Research in Production and Operations Management
University of Isfahan E-ISSN: 2981-0329
Vol. 15, Issue 1, No. 36, Spring 2024
https://doi.org/10.22108/POM.2024.139169.1527

(Research paper)

Developing Autopoiesis of industrial safety communication signs with the help of the Internet of Things

Saeed Jahanyan*
Department of Management, Faculty of Administrative Sciences and Economics, University of Isfahan, Isfahan, Iran, s.jahanyan@ase.ui.ac.ir
Siamak NabeghVatan
Department of Industrial Management, Faculty of Management and Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, siamak_2226@yahoo.com

Purpose: This study aims to investigate the impact of the Internet of Things (IoT) on the Autopoiesis between communication signs in the industrial safety system and its subsequent influence on organizational safety performance.

Design/methodology/approach: A proposed model has been developed to examine the relationship between the IoT and Autopoiesis within the industrial safety system. Data has been collected through a survey method, utilizing a questionnaire to analyze the model.

Findings: Findings revealed that IoT has a significant impact on the Autopoiesis between communication signs within the industrial safety system, ultimately leading to an improvement in organizational safety performance.

Research limitations/implications: This study relied on a survey method for data collection, which may introduce bias. Future research could explore other methods of data collection to further validate the findings.

Practical implications: The results of this study suggest that implementing IoT technology can enhance the Autopoiesis within the industrial safety system, leading to improved organizational safety

* Corresponding author, Orcid: 0000-0002-6084-6708 2981-0329/ © University of Isfahan
This is an open access article under the CC-BY-NC-ND 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

performance. This highlights the importance of integrating emerging technologies into safety management practices.

Social implications: By improving industrial safety performance through the utilization of IoT, organizations can create safer work environments for employees, ultimately contributing to overall societal well-being and reducing health hazards in the workplace.

Originality/value - This study contributes to the literature by exploring the novel concept of using the IoT to develop Autopoiesis within the industrial safety system. The findings provide valuable insights for organizational development managers seeking to improve safety performance through technological advancements.

Keywords: Internet of Things (IoT), Autopoiesis, Industrial safety, Communicative sign

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهش در مدیریت تولید و عملیات، دوره ۱۵، شماره ۱، پیاپی ۳۶، بهار ۱۴۰۳
دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۰۱ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۰۷ ص ۷۱-۸۸
https://doi.org/10.22108/POM.2024.139169.1527

(مقالهٔ پژوهشی)

تأثیر به‌کارگیری اینترنت اشیا در ایجاد خودسازندگی سیستمی به‌منظور بهبود عملکرد علائم و نشانه‌های ایمنی صنعتی

سعید جهانیان[1*]، سیامک نابغ وطن[2]

۱- دانشیار گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اصفهان، ایران، s.jahanyan@ase.ui.ac.ir
۲- دانشجوی دکتری گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران، siamak_2226@yahoo.com

چکیده: عملکرد ایمنی صنعتی یک سازمان، موضوع مهم و در عین حال مرتبط با ریسک و خطرات مالی، جانی و ... است؛ از این رو بالابردن سطح این عملکرد، یکی از اهداف مهم مدیران سازمانی است. سیستم ایمنی صنعتی، محصول یکسری از ارزش‌ها، تعاملات، نشانه‌ها، مکالمات و الگوهای رفتار فردی و گروهی مجموعه افراد محیط کار است. اینجاست که مبحث خودسازندگی سیستمی، بین این نشانه‌ها و ارتباطات مطرح می‌شود. با خودسازندگی، سیستم ایمنی در شرایطی خودگردان و خودتولید قرار می‌گیرد. مبحث اینترنت اشیا نیز موضوع نسبتاً جدیدی در حوزهٔ فناوری‌های نوظهور است که به کمک تجهیزات و سیستم خود، نقش مهمی در ارتقای سطح این مجموعه نشانه‌ها دارد. از این بین به تأثیر حسگرها در تقویت ارتباط بین مجموعه نشانه‌های سیستم ایمنی اشاره می‌شود. از این رو در این پژوهش اهمیت اینترنت اشیا و تأثیرگذاری آن بر خودسازندگی این مجموعه نشانه‌ها و درنهایت عملکرد سیستم ایمنی صنعتی با مدل پیشنهادی بررسی شد. در این پژوهش به کمک روش پیمایشی و جمع‌آوری اطلاعات ازطریق پرسش‌نامه، مدل تحلیل و مشخص شد که تأثیر اینترنت اشیا در تأثیرگذاری این مجموعه نشانه‌ها بر خودسازندگی بالاست و موجب بالارفتن سطح خودسازندگی و درنتیجه عملکرد سیستم ایمنی صنعتی یک سازمان می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اینترنت اشیا، خودسازندگی، ایمنی صنعتی، نشانه

* نویسنده مسئول، Orcid: 0000-0002-6084-6708

2981-0329/ © University of Isfahan
This is an open access article under the CC-BY-NC-ND 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

۱- مقدمه

۱-۱ موضوع پژوهش

ایمنی صنعتی (ایمنی و محیط کار) یکی از مباحث مهم در محیط‌های کاری پرخطر است؛ از این رو ایجاد یک سیستم مناسب برای آن در کارخانه‌ها، شرکت‌ها، بیمارستان‌ها و ... امری اجتناب‌ناپذیر است. تشخیص سیستماتیک و کاهش خطرات ایمنی صنعتی، مستلزم اجرای عوامل مدیریت ایمنی در یک همکاری فشرده با طرف های ذی‌نفع است که معمولاً در طراحی آن مشارکت دارند (ویلسون و همکاران[1]، ۲۰۰۳). ایمنی و بهداشت صنعتی محصول یکسری از ارزش‌ها، تعاملات، نشانه‌ها، مکالمات و الگوهای رفتار فردی و گروهی مجموعه افراد محیط کار است؛ برای مثال، تابلویی بر یکی از درهای قسمتی از محیط کار نصب شده است که نوشته یا شکلی با مضمون «ورود بدون کلاه ایمنی ممنوع» دارد، نمونه‌ای از نشانه‌های سازمانی است که در خود سه ویژگی اصلی ارزش‌گذاری، انتخاب و عمل دارد؛ به‌گونه‌ای که فرد قرارگرفته در آن محیط، طی آموزش‌های لازم و به کمک رویه‌ها، به درجه‌ای از زوجی‌شدن ساختاری می‌رسد که در او مدلول آن دال (یعنی نوشته یا شکل روی تابلو) شکل گرفته و درنتیجه متوجه ارزش آن می‌شود، در ادامه با طی زمان لازم برای انتخاب و سپس عمل، بستار سازمانی آن نشانه را کامل می‌کند و کلاه ایمنی خود را به سر می‌گذارد. مفهوم خودسازندگی الگویی را برای پدیدهٔ شناخت هر موجود زنده ارائه می‌دهد. طبق این نظریه، ویژگی بارز هر سیستم زنده این است که از شبکه‌ای پیوسته از کنش و واکنش تشکیل شده است که در آن اجزا به‌طور مداوم بازتولید و به‌صورت پویا در شبکهٔ موجود یکپارچه می‌شوند (مینجرز[2]، ۲۰۰۶).

جدول ۱. انواع خطرها و مخاطرات در دسته‌های عوامل فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و ارگونومیکی

Table 1. Types of risks and hazards in the categories of physical, chemical, biological and ergonomic factors

فیزیکی	ارگونومی	شیمیایی	بیولوژیکی
سقوط از ارتفاع	زیاد ایستادن روی پا	استنشاق گازها	گزش با حشرات
برخورد با اشیای ثابت و متحرک	انجام حرکات تکراری	تماس پوستی با مواد شیمیایی	گزش با عقرب، مار و ...
گیرکردن بین قطعات و اشیا	صرف نیروی زیاد از حد	وجود مواد اشتعال‌زا	تماس با مواد ویروسی
تماس با اشیای برنده	جابه‌جایی بار به شکلی نامناسب	استنشاق ذرات معلق	تماس با مواد آلوده به باکتری
سقوط اشیا			
تماس با حرارت			
تماس با اشعه‌ها			
پرتاب پلیسه و قطعات ریز			
آلودگی صوتی			

امروزه شرکت‌ها از اینترنت اشیا[3]، ازطریق راه‌هایی همچون صرفه‌جویی در هزینه‌های پیش‌بینی‌شده، افزایش ایمنی و دیگر کارایی‌های عملیاتی بهره می‌برند. مدیران بخش‌های صنعتی به کمک اینترنت اشیا بر چگونگی انجام و پیشرفت فعالیت‌های شرکت در شرایط کاملاً ایمن نظارت دارند. به این طریق آنها تصمیمات لازم را برای مدیریت هرچه بهتر ایمنی صنعتی ارائه می‌دهند (اشتون[4]، ۲۰۰۹).

