرها در بستر اینترنت اشیا ارائه شده است. سیستم پیشنهادی حجم وسیعی از داده‌ها را قرائت و جمع‌آوری کرده و در بستر اینترنت انتقال می‌دهد. این داده‌های زمانی در مرجع فوق با نسخه بهبود یافته الگوریتم‌های هوشمند پردازش می‌گردند و می‌توان آنها را به منظور مدیریت پویای جمع‌آوری زباله‌ها مورد استفاده قرار داد. شبیه‌سازی‌ها برای چندین مورد به منظور بررسی مزایای چنین سیستمی در یک سیستم سنتی انجام شده است. در این مرجع سعی شده است تا این موارد با استفاده از داده‌های باز از شهر پونای هند و تمرکز بر روی فرصت‌های حاصل از این نوع از ابتکارات برای بخش‌های مختلف سهیم در توسعه راه حل‌های مدیریت هوشمند زباله، تکرار گردد (Saha HN et al, 2017).

آی. بی. ام (۲۰۱۴) در مورد درک محیط اطراف خود با استفاده از اینترنت اشیا اینگونه بیان می‌کند که هدف اصلی جمع‌آوری داده از دستگاه‌های ارتباطی مانند حسگرها و پردازش آنها، آگاه شدن از وضعیت موجود است. این هدف به برنامه‌های کاربردی، ماشین آلات و کاربران انسانی امکان می‌دهد که محیط اطراف خود را بهتر درک کنند. درک درست از هر وضعیت یا محتوا، به صورت بالقوه به خدمات و برنامه‌های کاربردی امکان می‌دهد تصمیم‌های هوشمندانه‌ای اتخاذ کنند و به محرک‌های محیطی پاسخ دهند. اطلاعات جمع‌آوری شده‌ی حسگرها و دستگاه‌های مختلف، به طور معمول شامل دما، نور، صدا، ویدئو، و غیره و متنوع‌اند. تنوع، بی‌ثباتی و حضور فراگیر اطلاعات گردآوری شده، وظیفهٔ پردازش، یکپارچه‌سازی و تفسیر داده‌های دنیای واقعی را به کاری چالش انگیز تبدیل کرده است. در حال حاضر حجم داده‌های اینترنت بسیار زیاد است و همچنان با سرعت خیره کننده‌ای بر حجم آنها افزوده می‌شود (IBM, 2014).

الغزالی، لفبره (۲۰۱۲) به بررسی نقش اینترنت اشیا در توانمندی مدیریت دانش و مشارکت در چرخه تدارکات صنعت ساختمان پرداختند. آنها بر اساس مطالعه روی چهار شرکت ساختمانی به این نتیجه رسیده‌اند که سیستمهای شناسایی فرکانس‌های رادیویی[۹] (RFID) برای اصلاح اسناد جاری و ردیابی و کنترل مواد، از پتانسیل خوبی برخوردارند. علاوه بر این، یافته‌های آنها نشان داد این فناوری به بهبود مدیریت، به اشتراک‌گذاری و انتقال دانش و ارتقای همکاری از طریق مدیریت یکپارچهٔ اسناد، مدیریت سریع مشکلات، مدیریت ریسک و تصمیم‌گیری‌های کارآمد در این صنعت منجر می‌شود.در مجموع میتوان گفت فناوری اینترنت اشیا می‌تواند در تولید سریع داده‌های با کیفیت جهت مدیریت دانش در فرآیندهای دانش محور بویژه کشف دانش در محیط‌های فیزیکی و دیجیتال، به منزله‌ی پایه و ورودی قابل اتکا، بکارگرفته شود (El Ghazali et al, 2012).

مدل مفهومی

در مدل هوشمند پیشنهادی، کاربر زباله‌ها را درون سطل زباله قرار می‌دهد. آنگاه سطل زباله با استفاده از حسگرهای نصب شده، آستانه‌ی پر شدن خود را اندازه‌گیری کرده و موقعیت خود را به مرکز کنترل گزارش می‌دهد. مرکز کنترل از مختصات فرستاده شده توسط چند سطل استفاده می‌کند و مسیر بهینه‌ای را برای خالی کردن سطل زباله به وسایل نقلیه گزارش می‌دهد. اگر سطل زباله توسط وسایل نقلیه تخلیه شود، یک اخطار به مرکز کنترل فرستاده می‌شود. طرحواره مدل پیشنهادی در شکل (۲) به نمایش درآمده است.



شکل ۲: طرحواره مدل پیشنهادی
(نگارندگان، ۱۴۰۱)

روش تحقیق

تحقیق حاضر با توجه به هدف، کاربردی و براساس روش، توصیفی- علّی است. جامعه آماری این پژوهش را خبرگان و اساتید آشنا با مباحث اقتصاد شهری، رقابت پذیری شهری و منطقه ای تشکیل می‌دهند. خبرگان به روش گلوله برفی و از میان استادان دانشگاهی و پژوهشگران فعال در زمینه‌ی اقتصاد شهری و رقابت‌پذیری شهری و منطقه‌ای انتخاب گردیده‌اند. ابزار گردآوری اطلاعات، نرم افزار سیستم موقعیت‌یاب اطلاعات[۱۰] (GIS) بوده که طی آن موقعیت مکانی سطل‌های زباله دریافت می‌گردد. با استفاده از اطلاعات اخذ شده از محیط GIS، کوتاهترین مسیر ممکن و بهینه جهت اعزام خودروهای حمل زباله به سطل‌های

زباله توسط بهینه‌سازی در محیط نرم افزاری گوگل مپ مشخص می‌گردد. در این تحقیق برای دستیابی به نتایج معتبر، حجم نمونه‌ی در نظر گرفته شده برای تکمیل پرسشنامه ۳۰ نفر از متخصصان حوزه پژوهش تعیین گردید. لذا ابتدا با مرور جامع مراجع پیشین مرتبط، معیارهای رقابت‌پذیری شهری تعیین گردیدند. سپس براساس معیارهای شناسایی شده، پرسشنامه‌ی مربوط به دیمتل فازی به منظور تبیین و ارزیابی روابط علّت و معلولی میان معیارها تدوین و در اختیار خبرگان قرار گرفت. پرسشنامه مورد استفاده شامل ۱۰ سؤال در مورد میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری معیارها بر یکدیگر بوده است. پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها، با استفاده از روش دیمتل فازی در محیط نرم‌افزار اکسل، روابط علّی بین عوامل تعیین گردید. با توجه به مواردی که بیان شد، هدف اصلی این مقاله ارائه‌ی مدلی جهت مدیریت پسماند بر مبنای فناوری اینترنت اشیا در شهر ساری می‌باشد.