نوآوری‌های اینترنت اشیا به بهبود ایمنی فضای کاری کمک می‌کند. در جهان امروز، ساعت مچی، ایمپلنت و الکترود، کار جمع‌آوری داده‌ها را انجام می‌دهند؛ اما تغییرات جدیدی در حال رخ‌دادن است. به نظر می‌رسد دستورالعمل‌های کاری، پیام‌های متنی، ایمیل‌ها و تصاویر قطعات، فقط چندین مرحلهٔ کوتاه از این فناوری باشد. با استفاده از این نوع روش‌های جمع‌آوری، جلیقه‌های اکسوکلتون هم برای کاهش آسیب‌های کارگران و خستگی استفاده می‌شود. این تغییر و تحولات در صنعت ساخت‌وساز هم دیده می‌شود. کلاه‌های ایمنی در ساختمان‌ها، شامل سنسورهایی‌اند که نظارت بر شرایط جسمی کارگران مانند تعداد ضربان قلب، خستگی، درجه حرارت، سطح اکسیژن و استرس را انجام می‌دهند. همهٔ موارد ذکرشده نشان‌دهندهٔ اهمیت استفاده از اینترنت اشیا در مبحث ایمنی صنعتی است؛ موضوعی که باید بیش‌ازپیش به آن رسیدگی و تأثیر آن بر بالارفتن میزان ایمنی صنعتی بررسی شود (سینگ و همکاران[۵]، ۲۰۲۱).

این پژوهش قصد دارد ابتدا تمام نشانه‌های ایمنی صنعتی که در یک سازمان از برنامه‌ریزی تا زمان کنترل دخیل‌اند را بررسی و یک چارچوب مدون برای بهبود عملکرد نشانه‌های ایمنی ایجاد خودسازندگی بین آنها مهیا کند. در این بین مزایای ذکرشده از اینترنت اشیا و کاربردهای آن، شرایط را برای تحقق این امر تسهیل کرده‌اند. مهم‌ترین قسمت از اینترنت اشیا، اجزای کاربردی آن‌اند. در اصل هدف پژوهش، یافتن تأثیر استفاده از اینترنت اشیا در خودسازندگی سیستم ایمنی صنعتی یک شرکت و درنهایت بهبود عملکرد آن است. شکاف موجود در این مسئله، نبود خودسازندگی لازم بین نشانه‌های ایمنی صنعتی در سیستم‌های ایمنی صنایع مختلف است. این شکاف باعث نقص و ضعف در عملکرد سیستم ایمنی صنعتی صنایع می‌شود. در این پژوهش پیشنهاد می‌شود از تأثیر متغیر تعدیل‌گری همچون اینترنت اشیا بر خودسازندگی سیستم ایمنی صنعتی استفاده شود؛ برای مثال می‌توان با کمک حسگرها، در خودسازندگی نشانه‌های اطلاع‌دهنده و هشداردهنده سیستم ایمنی تأثیر مثبتی ایجاد کرد (تیباد و همکاران[۶]، ۲۰۱۸). به همین جهت پژوهشگر، اهداف متعددی را در نظر دارد که مهم‌ترین آنها، این موارند:

- تعیین چارچوب و دسته‌بندی مناسب برای نشانه‌های ایمنی صنعتی؛
- ایجاد سیستمی خودسازنده بین نشانه‌های ایمنی صنعتی؛
- بررسی تأثیر اینترنت اشیا بر خودسازندگی سیستم نشانه‌های ایمنی؛
- ارائهٔ پیشنهادهایی برای پژوهش‌های بعدی.

در بخش دوم، پیشینهٔ پژوهش مرور و پژوهش‌های مختلف راجع به نشانه‌های ایمنی و بهداشت صنعتی و همچنین مفاهیم خودسازندگی بررسی می‌شود. بخش سوم روش پژوهش را بررسی می‌کند. انواع نشانه‌های ایمنی و همچنین مدل مفهومی پژوهش در این بخش ارائه می‌شود. بخش چهارم مربوط به یافته‌های پژوهش است. در این بخش مدل مسیری پژوهش با نرم‌افزار لیزرل بررسی و نتایج آن ارائه می‌شود. در بخش پنجم و نهایی نیز نتیجه‌گیری پژوهش ارائه می‌شود، دربارهٔ یافته‌های آن بحث و پیشنهادهایی مطرح می‌شود.

۲- پیشینهٔ پژوهش

هر سیستم ایمنی صنعتی، عوامل مهم و معیارهای مختلفی را در خود دارد؛ اما بین همهٔ اجزای این سیستم، نشانه‌ها نقش مهمی در زنده نگه داشتن و کارایی آن بازی می‌کنند. از طرفی با توجه به مفهوم خودسازندگی، هر

سیستمی که طی چرخه‌ای به بازتولید و تقویت مداوم خود ادامه دهد، مانا خواهد بود. با واردکردن این مفهوم به سیستم ایمنی صنعتی، سطح ایمنی پیاده‌شده در محل کار به‌طرز درخور توجهی بالا می‌رود. با توجه به اجزا و زیرشاخه‌های اینترنت اشیا که ابزاری کارآمد برای ایجاد ارتباط بین نشانه‌های مختلف‌اند، میزان خودسازندگی سیستم ایمنی صنعتی تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

۲-۱ سیستم ایمنی صنعتی

در هر سیستم ایمنی، سیستم‌های مدیریت ایمنی صنعتی، موضوعات جالبی در مقالات و صنعت ظاهر شده‌اند. امروزه ابزارها، سیستم‌ها، فرم‌ها و نرم‌افزارهای مختلفی برای پارادایم ایمنی صنعتی معرفی شده‌اند. رابسون و همکاران[۷] (۲۰۰۷) یک مرور پیشینه را دربارهٔ اثربخشی سیستم مدیریت ایمنی شغلی انجام دادند. آنها مشکلاتی را در این سیستم‌ها و مطالعات مربوطه شناسایی کردند که هرکدام با وجود نکات برجسته، ضعف‌هایی نیز دارند. کروزه و همکاران[۸] (۲۰۱۹) نیز یک سیستم مدیریت یکپارچه را برای ایمنی، سلامت و محیط‌زیست ایجاد کردند. ساختار نظریهٔ این پژوهش نیز بر پایهٔ چهار دسته از نشانه‌های ایمنی صنعتی بنا نهاده شده است. کانگ و ممتاز[۹] (۲۰۱۸) در پژوهشی، انطباق راننده با علائم ایمنی کنار جاده را با استفاده از نشانه‌های هشداردهنده ارزیابی کردند. ویگوروسو و همکاران[۱۰] (۲۰۱۹) نشان دادند که نشانه‌های هشداردهندهٔ ایمنی هدف در صنعت کشاورزی تا چه حد مؤثر و حیاتی‌اند. کیم و همکاران در پژوهش خود، اهمیت آموزش را در نشانه‌های ایمنی صنعتی، برای درک بهتر خطرات بررسی کردند. این چهار دسته که شامل نشانه‌های آموزشی، هشداردهنده، اطلاع‌دهنده و گزارشی بودند، بر طبق اطلاعات به‌دست‌آمده از منابع مختلف دسته‌بندی و انتخاب شدند. این دسته‌بندی‌ها در بخش روش پژوهش، به شکلی عمیق‌تر بررسی می‌شوند (خالد و همکاران[۱۱]، ۲۰۲۱).

۲-۲ خودسازندگی

مفهوم «خودسازندگی» را در اصل زیست‌شناسانی چون ماتورانا و وارلا[۱۲] (۱۹۸۷) ارائه کردند. اصطلاح «اتوپویسیس» از کلمات یونانی گرفته شده است: «آئوتو[۱۳]» به معنی خودکار و «پوئیسیس[۱۴]» به معنی ایجاد یا تولید است. ماتورانا و وارلا (۱۹۸۰) نظریهٔ خودسازندگی را در اوایل دههٔ ۱۹۷۰، توضیحی برای ماهیت سیستم‌های زنده فرموله کردند. این نظریه رویکرد جدیدی به تفکر سیستمی است. به نظر مینجرز (۲۰۰۶)، ایدهٔ اصلی خودسازندگی این است که سیستم‌های زنده خود را تولید می‌کنند. اجزا و فرایندهای سیستم به‌طور مشترک مؤلفه‌ها و فرایندهای یکسانی را تولید می‌کنند، بنابراین یک موجودیت مستقل و خودساز ایجاد می‌کنند. اثر لومان[۱۵] (۱۹۸۶) دربارهٔ سیستم‌های اجتماعی، به‌عنوان سیستم‌های خودسازنده تأثیرگذار بوده است که در آن «ارتباطات» نقش اصلی را در فرایند تولید خود دارد. به اعتقاد او، ارتباطات را می‌توان اجزای سیستم در نظر گرفت و در این حالت شرط خودسازندگی مبنی بر ساخته‌شدن ارتباطات با ارتباطات نیز تفسیرشدنی است.

۲-۳ اینترنت اشیا

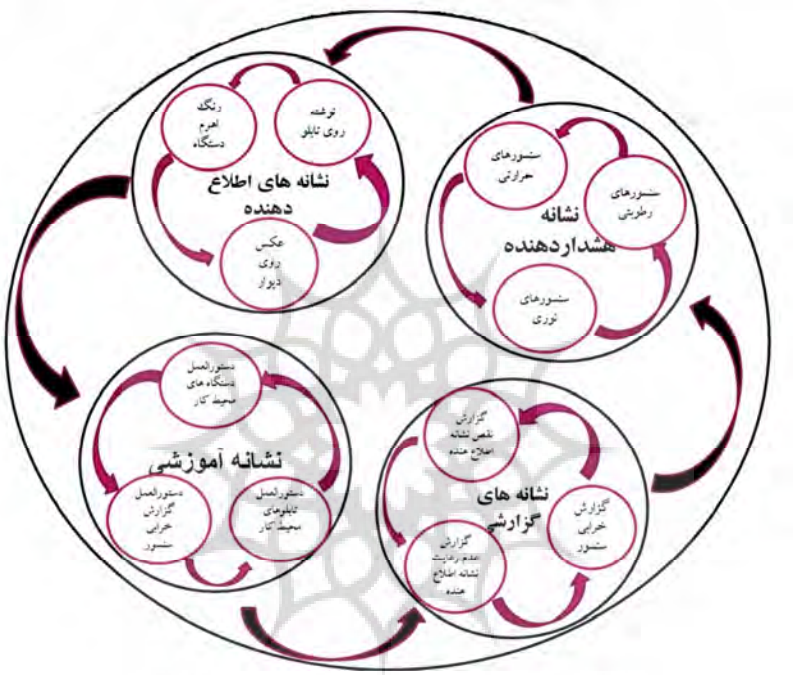
اشتون (۲۰۰۹) کلمهٔ «اینترنت اشیا» را به معنای مدیریت زنجیرهٔ تأمین مطرح کرد؛ در حالی که مفهوم «اشیا» با پیشرفت فناوری گسترش یافته است، هدف اصلی، طراحی یک ماشین سنجش اطلاعات بدون کمک انسان است. اینترنت اشیا اجزای مختلفی دارد و از بخش‌های متنوعی ساخته شده است. ژو و همکاران[۱۶] (۲۰۱۰) رایانش ابری

را فناوری مهم در جهت کمک به اینترنت اشیا برای ذخیره و تحلیل کلان داده‌ها می‌دانستند. اینترنت اشیا یک مدل ابزار مناسب را ارائه می‌دهد که دسترسی براساس درخواست را برای کاربران برنامه ایجاد می‌کند.

در پژوهش کارانتونیس و همکاران[۱۷] (۲۰۰۶) نشان داده شد که نظارت «بلادرنگ[۱۸]» حرکت انسان، اطلاعات ارزشمندی را دربارهٔ میزان توانایی عملکردی و سطح کلی ایمنی فعالیت فرد ارائه می‌دهد. لی و همکاران[۱۹] (۲۰۱۶) از فرکانس رادیویی و سیستم بلوتوث از مجموعه اینترنت اشیا برای نظارت بر نزدیکی کارگران به ماشین‌ها یا مناطق خطرناک استفاده کردند. سومر و همکاران[۲۰] (۲۰۲۰) سیستمی رادارمحور را برای نرم‌افزارهای ایمنی صنعتی در جهت اطلاع‌رسانی بهتر ارائه کردند. راجموهان و سرینواسان[۲۱] (۲۰۲۲) سیستمی را برای تنظیم نظارت و نشانه‌های گزارشی در اقدامات ایمنی صنعتی مبتنی بر اینترنت اشیا، با استفاده از الگوریتم کنترل مدل کاهش تصادف ارائه کردند. اینترنت اشیا در حال حاضر کاربردهای مختلف حیاتی و غیر بحرانی دارد که تقریباً بر هر حوزه‌ای از زندگی روزمرهٔ ما تأثیر می‌گذارد. گولاتی و همکاران[۲۲] (۲۰۲۲) رویکردها و الگوریتم‌های مختلف مدل‌سازی را برای تجمیع داده‌های کارآمد انرژی در سیستم‌های اینترنت اشیا ارائه کردند. آنها در مطالعهٔ خود، پژوهش‌های پیشین را با توجه خاص به جنبه‌های شبکه‌های بی‌سیم برای حفظ انرژی و تجمیع داده‌های اینترنت اشیا در کاربردهای بحرانی مرور کردند. طباطبایی و همکاران[۲۳] (۲۰۲۲) پژوهشی را با هدف شناسایی و تحلیل موانع استفاده از فناوری‌ها اینترنت اشیا در زمینهٔ ایمنی صنعتی در ساختمان‌سازی ارائه دادند. یافته‌ها نشان داد که موانع مربوط به «کاهش بهره‌وری ناشی از سنسورهای پوشیدنی»، «نیاز به آموزش فنی» و «نیاز به نظارت مستمر»، مهم‌ترین و «محدودیت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری و استانداردسازنکردن تلاش‌ها و «نیاز به نور مناسب برای عملکرد روان» کمترین موانع بودند. پارک و همکاران[۲۴] (۲۰۲۲) سیستمی را معرفی کردند که از فناوری واقعیت افزوده[۲۵] استفاده و کارگران را قادر می‌کند تا با فناوری حسگر اینترنت اشیا، محتویات زباله‌های بسته‌بندی‌شدهٔ کوچک رادیواکتیو را بدون بازکردن آنها بررسی کنند. ژانگ و همکاران[۲۶] (۲۰۲۳) در پژوهش خود پیشنهاد کردند که از یک سیستم شناسایی فرکانس رادیویی در شبکهٔ اینترنت اشیا، برای جلوگیری از حوادث در سایت‌های ساختمانی استفاده شود. آنها دریافتند که با استفاده از فناوری پیشرفته در شبکهٔ اینترنت اشیا، داده‌های دریافتی به‌صورت بی‌سیم، در فاصلهٔ طولانی‌تری نسبت‌به دیگر فناوری‌ها منتقل می‌شود.