روش دیمتل

روش دیمتل اساساً و به لحاظ عملکردی، بر تصمیم‌گیری مبتنی بر ارزیابی و آزمون[11] استوار می‌باشد. این روش توسط فونتال و گابوس در سال ۱۹۷۱ ارائه شده است. روش دیمتل که از انواع روشهای تصمیم گیری بر اساس مقایسه‌های زوجی است، با بهره‌مندی از قضاوت خبرگان در استخراج عوامل یک سیستم و ساختاردهی نظام‌مند به آنها با بکارگیری اصول نظریه گرافها، ساختاری سلسله مراتبی از عوامل موجود در سیستم‌ها را با روابط تأثیر و تأثر متقابل ارائه میدهد، بگونه‌ای که با تاثر روابط مذکور را به صورت امتیاز عددی معین می‌کند. روش دیمتل جهت شناسایی و بررسی رابطه متقابل بین معیارها و ایجاد نگاشت روابط شبکه به کار گرفته می‌شود. از آنجا که گراف‌های جهت دار روابط عناصر یک سیستم را بهتر می توانند نشان دهند، لذا روش دیمتل مبتنی بر نمودارهایی است که می‌تواند عوامل درگیر را به دو گروه علت و معلول تقسیم نماید و رابطه میان آنها را به صورت یک مدل ساختاری قابل درک درآورد. روش دیمتل عموماً برای بررسی مسائل بسیار پیچیده جهانی به وجود آمد. دیمتل برای ساختاردهی، به یک سری از اطلاعات مفروض کاربردی نیاز دارد، به طوریکه شدت ارتباطات را به صورت امتیازدهی مورد بررسی قرار داده، بازخورها را بر اساس اهمیت آنها تجسس نموده و روابط انتقال ناپذیر را می‌پذیرد (حبیبی، ۱۳۹۳).

به طور کلی پنج مرحله برای پیاده‌سازی روش دیمتل شناسائی شده است (حبیبی، ۱۳۹۳):

۱) تشکیل ماتریس ارتباطات مستقیم (M): زمانیکه از دیدگاه چند نفر استفاده می‌شود، از میانگین ساده نظرات استفاده می‌شود و می‌بایست ماتریس M را تشکیل داد.

۲) نرمالیزه کردن ماتریس M با نمایش N:

$$N = Z*M$$

که در آن، ضریب نرمالیزه کننده Z به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$z = 1/\min\{\max_{1\le i\le n}\sum_{j=1}^{n} M_{ij}\,,\max_{1\le j\le n}\sum_{i=1}^{n} M_{ij}\} \quad (1)$$

که در آن، M_{ij} درایه سطر i و ستون j از ماتریس M می‌باشد.

۳) محاسبه ماتریس ارتباطات کامل (T):

$$T = N \times (1 - N)^{-1} \quad (2)$$

۴- ایجاد نمودار علّی[12]:

جمع عناصر هر سطر (R): برای هر عامل نشانگر میزان تأثیرگذاری آن عامل بر سایر عامل‌های سیستم است. (میزان تأثیرگذاری متغیرها)

جمع عناصر هر ستون (D): برای هر عامل نشانگر میزان تأثیرپذیری آن عامل از سایر عامل‌های سیستم است. (میزان تأثیرپذیری متغیرها)

بردار افقی (D+R): میزان تأثیر و تأثر عامل مورد نظر در سیستم است. به عبارت دیگر هرچه مقدار (D+R) عاملی بیشتر باشد، آن عامل تعامل بیشتری با سایر عوامل سیستم دارد.

بردار عمودی (D-R): قدرت تاثیرگذاری هر عامل را نشان میدهد. بطور کلی اگر D–R مثبت باشد، متغیر یک متغیر علی محسوب می‌شود و اگر منفی باشد، معلول محسوب می‌شود.

در نهایت یک دستگاه مختصات دکارتی ترسیم می‌شود. در این دستگاه محور طولی مقادیر (D+R) و محور عرضی براساس (D-R) می‌باشد. موقعیت هر عامل با نقطه‌ای به مختصات (D-R, D+R)در دستگاه معین می‌شود. به این ترتیب یک نمودار گرافیکی نیز بدست خواهد آمد. جدول (۱) طیف موجود برای امتیاز دهی در این روش را نشان می‌دهد که در این تحقیق نیز از آن استفاده شده است.

نتایج تجزیه و تحلیل

فرایند اجرای پژوهش

گام اول: عناصر تشکیل دهنده سیستم مورد بررسی را مشخص نمایید. در گام اول روش دیمتل موسوم به طراحی ماتریس تصمیم‌گیری برای سنجش ارتباط و تأثیرات میان معیارهای مورد بررسی جدول (۱)، ماتریسی که شامل هدف و معیارهایی که ارتباط میان آنها مد نظر است طراحی و پرسشنامه مقایسات زوجی تنظیم می‌گردد.

جدول ۱: اسامی معیارها

ردیف	علامت اختصاری	عنوان
۱	C1	جامعیت سیستم
۲	C2	بازار محوری
۳	C3	انعطاف‌پذیری
۴	C4	مقیاس
۵	C5	مقبولیت اجتماعی
۶	C6	لایه هوشمند
۷	C7	لایه واسط هوشمند
۸	C8	سیستم مدیریت ساختار هوشمند
۹	C9	پایگاه داده هوشمند
۱۰	C10	زیر ساخت‌های هوشمند

(نگارندگان، ۱۴۰۱)

گام دوم: شدت روابط نهایی از عناصر را از خبرگان خواستار شوید. این شدت بصورت امتیازدهی بصورت زیر خواهد بود. سپس میانه یا میانگین هندسی امتیازات را به ازای هر دو عناصر موجود محاسبه نمایید. برای سنجش میزان تأثیر معیارها، از یک مقیاس پنج‌سطحی استفاده شده که سطوح و اعداد مثلثی متناظر با آن، در جدول (۲) ارائه گردیده است.