ساختار نظریهٔ این پژوهش بر مبنای ۴ نشانهٔ سیستم ایمنی صنعتی بنا شده است که طی ارتباط با هم به‌دنبال خودسازندگی درونی‌اند و این امر متأثر از متغیر اینترنت اشیاست. نشانه‌های هشداردهنده که از اعضای این سیستم‌اند، از جنس تصویری، صوتی، حرارتی و غیره در جهت هشداررسانی سریع‌اند. برای رفع مخاطرات فیزیکی و شیمیایی که به هشدار آنی نیاز دارند، از حسگرها یا تجهیزاتی به کمک نور، صدا و غیره استفاده می‌شود؛ برای مثال حسگر روی دستگاه پرس که در زمان قرارگرفتن دست کارگر زیر دستگاه، هشداری از جنس صدا تولید می‌کند تا کارگر دست خود را به‌سرعت بردارد. نشانه‌های اطلاع‌دهنده، نشانه‌هایی چون تابلوها، اشکال و نوشته‌های روی دستگاه‌ها یا ... هستند. در این نشانه‌ها از نوشته‌ها، رنگ، شکل، عکس و ویدیو برای رساندن پیامی خاص استفاده می‌شود؛ برای مثال تابلویی با مضمون ورود به کارگاه رنگ بدون ماسک ممنوع، با محتوایی از اشکال و رنگ‌های آگاهی‌دهنده، نشانه‌ای است که فرد با دیدن آن، ارزش محتوایش را درک می‌کند و در مرحلهٔ انتخاب و سپس عمل، با پوشیدن ماسک وارد محوطهٔ کارگاه رنگ می‌شود. نشانه‌های گزارشی به شکل نوشتار، اشکال و

نمودارند. هدف این نشانه‌ها گزارش، درخواست، ارسال پیام و ... است؛ برای مثال نشانه‌ای همچون نوشته‌ای با موضوع نیاز به «حسگر جدید»، یک نشانهٔ گزارشی مثل درخواست تعویض حسگر است که مدیران را در راستای تصمیم‌گیری یاری می‌کند. نشانه‌های آموزشی معمولاً شامل خط‌مشی‌ها و دستورالعمل‌های آموزشی در جهت هماهنگ‌سازی بین نشانه‌های دیگر و افراد شرکت‌کننده در سیستم ایمنی‌اند. این نشانه‌ها بیشتر به شکل موارد آموزشی و آگاه‌کننده‌اند؛ برای مثال نشانه‌ای همچون ویدیوی آموزشی برای توضیح نشانه‌ای مثل حسگر حرارتی که در صورت بالارفتن دمای دستگاه، اقدام به آژیرکشیدن می‌کند. شکل ۱ شمایی از سیستم نشانه‌های ایمنی صنعتی است که در آن رابطهٔ بین نشانه‌ها، حالتی از خودسازندگی را بر مبنای اصلی ایجاد می‌کند که در آن ارتباط جزء اصلی و به‌نوعی بازسازی‌کنندهٔ ارتباطات داخل سیستم است (تانهوبر و همکاران[۲۷]، ۲۰۱۷).



شکل ۱. ارتباط خودسازنده بین نشانه‌ها در سیستم ایمنی صنعتی

Fig. 1. Self-constructive communication between signs in the industrial safety system

مدیریت ایمنی برای اطمینان از تولید انسان‌محور، نیازمند ادغام ایمنی مبتنی بر دانش، انسان–ماشین–محیط‌زیست است. با این حال برای پرکردن شکاف بین مدیریت ایمنی کارگاهی معاصر و نیاز مورد انتظار، باید سه چالش بررسی شود: بینش دربارهٔ تعاملات پیچیدهٔ فعالیت‌های انسان–ماشین–محیط زیست، درک علت وضعیت‌های ناایمن و سازگاری روش‌های مدیریت ایمنی که همگی نیازمند شناسایی نشانه‌های مشترک ایمنی صنعتی بین انسان، ماشین‌ها و محیط پیرامون است. به این منظور وانگ و همکاران[۲۸] (۲۰۲۳) رویکرد استدلالی را نسبت‌به حالت‌های ناامن کارخانه براساس روش همزاد دیجیتالی در اینترنت اشیا، برای رسیدگی به این چالش‌ها پیشنهاد داده‌اند. آنها یک کارگاه مجازی همزاد دیجیتالی بالا ساختند که حالت‌های مختلف ناامن کارگاه را شبیه‌سازی و ارتباط نشانه‌های بین ماشین–انسان–محیط را در یک مجموعه دادهٔ مجازی پیش‌بینی می‌کند.

۳- روش‌شناسی پژوهش

۳-۱ مدل معادلات ساختاری

یکی از موضوعات اصلی پژوهش‌های مدیریت، بررسی روابط بین عناصر بوده است. در روش‌های رگرسیونی برخلاف روش‌های همبستگی، نقش عناصر مختلف در رابطه با عوامل موجود در مدل در نظر گرفته می‌شود. اما ضعف اصلی روش رگرسیون نیز در نبود امکان در نظر گرفتن هم‌زمان همهٔ گویه‌های شکل‌دهندهٔ متغیرهای اصلی بوده است. برای رفع این مشکل، مدل معادلات ساختاری طراحی شد (دونکان[۲۹]، ۱۹۶۶).

مدل معادلات ساختاری، روشی برای بررسی روابط میان متغیرهای مختلف است. درواقع مدل معادلات ساختاری که به‌اختصار سم[۳۰] نیز نامیده می‌شود، یک ساختار علی ویژه بین مجموعه‌ای از متغیرهاست. با استفاده از روش مدل‌یابی معادلات ساختاری، روابط بین متغیرها با یکدیگر و نیز گویه‌های سنجش هر متغیر بررسی می‌شود. برای انجام محاسبات این روش، از نرم‌افزارهایی چون لیزرل[۳۱] یا اموس[۳۲] استفاده می‌شود. روش مدل‌یابی معادلات ساختاری برای ارزیابی و اعتبارسنجی مدل کاربرد دارد. درواقع پژوهشگر باید یک مدل اولیه را ترسیم کند، سپس با استفاده از این روش، مدل را اعتبارسنجی کند. مدل معادلات ساختاری یکی از انواع تحلیل‌های همبستگی است که در دستهٔ تحلیل ماتریس کوواریانس یا ماتریس همبستگی قرار می‌گیرد (چئونگ و مککینون[۳۳]، ۲۰۱۲). گام‌های انجام پژوهش با تکنیک مدل‌یابی معادلات ساختاری عبارت‌اند از:

- شناسایی متغیرهای اصلی پژوهش؛
- تهیهٔ پرسش‌نامه برای سنجش متغیرها: تعیین گویه‌های سنجش هر متغیر اصلی؛
- تدوین فرضیه‌های پژوهش: تعیین روابط میان متغیرهای اصلی مدل؛
- طراحی مدل مفهومی براساس فرضیه‌های پژوهش؛
- توزیع پرسش‌نامه‌ها و گردآوری داده‌ها؛
- طراحی مدل ساختاری و اجرای مدل با نرم‌افزار لیزرل یا اموس.

۳-۱-۱ ابزار پژوهش (پرسش‌نامه)

برای به دست آوردن مقدار کمی از متغیرها و سپس تحلیل مدل و تعیین میزان تأثیرپذیری متغیر وابسته نسبت‌به متغیرهای مستقل و تعدیل‌گر، به طرح پرسش‌نامه و کسب داده‌های لازم نیاز است. با بررسی متغیرها و پیشینهٔ پژوهش، تعدادی منابع مختلف به‌مانند پرسش‌نامهٔ استاندارد ارزیابی ایمنی در سازمان از کلارک[۳۴] (۲۰۰۶) و ارزیابی تأثیر به‌کارگیری فناوری اینترنت اشیا برای طرح پرسش‌نامه استفاده شدند و محقق به کمک این مبانی و تأیید خبرگان، اقدام به طرح پرسش‌نامه کرده و متناسب با مدل مفهومی ارائه شده است.

در ادامه با توجه به روابط مدل مفهومی و تأثیر متغیرها بر یکدیگر، گویه‌های مختلفی طراحی شد. نکتهٔ مهم دربارهٔ این پرسش‌نامه، دو قسمتی شدن آن و به‌نوعی رسیدن به دو دسته پرسش‌نامه است. این امر به‌دلیل وجود متغیر تعدیل‌گر است که باعث شده است دو دستهٔ جدا از پرسش‌نامه برای دو حالتی ایجاد شود که در آن اینترنت

اشیا به‌عنوان متغیر تعدیل‌گر تأثیرگذار است و در حالتی دیگر نیست. همین مسئله موجب می‌شود مدل مدنظر دو بار اجرا شود؛ برای نمونه تعدادی از گویه‌های مطرح‌شده برای متغیر مجموعه، نشانهٔ هشداردهنده ارائه می‌شود.

نمونه‌هایی از گویه‌های مربوط به مجموعه نشانهٔ هشداردهنده، «بدون در نظر گرفتن» اینترنت اشیا به‌عنوان متغیر تعدیل‌گر

- میزان دقت ارسال و دریافت هشدارهای مربوط به خطرات ایمنی برای ایجاد ارتباط در سیستم ایمنی صنعتی؛
- میزان سرعت هشدارهای مربوط به خطرات ایمنی بر بالابردن سرعت ارتباط در سیستم ایمنی صنعتی.

نمونه‌هایی از گویه‌های مربوط به مجموعه نشانهٔ هشداردهنده «با در نظر گرفتن» اینترنت اشیا به‌عنوان متغیر تعدیل‌گر

- میزان کیفیت حسگرها در ارسال و دریافت هشدارهای مربوط به خطرات ایمنی برای ایجاد ارتباط در سیستم ایمنی صنعتی؛
- میزان کیفیت پردازش اطلاعات هشداردهنده در رایانش ابری برای بالابردن سرعت ارتباط در سیستم ایمنی صنعتی.

۳-۱-۲ طیف لیکرت

طیف لیکرت[۳۵] برای اندازه‌گیری دیدگاه، احساس، قضاوت، نظر و به‌طور کلی موضوعاتی به کار می‌رود که مشاهده‌شدنی نیستند، اما بر رفتار اشخاص اثرگذارند. سؤالات لیکرت با گزینه‌های سه‌تایی، پنج‌تایی، هفت‌تایی تا سی‌تایی طراحی می‌شوند. در پرسش‌نامهٔ این پژوهش نیز از طیف لیکرتی ۵ تایی برای بررسی نظرهای کارکنان استفاده شده است که به‌مانند جدول ۲ است. در این طیف میزان رضایت، دقت، سرعت و ... گویه‌ها به کمک واژه‌هایی چون خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم مشخص می‌شوند که امتیازهای آنها در جدول ۲ ذکر شده است.

جدول ۲. طیف لیکرتی استفاده‌شده در این پژوهش

Table 2. Likert scale used in this research

گزینه	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم
امتیاز	۵	۴	۳	۲	۱

۳-۱-۳ لیزرل

نرم‌افزار تحلیل آماری لیزرل، برای محاسبات تحلیل عامل و مدل معادلات ساختاری از سوی شرکت بین‌المللی نرم‌افزار علمی اس اس آی[۳۶] به بازار عرضه شده است. هدف لیزرل این است که ما را با انجام آزمونی، به تحلیل مسیر، تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای برساند. لیزرل یک مدل تبیینی است که ما را به مدل اکتشافی رهنمون می‌کند. نرم‌افزار لیزرل مکمل نرم‌افزار اس پی اس اس[۳۷] است که در علوم انسانی و اجتماعی استفاده می‌شود. در این پژوهش نیز از این نرم‌افزار برای محاسبهٔ ضرایب مسیر، خطاها، ضریب تبیین متغیر هدف و دیگر موارد استفاده شده است.

۳-۲ مدل مفهومی پیشنهادی

ازنظر سیستمی و برای بررسی سطح خودسازندگی سیستم ایمنی صنعتی، باید نشانه‌های موجود در آن را دسته‌بندی کرد. با بررسی این مجموعه نشانه‌ها و روابط بین آنها، می‌توان دریافت که مجموعه نشانهٔ آموزشی به‌صورت غیر مستقیم بر خودسازندگی سیستم اثرگذار است. این اثر غیرمستقیم ازطریق سه مجموعه نشانهٔ دیگر بر متغیر خودسازندگی نشانه‌های ایمنی صنعتی وارد می‌شود. سه مجموعه نشانهٔ دیگر به‌صورت مستقیم بر خودسازندگی تأثیر می‌گذارند؛ اما دو مجموعه نشانهٔ اطلاع‌دهنده و هشداردهنده ازطریق مجموعه نشانهٔ گزارشی نیز، به صورتی غیرمستقیم بر خودسازندگی اثر می‌گذارند. درنهایت این خودسازندگی مجموعه نشانه‌های سیستم ایمنی صنعتی است که به صورتی مستقیم بر عملکرد این سیستم تأثیرگذار است.

اما نکتهٔ کلیدی پژوهش، حضور متغیر اصلی پژوهش یعنی اینترنت اشیاست. با توجه به قابلیت‌های اینترنت اشیا، مانند ارتباطات بلادرنگ، تحلیل سریع و دقیق داده‌ها و یا هوشمندی آن در ایجاد ارتباطات مختلف به کمک موارد قبلی، اینترنت اشیا متغیری تعدیل‌گر برای بررسی تأثیر آن بر خودسازندگی مجموعه نشانه‌ها در نظر گرفته می‌شود. شکل ۲ مدل مفهومی اولیهٔ پژوهش را نشان می‌دهد.

شکل ۲. مدل مفهومی پیشنهادی پژوهش

Fig. 2. Proposed conceptual model of research

۳.۳. فرضیه‌های پژوهش

پژوهش پیش رو شامل یک فرضیهٔ اصلی و چند فرضیهٔ فرعی است. با توجه به مدل پیشنهادی، مسیرهایی از نشانه‌های ایمنی صنعتی به‌سمت یکدیگر و درنهایت به‌طرف خودسازندگی در نظر گرفته شده است که هریک نشان از فرضیه‌ای مبنی بر وجود رابطهٔ مسیری بین آنها دارد. فرضیهٔ اصلی بیان می‌دارد که استفاده از متغیر تعدیل‌گر اینترنت اشیا، تأثیر مثبتی بر رابطهٔ بین مجموعه نشانه‌های ایمنی صنعتی و خودسازندگی سیستم ایمنی دارد. این فرضیه با نماد H_0 بر مدل نشان داده شده است. فرضیه‌های فرعی نیز بیان می‌دارند که رابطه‌های معناداری بین باقی متغیرهای پژوهش وجود دارد. این فرضیه‌ها نیز بر مدل با نمادهای H_1 تا H_9 مشاهده می‌شوند.

۴- مطالعهٔ کاربردی

انجام این پژوهش به روش توصیفی است و از جهت نوع نیز جنبهٔ بنیادی تجربی دارد. روش انجام پژوهش شامل دو مرحله است: از مطالعات کتابخانه‌ای و اکتشافی برای تدوین مبانی نظری و طراحی مدل مفهومی و از نظرسنجی و پژوهش پیمایشی، برای گردآوری داده‌ها و آزمون فرضیه‌های پژوهش استفاده شده است.

جامعهٔ آماری پژوهش کنونی، متشکل از کارکنان کارخانهٔ تولید دستگاه‌های چاپ قطعات الکترونیکی است که به‌تازگی از اینترنت اشیا در سیستم ایمنی خود بهره برده‌اند. با توجه به اینکه کارکنان شرایط ایمنی، خودسازندگی و مسائل مربوط به آنها را چه قبل از به‌کارگیری اینترنت اشیا و چه بعد از آن تجربه کرده بودند، تصمیم بر این شد که از این گروه به‌عنوان جامعهٔ آماری پژوهش استفاده شود. دیدگاه‌های این افراد به‌دلیل وجود متغیر تعدیل‌گر اینترنت اشیا در دو دسته پرسش‌نامهٔ مجزا دریافت شد. این پرسش‌نامه‌ها در دو حالت ۱- شرایط ایمنی خودسازندگی در زمان وجودنداشتن اینترنت اشیا و ۲- شرایط ایمنی خودسازندگی در زمان وجود اینترنت اشیا طراحی شده بود. تعداد پرسش‌نامه‌های تهیه‌شده ۱۱۴ عدد بود که بعد از حذف پرسش‌نامه‌های ناقص و مخدوش، تجزیه و تحلیل بر ۹۲ پرسش‌نامه انجام شد. با بررسی پرسش‌نامه‌های ارائه‌شده، مشخص شد هر دو پرسش‌نامه پایایی و روایی معتبری داشتند. پایایی هر دو پرسش‌نامه با آلفای کرونباخ[۳۸] سنجیده در جداول ۳ و ۴ آورده شده است.