جدول ۲: الگوی امتیازدهی بکارگرفته شده در روش دیمتل

ضعیف	متوسط	مهم	خیلی مهم	خیلی خیلی مهم
۰	۱	۲	۳	۴

(نگارندگان، ۱۴۰۱)

گام سوم: نرمالیزه کردن ماتریس ارتباطات مستقیم

جهت نرمالیزه کردن داده ها، تمامی درایه‌های ماتریس در معکوس حاصل جمع بزرگترین مقدار ستونی ضرب می‌شود. ضریب نرمال‌ساز مساله (Z) برابر با جمع درایه‌های سطر با بیشترین مقدار می‌باشد. با توجه به رابطه (۱) و محاسبات زیر، این مقدار ۰،۰۳۹۲۱۶ بدست می‌آید:

$$C7=۲+۴+۲/۵+۳+۲+۳+۰+۳+۲/۵+۳/۵=۲۵/۵ \quad \alpha \quad (۳)$$
$$=۱÷۲۵/۵ = ۰/۰۳۹۲۱۶$$

جدول (۴) مقادیر محاسبه شده برای عناصر ماتریس ارتباطات مستقیم نرمالیزه شده (ماتریس N) را نشان می‌دهد.

جدول ۳: میانگین نظر خبرگان

نسبت به	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
C1	#	۳	۱	۴	۲	۱	۲	۲	۲	۲
C2	۱	#	۴	۱	۱	۱	۴	۱	۳	۲/۵
C3	۳	۲	#	۲	۲	۱	۲/۵	۳	۱	۴
C4	۰	۱	۳/۵	#	۱	۱	۳	۱	۴	۴
C5	۲	۳	۱	۴	#	۰	۲	۴	۳/۵	۱
C6	۱	۴	۲	۱	۳	#	۳	۲	۱	۲
C7	۴	۱	۳	۳	۴	۲/۵	#	۴	۱	۳/۵
C8	۱	۲	۲	۲	۴	۱	۳	#	۲	۳
C9	۳/۵	۱	۳	۱	۲/۵	۳	۲/۵	۲	#	۱
C10	۴	۳	۴	۳	۲	۱	۳/۵	۳	۲	#

(نگارندگان، ۱۴۰۱)

جدول ۴: عناصر ماتریس **M** نرمالیزه شده (ماتریس **N**)

نسبت به	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
C1	۰	۰/۱۱۷۶۴۷	۰/۰۳۹۲۱۵	۰/۱۵۶۸۶۲	۰/۰۷۸۴۳۱	۰/۰۳۹۲۱۵	۰/۰۷۸۴۳۱	۰/۰۷۸۴۳۱	۰/۰۷۸۴۳۱	۰/۰۷۸۴۳۱
C2	۰/۰۳۹۲۱۵	۰	۰/۱۵۶۸۶۲	۰/۰۳۹۲۱۵	۰/۰۳۹۲۱۵	۰/۰۳۹۲۱۵	۰/۱۵۶۸۶۲	۰/۰۳۹۲۱۵	۰/۱۱۷۶۴۷	۰/۰۹۸۰۳۹
C3	۰/۱۱۷۶۴۷	۰/۰۷۸۴۳۱	۰	۰/۰۷۸۴۳۱	۰/۰۷۸۴۳۱	۰/۰۳۹۲۱۵	۰/۰۹۸۰۳۹	۰/۱۱۷۶۴۷	۰/۰۳۹۲۱۵	۰/۱۵۶۸۶۲
C4	۰	۰/۰۳۹۲۱۵	۰،۱۳۷۲۵۴	۰	۰/۰۳۹۲۱۵	۰	۰/۱۱۷۶۴۷	۰/۰۳۹۲۱۵	۰/۱۵۶۸۶۲	۰/۱۵۶۸۶۲
C5	۰/۱۱۷۶۴۷	۰/۱۱۷۶۴۷	۰/۰۳۹۲۱۵	۰/۱۵۶۸۶۲	۰	۰	۰/۰۷۸۴۳۱	۰،۱۵۶۸۶۲	۰،۱۳۷۲۵۴	۰/۰۳۹۲۱۵
C6	۰/۰۳۹۲۱۵	۰/۱۵۶۸۶۲	۰/۰۷۸۴۳۱	۰/۰۳۹۲۱۵	۰/۱۱۷۶۴۷	۰/۰۹۸۰۳۹	۰/۱۱۷۶۴۷	۰/۰۷۸۴۳۱	۰/۰۳۹۲۱۵	۰/۰۷۸۴۳۱
C7	۰/۱۵۶۸۶۲	۰/۰۳۹۲۱۵	۰/۱۱۷۶۴۷	۰/۱۱۷۶۴۷	۰/۱۵۶۸۶۲	۰/۰۳۹۲۱۵	۰	۰/۱۵۶۸۶۲	۰/۰۳۹۲۱۵	۰/۱۳۷۲۵۴
C8	۰/۰۳۹۲۱۵	۰/۰۷۸۴۳۱	۰/۰۷۸۴۳۱	۰/۰۷۸۴۳۱	۰/۱۵۶۸۶۲	۰/۰۳۹۲۱۵	۰/۱۱۷۶۴۷	۰	۰/۰۷۸۴۳۱	۰/۱۱۷۶۴۷
C9	۰/۱۳۷۲۵۴	۰/۰۳۹۲۱۵	۰/۱۱۷۶۴۷	۰/۰۳۹۲۱۵	۰/۰۹۸۰۳۹	۰/۱۱۷۶۴۷	۰/۰۳۹۲۱۵	۰/۰۷۸۴۳۱	۰	۰/۰۳۹۲۱۵
C10	۰/۱۵۶۸۶۲	۰/۱۱۷۶۴۷	۰/۱۵۶۸۶۲	۰/۱۱۷۶۴۷	۰/۰۷۸۴۳۱	۰/۰۳۹۲۱۵	۰/۱۳۷۲۵۴	۰/۱۱۷۶۴۷	۰/۰۷۸۴۳۱	۰

(نگارندگان، ۱۴۰۱)