جدول ۳. ساختار پرسش‌نامهٔ پژوهش در حالت وجودنداشتن اینترنت اشیا

Table 3. The structure of the research questionnaire in the absence of Internet of Things

متغیر	تعداد گویه‌ها	آلفای کرونباخ
نشانهٔ آموزشی	۶	۰/۸۷
نشانهٔ هشداردهنده	۶	۰/۷۵
نشانهٔ گزارشی	۴	۰/۷۱
نشانهٔ اطلاع‌دهنده	۶	۰/۸۸
خودسازندگی سیستم ایمنی صنعتی	۵	۰/۸۹
عملکرد سیستم ایمنی صنعتی	۵	۰/۸۶

جدول ۴. ساختار پرسش‌نامهٔ پژوهش با وجود اینترنت اشیا

Table 4. The structure of the research questionnaire with the presence of Internet of Things

متغیر	تعداد گویه‌ها	آلفای کرونباخ
نشانهٔ آموزشی	۶	۰/۸۱
نشانهٔ هشداردهنده	۶	۰/۷۹
نشانهٔ گزارشی	۴	۰/۸۰
نشانهٔ اطلاع‌دهنده	۶	۰/۸۱
خودسازندگی سیستم ایمنی صنعتی	۵	۰/۷۸
عملکرد سیستم ایمنی صنعتی	۵	۰/۸۹

۴-۱ یافته‌ها

در این تحلیل با توجه به وجود مدل مسیری، از نرم‌افزار لیزرل استفاده شد. پس از جمع‌آوری داده‌های پژوهش ازطریق پرسش‌نامه‌ها و دسته‌بندی آنها، مدل پیشنهادی ارائه‌شده در نرم‌افزار لیزرل بررسی شد. ابتدا داده‌های

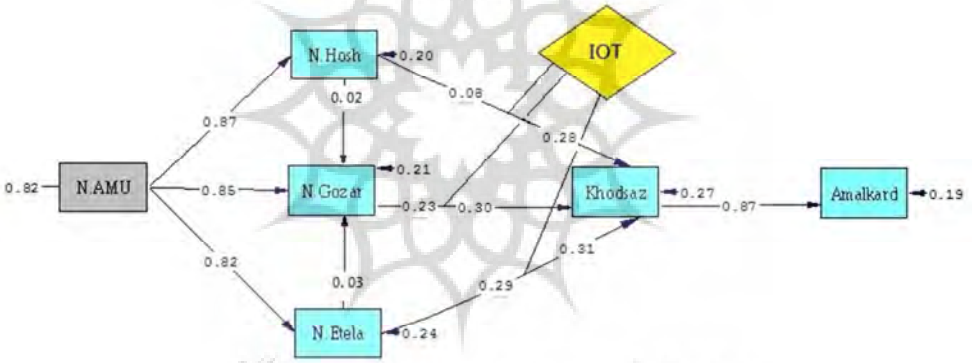
پژوهش به مدل مربوط ربط داده شد تا مقدار ضرایب مسیری به دست آید. ضرایب مسیر به‌دست‌آمده در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۵. ضرایب مسیر متغیرهای مدل پیشنهادی در حالت وجود اینترنت اشیا به‌عنوان متغیر تعدیل‌گر

Table 5. Path coefficients of the variables of the proposed model in the presence of Internet of Things as a moderating variable

متغیر مبدأ	مسیر	متغیر مقصد	ضریب مسیر
نشانهٔ آموزشی	←	نشانهٔ هشداردهنده	۰/۸۷
نشانهٔ آموزشی	←	نشانهٔ گزارشی	۰/۸۵
نشانهٔ آموزشی	←	نشانهٔ اطلاع‌دهنده	۰/۸۲
نشانهٔ گزارشی	←	خودسازندگی سیستم ایمنی	۰/۳۰
نشانهٔ هشداردهنده	←	خودسازندگی سیستم ایمنی	۰/۲۸
نشانهٔ هشداردهنده	←	نشانهٔ گزارشی	۰/۰۲
نشانهٔ اطلاع‌دهنده	←	خودسازندگی سیستم ایمنی	۰/۳۱
نشانهٔ اطلاع‌دهنده	←	نشانهٔ گزارشی	۰/۰۳
خودسازندگی سیستم ایمنی	←	عملکرد سیستم ایمنی صنعتی	۰/۸۷

در ادامه، مدل به‌دست‌آمده از نرم‌افزار لیزرل را در شکل ۳ بررسی می‌کنیم. ضرایب به‌دست‌آمده نشان از وجود رابطه و مسیر بین بعضی متغیرها دارد.



شکل ۳. نتایج مدل ترسیمی به‌دست‌آمده از لیزرل در بررسی تأثیر اینترنت اشیا به‌عنوان متغیر تعدیل‌گر

Fig. 3. The results of the graphical model obtained from Lisrel in investigating the impact of the Internet of Things as a moderating variable

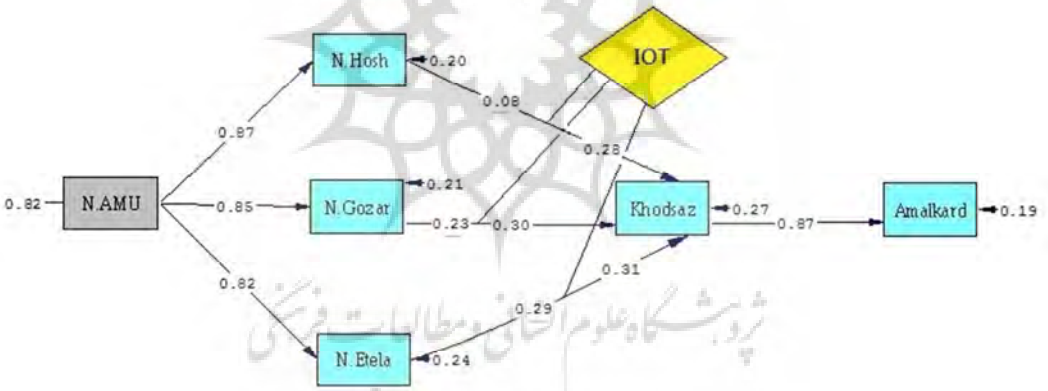
پس از بررسی مدل در نرم‌افزار لیزرل، با توجه به مقدار ضریب تعیین به‌دست‌آمده در حالت تأثیرگذاری اینترنت اشیا به‌عنوان متغیر تعدیل‌گر (۰,۷۶)، ضریب تعیین مدل به‌دست‌آمده تا حد قوی، تغییرات را به‌درستی تبیین می‌کند. اما تأثیر وجود اینترنت اشیا در سه مسیر مشخص‌شده از مجموعه نشانه‌های اطلاع‌دهنده، گزارشی و هشداردهندهٔ منتهی به خودسازندگی نیز بررسی شد. همچنین مشخص شد که تأثیر حضور متغیر اینترنت اشیا در مسیرها، ضرایب مسیری را به ترتیب مجموعه نشانه‌های اطلاع‌دهنده، گزارشی و هشداردهنده از ۰/۲۹ ، ۰/۲۳ و ۰/۰۸ به ۰/۳۱ ، ۰/۳۰ و ۰/۲۸ تغییر داده است. این مسئله نشان می‌دهد که اینترنت اشیا در فرایند تکمیل خودسازندگی ازطریق این نشانه‌ها نقش کلیدی دارد و باعث خودسازندگی هرچه بیشتر سیستم ایمنی صنعتی و درنهایت بهبود عملکرد آن می‌شود.

در ادامه با توجه به ضرایب به‌دست‌آمده، مشخص شد که بعضی شاخه‌ها و مسیرها به‌درستی فرض نشده بودند. از این میان به ضریب پایین مسیرهایی اشاره می‌شود که از مجموعه نشانه‌های اطلاع‌دهنده و مجموعه نشانه‌های هشداردهنده به‌سمت مجموعه نشانه‌های گزارشی فرض شده بودند. ضرایب این مسیرها به ترتیب برابر با ۰/۰۳ و ۰/۰۲ بود. به همین دلیل این مسیرها طبق قانون هرس، در مدل‌های مسیری حذف شدند. مدل نهایی در شکل ۵ آورده شده است.

```
 LISREL Estimates (Maximum Likelihood)

         Structural Equations

 N.Etela = 0.82*N.AMU, Errorvar.= 0.24  , R² = 0.70
           (0.073)                (0.046)
            11.14                  5.20

 N.Hosh = 0.87*N.AMU, Errorvar.= 0.20  , R² = 0.76
          (0.067)                (0.038)
           12.96                  5.20

 N.Gozar = 0.85*N.AMU, Errorvar.= 0.21  , R² = 0.74
           (0.069)                (0.041)
            12.40                  5.20

 Khodsaz = 0.31*N.Etela + 0.28*N.Hosh + 0.30*N.Gozar, Errorvar.= 0.27  , R² = 0.66
           (0.12)          (0.13)          (0.13)                 (0.051)
            2.54            2.16            2.34                   5.20

 Amalkard = 0.87*Khodsaz, Errorvar.= 0.19  , R² = 0.76
            (0.066)                 (0.036)
             13.24                   5.20
```

شکل ۴. نتایج تحلیل مدل پژوهش در حالت وجود اینترنت اشیا به‌عنوان متغیر تعدیل‌گر

Fig. 4. The results of the analysis of the research model in the presence of Internet of Things as a moderating variable



شکل ۵. نتایج مدل ترسیمی نهایی بررسی تأثیر اینترنت اشیا به‌عنوان متغیر تعدیل‌گر پس از حذف شاخه‌های اضافی

Fig. 5. Results of the final model to investigate the impact of Internet of Things as a moderating variable after removing additional branches

۵- بحث

با در نظر گرفتن نتایج به‌دست‌آمده، مشخص می‌شود که بیشتر فرضیه‌های در نظر گرفته شده برای پژوهش پیش رو پذیرفته شده‌اند. با توجه به تغییر و افزایش ضرایب مسیری مجموعه نشانه‌های هشداردهنده، اطلاع‌دهنده و گزارشی به‌سمت خودسازندگی سیستم ایمنی در حالت حضور اینترنت اشیا به‌عنوان متغیر تعدیل‌گر مشخص شد که وجود اینترنت اشیا در سیستم ایمنی صنعتی، موجب بالارفتن سطح مجموعه نشانه‌های ایمنی می‌شود و درنهایت خودسازندگی سیستم ایمنی را افزایش می‌دهد که این نشان از پذیرفتنی‌بودن فرضیهٔ اصلی پژوهش یعنی H_0 دارد.

با توجه به رابطهٔ مستقیم و ضرایب مسیری پذیرفتنی در هر دو مدل، فرضیه‌های فرعی به‌جز فرضیه‌های H_4 و H_7 همگی پذیرفتنی‌اند و رد نمی‌شوند؛ این یعنی مسیرهای مستقیمی بین مجموعه نشانه‌های اطلاع‌دهنده و هشداردهنده با مجموعهٔ گزارشی وجود ندارد و این مجموعه نشانه‌ها تأثیری بر آن نمی‌گذارند.

به‌نوعی اطلاع‌نداشتن از فواید استفاده از اینترنت اشیا در ایمنی صنعتی و کم‌توجهی به چنین جنبه‌ای از این فناوری، محقق را بر آن داشت تا با استفاده از روشی جدید و به کمک نشانه‌های زبانی و امر خودسازندگی سیستمی، این فواید را شناسایی، تحلیل و ارزیابی کند. به این ترتیب نشانه‌های زبانی و خودسازندگی سیستمی به‌مثابهٔ پلی بین اینترنت اشیا و ایمنی صنعتی عمل می‌کند و میزان تأثیر اینترنت اشیا را در بهبود ایمنی صنعتی به شکلی مطلوب به نمایش می‌گذارد. در این بین بررسی حوزهٔ اینترنت اشیا به ما کمک کرد تا متوجه تأثیر آن بر بهبود نشانه‌های ایمنی ارتباط بین آنها شویم. برای این منظور با طرح مدل اولیهٔ اهمیت اینترنت اشیا در تأثیرگذاری، سه مجموعه نشانهٔ تأثیرگذار بر خودسازندگی بررسی شد؛ درنتیجه اینترنت اشیا یک متغیر تعدیل‌گر بر تأثیرگذاری این مجموعه نشانه‌ها در نظر گرفته شد. بررسی‌ها نشان از افزایش تأثیر سه مجموعه نشانه در هنگام استفاده از اینترنت اشیا داشت. این مسئله در مطالعات تجربی نیز ثابت شده بود.

درنهایت کاربرد اینترنت اشیا در زمینه‌های مختلف تجاری، صنعتی، بهداشتی و ... روزبه‌روز در حال افزایش است و از این رو استفاده از آن در زمینهٔ ایمنی صنعتی نیز امری لازم به نظر می‌رسد؛ جایی که به کمک آن با افزایش سطح ارتباطات و خودسازندگی سیستم ایمنی از خطرات جانی و مالی بسیاری جلوگیری می‌شود.

۶- نتیجه‌گیری

در این پژوهش ما با بررسی مفاهیم سه حوزه، یعنی خودسازندگی، ایمنی صنعتی و اینترنت اشیا در رسیدن به مدلی در راستای ارتقای سطح عملکرد ایمنی صنعتی می‌کوشیم. با بررسی نحوهٔ ارتباطات یک سیستم و در نظر گرفتن نشانه‌های موجود در آن، به سطحی از خودتولیدی ارتباطات درون سیستمی می‌رسید که به آن خودسازندگی می‌گویند. در سیستم ایمنی یک سازمان نیز نشانه‌های زبانی، تصویری، صوتی و... مختلفی وجود دارند که در بالابردن سطح عملکرد سیستم ایمنی مؤثرند. از این بین به ۴ دسته مجموعه نشانه‌های هشداردهنده، اطلاع‌دهنده، گزارشی و آموزشی اشاره می‌شود. در این پژوهش سعی شد تا ارتباط بین این نشانه‌ها به صورتی فعال و سازنده در نظر گرفته شود و مدلی در این راستا پیشنهاد شد تا درنهایت به کمک مفاهیم خودسازندگی، تأثیر آن بر عملکرد سیستم ایمنی یک سازمان مشخص شود. با توجه به استفاده از پرسش‌نامه در پژوهش پیش رو، درصدی از خطا در مدل پژوهش در نظر گرفته می‌شود که این با توجه به ماهیت پژوهش و تجربی و پیمایشی‌بودن آن امری طبیعی است.

۶-۱ محدودیت‌های پژوهش

با توجه به اینکه سازمان مطالعه‌شده به‌تازگی اقدام به استفاده از این تجهیزات کرده است، با تأمین بودجهٔ کافی، از تمامی جنبه‌های اینترنت اشیا و تجهیزات به‌روز آن بهره برده می‌شود تا نتایج تأثیر این فناوری بر خودسازندگی نشانه‌های ایمنی ملموس‌تر باشد. علاوه بر این در این پژوهش، دیگر فناوری‌ها از قبیل هوش مصنوعی، بلاکچین،

واقعیت افزوده و واقعیت مجازی و تأثیر آنها در ترکیب با اینترنت اشیا بر خودسازندگی نشانه‌های ایمنی صنعتی، بررسی و مطالعه نشده است. همچنین سازمان مطالعه شده یک شرکت تولید و چاپ قطعات الکترونیکی است و همین امر باعث شده است تا پژوهش حاضر با محدودیت در بررسی انواع خطرهای ایمنی روبه‌رو شود که در جدول ۱ اشاره شده است.

۶-۲ پیشنهادهای آتی

پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی، تأثیر استفاده از اینترنت اشیا در ترکیب با دیگر فناوری‌ها همچون هوش مصنوعی، بلاکچین، واقعیت افزوده و واقعیت مجازی بررسی شود.

همچنین پیشنهاد می‌شود مدل به دست آمده در این پژوهش در دیگر انواع سازمان‌های صنعتی و حتی خدماتی مطالعه شود تا دامنهٔ تعمیم‌پذیری یافته‌های پژوهش ارزیابی شود و بهبود یابد. چنانچه بتوان در پژوهش‌های بعدی با انتخاب سازمان‌های بزرگ‌تر، تمامی خطرات ایمنی در ارتباط با نشانه‌های ایمنی صنعتی را بررسی کرد، پژوهشی جامع و دقیق‌تر ارائه می‌شود.

در عین حال با توجه به محدودیت اشاره‌شده در هزینهٔ تجهیزات اینترنت اشیا، در پژوهش‌های آتی با بررسی تأثیر هزینهٔ این فناوری و سپس میزان افزایش خودسازندگی و درنهایت افزایش عملکرد سیستم ایمنی، ارزش‌گذاری لازم برای پیاده‌سازی اینترنت اشیا و یا استفاده‌نکردن از آن بررسی می‌شود.