جدول ۵: مجموع تمامی سطرها و ستونها

نسبت به	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
C1	۱	-۰/۱۱۷۶۴۷	-۰/۰۳۹۲۱۵	-۰/۱۵۶۸۶۲	-۰/۰۷۸۴۳۱	-۰/۰۳۹۲۱۵	-۰/۰۷۸۴۳۱	-۰/۰۷۸۴۳۱	-۰/۰۷۸۴۳۱	-۰/۰۷۸۴۳۱
C2	-۰/۰۳۹۲۱۵	۱	-۰/۱۵۶۸۶۲	-۰/۰۳۹۲۱۵	-۰/۰۳۹۲۱۵	-۰/۰۳۹۲۱۵	-۰/۱۵۶۸۶۲	-۰/۰۳۹۲۱۵	-۰/۱۱۷۶۴۷	-۰/۰۹۸۰۳۹
C3	-۰/۱۱۷۶۴۷	-۰/۰۷۸۴۳۱	۱	-۰/۰۷۸۴۳۱	-۰/۰۷۸۴۳۱	-۰/۰۳۹۲۱۵	-۰/۰۹۸۰۳۹	-۰/۱۱۷۶۴۷	-۰/۰۳۹۲۱۵	-۰/۱۵۶۸۶۲
C4	۰	-۰/۰۳۹۲۱۵	-۰،۱۳۷۲۵۴	۱	-۰/۰۳۹۲۱۵	۰	-۰/۱۱۷۶۴۷	-۰/۰۳۹۲۱۵	-۰/۱۵۶۸۶۲	-۰/۱۵۶۸۶۲
C5	-۰/۰۷۸۴۳۱	-۰/۱۱۷۶۴۷	-۰/۰۳۹۲۱۵	-۰/۱۵۶۸۶۲	۱	۰	-۰/۰۷۸۴۳۱	-۰/۱۵۶۸۶۲	-۰/۱۳۷۲۵۴	-۰/۰۳۹۲۱۵
C6	-۰/۰۳۹۲۱۵	-۰/۱۵۶۸۶۲	-۰/۰۷۸۴۳۱	-۰/۰۳۹۲۱۵	-۰/۱۱۷۶۴۷	۰/۹۰۱۹۶۰	-۰/۱۱۷۶۴۷	-۰/۰۷۸۴۳۱	-۰/۰۳۹۲۱۵	-۰/۰۷۸۴۳۱
C7	-۰/۱۵۶۸۶۲	-۰/۰۳۹۲۱۵	-۰/۱۱۷۶۴۷	-۰/۱۱۷۶۴۷	-۰/۱۵۶۸۶۲	-۰/۰۳۹۲۱۵	۱	-۰/۱۵۶۸۶۲	-۰/۰۳۹۲۱۵	-۰/۱۳۷۲۵۴
C8	-۰/۰۳۹۲۱۵	-۰/۰۷۸۴۳۱	-۰/۰۷۸۴۳۱	-۰/۰۷۸۴۳۱	-۰/۱۵۶۸۶۲	-۰/۰۳۹۲۱۵	-۰/۱۱۷۶۴۷	۱	-۰/۰۷۸۴۳۱	-۰/۱۱۷۶۴۷
C9	-۰،۱۳۷۲۵۴	-۰/۰۳۹۲۱۵	-۰/۱۱۷۶۴۷	-۰/۰۳۹۲۱۵	-۰/۰۳۹۲۱۵	-۰/۱۱۷۶۴۷	-۰/۰۳۹۲۱۵	-۰/۰۷۸۴۳۱	۱	-۰/۰۳۹۲۱۵
C10	-۰/۱۵۶۸۶۲	-۰/۱۱۷۶۴۷	-۰/۱۵۶۸۶۲	-۰/۱۱۷۶۴۷	-۰/۰۷۸۴۳۱	-۰/۰۳۹۲۱۵	-۰/۱۳۷۲۵۴	-۰/۱۱۷۶۴۷	-۰/۰۷۸۴۳۱	۱

(نگارندگان، ۱۴۰۱)

جدول ۶: نرمال‌سازی ماتریس ارتباطات کامل

نسبت به	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
C1	۱/۳۰۸۶۵۵	۰/۳۹۸۲۰۴	۰/۴۰۷۴۵۲	۰/۴۷۳۲۵۹	۰/۳۹۷۵۷۵۰	۰/۱۹۸۱۶۷	۰/۴۳۸۶۱۰	۰/۴۱۲۸۷۳	۰/۳۸۵۷۳۲	۰/۴۳۴۸۶۵
C2	۰/۳۷۱۲۸۱	۱/۲۹۶۰۳۷	۰/۵۱۰۹۴۱	۰/۳۷۶۷۵۷	۰/۳۷۶۴۳۷	۰/۲۰۶۹۶۰	۰/۵۰۶۱۱۲	۰/۳۹۵۳۷۶	۰/۴۰۳۲۳	۰/۴۵۸۳۷۸
C3	۰/۴۵۷۵۵۸	۰/۴۰۳۲۳۴	۱/۴۰۳۲۳۴	۰/۴۵۰۲۶۵	۰/۴۳۸۹۸۵	۰/۲۱۴۱۹۳	۰/۴۹۶۱۷۰	۰/۴۹۱۲۲۰	۰/۳۷۸۰۴۵	۰/۵۴۰۸۹۷
C4	۰/۳۲۵۱۸۹	۰/۳۱۷۱۶۸	۰/۴۸۰۹۳۳	۱/۳۲۱۰۳۶	۰/۳۵۷۴۹۵	۰/۱۶۲۳۵۹	۰/۴۵۳۴۴۷	۰/۳۷۷۵۹۸	۰/۴۳۰۱۲۹	۰/۴۸۹۵۴۴
C5	۰/۳۹۷۳۰۲	۰/۴۰۸۷۲۱	۰/۴۲۴۸۷۶	۰/۴۸۹۳۰۷	۱/۳۴۶۶۸۳	۰/۱۷۲۳۵۶	۰/۴۵۴۳۰۸	۰/۴۹۷۳۶۶	۰/۴۵۳۹۹۷	۰/۴۱۹۶۳۵
C6	۰/۳۹۸۰۴۷	۰/۴۹۱۷۸۳	۰/۴۹۲۴۲۴	۰/۴۲۰۱۹۲	۰/۴۹۱۰۲۶	۱/۲۸۴۴۲۳	۰/۵۳۳۵۱۷	۰/۴۷۴۰۹۹	۰/۳۸۸۳۵۳	۰/۴۸۶۸۱۸
C7	۰/۵۴۲۸۸۳	۰/۴۲۳۹۹۶	۰/۵۶۶۹۰۴	۰/۵۴۹۶۳۴	۰/۵۶۵۱۵۷	۰/۲۳۸۸۲۸	۱/۴۶۸۹۳۰	۰/۵۸۸۷۹۹	۰/۴۳۷۷۶۸	۰/۵۸۸۲۴۱
C8	۰/۳۸۲۲۱۵	۰/۳۹۱۴۰۷	۰/۴۶۴۱۸۳	۰/۴۳۸۳۹۰	۰/۴۹۶۴۴۰	۰/۲۰۹۷۵۲	۰/۴۹۷۸۲۸	۱/۳۷۹۲۸۵	۰/۴۰۵۶۷۸	۰/۴۹۲۳۵۷
C9	۰/۴۱۹۶۹۸	۰/۳۳۰۱۰۰	۰/۴۴۲۴۶۵	۰/۳۵۹۶۰۵	۰/۴۰۵۹۰۱	۰/۲۷۰۳۵۶	۰/۳۸۳۹۴۰	۰/۴۰۲۷۳۷.	۱/۲۸۸۱۹۰	۰/۳۷۸۸۲۷
C10	۰/۵۵۸۱۵۹	۰/۴۹۶۹۸۰	۰/۶۲۰۴۷۸	۰/۵۵۴۶۸۲	۰/۵۱۰۲۵۹	۰/۲۵۰۶۹۷	۰/۶۰۶۳۷۴	۰/۵۶۵۰۲۹	۰/۴۷۸۰۱۶	۱/۴۸۴۹۶۰

(نگارندگان، ۱۴۰۱)

محاسبه ماتریس ارتباطات کامل (T)

در این گام ماتریس ارتباطات کامل را تشکیل می دهیم، یعنی ابتدا ماتریس نرمال را از ماتریس واحد کم می‌کنیم سپس آن را معکوس کرده و سپس ماتریس N را در ماتریس معکوس شده ضرب می‌کنیم. بدین ترتیب، ماتریس ارتباطات کامل به صورت جدول (۷) محاسبه می‌گردد:

جدول ۷: ماتریس ارتباطات کامل

نسبت به	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
C1	۰/۳۰۸۶۵۵	۰/۳۹۸۲۰۴	۰/۴۰۷۴۵۲	۰/۴۷۳۲۵۹	۰/۳۹۷۵۷۰	۰/۱۹۸۱۶۷	۰/۴۳۸۶۱۰	۰/۴۱۲۸۷۳	۰/۳۸۵۷۳۲	۰/۴۳۸۶۰۰
C2	۰/۳۷۱۲۸۱	۰/۲۹۶۰۳۷	۰/۵۱۰۹۴۱	۰/۳۷۶۷۵۷	۰/۳۷۶۴۳۷	۰/۲۰۶۹۶۰	۰/۵۰۶۱۱۲	۰/۳۹۵۳۷۶	۰/۴۰۷۳۲۳	۰/۴۵۸۳۷۸
C3	۰/۴۵۷۵۵۸	۰/۴۰۳۲۳۴	۰/۴۰۳۲۳۴	۰/۴۵۰۲۶۵	۰/۴۳۸۹۸۵	۰/۲۱۴۱۹۳	۰/۴۹۶۱۷۰	۰/۴۹۱۲۲۰	۰/۳۷۰۴۶	۰/۵۴۰۸۹۷
C4	۰/۳۲۵۱۸۹	۰/۳۱۷۱۶۸	۰/۴۸۰۹۳۳	۰/۳۲۱۰۳۶	۰/۳۵۷۴۹۵	۰/۱۶۲۳۵۹	۰/۴۵۳۴۴۷	۰/۳۷۷۵۹۸	۰/۴۳۰۱۲۹	۰/۴۸۹۵۴۴
C5	۰/۳۹۷۳۰۲	۰،۴۰۸۷۲۱	۰،۴۲۴۸۷۶	۰،۴۸۹۳۰۷	۰،۳۴۶۶۸۳	۰،۱۷۲۳۵۶	۰،۴۵۴۳۰۸	۰،۴۹۷۳۶۶	۰،۴۵۳۹۹۷	۰،۴۱۹۶۳۵
C6	۰/۳۹۸۰۴۷	۰/۴۹۱۷۸۳	۰/۴۹۲۴۲۴	۰/۴۲۰۱۹۲	۰/۴۹۱۰۲۶	۰/۲۸۴۴۲۳	۰/۵۳۳۵۱۷	۰/۴۷۴۰۹۹	۰/۳۸۸۳۵۳	۰/۴۸۶۸۱۸
C7	۰/۵۴۲۸۸۳	۰/۴۲۳۹۹۶	۰/۵۶۶۹۰۴	۰/۵۴۹۶۳۴	۰/۵۶۵۱۵۷	۰/۲۳۸۸۲۰	۰/۴۶۸۹۳۰	۰/۵۸۸۷۹۹	۰/۴۳۷۷۶۸	۰/۵۸۸۲۴۱
C8	۰/۳۸۲۲۱۵	۰/۳۹۱۴۰۷	۰/۴۶۴۱۸۳	۰/۴۳۸۳۹۰	۰/۴۹۶۴۴۰	۰/۲۰۹۷۵۱	۰/۴۹۷۸۲۸	۰/۳۷۹۲۸۵	۰/۴۰۵۶۷۸	۰/۴۹۲۳۵۷
C9	۰/۴۱۹۶۹۸	۰/۳۳۰۱۰۰	۰/۴۴۲۴۶۵	۰/۳۵۹۶۰۵	۰/۴۰۵۹۰۱	۰/۲۷۰۵۳۶	۰/۳۸۳۹۴۰	۰/۴۰۲۷۳۷	۰/۲۸۸۱۹۰	۰/۳۷۸۸۲۷
C10	۰/۵۵۸۱۵۹	۰/۴۹۶۹۸۰	۰/۶۲۰۴۷۸	۰/۵۵۴۶۸۲	۰/۵۱۰۲۵۹	۰/۲۵۰۶۹۷	۰/۶۰۶۳۷۴	۰/۵۶۵۰۲۹	۰/۴۷۸۰۱۶	۰/۴۸۴۹۶۰

(نگارندگان، ۱۴۰۱)

گام پنجم: ایجاد نمودار علّی و محاسبه مقدار آستانه و بدست آوردن دیاگرام

جهت تعیین نقشه روابط شبکه باید ارزش آستانه محاسبه شود. با این روش میتوان از روابط جزئی صرفنظر کرده و شبکه روابط قابل اعتنا را ترسیم کرد. تنها روابطی که مقادیر آنها در ماتریس T از مقدار آستانه بزرگتر باشد، در دیاگرام نمایش داده خواهد شد. برای محاسبه مقدار آستانه روابط کافی است تا میانگین مقادیر ماتریس T محاسبه شود. بعد از آنکه شدت آستانه تعیین شد، تمامی مقادیر ماتریس Tکه کوچکتر از آستانه باشد صفر می‌شود یعنی آن رابطه علّی در نظر گرفته نمی‌شود. پس با این تفاسیر، شدت آستانه در پژوهش حاضر برابر با ۰/۴۲۲۱۱۲۹ می‌باشد و تمامی مقادیر کمتر از این مقدار بی اهمیت بوده و در دیاگرام نمایش داده نخواهد شد. جدول (۸) نتایج این عملیات را نشان می‌دهد.

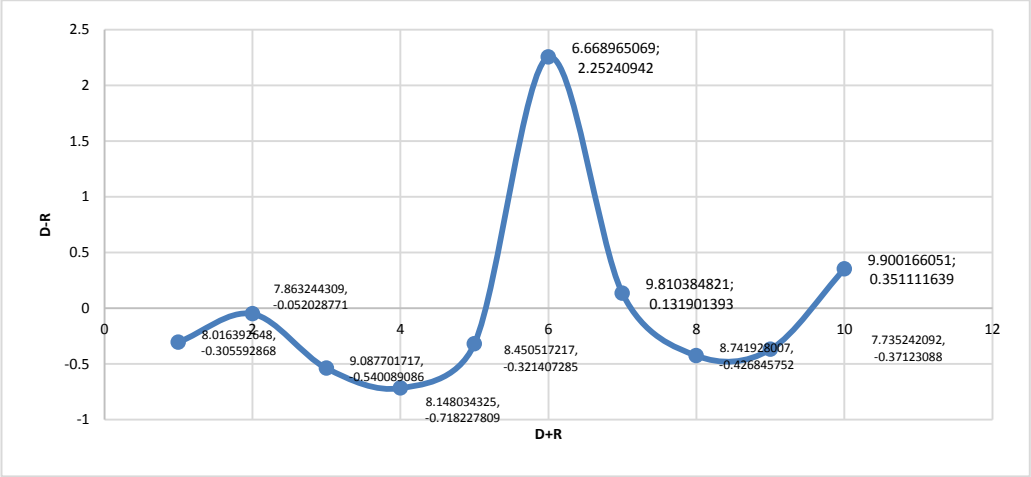
جدول ۸: ماتریس روابط کل با حذف عامل‌های کمتر از میانگین (نگارندگان، ۱۴۰۱)

نسبت به	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
C1	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۱
C2	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱
C3	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۱
C4	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۱
C5	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۰
C6	۰	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۱
C7	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱
C8	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۱
C9	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C10	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱

جدول ۹: نتایج تجزیه و تحلیل شاخص‌های دیمتل

عوامل	D	R	D+R	D-R
جامعیت سیستم	۳/۸۵۵۳۹۹	۴/۱۶۰۹۹۲	۸/۰۱۶۳۹۲	-۰/۳۰۵۵۹۲
بازار محوری	۳/۹۰۵۶۰۷	۳/۹۵۷۶۳۰	۷/۷۸۶۳۲۴۴	-۰/۰۵۲۰۲۸
انعطاف‌پذیری	۴/۲۷۳۸۰۶	۴/۸۱۳۸۹۵	۹/۰۸۷۷۰۱	-۰/۵۴۰۰۸۹
مقیاس	۳/۷۱۴۹۰۳	۴/۴۳۳۱۳۱	۸/۱۴۸۰۳۴	-۰/۷۱۸۲۲۷
مقبولیت اجتماعی	۴/۰۶۴۵۵۴	۴/۳۸۵۹۶۲	۸/۴۵۰۵۱۷	-۰/۳۲۱۴۰۷
لایه هوشمند	۴/۴۶۰۶۸۷	۲/۲۰۸۲۷۷	۶/۶۶۸۹۶۵	-۲/۲۵۲۴۰۹
لایه واسط هوشمند	۴/۹۷۱۱۴۳	۴/۸۳۹۲۴۱	۹/۹۸۱۰۳۸۴	-۰/۱۳۱۹۰۱۳
سیستم مدیریت ساختار هوشمند	۴/۱۵۷۵۴۱	۴/۵۸۴۳۸۶	۸/۷۴۱۹۲۸	-۰/۴۲۶۸۴۵
پایگاه داده هوشمند	۳/۶۸۲۰۰۵	۴/۰۵۳۲۳۶	۷/۷۳۵۲۴۲	-۰/۳۷۱۲۳۰
زیر ساخت‌های هوشمند	۵/۱۲۵۶۳۸	۴/۷۷۴۵۲۷	۹/۹۰۰۱۶۶	۰/۳۵۱۱۱۱۶

(نگارندگان، ۱۴۰۱)



شکل ۳: نمودار علّی
(نگارندگان، ۱۴۰۱)

تجزیه و تحلیل شاخص‌های دیمتل

جدول (۹) به تجزیه و تحلیل آماری شاخص‌های دیمتل می‌پردازد.

تشکیل نمودار علّی

در این گام مجموع سطر (D)ایجاد می‌کنیم و مجموع ستون(R) ماتریس ارتباطات کل را محاسبه کرده و به این ترتیب، مقادیر(D-R) و (D+R) را ایجاد می‌کنیم و محور مختصات آنرا ترسیم می‌کنیم.

بر اساس جدول (۸)، معیار زیر ساخت‌های هوشمند دارای بیشترین مقدار D است، پس تاثیرگذارترین عامل به حساب می‌آید. معیار لایه‌ی واسط هوشمند نیز دارای بیشترین مقدار R است، لذا تاثیرپذیرترین عامل است. همچنین عامل لایه واسط هوشمند نیز دارای بیشترین مقدار D+R است، لذا بیشترین ارتباط را با دیگر عوامل سیستم دارد.

نتیجه‌گیری

بر اساس قانون مدیریت پسماند، مسئولیت مدیریت پسماند بر عهده تولید کننده است و اگر به درستی این امر صورت نگیرد، مشمول جرایم می‌شود. همچنین با توجه به اینکه حجم و تنوع بالایی از پسماند در کشور تولید می‌شود، نیاز است تا پسماندها به خوبی مدیریت شود. تدوین راهکاری برای مدیریت پسماند و استفاده از سیستم‌های هوشمند مدیریت پسماند یکی از پیشنهادهای بهینه‌ای است که در این راستا ارائه شده است و قادر است تمامی مراحل مدیریت پسماند را اجرایی و رصد کند و گزارش‌ها و شکایات احتمالی را دریافت کند و اصلاحات سیستمی را نیز ارائه دهد. با نظارت بر سطل زباله‌های پر مبتنی بر استفاده از حسگرها، امکان دستیابی به یک سیستم کارآمدتر فراهم می‌شود. ایده‌ی ارائه شده در این مقاله با عنوان "هوشمندسازی مدیریت دفع زباله" به طور عمده بر ارائه‌ی راهکارهای نظارت بر مدیریت دفع زباله تمرکز دارد و یک فناوری برای سیستم دفع زباله است که از دخالت انسان‌ها جلوگیری به عمل می‌آورد و تلاش و زمان به هدر رفته توسط آنها را کاهش داده و منجر به ایجاد محیط زیست پاک و سالم می‌گردد.

اینترنت اشیا می‌تواند با تبدیل مدیریت پسماند به فرآیندهای جمع‌آوری داده محور، خدمات جمع‌آوری زباله را بهینه ساخته و هزینه‌های عملیاتی را کاهش دهد. سیستم‌های مدیریت زباله موجود معمولاً به گونه‌ای است که سرویس جمع‌آوری پسماند مسیر از پیش مشخص شده‌ای را به طور منظم در پیش می‌گیرد و سطل‌های زباله و بازیافت را بدون توجه به پر یا خالی بودن آن‌ها تخلیه می‌کند. ماهیت ثابت این سیستم باعث شده است که سطل‌های نیمه پر خالی شوند، سوخت غیر ضروری مصرف شود و استفاده از منابع شهری افزایش یابد. روش‌های جمع‌آوری پسماند مورد استفاده در حال حاضر بسیار پرهزینه هستند و این در حالی است که با استفاده از اینترنت اشیا می‌توان این روش‌ها را به فرآیندهای جمع‌آوری داده محور تبدیل کرد.

راه حل‌های مدیریت هوشمند پسماند از حسگرهایی استفاده می‌کند که در سطل‌های زباله جایگذاری شده‌اند و میزان انباشتگی زباله را اندازه گیری می‌کند تا زمان مناسب تخلیه آن‌ها را به سیستم جمع‌آوری شهری

اطلاع دهد. با گذشت زمان، می‌توان از داده‌هایی که حسگرها جمع‌آوری کرده‌اند استفاده کرد و الگوهای انباشتگی را تنظیم کرد، مسیرها و برنامه‌های زمانی را بهینه کرد و هزینه‌های عملیاتی را کاهش داد. از آنجایی که هزینه این حسگرها به صورت مداوم در حال کاهش است استفاده از سطل‌های زباله مبتنی بر اینترنت اشیا ساده‌تر و از نظر مدیران جالب‌تر خواهد بود. ایده‌ی پیشنهادی می‌تواند برای ساکنان شهرهای هوشمند که زمان کافی برای مدیریت دفع زباله‌ها به تنهایی را ندارند، به کار گرفته شود. در صورت تمایل، این سطل زباله‌ها می‌توانند در ابعاد بزرگتر برای یک آپارتمان و زباله‌های خشک نیز مورد استفاده قرار بگیرند. افزایش مشارکت حداکثری شهروندان در تفکیک پسماند ارزشمند در مبدأ از طریق ایجاد انگیزه، توسعه سیستم مکانیزه جمع آوری، توزین و تفکیک پسماند ارزشمند مبتنی بر اصول بهداشتی به همراه امکان نظارت دستگاه‌های اجرایی و نظارتی، انتقال پسماند ارزشمند به مرکز انتقال دوباره، افزایش سهم پسماند بازیافت شده از حجم کل پسماند جمع‌آوری شده، ایجاد بانک اطلاعاتی پسماند ارزشمند شهروندان، تحقق اهداف شهر هوشمند در حوزه مدیریت پسماند ارزشمند شهری، ارتقای فرهنگ شهروندان در زمینه مسائل زیست محیطی و تفکیک پسماند و تسهیل فرآیند جمع آوری پسماند ارزشمند شهروندان از جمله دستاوردهای مدیریت هوشمند پسماند خواهد بود. لذا ایجاد سازمانی مستقل در شهرداری‌ها می‌تواند نقش مهمی را در بهبود وضعیت داشته باشد.

استفاده از یک الگوریتم بهینه‌سازی برای کاهش زمان محاسباتی و پیچیدگی برنامه امری اجتناب‌ناپذیر در برنامه‌های سنگین محسوب می‌شود. با توجه به پارامترهای زیاد آموزش مدل‌های طبقه‌بندی و تاثیر زیاد مقدار این پارامترها بر نتایج پایانی و همچنین حجم بالای داده‌های ورودی که بیشتر آنها غیرمفید هستند، عملیات انتخاب ویژگی بسیار مفید خواهد بود.

این پژوهش با هدف ارزیابی الگوی علّی معیارهای مؤثر بر مدیریت پسماند شهر ساری انجام گردید. به منظور دستیابی به اهداف ترسیم شده‌ی تحقیق، از روش دیمتل استفاده گردید. یافته‌های حاصل از اجرای روش دیمتل، نشان می‌دهند که از بین معیارهای تعیین شده، لایه هوشمند تأثیرگذارترین معیار بوده است. همچنین مشخص گردید که معیار انعطاف‌پذیری تاثیر پذیرترین، و معیار مقیاس بیشترین انعطاف‌پذیری را دارا بوده و عواملی همچون بازار محوری و مقبولیت اجتماعی به دلیل مسایل اجتماعی از اهمیت پایین‌تری برخوردار هستند. همچنین در تبیین یافته‌های بدست‌آمده می‌توان گفت که در بسیاری از تحقیقات صورت گرفته، منظر شهری بعنوان یکی از عوامل مهم در ارتقای کیفیت محیط شهری یاد شده است؛ به گونه‌ای که این امر باعث خلق مزیت نسبی برای شهرهایی که از منظر شهری از کیفیت مطلوبی برخوردار هستند، شده است و این آمار زمینه جذب نیروی کار ماهر، سرمایه‌گذاران و گردشگران را ممکن می‌سازد. از آنجا که تعداد معیارهای تأثیرگذار در روند این انتخاب زیاد بوده و سازمانها باید عوامل کیفی و کمّی زیادی را در نظر بگیرند، برگزیدن راهبرد مناسب کار دشواری به نظر می‌رسد. از طرفی دیگر، در مطالعات انجام شده بیشتر به سطوح اجرایی مدیریت پسماند و فرآیندها و چرخه آن توجه گردیده و به طراحی و انتخاب راهبرد مناسب برای مدیریت دانش توجه کمتری شده است. لذا، این مقاله با استفاده از روش دیمتل به رتبه‌بندی راهبردهای مدیریت پسماند به شیوه‌ای جدید پرداخته است.

منابع و مآخذ

اسدی، فرشته، محمدی، مهدی، جعفرنژاد چقوشی، احمد، اصلانی، علیرضا، (۱۴۰۱). تبیین عوامل موثر اشاعه و پذیرش فناوری های نوین تفکیک در مبدا پسماند شهری به منظور بهبود مدیریت شهری، *فصلنامه جغرافیا* (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)، *دوره ۱۲، شماره ۲*.

پرهیزکار، اکبر (۱۳۷۶)، ارائهٔ الگوی مناسب مکان گزینی مراکز خدمات شهری با تحقیق در مدل های جی آی اس شهری، رساله دکتری، دانشکده علوم انسانی دانشگاه تربیت مدرس.

ترکاشوند، ج.، و امام جمعه، م.، و فرزادکیا، م.، و محمودخانی، ر. (۱۳۹۷). میزان تفکیک از مبدأ در مدیریت پسماند و مروری بر عوامل اقتصادی و اجتماعی مؤثر بر آن در چند شهر ایران . *مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی قزوین*، ۲۲(۵ (پیاپی ۱۰۰))، ۷۰-۷۹.

حبیبی، آرش.، ایزدیار، صدیقه.، سرافرازی، اعظم. (۱۳۹۳)، تصمیم گیری چندمعیاره فازی، انتشارات کتیبه گیل

خاتم زاده، مجتبی و تاجفر، امیرهوشنگ و قیصری، محمد، (۱۳۹۵)، مدیریت دارایی‌های سازمان با استفاده ازفناوری اینترنت اشیا مبتنی بر رایانش ابری،

نخستین کنفرانس بین‌المللی پارادیم‌های نوین مدیریت هوشمندی تجاری و سازمانی، تهران.
خدمتگزار، حمیدرضا (۱۳۹۴)، بررسی نقش اینترنت اشیا در سیستم‌های مدیریت دانش، *مدیریت فناوری اطلاعات*، دوره ۷، ش ۳، ص ۵۵۳-۵۷۲.
علوی، نادعلی و احمدی زرج آباد، فاطمه، (۱۳۹۹)، مدیریت پسماند در شهر هوشمند با استفاده از اینترنت اشیا، سیزدهمین همایش دانشجویی تازه‌های علوم بهداشتی کشور، تهران.
نورپور علیرضا، افراسیابی هادی، داوودی سید مجید (۱۳۹۲)، بررسی فرآیند مدیریت پسماند در جهان و ایران، مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، گزارش شماره ۲۰۷.
Abdul Ahad M, Paiva S, Tripathi G, Feroz N. (2020). Enabling technologies and sustainable smart cities, Sustainable Cities and Society, Vol. 61. https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102301
AjazMoharkan, Z., Choudhury, T., Chand Gupta, S. and Raj, G. (2017). "Internet of Things and Its Applications in E-learning". IEEE International Conference on Computational Intelligence and Communication Technology. Ghaziabad, India.
Berat Sezer, O., Dogdu, E. and Murat Ozbayoglu, A. (2017). "Context-Aware Computing, Learning, and Big Data in Internet of Things: A Survey". IEEE Internet of Things Journal, 5, pp. 2327-4662.
Cho, W. T., Lai, Y. X., Lai, C. F. and Huang, Y. M. (2013). "Appliance-Aware Activity Recognition Mechanism for IOT Energy Management System". The Computer Journal, 56, pp. 1020-1033.
El Ghazali, Y., Lefebvre, E., & Lefebvre, L. A. (2012). The Potential of RFID as an Enabler of Knowledge Management and Collaboration for the Procurement Cycle in the Construction Industry. Journal of Technology Management &Amp; Innovation, 7(4), 81–102.
Florea, I., Rughinis, R., Ruse, L. and Dragomir, D. (2017). "Survey of Standardized Protocols for the Internet of Things". IEEE Control Systems and Computer Science, 33, pp. 190-196.
González Briones, Alfonso & Chamoso, Pablo & Casado-Vara, Roberto & Rivas, Alberto & Omatu, Sigeru & Corchado Rodríguez, Juan. (2019). Internet of Things Platform to Encourage Recycling in a Smart City. 10.1016/B978-0-12-803581-8.10726-X.
Harrison, C., B. Eckman, R. Hamilton. 2010. Foundations for Smarter Cities. IBM Journal of Research and Development 54(16): 1-16.
IBM (2014). Bringing Big Data to the Enterprise. Available: http://www-01.ibm.com/software/data/bigdata. (Accessed on 02.11.2014).
Lanotte, Ruggero & Merro, Massimo. (2016). A Semantic Theory of the Internet of Things (Extended Abstract). LNCS. 9686. 157-174. 10.1007/978-3-319-39519-7_10.
Patel, K.K. and Patel, S.M. (2016) Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges. International Journal of Engineering Science and Computing, 6, 6122-6131.
Saha HN et al., "Waste management using internet of things (IoT)," 2017 8th Annual Industrial Automation and Electromechanical Engineering Conference (IEMECON), 2017, pp. 359-363.
Tomovic, S., Yoshigoe, K., Maljevic, I. and Radusinovic, I. (2017). Software-Defined Fog Network Architecture for IOT". Wireless Personal Communications Journal, 92, pp. 181-196.
Lanotte, R, & Merro, M. (2018). A semantic theory of the internet of things.
Information and Computation
Lanotte, R, & Merro, M. (2018). A semantic theory of the internet of things.
Information and Computation
Wenge R, Zhang X, Dave C, Chao L, Hao S (2014). "Smart city architecture: A technology guide for implementation and design challenges," in China Communications, vol. 11, no. 3, pp. 56-69.

یادداشت‌ها

[1] *Information and communication tecnology (ICT)*
[2] *Internt of things (IoT)*
[3] *Information tecnology (IT)*
[4] *Integrated waste management (IWM)*
[5] *Cloud*
[6] *Global System for Mobile (GSM)*
[7] *Application*
[8] *Wireless sensor network (WSN)*
[9] *Radio frequency identification (RFID)*
[10] *Geographical information system (GIS)*
[11] *Evaluation and trial decision making*
[12] *Causal diagram*