References

Ashton, K. (2009). That ‘internet of things’ thing. ***RFID journal***, ***22***(7), 97-114. Corpus ID: 109032799.

Cheong, J., & MacKinnon, D. P. (2012). Mediation/indirect effects in structural equation modeling. In R. H. Hoyle (Ed.), ***Handbook of structural equation modeling*** (pp. 417–435)

Clarke, S. (2006). Safety climate in an automobile manufacturing plant: The effects of work environment, job communication and safety attitudes on accidents and unsafe behaviour. ***Personnel review***, ***35***(4), 413-430. DOI: https://doi.org/10.1108/00483480610670580

Duncan, O. D. (1966). Path analysis: Sociological examples. ***American journal of Sociology***, ***72***(1), 1-16. DOI: https://doi.org/10.1086/224256

Gulati, K., Boddu, R. S. K., Kapila, D., Bangare, S. L., Chandnani, N., & Saravanan, G. (2022). A review paper on wireless sensor network techniques in Internet of Things (IoT). ***Materials Today: Proceedings***, ***51***, 161-165. DOI: https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.067

Kang, M. W., & Momtaz, S. U. (2018). Assessment of driver compliance on roadside safety signs with auditory warning sounds generated from pavement surface–a driving simulator study. ***Journal of traffic and transportation engineering (English edition)***, ***5***(1), 1-13. DOI:https://doi.org/10.1016/j.jtte.2017.09.001

Karantonis, D. M., Narayanan, M. R., Mathie, M., Lovell, N. H., & Celler, B. G. (2006). Implementation of a real-time human movement classifier using a triaxial accelerometer for ambulatory monitoring. ***IEEE transactions on information technology in biomedicine***, ***10***(1), 156-167. DOI: https://doi.org/10.1109/TITB.2005.856864

Khalid, U., Sagoo, A., & Benachir, M. (2021). Safety Management System (SMS) framework development–Mitigating the critical safety factors affecting Health and Safety performance in construction projects. ***Safety science***, ***143***, 105402. DOI:https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105402

Kruse, T., Veltri, A., & Branscum, A. (2019). Integrating safety, health and environmental management systems: A conceptual framework for achieving lean enterprise outcomes. ***Journal of safety research***, ***71***, 259-271. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jsr.2019.10.005

Lee, C., Han, Y., Jeon, S., Seo, D., & Jung, I. (2016, January). ***Smart parking system for Internet of Things*** [IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE) January 2016] (pp. 263-264). IEEE. DOI: https://doi.org/10.1109/ICCE.2016.7430607

Luhmann, N. (1986). ***Love as passion: The codification of intimacy***. Harvard University Press.

Maturana, H.R., & Varela, F.J. (1980). Problems in the Neurophysiology of Cognition. ***Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living***, 41-47. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-009-8947-4_5

Maturana, H. R., & Varela, F. J. (1987). ***The tree of knowledge: The biological roots of human understanding***. New Science Library/Shambhala Publications. ISBN 9780877736424 (ISBN10: 0877736421)

Mingers, J. C. (1995). Information and meaning: foundations for an intersubjective account. ***Information Systems Journal***, ***5***(4), 285-306. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2575.1995.tb00100.x

Mingers, J. (2006). ***Realising systems thinking: knowledge and action in management science***. Springer Science & Business Media. DOI: https://doi.org/10.1558/jocr.v6i2.312

Park, H. S., Jang, S. C., Kang, I. S., Lee, D. J., Kim, J. G., & Lee, J. W. (2022). A detailed design for a radioactive waste safety management system using ICT technologies. ***Progress in Nuclear Energy***, ***149***, 104251. DOI: https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2022.104251

Rajmohan, P., & Srinivasan, P.S. (2022). Retraction Note: IoT based industrial safety measures monitoring and reporting system using accident reduction model (ARM) control algorithm. ***Cluster Computing, 26***, 117. DOI: https://doi.org/10.1007/s10586-022-03890-y

Robson, L. S., Clarke, J. A., Cullen, K., Bielecky, A., Severin, C., Bigelow, P. L , Irvin, E., Culyer, A. & Mahood, Q. (2007). The effectiveness of occupational health and safety management system interventions: a systematic review. ***Safety science***, ***45***(3), 329-353. DOI:https://doi.org/10.1016/j.ssci.2006.07.003

Singh, K. R., Nayak, V., Singh, J., & Singh, R. P. (2021). Nano-enabled wearable sensors for the Internet of Things (IoT). ***Materials Letters***, ***304***, 130614. DOI:https://doi.org/10.1016/j.matlet.2021.130614

Sommer, P., Rigner, A., & Zlatanski, M. (2020). Radar-based Situational Awareness for Industrial Safety Applications. ***Italian National Conference on Sensors October 2020 IEEE Sensors***, 1-4. DOI: https://doi.org/10.1109/SENSORS47125.2020.9278603

Tabatabaee, S., Mohandes, S. R., Ahmed, R. R., Mahdiyar, A., Arashpour, M., Zayed, T., & Ismail, S. (2022). Investigating the barriers to applying the internet-of-things-based technologies to construction site safety management. ***International journal of environmental research and public health***, ***19***(2), 868. DOI: https://doi.org/10.3390/ijerph19020868

Thannhuber, M. J., Bruntsch, A., & Tseng, M. M. (2017). Knowledge management: managing organizational intelligence and knowledge in autopoietic process management systems–ten years into industrial application. ***Procedia Cirp***, ***63***, 384-389. DOI:https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.06.002

Thibaud, M., Chi, H., Zhou, W., & Piramuthu, S. (2018). Internet of Things (IoT) in high-risk Environment, Health and Safety (EHS) industries: A comprehensive review. ***Decision Support Systems***, ***108***, 79-95. DOI: https://doi.org/10.1016/j.dss.2018.02.005

Vigoroso, L., Caffaro, F., & Cavallo, E. (2019). Warning against critical slopes in agriculture: Comprehension of targeted safety signs in a group of machinery operators in Italy. ***International journal of environmental research and public health***, ***16***(4), 611. DOI:https://doi.org/10.3390/ijerph16040611

Wang, H., Lv, L., Li, X., Li, H., Leng, J., Zhang, Y., Thomson, V., Liu, G., Wen, X., Sun, C. & Luo, G. (2023). A safety management approach for Industry 5.0′ s human-centered manufacturing based

on digital twin. ***Journal of Manufacturing Systems***, ***66***, 1-12. DOI:https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.11.013

Wilson, L., McCutcheon, D., & Buchanan, M. (2003). ***Industrial safety and risk management***. University of Alberta. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-5804-1.X5000-9

Zhang, M., Ghodrati, N., Poshdar, M., Seet, B. C., & Yongchareon, S. (2023). A construction accident prevention system based on the Internet of Things (IoT). ***Safety science***, ***159***, 106012. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.106012

Zhu, Q., Wang, R., Chen, Q., Liu, Y., & Qin, W. (2010). ***Iot gateway: Bridgingwireless sensor networks into internet of things*** [In 2010 IEEE/IFIP International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing. 2010, December] (pp. 347-352). DOI: https://doi.org/10.1109/EUC.2010.58

[1] Wilson et al.
[2] Mingers
[3] IOT
[4] Ashton
[5] Singh et al.
[6] Thibaud et al.
[7] Robson et al.
[8] Kruse et al.
[9] Kang and Momtaz
[10] Vigoroso et al.
[11] Khalid et al.
[12] Maturana and Varela
[13] Auto
[14] Poiesi
[15] Luhmann
[16] Zhu et al.
[17] Karantonis et al.
[18] Real time
[19] Lee et al.
[20] Sommer et al.
[21] Rajmohan and Srinivasan
[22] Gulati et al.
[23] Tabatabaee et al.
[24] Park et al.
[25] Augmented reality
[26] Zhang et al.
[27] Thannhuber et al.
[28] Wang et al.
[29] Duncan
[30] SEM
[31] Lisrel
[32] AMOS
[33] Cheong and MacKinnon
[34] Clarke
[35] Likert scale
[36] SSI
[37] SPSS
[38] Cronbach's alpha

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی