انقلاب صنعتی چهارم

در لجستیک

محمود زرگر

جهت دسترسی رایگان به نسخه دیجیتال سایر کتب همین مؤلف،

برقراری ارتباط با مؤلف

یا خرید نسخه فیزیکی کتاب‌ها

به نشانی زیر مراجعه کنید:

books4smes.com

بسم الله الرحمن الرحیم

انقلاب صنعتی چهارم در لجستیک

books4smes.com

تألیف:

محمود زرگر

۱۴۰۱

سرشناسه : زرگر، محمود، ۱۳۳۴ -
عنوان و نام پدیدآور : انقلاب صنعتی چهارم در لجستیک/
تالیف محمود زرگر؛ ویراستار محمدرضا زرگر.
مشخصات نشر : تهران: ابرون، ۱۴۰۱ .
مشخصات ظاهری : ۱۲۳ص.
شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۳۸۴-۱۶۸-۳
وضعیت فهرست نویسی : فیپا
یادداشت : کتابنامه:ص. ۱۲۱-۱۲۳.
موضوع : تدارکات بازرگانی -- داده‌پردازی
Business logistics -- Data processing
تدارکات بازرگانی Business logistics
انقلاب صنعتی چهارم Industry ۴٫۰
رده بندی کنگره : HD۳۸/۵
رده بندی دیویی : ۶۵۸/۷۰۲۸۲
شماره کتابشناسی ملی : ۸۹۱۲۴۹۹

☐ **نام کتاب : انقلاب صنعتی چهارم در لجستیک**
☐ **ناشر : ابرون**
☐ **مؤلف : محمود زرگر**
☐ **ویراستار تخصصی : محمدرضا زرگر**
☐ **چاپخانه : چاپ دیجیتال**
☐ **نوبت چاپ : دوم، ۱۴۰۱**
☐ **تیراژ : ۵۰۰ نسخه**
☐ **قیمت : ۱۱۰,۰۰۰ تومان**

شابک: ۳-۶۸-۳۸۴۱-۹۶۴-۹۷۸ **ISBN: 978-964-3841-68-3**

Books4SMEs.com

کلیه حقوق قانونی و شرعی برای مؤلف محفوظ است. تکثیر تماماً یا قسمتی از این اثر به صورت حروفچینی و چاپ مجدد، چاپ افست، پلی‌کپی، فتوکپی و انواع دیگر چاپ ممنوع است. نقل مطالب به صورت معمول در مقاله‌های تحقیقاتی با ذکر نام کامل مؤلف و کتاب آزاد است. متخلفان به موجب بند ۵ از ماده ۲ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

فهرست مطالب

مقدمه ۷

بخش اول: شناخت ۱۳

فصل ۱: مفاهیم و تعاریف زنجیره تأمین و لجستیک ۱۵

مدیریت زنجیره تأمین ۱۶

اجزای اصلی مدیریت زنجیره تأمین ۱۸

۱. برنامه‌ریزی ۱۸

۲. منبع‌یابی ۱۹

۳. تولید ۱۹

۴. انبارداری ۱۹

مدیریت لجستیک ۲۰

انواع لجستیک ۲۰

لجستیک ورودی ۲۱

لجستیک خروجی ۲۱

لجستیک داخلی ۲۱

انواع خدمات تخصصی در لجستیک ۲۲

تحولات تاریخی در زنجیره تأمین ۲۳

۱. تأمین و تولید محلی ۲۳

۲. بهبود در باربری و انبارداری ۲۳

۳. مکانیزه شدن زنجیره تامین ۲۴

۴. استانداردسازی و کانتینری شدن لجستیک ۲۴

۵. بهبود بهره‌وری و خودکارسازی فرآیندها ۲۴

books4smes.com

۶. بهره‌وری بیشتر و انتقال به مدل‌های جهانی..... ۲۴
۷. جهانی‌سازی واقعی..... ۲۵

بخش دوم: هوشمندسازی ۲۷

فصل ۲: از خودکارسازی تا فرآیندهای هوشمند ۲۹
داده‌ها و تکامل پیوسته کسب‌وکار..... ۲۹
ادغام و یکپارچگی در مدیریت زنجیره تأمین..... ۳۰
مهاجرت به مدیریت زنجیره تأمین هوشمند..... ۳۰
۱. مدل کاربرد محلی..... ۳۲
منبع‌یابی و جمع‌آوری داده‌ها..... ۳۲
شبکه اینترنت اشیاء..... ۳۳
بازطراحی و جایگزینی اطلاعات در سامانه‌های اینترنت اشیاء..... ۳۳
۲. مدل سامانه ایزوله..... ۳۴
تجزیه و تحلیل پیشرفته..... ۳۵
بازطراحی و ساده‌سازی فرآیندها..... ۳۵
هوشمندسازی و بهبود فرآیندها..... ۳۶
۳. مدل زنجیره تأمین هوشمند..... ۳۷
همکاری و اشتراک داده..... ۳۷
یکپارچه‌سازی و مشارکت در زنجیره تأمین..... ۳۷
نوآوری محصول و فرآیند..... ۳۸
ارزیابی آمادگی و سطح بلوغ شرکت‌ها..... ۴۰
تحول دیجیتالی در لجستیک..... ۴۱
هوشمندسازی لجستیک داخلی..... ۴۴
انقلاب صنعتی نسل چهار در لجستیک..... ۴۴
لجستیک نسل چهار..... ۴۸
سامانه‌های لجستیک نسل چهار..... ۵۲
۱. سامانه برنامه‌ریزی منابع..... ۵۲
۲. سامانه مدیریت انبار..... ۵۲

books4sme.com

۳. سامانه مدیریت حمل‌ونقل ۵۳
۴. سامانه‌های حمل‌ونقل هوشیار ۵۴
۵. امنیت اطلاعات ۵۷
چالش‌های ورود به لجستیک نسل چهار ۵۸

فصل ۳: نوآوری‌ها در لجستیک داخلی شرکت‌ها ۶۱
نوآوری‌ها در لجستیک داخلی ۶۲
نوآوری در استقلال و خودران کردن لجستیک داخلی ۶۴
بُعد اول: سطوح فعالیت ۶۵
بُعد دوم: مراحل خودکارسازی ۶۷
نوآوری‌ها در انبارداری و مراکز توزیع ۷۱
ذخیره‌سازی، برداشتن و بسته‌بندی ۷۵
فرآیند خرید ۷۶
بسته‌بندی ۷۶
سایر فعالیت‌ها ۷۷
نوآوری‌ها در برنامه‌ریزی تأمین و تخصیص بهینه منابع ۷۸
مدیریت ظرفیت حائل یا میانی ۷۹
نوآوری‌ها در سازماندهی و کنترل خودران سامانه‌های لجستیکی ۸۲
کنترل غیر متمرکز در فرآیندهای لجستیک داخلی ۸۳

بخش سوم: فناوری‌ها و تجهیزات لجستیک نسل چهارم ۸۷

فصل ۴: فناوری‌های پایه ۸۹
اینترنت اشیاء ۹۰
حسگر به عنوان پایه شناسایی ۹۲
محرک ۹۵
سامانه‌های فیزیکی سایبری ۹۷
سامانه‌های فیزیکی سایبری در لجستیک داخلی ۹۸
رایانش ابری و تجزیه و تحلیل داده‌های عظیم ۱۰۰
روبات‌های پیشرفته ۱۰۱

books4sme.com

چاپگرهای سه بعدی ۱۰۲
واقعیت افزوده (AR) و واقعیت مجازی (VR) ۱۰۳
فناوری زنجیره بلوکی ۱۰۴
زنجیره بلوکی در لجستیک و مدیریت زنجیره تأمین ۱۰۶

فصل ۵: تجهیزات هوشمند در لجستیک داخلی ۱۰۹
تجهیزات ثابت در انبارداری و لجستیک داخلی ۱۱۰
تجهیزات متحرک در انبارداری و لجستیک داخلی ۱۱۳
انواع خودران‌های هدایت شونده هوشیار ۱۱۶
نرم‌افزارهای پیشرفته در لجستیک داخلی ۱۱۸

منابع مورد استفاده ۱۲۱

books4smes.com

مقدمه

انقلاب فناوری‌های ارتباطات و اطلاعات، هوشمندسازی و استفاده از سامانه‌های مرتبط در لایه‌های مختلف کسب‌وکار، اعم از یکپارچه‌سازی‌های افقی و عمودی، و سامانه‌های فیزیکی سایبری ناشی از رشد صنعت نسل چهار، موجب تحولات غیر قابل باوری در پیشرفت مدیریت زنجیره تأمین و عملکردهای لجستیکی شرکت‌ها شده است. این پیشرفت فناوری‌ها، حوزه‌های لجستیک از قبیل انبارداری و توزیع، حمل‌ونقل و پشتیبانی تولید را بکلی تغییر داده و ارزش‌های فوق‌العاده‌ای برای شرکت‌ها به همراه آوردند. به طور کلی قابلیت‌های ارتباطات، ذهن بشر را در خصوص ارتباط و توزیع اطلاعات در صنعت و تدارکات مرتبط با آن، به طور بنیادی دگرگون کرده است.

زیرساخت‌های حمل‌ونقل، ارتباطات، و اطلاعات مؤلفه‌های مهمی در تولید به شمار می‌روند، چرا که می‌توانند هزینه‌های فاصله مکانی را به طرز چشم‌گیری کاهش داده، بهره‌وری را ارتقاء و انجام امور کسب‌وکار در زنجیره‌های تأمین را تسهیل کنند. این زیرساخت‌ها، حلقه‌های زنجیره تامین، متشکل از شرکت‌ها، مشتریان، شرکای کسب و کارها و مؤسسات ارائه‌دهنده خدمات را در قالب‌های یکپارچه، متصل کرده‌اند.

به جای سامانه‌های مدیریت در لجستیک رایج و بعضاً سنتی و بمنظور اولویت‌بندی وظایف در زمان واقعی و مدیریت بهینه فرآیندها، شرکت‌ها از سامانه‌های پویا و خودران، که راه‌حل‌های صنعتی و هوشمندی هستند، همراه با الگوریتم‌های پیچیده و یکپارچه استفاده می‌کنند. این تحولات موجب چابکی و ارتقاء فرآیندهای لجستیک از طرق مختلف شده است.

افزایش زمان حمل‌ونقل در زنجیره لجستیک، مانند زمان مورد نیاز برای جابجایی کالا از کارخانه به بندر یا حمل‌ونقل بین‌المللی، موجب افزایش قابل توجه هزینه‌های کسب‌وکارها می‌شود و جریان تجارت جهانی را با چالش مواجه می‌کند. بر اساس برآوردها، هر روز تأخیر بیشتر در انتقال محموله‌ها از کارخانه به بندر، صادرات یک کشور را به میزان یک درصد کاهش می‌دهد.

books4shies.com

این امر، معادل اضافه شدن ۷۰ کیلومتر فاصله دریایی بین کارخانه و شرکای تجاری است. این مسافت، به ویژه در حوزه کالاهای کشاورزی و فاسدشدنی در کشورهای در حال توسعه، بسیار قابل توجه است.

از حدود یکصد سال پیش به این سو، تحولات تدریجی و موثری در عرصه حمل‌ونقل و عملکردهای لجستیک در جهان رخ داد. همزمان، جهان نیز شاهد تحولات شگرفی در حوزه مدیریت زنجیره تأمین و لجستیک بوده است. تحولات دیجیتالی، هوشمندسازی، یکپارچگی در گردش اطلاعات و برنامه‌ریزی در مراحل مختلف لجستیک در شرکت‌ها و فراتر از آن در سطح زنجیره تأمین (تا سطح جهانی)، از جمله آخرین تحولات و دگرگونی در راه‌حل‌های تأمین، حمل‌ونقل، ذخیره‌سازی و انبارداری است که همچنان با سرعت غیر قابل باوری در حال توسعه و از بین بردن روش‌ها و فناوری‌های موجود و سنتی در این عرصه است.

تحولات دیجیتالی به یک ضرورت اصلی برای لجستیک تبدیل شده است. تا همین اواخر، از شبکه جهانی وب بیشتر به عنوان یک درگاه دسترسی به اطلاعات و مصرف استفاده می‌شد. اما اکنون، در حال گذر به فناوری‌های جدید از قبیل اینترنت اشیاء، رایانش ابری، تجزیه و تحلیل داده‌های عظیم، و روبات‌ها هستیم. با این پیشرفت‌ها، سکویی‌های برای اتصال تجهیزات هوشمند ظهور کرده‌اند که انسان، داده، و ماشین‌ها را به هم مرتبط می‌کنند. اینها پیامدهای قابل توجهی برای حوزه لجستیک بخصوص افزایش غیر قابل تصور در سرعت، انعطاف‌پذیری، و قابلیت‌های کنترل فرآیندها را در پی داشته‌اند. با این وضعیت، لجستیک با استفاده از فناوری‌های صنعت نسل چهار برای شرکت‌هایی که می‌خواهند موقعیت برتری در بازار داشته باشند، از اهمیت بیشتری برخوردار شده است. امروزه، در تکمیل مفاهیم انقلاب صنعتی نسل چهار در لجستیک، مفهوم لجستیک نسل چهار درون شرکت‌ها و به پشتیبانی از فرآیندهای تولید رایج شده است.

فقدان زیرساخت‌های مطمئن و تخصصی در حوزه زنجیره تأمین و لجستیک، از جمله موانع فعالیت‌های کسب‌وکارها به شمار می‌رود. این عوامل، متغیر اصلی و اثرگذار در هزینه‌های تجارت است. زیرساخت‌های لجستیک نسل چهار و اعتمادسازی آنها، موجب تقویت جایگاه راهبردی شرکت‌ها شده و فرصت‌های متعددی را برای پیوند آنها با زنجیره‌های ارزش جهانی فراهم می‌آورد. این امر، تأثیر مستقیم و یا غیرمستقیمی بر بهره‌وری کلان اقتصادها هم می‌گذارد.

این تحولات موجب خدمت‌رسانی بهتر و سریعتر به بخش‌های انتهایی زنجیره‌های تأمین و لجستیک حتی در مناطق محروم و دور افتاده شده و به عواملی ضروری برای افزایش رقابت‌پذیری شرکت‌های فعال در این مناطق و توسعه پایدار دسترسی به بازارهای جهانی برای آنها تبدیل شده است.

books4sme.com

ناگفته نماند که ورود به این عرصه و بهره‌مندی از مزایای تحولات مورد اشاره برای شرکتها نیز مستلزم یک سری آمادگی‌ها و مقدمات است. این گذر، به‌خصوص برای شرکتهای کوچک و متوسط، در کشورهای در حال توسعه، نه تنها به در دسترس بودن و مقرون به صرفه بودن فناوری‌ها، بلکه به ظرفیت و پذیرش شرکت‌ها، زیست‌بوم‌های مرتبط با آنها، و محیط کسب و کار کشورها، بستگی مستقیم دارد.

با افزایش نگرانی‌ها در خصوص هزینه‌های اقتصادی و محیط زیست مرتبط با عملکردهای لجستیک، لجستیک هوشمند به قابلیت اطمینان بخش و کارایی سالم و مطمئن از طریق بهبود تولید و گردش اطلاعات و استفاده مطلوب از داده‌ها می‌پردازد. با فناوری‌های نوظهور، فعالیت‌های لجستیک سنتی که توسط انسان اداره می‌شوند به تدریج جای خود را به سامانه‌های فیزیکی سایبری غیرمتمرکز و خود سازمان‌یافته می‌دهند.

توجه روزافزون به ادغام فناوری‌های نوین در زنجیره تأمین، سامانه‌های نوآورانه از جمله کانتینرهای هوشمند، انبارداری هوشمند، بنادر هوشمند، قفسه‌های هوشمند و تولید هوشمند را در پی داشته است. در بستر تحولات موسوم به صنعت نسل چهار، تحول اقتصادی، یا تحول دیجیتالی و لجستیک مرتبط با آن، مدیریت این سامانه‌ها و یکپارچه‌سازی آنها، توجه بیشتر به مدیریت زنجیره تأمین هوشمند را بیش از پیش ضروری کرده است. مدیریت زنجیره تأمین هوشمند به یاری مدیریت راهبردی زنجیره تأمین و لجستیک شتافته و به تقاضای مشتری پاسخ سریعتر و مناسب‌تری می‌دهد. در روند هوشمندسازی مدیریت زنجیره تأمین، شرکت‌ها از طریق مدل‌های جدید کسب‌وکار، بهبود فرآیندهای کسب‌وکار، و کاهش هزینه و مخاطرات آن، به ارزش‌های جدیدتر و بیشتری دست خواهند یافت.

با این حال، به دلیل پیچیدگی و عدم قطعیت عوامل درگیر و چالش‌های فزاینده در عصر حاضر، زنجیره تأمین به سمت هوشمندتر شدن یا به عبارتی به سمت هوشیاری سوق داده می‌شود. ضمناً محرک‌های کلیدی در جذب سامانه‌های هوشمند، هوشیار، و کارآمد در بسیاری از مراحل و اجزای زنجیره تأمین و لجستیک، دربرگیرنده روش‌های جامع‌تری خواهند بود.

و اما کتاب حاضر .....

۱. منابع کتاب: ریشه اصلی مطالب این کتاب برگرفته از مطالعات انجام شده در اتحادیه اروپا در خصوص معرفی فناوری‌ها، ظرفیت‌ها، و پشتیبانی شرکت‌ها برای ورود به دنیای صنعتی نسل چهار است. برای تدوین کتاب حاضر، علاوه بر منابع معرفی شده در طرح اتحادیه اروپا از منابع متنوع دیگری هم استفاده شده است. منابع اصلی کتاب در انتها لیست شده و رجوع به آنها برای محققین و علاقه‌مندان به جزئیات بیشتر توصیه می‌شود.

books4sme.com

۲. روندی که دنبال می‌شود:

قبل از این، دو کتاب دیگر در راستای پیگیری یک روند منطقی در حوزه تجارت و کسب‌وکارها به شرح زیر از همین مولف چاپ و منتشر شد و کتاب حاضر در ادامه همان روند به رشته تحریر درآمده است.

کتاب اول: «شرکت‌های کوچک و متوسط موتور رونق اقتصاد» که در آن به تمامی ابعاد و ظرفیت‌های یک شرکت پایدار از یک سو، و مراحل ورود به بازارهای بین‌المللی از سوی دیگر، همراه با چالش‌ها، راه‌کارها، ابزارها و اطلاعات، علاوه بر تجربیات موفق جهانی و توصیه‌های سازمان‌های تخصصی بین‌المللی به تفصیل اشاره شده است. هدف کتاب مورد اشاره، نمایش مراحل رشد شرکت‌ها از ارتقای مدیریت عملیاتی و داخلی شرکت‌ها تا ورود به بازارهای بین‌المللی و در نهایت چشم انداز ورود به فناوری‌های جدید و انقلاب صنعتی نسل چهار بوده است. در واقع، کتاب مورد اشاره مقدمه مفهومی و قابل اجرا، و نمایش سطح آمادگی برای ورود به دنیای صنعتی نسل چهارم است.

کتاب دوم: «انقلاب صنعتی چهارم در تولید» به معرفی انقلاب صنعتی نسل چهارم به عنوان یک زیست‌بوم جدید در فضای تحول دیجیتالی پرداخته و در واقع کتاب مورد اشاره، دروازه ورود به عصر اقتصاد دیجیتالی در حوزه تولید و صنعت را به سادگی و کاملاً آموزشی توضیح می‌دهد.

کتاب سوم (کتاب حاضر): در پی انتشار کتاب دوم، کتاب حاضر در موضوع «لجستیک» به ادامه معرفی انقلاب صنعتی چهارم اما در خصوص لجستیک پرداخته است. در این کتاب بعد از توضیح انواع نوآوری‌ها، ضمن معرفی فناوری‌های اساسی و موثر انقلاب صنعتی نسل چهارم در لجستیک، به معرفی تجهیزات و فناوری‌های خاص، به ویژه در لجستیک داخلی شرکت‌ها، می‌پردازد.

بمنظور عینی نمودن انواع نوآوری‌ها و تجهیزات در کتاب حاضر، علاوه بر توضیحات، تلاش شد از تصاویر شفاف و گویا هم استفاده شود. اما با تمام تلاش و جستجوهایی که انجام گردید متاسفانه در بسیاری موارد موفق نبوده‌ایم. البته این ناشی از پیچیدگی این سامانه‌ها و فناوری‌ها است و نمایش آنها در قالب یک عکس یا تصویر شماتیک در بیشتر مواقع غیر ممکن است. اما خوشبختانه نمایش توانمندی‌ها و معرفی اینها به صورت ویدیو یا کلیپ‌های کوتاه همراه با توضیحات مختصر در فضای مجازی بسیار زیاد شده است. توصیه می‌شود برای شناخت عینی‌تر فناوری‌ها و تجهیزات اشاره شده در این کتاب، با استفاده از کلیدهای واژه‌های اشاره شده، حتماً ویدیو و کلیپ‌های مربوطه را مشاهده بفرمایید.

boors4sales.com

کتاب چهارم (کتاب بعدی): از سلسله مباحث معرفی صنعتی نسل چهارم، کتاب بعدی به مقوله پیاده‌سازی این فناوری‌ها در شرکت‌ها و تجربیات و نظریات کارشناسی خواهد پرداخت. صرفه‌های بکارگیری این فناوری‌ها و مقیاس‌پذیری آنها نیز از جمله مباحثی است که در کتاب بعدی به بحث گذاشته می‌شود.

۳. مخاطبین کتاب: این کتاب، همانند کتاب دوم، با هدف آشنایی و معرفی انقلاب صنعتی نسل چهار، اما صرفاً در لجستیک داخلی شرکت‌ها، برای تمامی گروه‌های دانشگاهی، صنعتی، و علاقه‌مندان در هر سطح از آگاهی تدوین شده است. سعی شده تا امانت‌داری به نحو مطلوب انجام گرفته و از تمامی منابع استفاده شده، چه مستقیم و چه غیر مسقیم، نام برده شود. به همین منظور، تمام منابع استفاده شده در کتاب به روش علمی لیست شده و به راحتی قابل شناسایی و در دسترس است.

۴. واژگان و اصطلاحات: در کتاب حاضر، از تعداد زیادی اصطلاحات تخصصی استفاده استفاده شد، و بخش عمده آنها تا حد ممکن فارسی شدند. در برخی موارد بجز فارسی‌سازی اصطلاحات، توضیحات مختصری هم برای انتقال بهتر مفاهیم اصلی اضافه شده است. چنانچه نیازی به توضیح نداشته باشند، اصل اصطلاح لاتین در پانوشت همان صفحه آورده شد. اما از آنجا که برخی مطالب ارائه شده در کتاب در نوع خود جدید است و یا معادل فارسی برای انتقال درست آن مفاهیم جوابگو نیست، برای انتقال درست و رسای مطالب در ترجمه، از معادل کاربردی‌تری که میان فعالان این حوزه به طور مشترک قابل درک باشد استفاده شد.

در مواردی هم که معادل فارسی ممکن بود موضوع اصلی را منتقل نکند به ناچار از همان اصطلاح اصلی در متن کتاب استفاده شد. برای مثال، کلمه پارادایم از جمله اصطلاحاتی است که هر چند تلاش شد برای آن معادلی فارسی یافت شود اما به دلیل اهمیت و جایگاه این اصطلاح در انتقال مفاهیم و اشارات اساسی کتاب، متاسفانه به ناچار از همان اصطلاح پارادایم در کتاب استفاده شده است.

به هر حال تلاش شد تا حد ممکن در پانوشت‌ها و توضیحات اجمالی، مطالب برای خواننده روشن باشد و در عین حال خدشه‌ای به پاس داشت زبان فارسی وارد نشود. پیشاپیش به دلیل تعداد زیاد پانوشت‌ها و یا برخی نارسایی‌های احتمالی در ترجمه اصطلاحات، از خواننده گرامی پوزش می‌طلبم.

۵. ساختار مطالب کتاب: کتاب حاضر به سه بخش تقسیم شده است:

بخش اول با عنوان شناخت، به مفاهیم و تعاریف رایج در خصوص زنجیره‌های تأمین و لجستیک اختصاص دارد. گرچه این مطالب ممکن است برای اهالی درگیر در این زمینه‌ها تکراری

books4sme.com

و غیرضروری باشد اما برای سایر مخاطبین که ممکن است با موضوع مدیریت زنجیره تأمین و لجستیک فاصله دارند و درگیر بسترهای عملیاتی زنجیره تامین و لجستیک نیستند می‌تواند مفید باشد. البته این توضیحات با هدف یکسان‌سازی مفاهیم و دیدگاه مخاطبین از طیف‌های مختلف، برای ورود و استفاده از مطالب فصل‌های بعدی کتاب قطعا بسیار ضروری و موثر است.

بخش دوم با عنوان هوشمندسازی، به خودکارسازی و هوشمند کردن فرآیندها و فعالیت‌ها، و انواع نوآوری در بخش‌های مختلف لجستیک پرداخته است. این بخش مراحل تحول از شرایط کنونی و سنتی به فضای لجستیک نسل چهارم را به خوبی توضیح و بسط می‌دهد. روند مطالب این بخش آماده‌سازی مخاطب کتاب برای ورود به فناوری‌های لجستیک نسل چهار است.

بخش سوم با عنوان فناوری‌ها، به معرفی فناوری‌های پایه در لجستیک و سپس تجهیزات بسیار پیشرفته لجستیک نسل چهار در محدوده لجستیک داخلی و انبارها می‌پردازد.

در خاتمه لازم می‌دانم از فرزند عزیزم آقای دکتر محمدرضا زرگر که در تمام مراحل تهیه کتاب پا به پای این حقیر بودند و ضمناً در ویراستاری علمی کتاب زحمات فراوانی کشیدند تشکر کنم. ضمناً از همسر گرامیم به دلیل فراهم نمودن شرایط کار روی این کتاب و کتاب‌های قبلی تشکر ویژه می‌کنم.

محمود زرگر
تابستان ۱۴۰۱
mahmood.zargar@gmail.com

books4smes.com

بخش اول: شناخت

books4smes.com

books4smes.com

فصل ۱: مفاهیم و تعاریف زنجیره تأمین و لجستیک

خرید و تأمین مواد، جابجایی مواد، حمل‌ونقل، کنترل موجودی، و مدیریت زنجیره تأمین به تکامل خود ادامه داده و باعث شده تا بسیاری از این حوزه‌های عملکردی با یکدیگر تلاقی کنند. این تقاطع و ترکیب‌ها باعث تعاریف مبهم برای برخی از این اصطلاحات در حوزه‌های مدیریت لجستیک و زنجیره تأمین شده است.

زنجیره تأمین جهانی یک ضرورت برای تجارت جهانی است و لجستیک به طور اساسی شامل ارسال، دریافت، جابجایی، و انبارداری کالاها می‌باشد که هر دو موضوع نقش مهمی در رشد تجارت جهانی دارند. با این حال اصطلاحات «زنجیره تأمین» و «لجستیک» با هم ترکیب شده و اغلب با یکدیگر اشتباه گرفته می‌شوند.

مدیریت زنجیره تأمین یک مفهوم قالب است که چندین فرآیند درون و برون سازمانی را برای تحقق مزایای رقابتی به هم مرتبط می‌کند. اما در لجستیک به جابجایی، انبار کردن، و جریان کالاها، خدمات و اطلاعات درون زنجیره تأمین اشاره می‌شود.

گرچه این دو مفهوم تشابهاتی دارند اما در برخی منابع با تعاریف متفاوتی شناخته می‌شوند. بنا به ضرورت و اختصار، در اینجا به برخی از این تعاریف اشاره می‌شود.

مدیریت زنجیره تأمین	مدیریت لجستیک
در ابعاد گسترده یک ضرورت برای تجارت جهانی است و در کل، باعث موفقیت و درآمد بازار است.	یک بخش مجزا و محدود از شبکه بزرگتر و مشارکتی به نام زنجیره تأمین است و نقش اساسی و محوری در تضمین جریان روان مواد خام، قطعات و محصولات نهایی در زنجیره تأمین جهانی ایفا می‌کند.

books4sms.com

مدیریت زنجیره تأمین	مدیریت لجستیک
شرکت‌ها از ترکیب راهبردهای زنجیره تأمین و نرم‌افزارهای مدیریتی برای ایجاد مزایای رقابتی استفاده می‌کنند و در نتیجه، زنجیره تأمین قوی یک مزیت رقابتی برای شرکت‌هایی است که در آن درگیر هستند.	به طور اساسی شامل ارسال، دریافت، جابجایی، و انبارداری کالا است و در موفقیت تجارت جهانی نقش مهمی دارد.
بنا به تعریف شورای متخصصین مدیریت زنجیره تأمین[1]، لجستیک بخشی از فرآیند زنجیره تأمین است که با برنامه‌ریزی، اجرا و کنترل جریان و ذخیره‌سازی کالاها، خدمات و اطلاعات مرتبط بین نقاط مبداء و مصرف را به منظور برآوردن نیازهای مشتری، کارآمد و موثر می‌کند.	بنا به تعریف برخی اساتید دانشگاه میشیگان، لجستیک در بردارنده فعالیت‌های حمل‌ونقل، انبارداری، بسته‌بندی و موارد دیگر است که موجودی (اعم از قطعات، کالاهای نیمه ساخته و نهایی، و سایر نیازهای خط تولید) را شناسایی، جابجا، و موقعیت‌دهی می‌کند و در همگام‌سازی زنجیره تأمین نقش موثری دارد.

البته در برخی رویکردها، مدیریت زنجیره تامین و مدیریت لجستیک هر دو مشابه هستند چرا که آنچه در آمریکا به نام مدیریت زنجیره تامین رایج است، در کشورهای اروپایی بیشتر به مدیریت لجستیک شناخته می‌شود.

با این وجود، با حفظ رویکرد استقلال مفاهیم مدیریت زنجیره تأمین و مدیریت لجستیک، و برای تبیین بیشتر جزئیات هرکدام که منجر به شناخت و بهره‌برداری بهتر از مطالب بخش‌های بعدی کتاب در خصوص فناوری‌های صنعت نسل چهارم در فرآیندهای لجستیک خواهد شد، به طور جزئی‌تر به حوزه‌های مدیریت زنجیره تأمین و سپس مدیریت لجستیک پرداخته می‌شود.

مدیریت زنجیره تأمین

زنجیره تأمین چارچوبی فراگیر برای منبع‌یابی، تولید و تأمین محصولات است و ارتباط و هماهنگی بین تأمین کننده‌ها، تولید کننده‌ها، کسب‌وکارهای لجستیکی، عمده فروشها، خرده فروشها و مشتریهای نهایی را بعهده دارد. فرآیند زنجیره تأمین از زمانی شروع می‌شود که یک سفارش برای کالا یا خدمات دریافت می‌شود، و پایان آن وقتی است که محصول یا خدمت به طور موفق به مشتری نهایی تحویل می‌گردد.

[1] Council of Supply Chain Management Professionals

books4sme.com

در زنجیره تأمین بازیگران مختلفی برای تهیه ، تولید، حمل، نگهداری، تأمین و فروش کالاها نقش دارند:

- تأمین کنندگان: مواد خام یا قطعاتی را تولید می‌کنند که به محصول نهایی تبدیل می‌شود
- تولیدکنندگان: قطعات یا محصولات را از مواد خام و سایر ورودی‌ها با استفاده از فناوری‌های خاص به محصول تبدیل می‌کنند
- لجستیک: کالاها را هنگام حرکت در زنجیره تأمین حمل و نگهداری می‌کند
- عمده فروش‌ها: کالاها را برای توزیع بعدی در فروشگاه‌ها یا سایر مراکز فروش خریداری می‌کنند
- خرده فروش‌ها: محصولات نهایی را به مشتریان نهایی می‌فروشند

مدیریت زنجیره تأمین ضمناً ممکن است در حوزه‌های سفارش و انبارداری هم نقش داشته و کلیه فرآیندها را به شرح زیر و به‌طور یکپارچه کنترل و مدیریت کند:

- تقویت همکاری و مشارکت: پیوندها و راه‌های بهتری برای سازمان‌های مختلف زنجیره تأمین و برای همکاری با یکدیگر فراهم می‌کند.
- مدیریت موجودی: شناسایی زمانی که موجودی محصولات خاص در حال کاهش است و برای تهیه اقلام جدید باید اقدام نمود.
- مدیریت سفارش[1]: سفارش نیازها را از طریق تأمین کنندگان، تولید کنندگان و سایر سازمان‌ها در زنجیره تأمین سازماندهی می‌کند.
- ردیابی[2]سفارش، دارایی و محموله: جریان سفارشات، کالاها و سایر دارایی‌ها را از طریق زنجیره تأمین جهانی دنبال می‌کند.
- نظارت[3]: جریان کالاها را از طریق زنجیره تأمین گزارش می‌دهد.
- عیب یابی: اشکالات مربوط به سرعت، هزینه، کیفیت یا سایر جنبه‌های کالایی در زنجیره تأمین را شناسایی و حل می‌کند.

[1] Raising Orders
[2] Tracking
[3] Visibility

books4sme.com

اجزای اصلی مدیریت زنجیره تأمین

مدیریت زنجیره تأمین از چهار جزء کلیدی به نام برنامه‌ریزی، منبع‌یابی، تولید، و انبارداری تشکیل می‌شود:

۱. برنامه‌ریزی

به اولین مرحله از فرآیند مدیریت زنجیره تأمین، برنامه‌ریزی یا برنامه‌ریزی تقاضا گفته می‌شود. برنامه‌ریزی در مدیریت زنجیره تأمین، بررسی تقاضای کالا یا خدمت، کنترل ظرفیت‌ها، هزینه، سود، و منابع انسانی، و غیره را پوشش می‌دهد. مدیریت زنجیره تأمین با مشخص کردن میزان اشتیاق مشتری به محصولات آغاز می‌شود. در جریان برنامه‌ریزی تقاضا، کارشناسان به جمع‌آوری داده‌هایی از قبیل آخرین فروشها، مدل آماری فروش، و تجزیه و تحلیل آن برای یک پیش‌بینی یا برنامه‌ریزی تقاضا اقدام می‌کنند.

مرحله فروش و عملیات براساس تقاضا برنامه‌ریزی می‌شود. برخی شرکت‌ها برنامه‌ریزی تقاضا را بخشی از برنامه‌ریزی عملیات و فروش[1] می‌دانند. برخی دیگر از شرکت‌ها برنامه‌ریزی عملیات و فروش را بخشی از فرآیند گسترده‌تری به نام برنامه‌ریزی یکپارچه شده کسب‌وکار[2] می‌دانند که شامل برنامه‌ریزی برای دیگر بخش‌ها به گستردگی کل شرکت است.

بعد از برنامه‌ریزی عملیات و فروش، برنامه‌ریزی تولید آغاز می‌شود. برخی شرکت‌ها با نرم‌افزار خاصی به نام زمانبندی و برنامه‌ریزی پیشرفته[3] جریان منابع برای تولید و سازگار کردن آنها برای نوسانات تقاضا را خودکار و ساده‌سازی می‌کنند و در این میان، برنامه‌ریزی نیاز مواد[4] کفایت مواد و اجزاء برای استفاده در فرآیند تولید را مدیریت می‌کند. مستندسازی برنامه‌ریزی نیاز مواد و برنامه‌ریزی تقاضا، یک لیست دقیق از مواد[5] است که جزئیات کاملی از مواد اولیه، اجزا و قطعات مورد نیاز برای ساخت محصول نهایی را دربر می‌گیرد.

برنامه‌ریزی نیاز مواد ممکن است به عنوان بخشی از برنامه‌ریزی منابع تولید[6] باشد، و دامنه برنامه‌ریزی نیاز مواد را به دیگر بخشها مانند منابع انسانی و مالی گسترش دهد. برنامه‌ریزی نیاز مواد و برنامه‌ریزی منابع تولید، اساس برنامه‌ریزی منابع شرکت[7] می‌باشند.

---

[1] Sales and Operations Planning (S&OP)
[2] Integrated Business Planning (IBP)
[3] Advanced Planning and Scheduling
[4] Material Requirements Planning (MRP)
[5] Bill of Materials (BOM)
[6] Manufacturing Resource Planning (MRP II)
[7] Enterprise Resource Planning (ERP)

books4sales.com

۲. منبع‌یابی

منبع‌یابی یا خرید، گام دیگری در فرآیند مدیریت زنجیره تأمین است. کالاها و خدمات نهایی که به مشتری تحویل می‌شوند، با مواد مختلف که از منابع متعددی تأمین شده‌اند ساخته می‌شوند. نکته مهم در این گام تهیه مواد با کیفیت مناسب و قیمت کمتر است. شرکت‌ها در این مرحله از مدیریت زنجیره تأمین، باید عملیات مناقصه، سفارش برای خرید، تهیه صورتحساب، مستندسازی و غیره را به ازای هر قلم کالا به خوبی انجام دهند. از آنجا که شرکت‌ها از داده‌های ناشی از دیجیتالی شدن فرآیندهای خود استفاده می‌کنند، فرآیند خرید یکی از حوزه‌های تحول شرکت‌ها به حساب می آید.

منبع‌یابی راهبردی یک نوع عالی و پیشرفته تأمین است که تلاش می‌کند فرآیند منابع‌یابی شرکت از طریق تلفیق قدرت خرید و ادغام آن در اهداف کلان شرکت بهبود یابد. مهمترین مزایای آشکار منبع‌یابی راهبردی، کاهش هزینه کل شرکت است.

۳. تولید

این یک بخش کلیدی است و برای شروع آن، به برنامه‌ریزی تقاضا، تأمین نیازها و مواد، و همچنین انبارداری نیاز است. در برنامه‌ریزی تولید، اولین موضوع برای تصمیم‌گیری، انتخاب نوع فناوری و فرآیند تولید، به نحوی است که به بهترین وجه اهداف کسب‌وکار و تقاضای مشتری را محقق کند.

با پایان یافتن فرآیند تولید، بازرسی یا آزمایش‌های ضروری محصول، بسته‌بندی، و آماده‌سازی برای حمل شروع می‌شود. پس از این مرحله، مدیریت انبار و نگهداری محصول آغاز می‌شود.

۴. انبارداری

مدیریت انبارداری یک فرآیند پیچیده به خصوص برای شرکت‌های غول پیکر یا آنهایی که با تعداد بسیار زیاد سفارش روبرو هستند می‌باشد. اما اساس این فرآیند در تمام شرکت‌ها با هر اندازه یکسان است. مدیریت انبارداری از یک سو، قطعات و اجزای تولید از شرکت‌های تأمین کننده تا انبارها و از انبارها تا خطوط تولید را پوشش می‌دهد. این مدیریت از سوی دیگر شامل جریان کالاها از بخش تولید تا انبارها و از انبارهای کالا تا خرده فروشی‌ها است.

سامانه‌های نرم‌افزاری مدیریت انبارداری: هدف سامانه‌های مدیریت انبارداری، حداقل کردن هزینه انبارداری و حداکثر کردن ظرفیت تحویل به موقع سفارشات است. برای ساده کردن و خودکارسازی فعالیت‌های انبارداری، شرکت‌ها از سامانه‌های نرم‌افزاری اختصاصی برای مدیریت

books4sme.com

انبارها استفاده می‌کنند. در ابتدا، سامانه‌های نرم‌افزاری مدیریت انبارداری یک کاربرگ ساده بود که فقط تعداد کالاها در انبارها و محاسبات ساده آنها را نشان می‌داد. اما امروزه، نرم‌افزارهای مدیریت انبارداری عمیق‌تر شده و با دیگر عملکردهای سامانه‌های برنامه‌ریزی منابع شرکت یکپارچه هستند. از سوی دیگر، مدیریت انبارداری با عملیات حمل‌ونقل و سفارش، پیوستگی تنگاتنگی دارد. از این رو، امروزه سامانه‌های زیر از دیگر اجزای یکپارچه مدیریت انبارداری هستند:

- سامانه‌های مدیریت حمل‌ونقل برای سازماندهی حمل و انبار کردن کالاها،
- سامانه مدیریت انبار[1] برای کلیه عملیات داخل انبارها و مراکز توزیع،
- سامانه مدیریت سفارشات[2] برای پردازش و مدیریت سفارشات.

مدیریت لجستیک

مدیریت لجستیک به برنامه‌ریزی و اجرای جریان کارآمد مواد و اطلاعات از یک نقطه به نقاط دیگر و رابط عرضه و تقاضای کالاها است و طیف وسیعی از فعالیت‌ها را در بر می‌گیرد که در شرکت‌ها و مناطق جغرافیایی مختلف فرق می‌کند.

لجستیک کالاها شامل جریانی از اطلاعات برای تهیه، بسته‌بندی، نگهداری، حمل، انبارداری، و حفاظت عمومی است. لجستیک، رویه‌ها یا فعالیتهایی است که مدیریت زنجیره تأمین را تسهیل کرده و شامل تعهدات و اقدامات متعددی می‌باشد.

هوش مصنوعی، وسایل نقلیه خودران، و روبات‌ها عامل اصلی در تغییر فرآیند لجستیک در آینده نزدیک هستند. در حال حاضر برخی شرکت‌ها برای ردیابی بهتر سفارشات و پیش‌بینی حمل در زنجیره تأمین از هوش مصنوعی استفاده می‌کنند. در ضمن، استفاده از وسایل خودران، از قبیل لیفتراک‌های بدون راننده، کامیونهای توزیع، و پهبادها، در حال عمومی شدن بخصوص در انبارداری، محوطه انبارها، و در بزرگراه‌ها هستند. تأمین کننده، تولید کننده، توزیع کننده، و خرده فروشی‌ها باید فرآیندهای لجستیک خود را به منظور توزیع سریعتر، و به موقع، به این نوآوری‌ها ارتقاء دهند.

انواع لجستیک

براساس برخی نظرات، لجستیک به دو بخش ورودی و خروجی تقسیم می‌شود: لجستیک ورودی فعالیت‌های مربوط به تأمین مواد و سایر ورودی‌های خطوط تولید، و سپس جابجایی،

[1] Warehouse Management System (WMS)
[2] Order Management System (OMS)

books4cmos.com

ذخیره و حمل‌ونقل آنها را پوشش می دهد. لجستیک خروجی فعالیت‌های مربوط به جمع‌آوری، نگهداری و تحویل به مشتری را پوشش می‌دهد. سایر فعالیت‌ها مانند بسته‌بندی و انجام سفارشات، انبارداری، مدیریت موجودی و حفظ تعادل بین عرضه و تقاضا نیز در لجستیک خروجی نقش دارند.

لجستیک ورودی[1]

اولین مرحله لجستیک ورودی خرید یا تدارکات است. لجستیک ورودی شامل دریافت کالا، بررسی، تخلیه کالا و قرار دادن دریافتی‌ها در انبار است. به زبان ساده‌تر، لجستیک ورودی تمام فرآیندهایی را که برای تولید یک محصول ضروری است، یعنی تلاش‌های لجستیکی قبل و در طول تولید را ترکیب می‌کند.

لجستیک خروجی[2]

لجستیک خروجی شامل خروج کالا یا قطعات از انبار و بسته‌بندی و همچنین هدایت آن تا بارگیری و حمل است. لجستیک خروجی شامل لجستیک معکوس و خدمات ارزش افزوده هم می‌شود:

- لجستیک معکوس به فرآیند بازگشت کالا از مشتری به شرکت، خدمات ضمانت، تعمیر و نگهداری، و همچنین بازیافت آن گفته می‌شود. در لجستیک معکوس، جریان محصول از مشتری به تولید کننده حرکت می‌کند.
- خدمات ارزش افزوده، شامل خدمات مربوط به دسته‌بندی محصولات، بسته‌بندی، نگهداری و بازیافت است.

به عبارت دیگر، لجستیک خروجی فرآیندهای لجستیکی پس از تولید، یعنی جابجایی، ذخیره‌سازی و حمل‌ونقل محصول نهایی به مشتری را در بر می‌گیرد [1].

لجستیک داخلی[3]

لجستیک داخلی یا درون سازمانی به معنای جابجایی مواد و محصولات در داخل شرکت است. زمانی از این اصطلاح استفاده می‌شود که قرار است به تمام فعالیت‌های لجستیک ورودی و خروجی که در داخل محدوده شرکت انجام می‌شوند پرداخته شود.

---

[1] Inbound Logistics
[2] Outbound Logistics
[3] Intra (Inhouse) Logistics

books4sme.com

با نگاهی جزئی‌تر، فرآیندها و فناوری که مواد را به روشی کنترل شده و کارآمد به بالادست و پایین‌دست تولید جابجا می‌کنند لجستیک داخلی گفته می‌شود و این به نوبه خود پوشش دهنده فعالیت‌های داخلی شرکت در حوزه مدیریت‌های لجستیک ورودی و خروجی است [2].

انواع خدمات تخصصی در لجستیک

معمولاً مدیریت لجستیک و زنجیره تأمین بخش قابل توجهی از هزینه‌ها در یک کسب‌وکار را پوشش می‌دهند. به همین دلیل کاهش هزینه یکی از محرک‌های اصلی برای برون‌سپاری فعالیت‌های لجستیکی به شرکت‌های تخصصی است. سازمان‌ها و شرکت‌ها بسیاری از این عملکردها را به شرکت‌های تخصصی در حوزه لجستیک واگذار می‌کنند. این برون‌سپاری نه تنها ممکن است صرفه‌جویی در وقت و هزینه را در پی داشته باشد، ضمناً به دلیل انجام حرفه‌ای این وظایف، به یک مزیت نسبی برای شرکت‌ها تبدیل شده است. در برخی کشورها، کسب‌وکارهای تخصصی لجستیک آنچنان موفق و پر رونق هستند که در سطح ملی به یک ارزش افزوده قابل توجه برای اقتصاد آن کشورها تبدیل شده است. وجود این خدمات در سطح ملی به عنوان یک زیرساخت لجستیکی شناخته می‌شوند. به همین دلیل، تاکنون سازمان‌های مختلفی به شرح زیر در زیرساخت لجستیک کشورها شکل گرفته است:

- **ارائه دهنده خدمات لجستیک**[1]: شرکت‌هایی هستند که مدیریت جریان کالا و مواد، بین نقاط مبدأ تا مقصد نهایی را ارائه می‌کنند. ارائه دهنده این خدمات اغلب کارکردهای حمل‌ونقل، موجودی، انبارداری، بسته‌بندی و امنیت را برای محموله‌ها بعهده می‌گیرند.
- **لجستیک شخص ثالث**[2]: این شرکت‌ها طیف وسیعی از خدمات تخصصی لجستیک را ارائه می‌کنند. خدمات حمل‌ونقل هوایی، ریلی یا جاده‌ای، تسهیلات حمل‌ونقل و ذخیره‌سازی تخصصی (مانند سردخانه) از جمله وظایف این شرکت‌ها می‌باشد.
- **لجستیک معکوس**: برخی شرکت‌ها در بازگرداندن محصولات معیوب یا فراخوانده شده به تولیدکنندگان فعالیت می‌کنند.
- **خدمات انبارداری**: برخی شرکت‌های لجستیکی فقط کالاها را ذخیره می‌کنند و در حمل‌ونقل دخالت نمی‌کنند.

[1] Logistics Service Provider (LSP)
[2] Third-Party Logistics (3PL)

- **پیک پیشتاز**[1]: این شرکت‌ها محصولات را به مشتریان نهایی تحویل می‌دهند و در عملیات آخرین بخش توزیع[2] تخصص حرفه‌ای دارند.

تحولات تاریخی در زنجیره تأمین

زنجیره تأمین از آغاز قرن بیستم تاکنون تغییرات زیادی داشته و تحولات قابل توجهی در تهیه مواد اولیه، تولید و حمل کالاها به خود دیده است. طی این مدت، از فرآیندهای دستی تا استفاده از فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات و هوشمندسازی، و کارآمدی زنجیره‌های تأمین، رشد چشم‌گیری داشته است. در اینجا تحولات زنجیره تأمین و نوآوری‌های این مسیر از گذشته نه چندان دور تاکنون به اختصار ارائه می گردد [3]:

۱. تأمین و تولید محلی

قبل از انقلاب صنعتی در اروپا و آمریکا، دامنه زنجیره‌های تأمین در سرتاسر جهان به ناچار بیشتر محلی و تنها در برخی مواقع خاص و براساس سوابق بسیار طولانی از گذشته، تبادل برخی کالاها بین شرق و غرب عالم رخ می‌داد.

با انقلاب صنعتی و گسترش راه‌آهن، حمل‌ونقل کالاها سریعتر و ارزانتر از قبل و حتی دسترسی به مناطق دورتر نیز به صرفه شد.

۲. بهبود در باربری و انبارداری

با اختراع موتور با احتراق داخلی، و خودرو در اواخر قرن نوزده، امکان حمل‌ونقل سریعتر کالاها از طریق جاده فراهم شد. کامیون‌های ماک[3] در ۱۹۰۰ با گازوئیل حرکت می‌کردند. کامیون‌های دیزلی در اواسط دهه ۱۹۲۰ معرفی شدند. از اوایل قرن بیستم، لیفتراک هم به کمک فرآیندهای بارگیری و تخلیه آمد.

تحول اساسی در انبارداری از سال ۱۹۲۵ با استفاده از پالت در فرآیند انبارداری مشاهده شد و با این تحول، امکان استفاده عمودی از فضای انبارها فراهم گردید و جابجایی کالاها آسان‌تر شد.

books4sme.com

[1] Courier Shipping
[2] Last Mile
[3] Mack Trucks

۳. مکانیزه شدن زنجیره تامین

در جریان جنگ جهانی دوم لجستیک از اهمیت بیشتری برخوردار شد. در دهه ۱۹۴۰ ترکیبی از مهندسی صنایع و تحقیق عملیات در مدیریت زنجیره تأمین پدیدار گشت.

استفاده از پالت در سامانه‌های نگهداری ادامه داشت و این پدیده ظاهراً کوچک همراه با سایر تغییرات، موجب روان شدن عملیات بارگیری، تخلیه، ترکیب و جابجایی کالاها شد و در نتیجه توزیع و تحویل کالاها را سرعت بخشید.

۴. استانداردسازی و کانتینری شدن لجستیک

شاید بزرگترین تحول زنجیره تأمین جهانی ابتکار حمل‌ونقل کانتینری در دهه ۵۰ میلادی است که در تمام حمل‌ونقل‌های دریایی، ریلی، و جاده‌ای از آن استفاده می‌کردند. بعدها استانداردسازی کانتینرها، بکارگیری و جابجایی آنها را سریعتر و ساده تر نمود و موجب کاهش هزینه و بهره‌وری بیشتر در زنجیره‌های تأمین جهانی شد. ابداع کانتینر یکی از محرکهای اصلی برای ارزان کردن تجارت جهانی و بهره‌وری بیشتر در تولید شد.

۵. بهبود بهره‌وری و خودکارسازی فرآیندها

در میانه دهه ۱۹۶۰ استفاده از رایانه‌ها عمومی شد و شرکت آی بی ام اولین سامانه پیش‌بینی و مدیریت انبارها را در ۱۹۶۷ ارائه کرد. قبل از این دهه، داده‌های لجستیکی رایانه‌ای شد اما ارسال و دریافت مستندات هنوز کاغذی بود. رایانه‌ای شدن، تبادل داده‌ها در لجستیک را روان‌تر کرد و در بسیاری حوزه‌ها از جمله پیش‌بینی‌های دقیق، انبارداری بهتر، مسیریابی حمل‌ونقل‌ها، و مدیریت بهتر انبارها، موجب تحولات شگرفی شد.

اولین سامانه مدیریت انبار در ۱۹۷۵ پیاده‌سازی شد که موجب ساده‌سازی پیگیری سفارشات، انبارداری و توزیع گردید و در نتیجه بهره‌وری عملیات بیشتر شد. در همین دوره، استفاده از بارکد به کمک شناسایی خودکار محصولات آمد.

۶. بهره‌وری بیشتر و انتقال به مدل‌های جهانی

بعد از تحولات و ابداعات اشاره شده، موفقیتهای بیشتری نصیب بازیگران زنجیره تأمین شد. در ۱۹۸۳ واژه «مدیریت زنجیره تأمین» در آمریکا ابداع و رایانه‌های شخصی بیش از پیش در این عرصه بکار گرفته شد. نرم‌افزارهای جدید (از قبیل کاربرگ‌های الکترونیکی) و بهینه‌سازی مسیرهای حمل و توزیع، موجب کاهش هزینه‌ها و افزایش سودآوری شدند. از دیگر تحولات این

books4sme.com

دوره می‌توان به بهینه‌سازی حمل‌ونقل هوایی، شبکه‌های توزیع در زنجیره‌های تأمین، و معرفی سامانه‌های برنامه‌ریزی منابع سازمان (ERP) اشاره کرد.

در این سال‌ها جهان شاهد بکارگیری فناوری شناسایی با امواج رادیو[1] برای ردیابی خودکار کالاها بود که مقدمه‌ای برای استفاده امروزی از اینترنت اشیاء[2] در لجستیک و زنجیره تأمین گردید.

۷. جهانی‌سازی واقعی

تحولات زنجیره تأمین تا ظهور قدرت‌های اقتصادی جدید در آسیا همچنان ادامه یافت. این تحولات موجب تبادل بیشتر کالا از شرق به دیگر نقاط جهان شد. همزمان، فناوری‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی با تجزیه و تحلیل‌های تجویزی[3] و پیش‌بینی ترکیب شدند و موجب دقیق‌تر شدن پیش‌بینی‌ها و پیشرفته‌تر شدن مدیریت سفارشات شدند. زنجیره تأمین به سمت داده و شبکه محور شدن رفت و زیست‌بوم‌های زنجیره تأمین مبتنی بر همکاری، رشد کردند که موجب افزایش ارزش‌های واقعی و رشد برای تمام مشارکت کننده‌ها گردید.

با این حال، آینده در انتظار نوآوری‌های بیشتری در زنجیره‌های تأمین جهانی است که موجب بهره‌وری بیشتر، بهینه‌سازی و حاشیه سود بیشتر خواهد شد.

این تحولات و بسیاری نوآوری‌ها، امروزه موضوع بحث جدیدی تحت عنوان تاثیر فناوری‌های صنعت نسل چهار در لجستیک و مدیریت زنجیره تأمین است که موضوع اصلی فصل‌های آتی کتاب حاضر می‌باشد.

books4sme.com

[1] Radio Frequency Identification (RFID)
[2] Internet of Things (IoT)
[3] Prescriptive Analysis

books4smes.com

بخش دوم: هوشمندسازی

books4smes.com

books4smes.com

فصل ۲: از خودکارسازی تا فرآیندهای هوشمند

وقتی شرکت‌ها همزمان از مجموعه ابزارهای قدیمی و جدید برای تحول در محیط کسب‌وکار به خصوص عملیات لجستیک داخلی خود استفاده می‌کنند منجر به شکاف بین نسل‌های مختلف این ابزارها و سامانه‌ها شده و مشکلاتی را به‌وجود می‌آورد. یکی از راه‌کارهای ساده برای رفع این مشکلات، خودکارسازی فرآیندهای دستی است. با خودکارسازی فرآیندهای دستی و الکترونیکی کردن کاربرگهای کاغذی، کارایی عملیاتی افزایش یافت و شکاف بین سامانه‌های قدیمی از جمله ERP با داده‌های شبکه‌های اینترنت اشیاء، کارکنان با روبات‌های هوشمند، و دیگر ارتباطات فرآیندی قدیم و جدید پر شد و فعالیت‌ها سریعتر انجام شده و کارایی بیشتری حاصل گردید. البته با استفاده از روبات‌های بیشتر و جدیدتر بهینه‌سازی عملیات نیز پیشرفت بیشتری خواهند داشت. براساس گزارش سال ۲۰۱۹ موسسه داده بین‌المللی (IDC)، روبات‌ها می‌توانند تا ۵۰ درصد از فعالیتهای مراکز انجام سفارشات را بعهده بگیرند، و موجب بهبود بهره‌وری تا ۳۰ درصد و کمک به کاهش هزینه‌های عملیاتی و جبران کمبود نیروی انسانی شوند [14].

داده‌ها و تکامل پیوسته کسب‌وکار

با استفاده روز افزون از فناوری‌های جدید از قبیل روبات‌های هوشمند و اینترنت اشیاء، حجم داده‌ها و نرم‌افزارهای جدید هم افزایش یافته است. این داده‌ها تا زمانی که جمع‌آوری و تحلیل نشوند هیچ ارزشی ندارند. لذا تجزیه و تحلیل داده‌ها در لجستیک نسل چهار به تنهایی به عنوان یک الزام فناوری پیشرفته تلقی می‌شود.

براساس گزارش سال ۲۰۲۰ موسسه داده بین‌المللی، یک سوم از زنجیره‌های تأمین تمام صنایع از قابلیتهای شناختی بر مبنای تجزیه و تحلیل‌ها استفاده می‌کنند. از این رو این روند باعث افزایش ۱۰ درصدی در کارایی آنها و ۵ درصد در عملکرد خدمات می‌شود. برای مثال، امروزه از حسگرهای سامانه موقعیت‌یاب جغرافیایی (GPS) برای ردیابی محصول از کف کارخانه

books4sme.com

تا انبار استفاده می‌شود. در همین خصوص، Forrester به نمونه‌ای اشاره می‌کند که در آن، صنایع از حسگرها برای دریافت اطلاعات درجه حرارت هنگام ذخیره‌سازی کالاهای حساس به دمای محیط، مدت زمان سپری شدن محموله در محل نگهداری، و حتی محاسبه مدتی که کالا از قفسه خارج می‌شود، استفاده می‌کنند. در نتیجه، با افزایش حسگرها، داده‌ها نیز افزایش می‌یابد و این مستلزم ترکیب با داده‌های بیشتر و ارتباط با دیگر سامانه‌های موجود است.

ادغام و یکپارچگی در مدیریت زنجیره تأمین

زنجیره تأمین در جریان تبدیل سفارش به نقدینگی با تعداد زیادی همکار، چندین تأمین کننده و مقدار زیادی کالا درگیر است. برای این منظور اتصال افراد (احتمالا در کشورهای مختلف) با تأمین کننده‌های خارج از شرکت یا حتی خارج از کشور جهت کمک به جابجایی سریعتر کالا و مواد ضروری است. تغییرات در سفارشات خرید، برچسب‌گذاری، پذیرش فروشنده، و خرید اجزاء از تأمین کننده‌های مختلف از جمله فعالیتهای درون مدیریت زنجیره تأمین است که باید به خوبی با هم و دیگر سامانه‌های شرکت‌ها سازگار باشند. با بهبود ارتباطات و فرآیندهای ارتباط با کارخانه‌ها و تأمین کننده‌ها، سازماندهی قراردادهای سطح خدمات و حذف انبارهای داخلی، کارایی عملیات لجستیک داخلی شرکت‌ها نیز به شدت بهبود می‌یابد.

شرکت آدیداس با فعال کردن ارتباطات قوی بین بازارها و کارخانه‌ها توانست عملیات زنجیره تأمین با شرکت Bizagi را بازطراحی کرده و با ادغام فرآیندهای شرکت Bizagi در ERP و SAP خود طی دو سال توانست ۲۵ درصد از فرآیندها بین دو شرکت را خودکارسازی و یکپارچه نماید. نتیجه این اقدام موجب کاهش ۵۰ درصدی در زمان پذیرش فروشنده جدید، ۶۰ درصدی در هزینه عملیاتی و ۷۵ درصدی در زمان توزیع شد [14].

صنایع مختلف به دنبال بهبود کارایی عملیاتی از طریق خودکارسازی فرآیندهای دستی و پیش‌بینی نشده خود هستند. آنها امیدوارند با خودکارسازی فرآیندها، زمان رساندن کالاها به بازارها را کوتاه‌تر، کسب‌وکارشان را چابک‌تر، خدمت به مشتری را بهتر، و ارتباط با کارخانه‌ها و تأمین کننده‌ها را بهبود ببخشند.

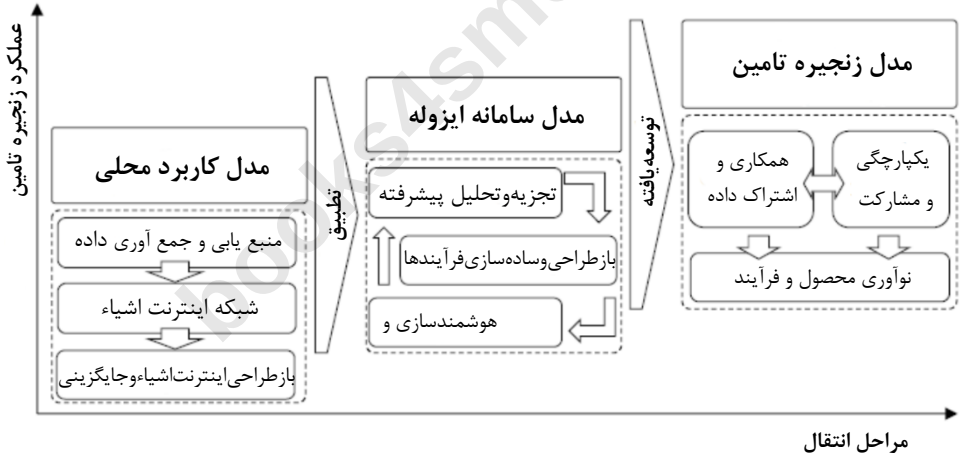
مهاجرت به مدیریت زنجیره تأمین هوشمند[1]

تکامل زنجیره‌های تأمین دستخوش تغییرات عظیمی شده است. با پیشرفت فناوری‌ها، شرکت‌های کوچک و متوسط در حال استفاده از فرصت‌های جدید از طریق شناسایی منابع و

[1] Smart Supply Chain Management (SSCM)

الگوهای جدید داده در تصمیم‌گیری‌های راهبردی خود هستند. مزایای جریان یکپارچه‌سازی داده‌ها به شرکت‌ها این امکان را داده که از طریق تجزیه و تحلیل داده‌ها، تصمیمات «هوشمندانه‌تر» با مخاطرات کمتر اتخاذ کنند. ادغام دنیای فیزیکی و دیجیتال منجر به تصمیمات سرمایه‌گذاری‌های جدید برای شرکت‌ها شده است. این تحول موجب مهاجرت از کاربردهای صرفاً متکی به سخت‌افزار به کاربردهای بیشتر متکی به نرم‌افزار و هوشمند شده است.

عبور از پی‌آمدهای احتمالا همراه با مخاطرات در این مهاجرت‌ها، مستلزم تجربیات و روش‌هایی است که برخی دانشمندان به آن پرداخته و توصیه‌هایی را پیشنهاد کرده‌اند. در برخی منابع سه مدل ترتیبی برای اجرای مدیریت زنجیره تأمین هوشمند توصیه شده است: مدل کاربرد محلی[1]، مدل سامانه ایزوله[2] و مدل زنجیره تأمین هوشمند[3]. هدف این مفهوم سازی‌ها ارائه مراحل انتقال، و الزامات فعال کردن مدیریت زنجیره تأمین هوشمند (SSCM) در شرکت‌ها بخصوص شرکت‌های کوچک و متوسط است. لازم به توضیح است که مدل‌های پیشنهادی در این منابع، با رویکرد توجه به شرکت‌های کوچک و متوسط است تا توانمندی آنها در جذب فناوری‌های صنعت نسل چهار با هدف دستیابی به مزایای لجستیک هوشمند شناسایی شود.



شکل: مدل‌های اجرای مدیریت زنجیره تأمین هوشمند

[1] Local Application Model (LAM)
[2] Isolated-system Application Model (IAM)
[3] Smart Supply-chain Application Model (SSAM)

۱. مدل کاربرد محلی

در مدل کاربرد محلی از فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات با هدف صرفه‌جویی در هزینه‌ها در سطح کاربردی استفاده می‌شود. برای باقی ماندن در کسب‌وکارها، کاهش هزینه یک چرخه پایان‌ناپذیر برای تولیدکننده‌ها، خرده‌فروش‌ها و توزیع کننده‌ها است. برای مثال، با توجه به مقرون به صرفه‌بودن برچسب‌های شناسایی، شرکت‌ها از این فناوری برای ثبت و به اشتراک‌گذاری داده‌ها با سایر عملکردهای درون سازمانی استفاده می‌کنند. سایر داده‌ها مانند تقاضا یا بازخورد مشتری را می‌توان از طریق سکوهای اینترنتی جمع‌آوری کرد تا به برنامه‌ریزی تولید یا طراحی محصول کمک کنند. علاوه بر این، شناسایی با امواج رادیویی یکی از بحث‌برانگیزترین فناوری‌های خرده‌فروشی است که به کاربران اجازه می‌دهد تا محصول را در زنجیره تأمین تا پایان مرحله خرده‌فروشی دنبال کنند. با استفاده از این فناوری‌ها، عملکردهای مختلف در شرکت‌ها برای افزایش کارایی و اثربخشی باز طراحی می‌شوند. عملکردهای کلیدی در مدل کاربرد محلی شامل فرآیند منبع‌یابی و جمع‌آوری داده‌ها، سپس انتقال آن‌ها در زمان واقعی از طریق ساختار اینترنت اشیاء و در نهایت طراحی مجدد و جایگزینی بسترهای موجود با فناوری‌های جدید به منظور بهینه‌سازی استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده است [15].

هدف این مدل برجسته کردن استفاده از داده‌ها در عملکردهای لجستیکی برای فعالیت‌های مبتنی بر تصمیم‌گیری در بستر شبکه‌های اینترنت اشیاء است.

منبع‌یابی و جمع‌آوری داده‌ها

با توجه به سرعت اجرای فعلی، هدف از این مرحله بررسی استفاده از برچسب‌ها از انواع بارکدها و شناسایی با امواج رادیویی برای انتقال علائم به دستگاه گیرنده است که به دستگاه‌ها امکان می‌دهد با یکدیگر ارتباط برقرار کنند. سپس داده‌ها به یک میزبان در شبکه رایانه منتقل می‌شوند تا اطلاعات را تفسیر و ذخیره کنند. در نهایت، اطلاعات به یک مدل برای اقدامات بعدی و تصمیم‌گیری‌ها تبدیل می‌شود. این نمونه‌ای از تطبیق فناوری است که صرفه‌جوی در هزینه‌ها را اثبات می‌کند. با استفاده از فناوری برچسب، خرده فروش‌ها قادر به کاهش هزینه‌های دریافت، ثبت موجودی و کاهش سایر هزینه‌های مرتبط بین ۱۱-۱۸ درصد هستند. آنها می‌توانند توقف‌های ناشی از کمبود موجودی انبار را ۹-۱۴ درصد و تأخیرهای لجستیکی را تا ۵ درصد کاهش دهند [15].

books4sme.com

شبکه اینترنت اشیاء

از زمان معرفی اینترنت اشیاء، چندین کاربرد نوآورانه در تدارکات و زنجیره تأمین ایجاد شد و موجب تأثیرات امیدوارکننده‌ای بر آینده مدیریت زنجیره تأمین شد. هدف اصلی شبکه‌های اینترنت اشیاء ایجاد سکو برای تسهیل تبادل کالاها، خدمات و اطلاعات است. در سال ۱۹۹۹، موسسه فناوری ماساچوست[1]، مرکز شناسه خودکار[2] را برای پیشنهاد ساختار «کد محصول الکترونیکی»[3] برای اطمینان از اتصال زنجیره‌های تأمین از طریق شناسایی با امواج رادیویی تاسیس نمود. از طریق این کاربردها، یک ساختار جدید در زمینه لجستیک، تولید و زنجیره‌های تأمین برای بهبود خودکارسازی و کارایی از طریق یک زنجیره تأمین حلقه بسته[4] تشکیل می‌شود.

برای بهره برداری از مزایای اینترنت اشیاء در زنجیره تأمین، باید به چندین عامل در تطبیق و انتقال فناوری دقت نمود. یکی از این عوامل، همزمان کردن اعضای زنجیره تأمین در شبکه اینترنت اشیاء با هدف گردش اطلاعات و محصولات موجود به منظور روان‌سازی جریان زنجیره تأمین، به صورت کامل و شفاف است. یکی از رایج‌ترین شبکه‌های اینترنت اشیاء که در حال حاضر برای زنجیره تأمین در دسترس است، «شبکه جهانی کد الکترونیکی محصول»[5] است. این شبکه جهانی قابلیت تبادل داده‌های «شناسایی از طریق امواج رادیویی»[6] در زمان واقعی در سرتاسر شبکه زنجیره تأمین را فراهم می‌کند. این شبکه جهانی تاکنون در کاربردهای مختلف لجستیکی در برخی زنجیره‌های تأمین از جمله مواد غذایی، کشاورزی، و دارو نقش موثری ایفا کرده است.

بازطراحی و جایگزینی اطلاعات در سامانه‌های اینترنت اشیاء

سازگاری فناوری اینترنت اشیاء در زنجیره تأمین اغلب یک فرآیند پیچیده است. با وجود اینکه اینترنت اشیاء منجر به تکامل در تولید و عملیات زنجیره تأمین در صنایع متعدد در مقیاس جهانی شده است، اما نگرش و انتظارات مختلف یکی از علل عدم پذیرش این تغییرات شده و اغلب برای شرکت‌های کوچک و متوسط در ورود به این تحولات به مانع اصلی تبدیل شده است. که این خود ممکن است منجر به تصمیمات ضعیف کسب‌وکار بخاطر ساختار ناقص داده گردد. برای رفع این مشکل، به یک معماری نرم‌افزاری عمومی برای تشکیل محیط‌های مختلف اینترنت اشیاء و ماژول‌های نرم‌افزاری متنوع نیاز است.

---

[1] Massachusetts Institute of Technology
[2] Auto-ID
[3] Electronic Product Code (EPC)
[4] Closed Loop Supply Chain (CLSC)
[5] EPC global Network
[6] RFID

سامانه‌های اینترنت اشیاء صنعتی اغلب در یک معماری چند لایه تعریف می‌شوند:

- لایه ادراک: این لایه دربرگیرنده استفاده از فن‌آوری‌هایی از قبیل بارکد دوبعدی، حسگرها، محرک‌ها، کنترل کننده‌ها، برچسب‌های شناسایی با امواج رادیویی، ارتباطات تلفن همراه و تبادل الکترونیکی داده موسوم به EDI در کارکردهای لجستیکی می‌باشد.
- لایه انتقال: این لایه نیز مدلسازی دستگاه‌ها، شبکه‌های بی‌سیم امن، سامانه انتقال انواع داده، کنترل، بلوتوث و بانک اطلاعاتی رایانش ابری را دربر دارد.
- لایه پردازش: در این لایه به پردازش داده‌های خام و تبدیل آنها به اطلاعات و خروجی‌های قابل کاربرد در فرآیندهای لجستیکی و تولید پرداخته می‌شود.
- لایه کاربرد: نتایج سامانه اینترنت اشیاء در کارکردهایی از قبیل ردیابی و سوابق اقلام، تشخیص، ناوبری، پشتیبانی، خرده فروشی، زنجیره تأمین، تولید و حمل‌ونقل بکار گرفته می‌شود.

شایان ذکر است که سامانه اینترنت اشیاء صرفاً بر جایگزینی دارایی‌های موجود و فن‌آوری تولید تمرکز نمی‌کند، بلکه برای ایجاد شبکه اتصال بین دارایی‌ها و فن‌آوری‌ها، از طریق یک سکوی اطلاعات و ارتباطات فناوری اطلاعات فعالیت می‌کند [15].

۲. مدل سامانه ایزوله[1]

شرکت‌ها در مدل سامانه ایزوله به معماری کلی کارخانه هوشمند می‌پردازند. در معماری کارخانه هوشمند، مراحل انتقال در مقایسه با خطوط تولید سنتی را می‌توان شناسایی کرد. برای مثال، در یک خط تولید سنتی، برای کاهش هزینه‌ها، و برای محاسبه دقیق نیازهای خطوط تولید از منابع محدودی استفاده می‌شود. اما در سامانه تولید در کارخانه‌های هوشمند، برای انواع مختلف محصولات حتی با تعداد محدود، از منابع بسیار متنوعی استفاده می‌شود. این مهم با مسیریابی پویا از طریق هوش مصنوعی به دست می آید. در یک کارخانه هوشمند، تجزیه و تحلیل داده‌های عظیم از طریق شبکه اینترنت اشیاء انجام می‌شود تا سامانه بتواند سناریوهای مختلف را برای مقابله با مخاطرات پیش‌بینی کند، در مقابل در خطوط تولید سنتی، هر دستگاه صرفاً اطلاعات فرآیند مربوط به خود را ثبت می‌کند، و این اطلاعات به ندرت توسط دیگر تجهیزات استفاده می‌شود.

[1] Isolated-system

books4sme.com

تجزیه و تحلیل پیشرفته

تجزیه و تحلیل پیشرفته در پی ظهور رایانش ابری و در چارچوب سامانه‌های فیزیکی سایبری رخ داده و به شرکت‌ها اجازه می‌دهد از طریق جمع‌آوری داده‌ها با حجم بسیار گسترده و متنوع (موسوم به داده‌های عظیم)، یک سامانه خودآگاه برای جلوگیری از مشکلات عملیاتی بالقوه را برای خود بسازند. این سامانه خودآگاه قادر خواهد بود خروجی ماشین‌ها را با یک الگوریتم مبتنی بر داده ارزیابی کند تا از اشتباهات آن درس بگیرد و نوعی کنترل تطبیقی ایجاد کند تا از خطاها جلوگیری شود. در این رویکرد، داده‌های چند بعدی از ماشین‌ها، داده‌های بازاریابی، داده‌های مصرف‌کننده و داده‌های مالی جمع‌آوری و پردازش می‌شوند تا از طریق تجزیه و تحلیل‌های پیشرفته، تصمیم‌های «آگاهانه‌تر» و «هوشمندانه‌تر» اتخاذ شود. داده‌های عظیم از ویژگی‌های احجام و مقادیر، تنوع، سرعت تولید و تجزیه و تحلیل تشکیل شده است. شرکت‌ها با تجزیه و تحلیل داده‌های عظیم، و از طریق بهبود تجربه خدمات مشتری به مزیت رقابتی پایدار دست می‌یابند. به عنوان مثال، ۳۵ درصد از خریدهای انجام شده در آمازون، از توصیه‌های خرید به مشتریان و براساس تجزیه و تحلیل داده‌های عظیم، ایجاد می‌شود. با افزایش تصاعدی حجم داده‌ها در زمان وقوع از مراحل طراحی، فهرست مواد، دستورالعمل مونتاژ، داده‌های سابقه تولید، برنامه تولید، وضعیت موجودی، اطلاعات کیفیت هر جزء، شرایط عملیاتی، زمان عملیاتی، علل خرابی، سابقه تعمیر و نگهداری، خرید مشتری، حجم فروش، تجزیه و تحلیل بازار و غیره، آثار تجزیه و تحلیل‌های پیشرفته و مدیریت این داده‌ها کلیدی‌تر از گذشته شده است. پر واضح است که در صورت عدم تجزیه و تحلیل‌های پیشرفته، از داده‌های جمع‌آوری شده به درستی استفاده نمی‌شود و به عنوان ضایعات دیجیتالی شناخته خواهند شد.

بازطراحی و ساده‌سازی فرآیندها

از اقدامات اساسی در تحول دیجیتالی لجستیک می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- بازطراحی و ساده‌سازی فرآیندهای کسب‌وکار با هدف اقدامات فوری برای حل و فصل عوامل مختل کننده تولید یا علل نارضایتی مشتری.
- به‌کارگیری سامانه‌های اطلاعاتی جدید در لجستیک و یکپارچه‌سازی آنها با فعالیتهای تولید.
- ارتباط دستگاه‌های خطوط تولید و تجهیزات لجستیک به اتکای ابزارهای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری مرتبط با شبکه‌های اینترنت اشیاء، و استقرار خدمات ماشین به ماشین.

boorsasms.com

با یکپارچه‌سازی اینترنت اشیاء و زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و فرآیندهای کسب‌وکار، امکان یکپارچه‌سازی کارآمد با هدف هوشمندسازی مدیریت زنجیره تأمین فراهم می‌شود [15].

پیش‌بینی می‌شود با استفاده از رویکرد یادگیری ماشینی، و مدل‌سازی روابط پیچیده براساس داده‌هایی مانند اطلاعات شرایط آب و هوایی، قابلیت تولید و برنامه‌ریزی حمل‌ونقل در لجستیک نسل چهار، عملکرد تحویل بین ۳۰ تا ۵۰ درصد بهبود یابد. برای تحقق این آرمان‌ها، شرکت‌ها باید رویه فعلی کسب‌وکار خود را مهندسی مجدد نموده تا از تاخیر در فرآیندهای کسب‌وکار جلوگیری کنند. علاوه بر این، هوشمندسازی لجستیک مبتنی بر فناوری اینترنت اشیاء، در راستای پشتیبانی از فعالیتهای خطوط تولید، بدون شک منجر به کاهش هزینه‌ها و بهره‌وری زمان و مواد خواهد شد. با این حال، کمبود منابع برای سرمایه‌گذاری در سامانه‌های فیزیکی سایبری با وجود فناوری و شبکه‌های اینترنت اشیاء ممکن است یکی از موانع اصلی برای بسیاری از تولیدکنندگان، به‌ویژه برای شرکت‌های کوچک و متوسط با حاشیه سود کم باشد.

هوشمندسازی و بهبود فرآیندها

با اجرای اینترنت اشیاء و سامانه فیزیکی سایبری، یک کارخانه هوشمند قادر به مدیریت سامانه تولید پیچیده و منعطف که با تغییرات سریع تقاضا، موجودی و حجم تولید مشتری مطابقت داشته باشد می‌شود. برای سازگاری با این تغییرات، به یک زنجیره تأمین کارآمد و دقیق‌تر نیاز است. از طریق انطباق طراحی جدید فرآیندهای کسب‌وکار، کنترل‌های عملیاتی را می‌توان از طریق هوش مصنوعی و سامانه‌های خودکار در سطح مهارتهای انسانی کنترل و بهبود بخشید. با این تحولات، ظرفیت‌های زیر در لجستیک پدید خواهند آمد:

- وسایل نقلیه هوشمند قادر خواهند بود براساس شرایط ترافیکی در زمان واقعی که برای راننده قابل تشخیص نیست مسیریابی بهینه داشته باشند.
- در صورت شناسایی تأخیر در منابع ورودی، برنامه‌ریزی توالی تولید و تخصیص منابع به طور خودکار اصلاح می‌شود.
- سامانه‌های هوشمند انبارداری می‌توانند اطلاعات موجودی قطعات و کالاها را بر اساس اطلاعات لحظه‌ای از فروش به مشتری نهایی یا تقاضای سفارش اطلاع‌رسانی کنند.

همکاری مبتنی بر هوش مصنوعی در فرآیندهای کسب‌وکار به شرکت‌ها اجازه می‌دهد تا تصمیمات «بهتر» در اجتناب از اتلاف و کاهش مخاطرات در زنجیره تأمین اتخاذ کنند.

۳. مدل زنجیره تأمین هوشمند

مدل زنجیره تأمین هوشمند مرحله‌ای است که در آن شرکت‌ها با سایر شرکت‌ها که دیدگاه های مشابهی در این مدل کاربردی دارند هماهنگ می‌شوند. با استقرار مدل زنجیره تأمین هوشمند، ماشین‌ها و محصولات بدون کنترل انسان با یکدیگر تعامل دارند. ضمناً با ترکیب اطلاعات و مواد از طریق سامانه‌های فیزیکی سایبری مشترک، تصمیمات منسجمی گرفته می‌شود. طبق نظرسنجی‌های انجام شده توسط PwC ، تا ۲۰۱۶ نیمی از شرکت‌های آلمانی به سمت شبکه‌های هوشمند گام برداشته و ۲۰ درصد از آنها تا آن زمان با کارخانه یا تولید هوشمند درگیر بودند. مدل کاربرد زنجیره تأمین هوشمند را می‌توان به عنوان یک تعامل همکاری بین زنجیره‌های تأمین، به اشتراک‌گذاری داده‌ها، یکپارچگی و مشارکت دانست که در نهایت منجر به فراهم شدن بسترهای نوآوری در فرآیند و محصول می‌شود.[15]

همکاری و اشتراک داده

یکی از مزایای کلیدی استفاده از فناوری و اشتراک داده در هماهنگی زنجیره‌های تأمین، حذف ضایعات در جریان افزایش چابکی زنجیره تأمین است. با اتصال کامل اعضای زنجیره تأمین از طریق شبکه‌های رایانش ابری، عکس‌العمل های سریعتری نسبت به تغییرات بازار اتخاذ خواهد شد. شفافیت داده‌ها به شرکت‌ها اجازه می‌دهد تا به فرصت‌های گسترده بازار با مخاطرات متنوع دسترسی پیدا کنند. اهمیت و ارزش اطلاعات برای مدیریت زنجیره تأمین به ویژه در زمینه به اشتراک‌گذاری داده‌ها بسیار برجسته است. انتظار می‌رود تاثیر مدل زنجیره تأمین هوشمند موجب کاهش ۳۰ درصدی در هزینه عملیات، ۷۵ درصدی در فروش از دست رفته و ۷۵ درصدی در موجودی گردد. با این حال، برای تاثیر بیشتر چنین سامانه‌ای، انطباق و پیکربندی مجدد ساختار موجود بسیار ضروری است [15].

یکپارچه‌سازی و مشارکت در زنجیره تأمین

به عقیده بسیاری از کارشناسان، یکی از چالش‌های امروز در زنجیره تأمین، تعیین چگونگی ادغام فناوری با مدیریت زنجیره تأمین و سامانه موجود مدیریت ارتباط با مشتری با کل سامانه زنجیره تأمین هوشمند است. کارکردهای زنجیره تأمین یکپارچه دیجیتالی حداقل در دو مسیر، منجر به مزایای رقابتی قابل توجهی برای شرکت‌ها خواهد شد:

books4sme.com

- از طریق فرآیند برنامه‌ریزی برای تجزیه و تحلیل پیش‌بینی تقاضا، برنامه‌ریزی حلقه بسته یا سبز[1] ، خودکارسازی فعالیت‌های مبتنی بر دانش، بهینه‌سازی منافع اعضای زنجیره تأمین؛
- از طریق فرآیند جریان فیزیکی و مدیریت سفارش برای سایر کارکردهای یکپارچه دیجیتالی مانند خودکارسازی انبارداری، وسایل نقلیه هوشمند خودران، ارتباط انسان و ماشین، الگوریتم‌های هوشمند، نظارت بر سفارش برخط قابل اعتماد، برنامه‌ریزی مجدد در زمان واقعی، نظارت بر موجودی فروشنده در زمان واقعی و پردازش آنها.

سه ویژگی کلیدی یکپارچگی به منظور درک روابط بین هر یک از اعضای زنجیره تأمین باید مورد توجه قرار گیرد:

- یکپارچگی افقی شبکه‌های زنجیره ارزش: همکاری بین شرکت‌های مرتبط که ارزش خود را از طریق یکپارچگی افقی بین شرکتی به دست می‌آورند. یکپارچه‌سازی افقی به شرکت‌ها اجازه می‌دهد تا از طریق جریان‌های اطلاعات، مالی و مواد، بتوانند زیست بوم‌های[2] کارآمدی را تشکیل دهند.
- یکپارچگی عمودی شبکه‌های زنجیره ارزش: این یک سامانه خودسازماندهی شامل کارخانه هوشمند، تولید هوشمند، و لجستیک هوشمند است که امکان پیکربندی مجدد از طریق زیر سامانه‌های فیزیکی و اطلاعاتی در شرکت‌ها را فراهم می‌کند.
- یکپارچگی مهندسی صفر تا صد: این یک مدل پیوسته و سازگار برای ایجاد فرآیند خلق ارزش محصول محور است که از طریق زنجیره‌ای از فعالیت‌ها مانند صدای مشتری، طراحی و توسعه محصول، برنامه‌ریزی تولید، مهندسی تولید، خطوط تولید، خدمات، نگهداری و بازیابی محصول تحقق می یابد.

نوآوری محصول و فرآیند

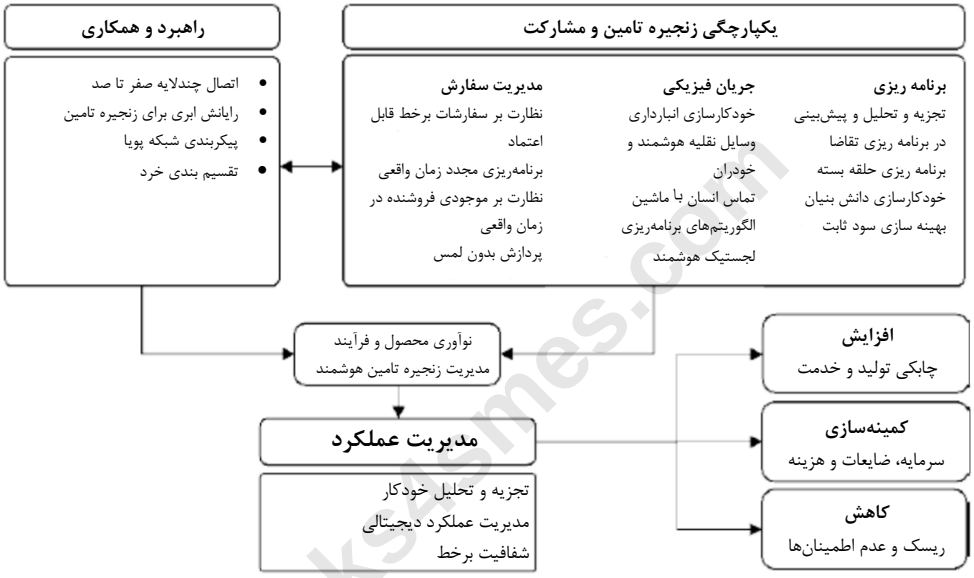
محصولات و تولید در بستر مدیریت زنجیره تأمین هوشمند و از طریق همکاری و یکپارچگی زنجیره تأمین، به صورت دیجیتالی مهندسی می‌شوند. شبیه‌سازی و فنون ماژولار نیز به شرکت‌ها این امکان را می‌دهد تا کنترل فرآیندهای تولید را غیرمتمرکز و اصلاح نمایند و در نتیجه نوآوری

[1] مدیریت زنجیره تأمین حلقه بسته (CLSCM) به تمام فعالیتهای لجستیک در زنجیره (مانند تهیه مواد، تولید و توزیع) و همچنین لجستیک معکوس برای جمع‌آوری و پردازش محصولات برگشتی (استفاده شده یا استفاده نشده) برای اطمینان از بهبودی پایدار اجتماعی-اقتصادی و زیست محیطی اشاره دارد.

[2] Ecosystem

books4sme.com

در فرآیندها و محصول با سرعت بیشتری رخ می‌دهد. کاهش زمان در طراحی محصول و نمونه‌سازی از طریق بهبود رؤیت زنجیره تأمین و بهبود دسترسی به داده‌ها در سطح زنجیره تأمین، منجر به کوتاه شدن زمان چرخه‌های نوآوری می‌شود. به غیر از مزیت زمان، استفاده از نمونه‌سازی به طور مشترک، به اعضای زنجیره تأمین اجازه می‌دهد در هزینه‌های تحقیق و توسعه صرفه‌جویی کرده و به خواسته‌های خاص مشتری پاسخ دقیق‌تری بدهند [15].



شکل: جریان شماتیک مدیریت زنجیره تأمین هوشمند

همانطور که در شکل جریان شماتیک مدیریت زنجیره تامین هوشمند مشاهده می‌شود، نوآوری محصول و فرآیند منجر به چابکی در تولید و خدمات، صرفه‌جویی در هزینه و سرمایه، و ضمناً حذف مخاطرات و عدم اطمینان‌ها می‌شود.

شرکت‌ها به خصوص کوچک و متوسط باید مجموعه خود را چنان توانمند کنند تا بر اساس یک سامانه هوش مصنوعی خودآگاه تصمیمات عملیاتی به موقع و درستی بگیرند. براساس گزارش OECD در سال ۲۰۱۷، به دلیل عدم اعتماد به نفس و سایر عوامل مخرب مانند شرایط کسب‌وکار، رقابت‌پذیری در بازار محلی و منسوخ شدن سریع دانش و مهارت، پیوستن به مدیریت زنجیره تامین هوشمند برای بسیاری از شرکت‌ها دشوار و ظاهراً غیر ممکن است. علاوه بر این، نیاز به اشتراک اطلاعات از طریق زنجیره تأمین اغلب به دلیل خطر نشت اطلاعاتی یکی از

چالش‌های اصلی است. بنابراین، برای رفع این موانع به یک دوره سازگاری با هدف اعتمادسازی نیاز است.

در یک دوره انطباق و سازگاری در فعالیت‌هایی مانند یکپارچه‌سازی در منبع‌یابی، محصول و فرآیند خرده فروشی، شرکت‌ها می‌توانند لجستیک خود را به زنجیره تأمین هوشمند ارتقاء داده، و موجبات بهبود عملکرد کلی زنجیره تأمین را فراهم نمایند.

بنابراین، تحقق شیوه‌های مدیریت زنجیره تأمین هوشمند، شرکت‌ها را قادر به درک بهتری از فرآیندهای درون شرکت، نیاز مشتریان و محیط کلی کسب‌وکار می‌کند [15].

ارزیابی آمادگی و سطح بلوغ شرکت‌ها

همانطور که در توضیح مدل‌های سه‌گانه فوق اشاره شد، مهمترین مرحله در مهاجرت به لجستیک نسل چهار، جدا شدن از وضعیت سنتی موجود و اتخاذ تصمیم و اراده ورود به لجستیک نسل چهار است. در واقع، شرکت‌ها با عبور از مرحله اول یعنی اجرای مدل کاربرد محلی، تجربیات محدود اما بسیار موثری برای ورود به ابعاد کلی‌تر و زیست‌بوم مدیریت زنجیره تامین هوشمند را کسب می‌کنند. به همین دلیل، ارزیابی شرکتها در مرحله اجرای مدل کاربرد محلی، راه‌گشای ورود به مدل‌های بعدی استقرار مدیریت زنجیره تامین هوشمند خواهد بود.

برای ارزیابی آمادگی شرکت‌ها، به خصوص شرکت‌های کوچک و متوسط، در مرحله اولیه سازگاری با لجستیک نسل چهار و استقرار اولین گام از مدیریت زنجیره تامین هوشمند، از یک مدل ارزیابی بلوغ مطابق جدول زیر با مجموع ۱۸ شاخص اندازه‌گیری استفاده می‌شود.

books4sales.com

جدول: شاخص‌های اندازه‌گیری مدل کاربرد محلی برای شرکت‌های کوچک و متوسط [15]

مدل کاربرد محلی		منبع‌یابی و جمع‌آوری داده	ساختار اینترنت اشیاء	بازطراحی اینترنت اشیاء و جایگزینی
ابعاد لجستیک نسل چهار	راهبرد	جمع‌آوری داده‌ها برای پیاده‌سازی راهبردی لجستیک نسل چهار	سرمایه‌گذاری در زیرساخت شبکه اینترنت اشیاء در شرکت	مهاجرت یا ادغام با مدل کسب‌وکار موجود
	مشتری	دیجیتالی کردن داده مشتری	توزیع داده مشتری در شبکه زنجیره تأمین	استفاده از داده‌های مشتری در شیوه‌های خدمات به مشتری
	محصولات	دیجیتالی کردن داده کالا با استفاده از کد الکترونیکی محصول	توزیع داده محصول درون زنجیره تأمین	یکپارچه‌سازی داده‌ها در زمان واقعی در سامانه‌های موجود
	عملیات	مدلسازی و شبیه سازی عملیاتی	غیر متمرکزسازی فرآیند	امکان همکاری بین بخشی
	کارکنان	دیجیتالی کردن مهارت‌ها و دانش موجود	انتقال دانش به داخل شرکت	تفکر باز نوآوری و همکاری منابع انسانی از طریق فناوری
	فناوری	ارزیابی دستگاه‌های جمع‌آوری داده	مدیریت فناوری اطلاعات و ارتباطات درون زنجیره تأمین	بکارگیری و یکپارچه‌سازی داده‌های ماشین به ماشین

books4smes.com

تحول دیجیتالی در لجستیک

به دلیل ماهیت ماژولار بودن طراحی فناوری‌های جدید و راه‌حل‌های صنعت نسل چهار، لازم نیست تحول دیجیتالی یکباره و به‌طور کامل اتفاق بیفتد. این مهاجرت می‌تواند به تدریج رخ دهد تا به شرکتها و کارکنان این امکان را بدهد که با فناوری‌های جدید آشنا شده و سازگار شوند و

یاد بگیرند که چگونه از آنها به طور مؤثر در عملیات روزمره خود استفاده کنند. علاوه بر این، اتخاذ یک رویکرد تدریجی برای دگرگونی لجستیک به شرکت‌ها اجازه می‌دهد تا گامهای رسیدن به شاخص‌های مهم و نتایج پیش‌بینی شده مانند کاهش زمان واکنش به رویدادهای برنامه‌ریزی‌شده و برنامه‌ریزی نشده، یا اضطراری را در تأمین نیازها و تغییرات پی در پی صنعت تولید با اطمینان بیشتری طی نمایند.

ضمناً شرکتها می‌توانند تحول دیجیتالی و اجرای راه‌حل‌های لجستیک هوشمند و هوشیار را سفارشی و مقیاس‌سازی کنند تا به مسائلی مانند کمبود نیروی متخصص واجد شرایط یا سایر تنگناهای زنجیره تأمین برای بهبود عملکرد با فرصت کافی رسیدگی کنند. به این شیوه، شرکتها تحول دیجیتالی خود را با توجه به اولویت‌ها، راهبرد کلی‌تر و چالش‌های مورد انتظار مدیریت می‌کنند.

براساس تجربیات و مشاهدات، فناوری‌های ذاتی صنعت نسل چهار، فراتر از فرآیندهای طراحی و تولید کالا، بر نحوه انتقال، انبارداری و توزیع کالاهای نهایی تأثیر می‌گذارند. فن‌آوری‌های صنعت نسل چهار مدیریت انبارها را قادر می‌سازند تا با تغییرات در کسب‌وکار، از جمله مهاجرت از انبارداری سوداگرانه یا انبارکردن فراتر از نیاز، به انبارکردن و تخلیه با سرعت بالا و به‌هنگام سازگار شوند.

انبارهای جدید که به عنوان مراکز توزیع شناخته می‌شوند، جزء مهمی از زیرساخت زنجیره تأمین هستند و به طور فزاینده‌ای نه به عنوان مراکز هزینه، بلکه به عنوان تسهیلات راهبردی برای ایجاد مزیت رقابتی تلقی می‌شوند. از آنجا که نیاز به سفارشی‌سازی بیشتر محصولات، زمان کوتاه‌تر، کنترل کیفیت بهتر، کاهش هزینه‌های نیروی کار، و بازده کلی بالاتر را در پی دارد، فناوری‌های پیشرفته سازگار به عنوان راه‌حلی برای دستیابی به این اهداف ظهور می‌کنند.

استفاده از فناوری‌های پیشرفته و متصل در مراکز توزیع موضوع جدیدی نیست. در گذشته، این فناوری‌ها عمدتاً محدود به سامانه‌های خودکارسازی بودند و برای افزایش بهره‌وری حمل‌ونقل مواد مورد استفاده قرار می‌گرفتند. این سامانه‌ها برای ایمنی محیط کار می‌بایست از کارکنان جدا نگه داشته می‌شدند، و به دلیل عدم سازگاری فرآیندها و محصولات، به استانداردهای بالایی نیاز داشتند. این فقدان سازگاری یا هوشمندی به این معنی بود که برای اطمینان از عملکرد مناسب، نیاز به سفارشی‌سازی و برنامه‌نویسی زیادی بود، زیرا سامانه‌ها نمی‌توانستند به راحتی با تقاضاهای در حال تغییر سازگار شوند. اما فناوری‌های صنعت نسل چهار به فرآیند تکامل مراکز توزیع کمک می‌کنند تا سامانه‌های خودکارسازی شده خود را در حالیکه با نقش انسان‌ها ادغام شده‌اند، با محیط سازگار نموده و وظایف را به طور مؤثرتری انجام دهند.

books4sme.com

فناوری‌هایی مانند حسگرهای ارزان قیمت، بینایی رایانه‌ای، واقعیت افزوده، ابزارهای پوشیدنی، اینترنت اشیاء، روبات‌های هوشمند، تجزیه و تحلیل داده‌های عظیم، و رایانش ابری با کارایی بالا و خدمات بسیار، که همگی در صنعت نسل چهار ذاتی هستند، برای ارتقاء و تحول خودکارسازی موجود استفاده می‌شوند. در عین حال، آنها ضمناً انواع جدیدی از خودکارسازی هوشمند را فعال می‌کنند که ممکن است به تغییرات و انعطاف‌پذیری عملیات مراکز توزیع هم کمک کنند [10].

یک انبار یا مرکز توزیع معمولی، انواع کالاها یا مجموعه‌ها را از تأمین کنندگان دریافت می‌کند و تا زمان دریافت سفارش از مشتری، خواه خریداران فردی، خرده فروشی‌ها، فروشگاه‌های زنجیره‌ای، یا سایر شرکتها باشند آنها را ذخیره می‌کند. اما با هوشمندسازی انبارداری، تغییرات مهمی نسبت به روش‌های معمول رخ می‌دهد و زمان انتظار یا ذخیره‌سازی کالاها به حداقل ممکن کاهش می‌یابد. یک سامانه خودکار و هوشمند در لجستیک خدمات زیر را ارائه می‌دهد (429):

- ذخیره‌سازی خودکار: در بدو ورود، کالاها را می‌توان اسکن و شناسایی کرد و از طریق نوار نقاله‌های هوشمند، سامانه‌های مرتب‌سازی و جرثقیل‌های خودکار به محل اختصاص داده شده برای ذخیره منتقل نمود.
- بازیابی خودکار: پس از دریافت سفارش، سامانه هوشمند انبار فوراً کالاها را مکان‌یابی نموده و آنها را در مکان تعیین شده برای بارگیری و ارسال قرار می‌دهد.
- پردازش سفارش: سامانه‌های خودکار با ماموریت پردازش، از ترکیب دانش مرتبط با سفارش‌های ثبت‌شده در انبار استفاده نموده و کالاهای برداشت شده از انبار را به واحدهای اعزام و سپس به بارانداز یا سکوهای خروجی اختصاص می‌دهند. پس از این مرحله، سامانه‌های مرتب‌سازی و نوار نقاله‌های هوشمند کالاها را به تجهیزات کشنده خروجی منتقل می‌کنند.
- در صورت نیاز، برای اطمینان از حفاظت مناسب کالاها در توزیع یا تغییر نوع بسته‌بندی برای خرده فروش‌ها یا مشتری‌های خاص، بسته‌بندی مجدد انجام می‌گیرد.

در یک سامانه خودکار انبارداری از کارکنان کمتری برای فعالیت در فرآیندها استفاده می‌شود. به‌طوری‌که فقط برای موضوعات استثنایی از قبیل برداشتن اقلام از یک جعبه بسته‌بندی شده، به انسان نیاز است. یا در انبارهای کوچک ممکن است فقط برای مدیریت بخشی از فرآیند از نیروی انسانی استفاده شود.

books4sme.com

هوشمندسازی لجستیک داخلی

امروزه با تجارت الکترونیکی و تغییرات مدل‌های کسب‌وکار، زنجیره تأمین متحول شده و اثرات شگرفی بر بازار گذاشته است. شرکت قدیمی DHL به لطف استراتژی هوشمندانه تحول دیجیتالی خود به یک رهبر فناوری تبدیل شده است. شرکت آمازون نیز مشتریان خود را در مرکز فرآیندهای تجاری خود قرار داده و یک استاندارد لجستیک جدید ایجاد نمود. شرکت Zalando نه تنها به عنوان یک خرده‌فروش هوشمند کفش در اینترنت، بلکه به عنوان یک بازیگر کاملاً حرفه‌ای در زمینه لجستیک معکوس سرآمد شد. شرکت‌هایی که در بستر مدل‌های کسب‌وکار قدیمی، در برابر دیجیتالی شدن مقاومت کردند، تماماً موقعیت خود را در بازار از دست داده و در برخی موارد به طور کامل ناپدید شدند.

یک زنجیره تأمین دیجیتالی شده خطرات بالقوه را قابل مشاهده می‌کند، و به شرکت‌ها اجازه می‌دهد تا جریان مواد را در زمان واقعی نظارت کنند و برنامه‌های آینده خود را توسعه دهند. ادغام سامانه‌های فیزیکی سایبری در فرآیندهای زنجیره تأمین موجود یا جدید منجر به همگرایی بیشتر در دنیای فیزیکی و دنیای مجازی می‌شود و پایه و اساس صنعت نسل چهار را شکل می‌دهد. سامانه‌های فیزیکی سایبری در دنیای لجستیک، اشیایی فیزیکی مجهز به سامانه‌های تعبیه‌شده از قبیل حسگرها و محرک‌هایی هستند که به هوش و توانایی برای خودکنترلی، پیوند متقابل با دیگر سامانه‌های فیزیکی سایبری و برای تعامل با محیط ارتقاء یافته‌اند [4].

انقلاب صنعتی نسل چهار در لجستیک

لجستیک جدید شامل تمام فعالیت‌ها و مراحل مربوط به چرخه عمر یک محصول یا خدمت است که از مواد اولیه شروع می‌شود و تا چندین مرحله شامل تولید، حمل‌ونقل، ذخیره‌سازی، تحویل به مصرف کننده نهایی و در نهایت بازگشت به تاسیسات خاص برای بازیافت یا دفع ادامه می‌یابد. به عبارت دیگر، لجستیک وظیفه پشتیبانی عملکردهای موثر در فعالیت‌های حیاتی برای کل زنجیره تأمین را بر عهده دارد. در این پشتیبانی‌ها، زنجیره‌های تأمین دیجیتالی، ویژگی‌هایی مانند انعطاف‌پذیری، اتصال جهانی، ارتباطات بلادرنگ و شفافیت، هوشیاری، و نوآوری را هم شامل می‌شود:

- انعطاف پذیری به معنای توانایی چابک بودن عملیاتی و انطباق سریع با شرایط در حال تغییر است.

books4sms.com

- اتصال جهانی توانایی ارائه سریع کالاها و خدمات در هر نقطه از جهان پیرامونی، در پی اطمینان از واکنش در سطح محلی است.
- ارتباطات بلادرنگ و شفافیت، شرکت‌ها را قادر می‌سازد تا در برابر اختلالات مقاوم بوده و با پیش‌بینی و تنظیم سریع زنجیره تأمین در شرایط متغیر، سطح بالایی از آمادگی را ایجاد کنند.
- هوشیاری امکان تصمیم‌گیری بهبود یافته و اجرای خودکار از طریق محصولات هوشمند را فراهم می‌کند و به اتکای ظرفیت‌های بالای رایانه‌ها و خودآموزی و تصمیم‌گیری مستقل می‌تواند بر اساس الگوریتم‌های تعریف شده فعالیت کند.
- در نهایت، نوآوری یک ویژگی زنجیره‌های تأمین دیجیتالی است که باعث می‌شود به‌طور دائم در معرض تغییر باشند. از آنجا که عصر ما تحت سلطه انبوهی از فناوری‌های جدید با سرعتی سریع‌تر از همیشه است، این نوآوری‌ها باید در فرآیندها گنجانده شوند تا رقابتی باقی بمانند و بلوغ زنجیره تأمین و تعالی لجستیک نیز تضمین شود [5].

از اصطلاح «لجستیک نسل چهار» برای اشاره به کاربرد فناوری‌ها و نوآوری‌های صنعت نسل چهار در لجستیک معاصر استفاده می‌شود. یک ابتکار کارآمد و قوی در لجستیک نسل چهار باید از چهار کاربرد فناوری به شرح زیر استفاده و بر آنها تکیه کند:

- سامانه‌های هوشمند مدیریت انبار،
- سامانه‌های هوشمند مدیریت حمل‌ونقل،
- سامانه‌های هوشمند وسایل حمل‌ونقل،
- سامانه‌های امنیت اطلاعات.

در این زمینه، عبارات «لجستیک هوشمند»، «محصولات هوشمند» و «خدمات هوشمند» در دستور کار راهبردی همه شرکت‌ها قرار گرفته است. هنگامی که صحبت از لجستیک هوشمند می‌شود، منظور سامانه‌هایی هستند که می‌توانند انعطاف‌پذیری را افزایش داده و با نزدیک کردن شرکت‌ها به نیازهای مشتری قادر به تطبیق با تغییرات بازار به شرح زیر باشند:

اتصال و یکپارچگی: به توانایی یک سامانه برای اتصال، ادغام و به اشتراک‌گذاری داده‌ها، دستگاه‌ها، سامانه‌ها و فرآیندها در زمان واقعی اشاره دارد که به نوبه خود یکپارچگی عمودی از تأمین کننده تا مشتری و همچنین یکپارچگی افقی بین سازمان‌ها در طول زنجیره تأمین به منظور حفظ قابلیت دیدن از ابتدا تا انتها را ممکن می‌سازد.

books4isme.com

قدرت تطبیق در یک سامانه لجستیکی: موجب می‌شود اجزاء و روابط آنها در طول زمان تغییر کنند و تحت تأثیر رویدادهای خارج از مرزهای خود قرار گیرند. برای انجام سریع و کارآمد، روش‌های تصمیم‌گیری خودران با توانایی اقدام مستقل و بدون کنترل متمرکز باید تجربه شود.

بهبود عملیات شناسایی در عملکردهای لجستیک: از طریق توسعه فناوری‌هایی مانند هوش مصنوعی و روباتیک پیشرفته که تأثیر زیادی بر کل صنعت خواهد گذاشت [6].

در واقع، برنامه‌های واقعیت افزوده که قبلاً راه خود را در صنعت پیدا کرده‌اند از شرکت‌ها برای تصمیم‌گیری آگاهانه‌تر، بهبود جریان محصول و نظارت دقیق بر فرآیندها، و با اجازه دادن به کاربران برای مدل‌سازی، شبیه‌سازی، و تجزیه و تحلیل محیط‌های سه بعدی، حمایت می‌کنند.

در عین حال، شبیه‌سازی و چاپ سه‌بعدی نتایج مثبتی را برای عملکردهای لجستیک از قبیل افزایش انعطاف‌پذیری، استانداردهای کیفیت، کارایی و بهره‌وری نشان داده‌اند. تأثیر این فناوری‌ها با تغییر پارادایم در تولید معاصر تلاش می‌کند تا با افزایش فردی شدن محصولات و رشد گسترده تنوع آنها (که شرکت‌ها هیچ گزینه‌ای جز آن ندارند)، همگام شود. علاوه بر این، چرخه عمر محصول کاهش یافته و منجر به چرخه تولید و توزیع کوتاه‌تر می‌شود.

در فناوری چاپ سه بعدی یا همان تولید به روش افزودنی دیگر به ابزارها و ماشین‌آلات گران‌قیمت یا برنامه‌ریزی دقیق کنترل عددی (NC) نیاز نیست. در این راستا، سامانه‌های تولید به روش افزودنی، و در بلوغ خود، احتمالاً می‌توانند زنجیره‌های تأمین و تدارکات را که امروزه می‌شناسیم، با حذف فواصل حمل‌ونقل و موجودی، تغییر دهند [7].

حمل‌ونقل و انبارداری حوزه‌هایی هستند که به طور قابل توجهی تحت تأثیر فناوری‌های دیجیتالی و صنعت نسل چهار قرار گرفته‌اند:

- در حمل‌ونقل، سامانه‌های بلادرنگ که قادر به ضبط رویدادها و وضعیت‌ها با استفاده از شناسه خودکار و فناوری حسگرهای پیشرفته هستند، امکان شناسایی و مکان‌یابی فوری هرگونه اختلال در عملیات را فراهم می‌کنند و در نتیجه واکنش سریع را ممکن می‌سازند.
- در انبارداری، خودکارسازی و فناوری‌های روباتیک و سامانه‌های فیزیکی سایبری آغازگر اصلی تحولات شگرف خواهند بود.

در حال حاضر، سامانه‌های روباتیک به سرعت در حال تبدیل شدن به یک جایگزین اقتصادی عملی برای نیروی کار انسانی، به ویژه در اقتصادهای با دستمزد بالا یا به عبارتی توسعه یافته هستند. رواج بیشتر و هزینه کمتر روبات‌ها به طور فزاینده‌ای بر تصمیمات راهبردی حیاتی، مانند مکان‌های تأسیسات تولید و توزیع تأثیر می‌گذارند. این می‌تواند آغاز یک هشدار جدی برای

books4sme.com

بازگرداندن مجدد بسیاری از فعالیت‌های صنعتی به داخل اقتصادهای پیشرفته باشد، به ویژه اگر هزینه‌های نیروی انسانی یا سایر هزینه‌های تولید همچنان در اقتصادهای نوظهور در حال افزایش باشد [8].

انبارهایی که از فناوری‌های صنعت نسل چهار در آنها استفاده می‌شود، از تجهیزات و سامانه‌های هوشمندی استفاده می‌کنند که از یکپارچه‌سازی مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات بهره می‌برند و تمام عملیات انبارها را پوشش می‌دهند. در انبار هوشمند آینده، انتظار می‌رود که انسان‌ها، ماشین‌ها و منابع همگی به راحتی و پیوسته با یکدیگر در ارتباط سازماندهی شده و کاملاً هماهنگ باشند. از آنجا که اقلام انبار و محصولات در انبارهای هوشمند هرکدام یک کد شناسایی یکتا دارند عملیات انبارداری متعارف به طور کامل تغییر خواهد کرد. داده‌های ثبت شده، وضعیت فعلی و مسیرهای بعدی هر قلم کالای انبار اعم از قطعات و محصولات در دسترس را نشان خواهند داد. روبات‌های خودران، سامانه‌های حمل‌ونقل و کلیه تجهیزات انبارداری به طور هوشمند خود را مطابق با نیازهای وضعیتی که در آن قراردارند کنترل و پیکربندی می‌کنند. این سامانه‌ها با تعامل با یکدیگر میزان ظرفیت مازاد مسیرها یا بخش‌ها در هر لحظه را مشخص می‌کنند تا براساس آن برای دستیابی به بهترین عملکرد ممکن تصمیم‌گیری کنند.

به گفته برخی محققین، همبستگی مثبت بین فن‌آوری‌های صنعت نسل چهار و افزایش عملکردهای خدمات حمل‌ونقل و تجهیزات انبارداری نشان می‌دهد که فناوری‌هایی مانند اینترنت اشیاء، خودکارسازی، رایانش ابری، تجزیه و تحلیل داده‌های عظیم، شبیه‌سازی و واقعیت افزوده / واقعیت مجازی می‌توانند با تأثیر بالا بر لجستیک قابل اجرا باشند.

علاوه بر آنچه اشاره شد، فناوری‌هایی که خودکارسازی کامل عملکردهای لجستیکی در آینده را ممکن می‌سازند، از جمله پدیده‌هایی هستند که در عملیات لجستیک به طور قابل ملاحظه‌ای درگیر خواهند بود و به شرح زیر می‌باشند:

- روبات‌های هوشمند و وسایل نقلیه خودران،
- فناوری شناسایی با امواج رادیویی و کدهای پاسخ سریع موسوم به QR،
- حسگرها،
- نوار نقاله‌های هوشمند،
- سایر تجهیزات هوشمند،
- سامانه‌های فیزیکی سایبری.

حل مشکلات پیچیده و بهینه‌سازی فرآیندهای لجستیکی از دیگر زمینه‌های کاربرد صنعت نسل چهار است. سامانه‌های لجستیک به چرخه تحویل کوتاه‌تر، سطح موجودی کمتر، ساعات

کار کمتر و تولید و توزیع به موقع بیشتری نیاز دارند. فن‌آوری‌هایی مانند تجزیه و تحلیل داده‌های عظیم، هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی به پیش‌بینی‌های فروش، تنظیم پایه موجودی در کل زنجیره تأمین و کمک به رفع مشکلات و گلوگاه‌ها در عملیات به روش‌هایی که تا چند سال پیش ممکن نبود، کمک می‌کنند [9].

براساس مطالعات دیگری، حوزه لجستیک که یک حوزه کاربردی مناسب برای صنعت نسل چهار است، بین بُعد زنجیره تأمین فیزیکی، که در آن سامانه‌های لجستیک خودران و خودکنترل با هم تعامل دارند، و بُعد زنجیره ارزش داده‌های دیجیتالی، که در آن داده‌های دستگاه‌ها و حسگرها در سطح فیزیکی در طول زنجیره تأمین از طریق لایه اتصال جمع‌آوری می‌شوند، تمایز قائل می‌شوند. داده‌های ایجاد شده از این تعاملات برای انواع تجزیه و تحلیل‌ها در دسترس است و می تواند منجر به خدمات با ارزش افزوده بالا در کسب‌وکارها شود.

براساس برخی پیش‌بینی‌ها، درجه خودکارسازی و استقلال سامانه‌ها در سطح عملیاتی مدیریت لجستیک در سال‌های آینده افزایش می‌یابد و باعث می‌شود بیشتر فعالیت‌های لجستیک داخلی مانند ذخیره‌سازی و برداشتن اقلام، بارگیری، حمل‌ونقل و انبارداری عمدتاً در بستر سامانه‌های فیزیکی سایبری و به طور هوشمند انجام شوند تا جاییکه تعامل انسانی در این سطوح محدود به نظارت بر فعالیت‌ها باقی خواهد ماند [5].

روند آتی تحول لجستیک به سمت فرآیندهای خودران و به هم پیوسته به منظور پاسخگویی به الزامات ارائه شده توسط پارادایم صنعت نسل چهار است. این تحولات موجب ایجاد یک اینترنت لجستیک جهانی سازگار، کارآمد، پایدار و منعطف مبتنی بر اتصال فیزیکی، دیجیتالی و عملیاتی از طریق بسته‌های استانداردهای جهانی، رابط‌ها و پروتکل‌ها خواهد بود. در این چشم انداز، همکاری کامل بین همه طرف‌ها در یک زنجیره تأمین، یکپارچگی و سازگاری کامل همه منابع فنی و راه‌حل‌ها و تحقق بهینه همه عملیات به وضوح دیده می‌شود.

لجستیک نسل چهار

به یک تعبیر، لجستیک نسل چهار، شبکه‌سازی و یکپارچه‌کردن فرآیندهای لجستیک داخلی و بیرونی شرکت‌ها، و تجهیزات تولید، تا کنترل غیر متمرکز شبکه‌های لجستیکی را دربر می‌گیرد. فناوری‌های لجستیک نسل چهار از جمله شامل سامانه‌های فیزیکی سایبری، ابزارهای هوشمند از قبیل دوربین‌ها، آشکارسازها، حسگرها و محرک‌ها، و ماشین‌های خودران همراه با قابلیت‌های تعامل درون سامانه‌ای و بیرون سامانه‌ها و تصمیم‌گیری می‌باشند.

books4sme.com

در دراز مدت حتی محموله‌ها هم هوشمند می‌شوند و حمل‌ونقل به طور مستقل و خودران سازماندهی و اجرا می‌شود. خودکارسازی ارتباط بین شرکت‌ها و بهینه‌سازی جریان مواد و مصرف منابع در لجستیک‌های داخلی و بیرونی شرکت‌ها از اهداف لجستیک نسل چهار می باشد.

براساس برخی اظهار نظرهای کارشناسی، اهداف اصلی انقلاب صنعتی نسل چهار تنها از طریق استقرار لجستیک نسل چهار محقق می‌یابد. چرا که ویژگی‌های صنعت نسل چهار در زیر همان الزاماتی است که در لجستیک نسل چهار به عنوان پیش‌شرط‌های معماری و طراحی سامانه‌ها دیده می‌شود:

- شبکه‌سازی
- تمرکززدایی
- قابلیت‌های هم‌زمان بودن
- خدمت‌گرا بودن

یک زنجیره تأمین صفر تا صد دیجیتالی شده پیش نیاز اساسی برای اینترنت اشیاء است. با استقرار موفق لجستیک چهار، شرکت‌ها می‌توانند زیربنای لازم برای غلبه بر چالش‌های پیش‌رو در صنعت نسل چهار را داشته باشند.

از دیگر ویژگیهای لجستیک نسل چهار این است که به‌طور دائم در حال یادگیری‌های جدید است، به‌طور دائم با نیازهای جدید سازگار و به طور مدام در سطح جهانی در حال اجرا و گسترش است. لجستیک نسل چهار روی استفاده از فناوری‌های جدید و نوآوری متمرکز است. برای مثال با مدیریت زنجیره تأمین مبتنی بر پیش‌بینی و دیگر فناوری‌ها، قابلیت‌های کلیدی زیر را می توان بهینه نمود [11]:

- قابلیت اطمینان در تحویل
- کیفیت تحویل
- انعطاف‌پذیری در تحویل
- قابلیت خودکارسازی تحویل
- ارتقاء سطح خدمات

برای دست‌یابی به این قابلیت‌ها، شرکت‌ها باید مفاهیم جدید برنامه‌ریزی، کنترل، نظارت، و اجرای جریان اطلاعات و مواد در لجستیک نسل چهار را درک و اجرا نمایند.

از آنجا که زنجیره‌های ارزش و شبکه‌های پیچیده تامین جهانی به طور کامل به دیدگاه‌های جدید مدیریتی، بمنظور هماهنگی جریان مواد و اطلاعات از تأمین کننده تا مشتری‌ها با کارایی

books4sme.com

بیشتر نیاز دارند، راه‌حل‌های لجستیک نسل چهار باید به طور یکسان به فرآیندهای داخلی و بیرونی شرکتها کمک کنند.

شرکت‌هایی که مایلند بر بستر لجستیک نسل چهار ادامه حیات دهند باید رویه‌های دستی را هر چه زودتر فراموش کنند. برای مثال، شرکت‌های حمل‌ونقل می‌توانند ارائه کننده‌های خدمات حمل‌ونقل را در فرآیندهای دیجیتالی خود ادغام کرده و زنجیره تأمین را تا درون کابین راننده گسترش دهند.

تقاضا برای محصولات و خدمات با یکتایی بالا به طور مداوم در حال افزایش است. بنابراین، در لجستیک ورودی و خروجی باید با این محیط در حال تغییر سازگار شد. در نتیجه با توجه به پیچیدگی‌ها، دیگر روش‌های برنامه‌ریزی و کنترل معمولی، پاسخگو نخواهند بود. در برخی منابع برای اشاره به ترکیب استفاده از لجستیک با نوآوری‌ها و برنامه‌های کاربردی در بستر سامانه‌های فیزیکی سایبری، از اصطلاح لجستیک هوشمند یا به تعبیر دیگری لجستیک نسل چهار استفاده شده است.

لجستیک هوشمند یک سامانه انعطاف‌پذیر، و سازگار با تغییرات بازار است و شرکت‌ها را به نیازهای مشتری نزدیک‌تر می‌کند. این امر باعث بهبود سطح خدمات مشتری، بهینه‌سازی تولید و کاهش هزینه انبارداری و تولید می‌شود [12].

تاکنون به‌طور پراکنده به ابعاد مختلفی از لجستیک نسل چهار اشاره شد. اما نظر به اینکه برداشت‌های متفاوتی از لجستیک نسل چهار وجود دارد، لازم است این دیدگاه‌ها برای مقایسه در کنار هم ارائه شوند تا خواننده دسترسی آسان‌تری به منابع هر کدام داشته باشد. جدول زیر برداشت‌ها یا دیدگاه‌های مختلف از لجستیک نسل چهارم را به ترتیب دامنه مفاهیم به نمایش می‌گذارد.

جدول: برداشت‌های مختلف از لجستیک نسل چهار [5]

ارائه کننده	دیدگاه
Winkelhaus, S., Grosse, E.H. (2020)	تغییرات فرآیندهای لجستیک ناشی از بکارگیری فناوری‌های دیجیتالی جدید، همراه با پیامدهای مدل تولید در حال تغییر به سمت سفارشی‌سازی انبوه، و اهمیت پایداری و حفاظت از محیط زیست با رعایت موارد فوق

books4sme.com

ارائه کننده	دیدگاه
Barreto et al., (2017)	بهینه‌سازی فرآیندهای لجستیکی به منظور دستیابی به درجه بالایی از خودکارسازی، جمع‌آوری و به اشتراک‌گذاری داده‌ها، که توسط سامانه‌های هوشیار پشتیبانی می‌شوند.
Kamble et al., (2018)	داده‌های به موقع از چندین حوزه لجستیک در دسترس قرار می‌گیرند، تا در اتخاذ تصمیمات لجستیکی کارآمدتر مورد استفاده قرار گیرند. داده‌های به دست آمده از محصولات، فعالیت‌های لجستیک و ماشین‌آلات تولیدی به راحتی قابل دسترس هستند و شکاف بین دنیای فیزیکی و دیجیتال را پر می‌کنند.
Tjahjono et al., (2017)	بیشترین حوزه‌های لجستیک تحت تأثیر فناوری‌های صنعت نسل چهار، انجام سریع و درست سفارشات و همچنین حمل‌ونقل است. ضمناً با پیاده‌سازی فناوری‌های خاص، مانند واقعیت مجازی و واقعیت افزوده در لجستیک، تأثیر قابل‌توجهی از نظر بهره‌وری و بهبود کارایی رخ می‌دهد.
Kayikci (2018)	امکان برنامه‌ریزی و اجرای یکپارچه فعالیتهای لجستیک، قابلیت رصدکردن این فعالیت‌ها، سامانه‌های خودران، و انبارداری هوشمند از طریق اجرای طیف گسترده‌ای از فناوری‌های دیجیتال فراهم می‌شود.
Strandhagen et al., (2017)	لجستیک نسل چهار داری پنج ویژگی زیر است: • تجزیه و تحلیل داده‌های عظیم در زمان واقعی، • کاهش نیاز به ذخیره‌سازی به دلیل راه‌حل‌های جدید در تولید، • بهبود کنترل موجودی به اتکای قابلیت‌های ردیابی توسط روبات‌ها و وسایل نقلیه خودران در انبارها، • تبادل اطلاعات در زمان واقعی بین بازیگران مختلف، • عدم تاثیر اختلال اطلاعاتی به دلیل قابلیت هوشمند بودن و همچنین شبکه پشتیبانی شده با رایانش ابری

roors45mes.com

سامانه‌های لجستیک نسل چهار

لجستیک نسل چهار کارآمد و قوی به سامانه‌های برنامه‌ریزی منابع، مدیریت انبار، مدیریت حمل‌ونقل، سامانه‌های حمل‌ونقل هوشیار و امنیت اطلاعات متکی است. ارتباط این سامانه‌ها منجر به کارآمدی بیشتر در لجستیک نسل چهار شده است. آشنایی بیشتر با این سامانه‌ها، موجب شناخت بیشتری از لجستیک نسل چهار به عنوان یک سامانه کلی و یکپارچه می‌شود [12].

۱. سامانه برنامه‌ریزی منابع

با پذیرش پارادایم صنعت نسل چهار و پیاده‌سازی سامانه‌های فیزیکی سایبری، رویه‌های مدیریت برنامه‌ریزی منابع، موجب افزایش بهره‌وری کلی، انعطاف‌پذیری و چابکی می‌شوند. ضمناً همسویی و یکپارچگی مناسب بین بازیگران اصلی زنجیره تأمین، و افزایش سطح دید و شفافیت، باعث پیش‌بینی مناسب منابع (افراد، مواد، تجهیزات) هم می‌شود. برنامه‌ریزی در بستر لجستیک نسل چهار نیز منجر به بهینه‌سازی منابع و فرآیندها، و زمان برای سازگاری با بازار، و افزایش استفاده از دارایی را تقویت می‌کند.

پیچیدگی در شبکه اینترنت اشیاء و درجه تخصصی شدن منابع انسانی به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش خواهد یافت. مهارت‌های منابع انسانی با پذیرش پیوسته فناوری‌های صنعت نسل چهار به طرز چشمگیری تغییر خواهند کرد. نیاز روزافزون به فناوری‌های رایانه‌ای و دانش تحلیل، و همچنین یکپارچه‌سازی سامانه‌های فن‌آوری، نیازهای عادی منابع انسانی در صنعت را تغییر خواهند داد.

۲. سامانه مدیریت انبار[1]

انبارها همیشه یک مرکز حیاتی در جریان کالا و زنجیره‌های تأمین بوده‌اند. با این وجود، در شرایط اقتصادی امروزی، آنها همچنان به عنوان منبع کلیدی مزیت رقابتی برای ارائه دهندگان خدمات لجستیک درنظر گرفته می‌شوند. پذیرش فناوری‌های صنعت نسل چهار تغییرات قابل توجهی در نحوه کار انبارها و مدیریت آنها به منظور تامین الزامات لجستیک هوشمند ایجاد می‌کند [13].

یکپارچگی بین بازیگران و ذینفعان مختلف در زنجیره تأمین، هماهنگی و همسویی کامل بین تمام مراحل زنجیره ارزش را تضمین می‌کند. به عنوان مثال، حمل‌ونقل می‌تواند موقعیت و زمان

[1] Warehouse Management System (WMS)

books4smes.com

پیش‌بینی‌شده رسیدن قطعات و کالاها را به سامانه مدیریت هوشیار انبار اطلاع داده تا انتخاب و آماده‌سازی برای باراندازی اقلام، بهینه‌سازی تحویل دقیقاً به موقع[1] و دقیقاً به نوبت[2] را هماهنگ کند. به طور همزمان، حسگرهای شناسایی رادیویی آنچه را که تحویل داده شده را آشکار می‌کنند و داده‌های ردیابی و ره‌گیری را به کل زنجیره تأمین ارسال می‌کنند. سامانه مدیریت انبار به‌طور خودکار فضای ذخیره‌سازی را با توجه به مشخصات قطعات و کالاها مشخص کرده و ضمناً تجهیزات مناسب را برای انتقال خودکار آنها به مکان مشخص شده برنامه‌ریزی می‌کند.

با انتقال پالت‌ها یا جعبه‌ها به مکان تعیین‌شده، برچسب‌ها نیز علائمی را به سامانه مدیریت انبار ارسال می‌کنند تا امکان دقیق و به موقع محاسبه سطح موجودی و فضای انبار فراهم گردد.

۳. سامانه مدیریت حمل‌ونقل

سامانه مدیریت حمل‌ونقل بخشی از مدیریت زنجیره تأمین است و تعامل بین سامانه‌های مدیریت سفارش و مراکز توزیع یا انبارها را ممکن می‌سازد. این سامانه با ادغام در سایر سامانه‌های مدیریت زنجیره تأمین از جمله مدیریت انبار و سامانه‌های شبکه‌ای در تجارت، مدیریت ارتباط با مشتری، شرکای تجاری و انواع اپراتورها، کارایی یکپارچه فرآیندهای لجستیک در یک شرکت را به طور چشم‌گیری افزایش می‌دهد.

با استفاده گسترده از اینترنت اشیاء و روند اجتناب‌ناپذیر فناوری‌های صنعت نسل چهار، سامانه مدیریت حمل‌ونقل، به‌طور مطمئن یک عنصر اساسی در مفهوم لجستیک نسل چهار خواهد بود.

در سامانه مدیریت حمل‌ونقل از فناوری مکان‌یابی جغرافیایی[3] برای شناسایی نقاط دقیق وسایل نقلیه هنگام حرکت، نظارت بر انتقال بار، مذاکره با شرکت‌های حمل‌ونقل، یکپارچه‌سازی محموله‌ها و استفاده از قابلیت‌های پیشرفته در پایانه‌ها و تعامل با دیگر سامانه‌های حمل‌ونقل هوشیار استفاده می‌شود. با افزایش خدمات رایانش ابری، سامانه مدیریت حمل‌ونقل به یک استاندارد در لجستیک جهانی تبدیل شده است. شرکت‌های بزرگ نرم‌افزاری در این حوزه نیز به‌سرعت در حل انتقال راه‌حل‌های خود به فضای رایانش ابری هستند. بنابراین از تعداد نصب و بکارگیری مستقل این سامانه‌ها در شرکت‌ها در آینده به شدت کاسته می‌شود. به همین دلیل طی سال‌های اخیر استقبال از سامانه یکپارچه مدیریت حمل‌ونقل در بستر رایانش ابری به خصوص در بین شرکت‌های کوچک و متوسط رشد چشم‌گیری داشته است.

---

[1] Just-in-Time
[2] Just-in-Sequence
[3] GPS

books4smes.com

سامانه مدیریت حمل‌ونقل، راهبرد شرکت‌ها را باز تعریف می‌کند، چرا که نسخه جدید این سامانه دید بهتری از زنجیره تأمین به شرکت‌ها می‌دهد. با ادغام گوشی‌های هوشمند در این سامانه، راننده وسایل نقلیه در زنجیره تامین (جهانی) می‌تواند از آن برای شناسایی موقعیت خود در هر زمان و هماهنگی با سایر عوامل یا سامانه‌های مرتبط استفاده کند. در آینده نه چندان دور، اینترنت اشیاء و سامانه مدیریت حمل‌ونقل نقش مهمی در صنعت حمل‌ونقل و لجستیک ایفا خواهند کرد. از آنجا که اشیاء فیزیکی بیشتر و بیشتر به بارکدها، برچسب یا حسگرهای شناسایی با امواج رادیویی مجهز می‌شوند، شرکت‌های حمل‌ونقل و خدمات لجستیک می‌توانند نظارت در زمان واقعی بر جابجایی اشیاء فیزیکی را از مبدأ به مقصد در کل زنجیره تأمین از جمله تولید، حمل‌ونقل و توزیع انجام دهند.

گسترش شبکه‌های اینترنت اشیاء راه‌حل‌های نوآورانه‌ای را برای ارتقاء سامانه‌های حمل‌ونقل و خدمات خودرویی امکان‌پذیر نموده است. از آنجا که وسایل نقلیه هوشمند دارای قابلیت‌های سنجش، شبکه، ارتباطات و پردازش داده‌ها هستند، فناوری اینترنت اشیاء نیز می‌تواند برای تقویت این قابلیت‌ها و به اشتراک گذاشتن منابع بین وسایل نقلیه در توقف یا در حال حرکت مورد استفاده قرار گیرد. فناوری‌های اینترنت اشیاء ردیابی مکان وسیله نقلیه، نظارت بر حرکت آن و پیش‌بینی مکان بعدی را ممکن می‌سازد. یک سامانه مدیریت حمل‌ونقل که به درستی تعریف و پیکربندی شده است، در تعامل با شبکه‌های اینترنت اشیاء، در بهبود کیفیت تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و انعطاف‌پذیری بیشتر در برابر تغییرات، و کارآمدتر کردن مدیریت زنجیره تأمین یک راه حل اثبات شده برای دست‌یابی به اهداف لجستیک نسل چهار خواهد بود [12].

۴. سامانه‌های حمل‌ونقل هوشیار[1]

در سامانه‌های حمل‌ونقل هوشیار فراتر از سامانه‌های حمل و نقل معمولی، از فناوری‌های جدیدی مانند سخت‌افزارهای رایانه‌ای، سامانه‌های موقعیت‌یاب، فناوری‌های حسگر، ارتباطات راه دور، پردازش داده‌ها، عملیات مجازی و روش‌های پیشرفته برای برنامه‌ریزی استفاده می‌شود. این سامانه‌ها در عرصه جهانی به بخشی حیاتی از زنجیره‌های تامین تبدیل می‌شوند.

ایده یکپارچه‌سازی فناوری‌های مجازی یک موضوع جدید در زمینه حمل‌ونقل هوشیار است و نقش کلیدی در غلبه بر مشکلات عصر حاضر بخصوص در موارد زیر بازی می‌کند:

- بهبود ایمنی و قابلیت اطمینان،
- سرعت سفر،

[1] Intelligence Transport System (ITS)

books4sme.com

- جریان ترافیک و کاهش خطرات و نرخ تصادفات،
- کاهش شدید انتشار کربن و آلودگی هوا.

از برخی کاربردهای سامانه حمل و نقل هوشیار می‌توان به موارد نمونه زیر اشاره کرد:

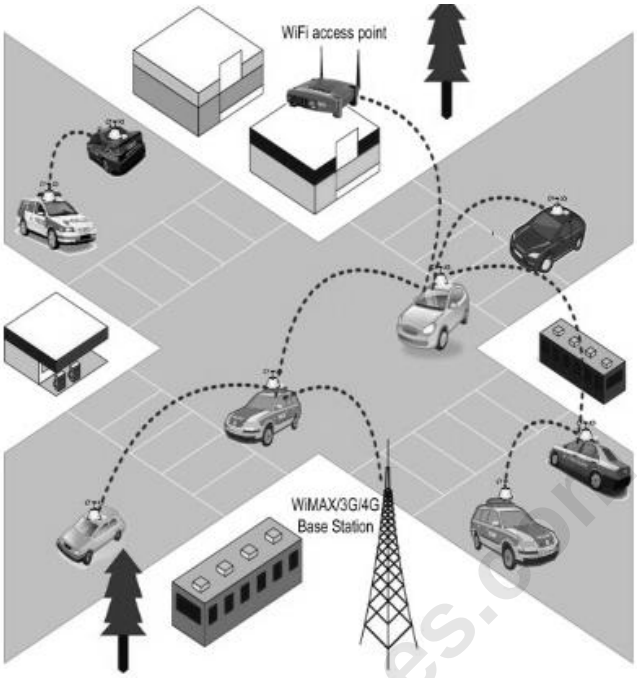
- جمع‌آوری الکترونیکی عوارض جاده‌ای،
- جمع‌آوری داده‌های بزرگراهی،
- جمع‌آوری داده‌های خودرو[1]،
- ارتباط با سامانه‌های مدیریت ترافیک،
- اولویت علائم ترانزیتی[2]،
- حق تقدم وسایل نقلیه اضطراری[3] و اورژانس.

این سامانه‌ها صرفاً برای تردد وسایل نقلیه جاده‌ای محدود نمی‌شوند، بلکه در دیگر سامانه‌های ناوبری، حمل‌ونقل هوایی، حمل‌ونقل آبی و ریلی نیز پیاده‌سازی می‌شوند. جدیدترین نسل این سامانه‌ها، موسوم به نسل چهار، به صورت چند وجهی از طریق دستگاه‌های گوشی همراه شخصی، از قابلیت‌های هوشمند در سایر وسایل نقلیه، زیرساخت‌ها و شبکه‌های اطلاعاتی و همچنین دیگر سامانه‌های کاربردی شخصی در حال حرکت[4] بهره می‌گیرند.

books4sines.com

[1] Vehicle data collection (VDC)
[2] Transit Signal Priority (TSP)
[3] Emergency Vehicle Preemption (EVP)
[4] Personal Contextual Mobility Solutions

کارفرمایان دریافته‌اند که عواملی از قبیل راننده تحویل‌دهنده کالا، کارکنان انبار و اپراتورهای کشاورزی که از گوشی همراه خود در جریان کار روزانه استفاده می‌کنند، می‌توانند بسیاری از کارهای خود را در حال حرکت انجام دهند و بهره‌وری و راحتی را در پی داشته باشند. در نتیجه، عملیات سرتاسر زنجیره تأمین از جمله ردیابی دارایی‌ها، حمل‌ونقل، بهره‌وری انبار و تحویل آخرین مایل بهبود می‌یابد.



یک سامانه حمل‌ونقل هوشیار با استفاده از داده‌های زمان واقعی جمع‌آوری‌شده از طریق شبکه‌های ارتباط موردی خودرو[1] (شکل بالا)، شبکه‌های حسگر، نقاط پهبادی و سامانه‌های هوش تجاری، کیفیت تصمیم‌گیری مدیریت را افزایش می‌دهد و در آینده نزدیک انعطاف‌پذیرتر و کارآمدتر از قبل می‌شود. بنابراین امکان بهبود کارایی لجستیک از طریق همگرایی ارتباطات ماشین به ماشین و فناوری‌های سامانه‌های مشارکتی فراهم می‌شود. برای سامانه حمل‌ونقل هوشیار کاملاً عملیاتی در لجستیک نسل چهار تاکنون کاربردهای زیر شناسایی شده است [12]:

- پارکینگ هوشمند برای کامیون‌ها و مدیریت پایانه‌های انتقال محموله‌های چند وجهی، و پشتیبانی از برنامه‌ریزی و هماهنگ‌سازی تغییر نوع حمل‌ونقل در طول عملیات لجستیک؛
- برآورد و پایش آلایندگی محیط زیست؛
- توصیه‌های اولویت و سرعت، به‌منظور صرفه‌جویی در مصرف سوخت، کاهش آلایندگی و تردد وسایل نقلیه سنگین در مناطق شهری؛

[1] Vehicular ad hoc NETwork (VANET)

شامل گروه‌هایی از وسایل نقلیه متحرک یا تاسیسات ثابت در یک منطقه نزدیک به هم است که توسط یک شبکه بی‌سیم به هم متصل می‌شوند. تا همین اواخر، استفاده اصلی از این شبکه‌ها فقط برای تأمین ایمنی و راحتی برای راننده‌ها بوده است.

- پشتیبانی از رانندگی سازگار با محیط زیست، به‌منظور حمایت از راننده کامیون در اتخاذ سبک رانندگی کارآمدتر و در نتیجه کاهش مصرف سوخت و پیشگیری از آلودگی محیط زیست.

۵. امنیت اطلاعات

گسترش برنامه‌های کاربردی مبتنی بر اینترنت که با ظهور سامانه‌های مبتنی بر رایانش ابری، اینترنت اشیاء، داده‌های عظیم، صنعت نسل چهار، مدلهای استفاده از تجهیزات فردی و سازمانی[۱]، همگی روندهایی هستند که از مدتها پیش در کسب‌وکار شرکت‌ها استفاده می‌شوند. با این حال، شرکتها عمیقاً علاقه‌مند به یافتن ابتکارات فن‌آوری‌های جدید با هزینه عملیاتی کم، به منظور ارائه خدمات بهتر و نوآورانه و در نتیجه کسب مزیت رقابتی هستند.

در روند افزایش اتکا به فناوری‌ها برای کسب مزیت رقابتی، امنیت اطلاعات که یکی از حیاتی‌ترین و چالش برانگیزترین الزامات کسب‌وکار موفق است به خطر افتاده است. در واقع، راه‌حل فن‌آوری جدید دارای آسیب‌هایی است که بیشتر اوقات مخاطرات امنیت سایبری غیرمنتظره را در پی دارد.

در این زمینه، تلاش شرکت‌ها برای محافظت از دارایی‌های اطلاعاتی و زیرساخت فناوری اطلاعات از اهمیت خاصی برخوردار است. حجم داده‌هایی که سازمان‌ها روزانه با آن سروکار دارند، افزایش تعداد تراکنش‌های برخط، ادغام سامانه‌های جدید و افزایش دسترسی احتمالی اشخاص غیر مجاز و از سوی دیگر، عدم آگاهی اکثر کارکنان از امنیت در فضای مجازی، نه تنها موجب سوء استفاده و آسیب‌های نرم‌افزاری شده بلکه آسیب‌پذیری نیروی انسانی را هم بیشتر کرده است.

از آنجا که، کاربران تمایل دارند فناوری‌های جدید را بی‌توجه به آسیب‌های ذاتی آن‌ها بپذیرند و از مزایای آنها بدون ملاحظات امنیتی استفاده کنند، تقویت و تشویق مستمر فرهنگ امنیتی و شناخت این موضوع که همه برنامه‌ها و سامانه‌های فناوری دارای آسیب‌های ذاتی هستند و افراد همچنان ضعیف‌ترین حلقه در این زنجیره می‌باشند، قطعاً به سازمان‌ها کمک می‌کند تا به سطوح امنیتی قابل قبول و مطمئن دست یابند و در نتیجه به اهداف کسب‌وکار نزدیک‌تر شوند.

---

[۱] مدل‌های پشتیبانی کارکنان به تجهیزات فناوری شامل استفاده از وسایل شخصی در محل کار (BYOD)، استفاده از وسایل سازمانی و استفاده به صورت شخصی در محل کار (CYOD)، استفاده از وسایل سازمانی با قابلیت‌های استفاده شخصی (COPE)، استفاده از وسایل سازمانی قابلیت‌های استفاده شخصی (COBO)

books4sme.com

برای استقرار و اطمینان از امنیت اطلاعات و الزامات آن، استانداردهای خاصی توسط سازمان‌های تخصصی بین‌المللی پیشنهاد شده که به دلیل اهمیت آنها توصیه می‌شود شرکت‌ها در این خصوص اقدامات پیشگیرانه و جاری، متناسب با فعالیتهای خود اتخاذ نمایند. امنیت در عملیات لجستیک به دلیل ماهیت اشتراک اطلاعات و همکاری‌های گسترده بین بازیگران متعدد در بستر شبکه‌ها، و تعهدات حفاظت از اطلاعات در تعاملات بین شرکای تجاری از اهمیت بیشتری برخوردار است.

چالش‌های ورود به لجستیک نسل چهار

ورود شرکت‌ها به دنیای جدید لجستیک نسل چهار مستلزم شناخت و سرمایه‌گذاری‌هایی است که مدیران با احتیاط کامل به آن می‌نگرند. آنچه تاکنون به نتایج دلچسب و قابل انتشار در جهان رسیده، مربوط به شرکت‌های بزرگ است که با پذیرش مخاطرات دست به این انقلاب صنعتی می‌زنند.

باید دید چه زمانی شرکت‌های کوچک و متوسط این فرصت را خواهند داشت که به صورت پویا وارد «بازی» شوند. بدون شک، تجربیات قبلی در خودکارسازی فعالیت‌های لجستیک، در تولید، یا انبارداری به عنوان آغازی موثر در تحول دیجیتالی شرکت‌های کوچک و متوسط است.

در برنامه‌ها و فعالیت‌های ورود به دنیای لجستیک نسل چهار تنها یک چالش وجود ندارد بلکه براساس مطالعات انجام شده تاکنون، سه چالش اصلی شناسایی شده که باید به آنها پرداخت تا صنعت نسل چهار در حوزه مدیریت لجستیک در شرکتهای کوچک و متوسط هم مشابه شرکت‌های بزرگ، جذب و عملیاتی شود [5]:

چالش اول: اولین چالش و احتمالاً مهم‌ترین چالش، آموزش و توسعه منابع انسانی است. از آنجا که لجستیک نسل چهار، و فراتر از آن صنعت نسل چهار، گرفتار یک تعامل پیچیده بین ماشین و انسان است، و مانند «انقلاب‌های» قبلی در صنعت، رشته‌ها، موقعیت‌های شغلی و روش‌های کاری جدیدی ایجاد می‌شود.

نفوذ عمیق فناوری در محیط‌های سنتی، بحث‌های زیادی را ایجاد می‌کند، و بیشتر ممکن است حول محور تاثیر خودکارسازی فرآیندها و روبات‌ها روی کاهش یا جایگزینی نیروی کار انسانی باشد. البته باید در نظر داشت که تکامل فناوری ممکن است مسیرهای مختلفی را طی کند و به طور متفاوتی تکامل یابد. اما آنچه مسلم است، تصمیمات بیشتر غیرمتمرکز و در زمان واقعی توسط کارکنان با تجربه و به کمک سامانه‌های فیزیکی سایبری اتخاذ می‌شود.

البته از منظر فرآیندهای مجهز به فناوری‌های نو، و در امتداد آن هدف لجستیک نسل چهار، حذف کامل انسان نیست، بلکه جلوگیری از برخی خطاها و داشتن فرآیندهای سریع‌تر است که در آن اطلاعات می‌تواند بدون زحمت و در زمان واقعی به اشتراک گذاشته شود. در نتیجه به مشارکت افرادی نیاز است که بتوانند فرآیندها را کنترل و از هر گونه خرابی آنها در عملیات پیش‌گیری کنند [12].

با ورود به انقلاب صنعتی چهار و به دنبال آن لجستیک نسل چهار، کارکنان فعال در حوزه لجستیک پیچیدگی بیشتری را در وظایف روزانه خود تجربه می‌کنند. برای پرداختن به این پیچیدگی، فناوری‌ها و تحولات درون سازمانی باید از انعطاف‌پذیری بیشتری برخوردار شوند و قابلیت‌های تطبیقی را در یک محیط کاری بسیار پویا نشان دهند. بنابراین، توسعه مهارت‌ها و شایستگی‌های نیروی کار در لجستیک برای همگام شدن با پیشرفت‌های لجستیک نسل چهار در آینده نزدیک ضروری است. در برخی مطالعات، چهار شایستگی نیروی کار، از قبیل شایستگی‌ها یا مهارت‌های شخصی، اجتماعی، مربوط به شغل، و مرتبط با حوزه بزرگتر یا لجستیک شناسایی شده است.

در مهارت‌های شخصی، دور شدن از وظایف یکنواخت، سخت، و نسبتاً «منزوی» منجر به تقاضای نیروی کار خلاق و مبتکر همراه با مهارت‌های ارتباطی می‌شود.

در مهارت‌های اجتماعی، کارکنان مسئولیت دامنه گسترده‌تری از فرآیندها را بعهده خواهند داشت. بنابراین باید بتوانند روابط بین فرآیندهای مختلف، جریان‌های اطلاعات و جزئیات فنی را درک کنند تا بتوانند با اختلالات احتمالی کنار بیایند و راه‌حل‌های بالقوه را درک کنند. نیروی کار آینده باید مهارت‌های تحلیلی قوی، دانش پایه در مورد تجزیه و تحلیل داده‌ها و روش‌های آماری، و توانایی ارزیابی اینکه آیا سامانه‌ها و زیر مجموعه آنها مطابق با انتظار عمل می‌کنند و همچنین قادر به تعامل با چنین سامانه‌هایی از طریق واسط‌های مناسب هستند.

یکی از مهم‌ترین الزامات آموزش در لجستیک نسل چهار، تغییر روش‌های تدریس و یادگیری در دانشگاه است، به گونه‌ای که فارغ التحصیلان بتوانند آموزش سریعتری داشته باشند و هر روز به طور موثر و کارآمدتری از فناوری‌های جدید در محل کار استفاده کنند. توانایی نقد و تجزیه و تحلیل، ارزیابی، تفسیر و استنتاج اطلاعات از ویژگی‌های مهم نیروی کار لجستیک در آینده است.

برنامه‌های آموزشی و کارآموزی باید بگونه‌ای باشند که تناسب مهارت‌های صنعتی در آینده را برای نیروی کار مُسن تضمین کرده، ضمناً محیطی مستقل، بدون فشار روانی و محیطی جذاب برای نسل‌های جوان ایجاد کند.

چالش دوم: این چالش مربوط به توسعه الزامات زیرساختی برای بکارگیری فناوری‌های صنعت نسل چهار در لجستیک معاصر است. این زیرساخت‌ها باید انعطاف‌پذیر و مقیاس‌پذیر باشند و در عین حال قابلیت‌های شبکه‌ای و ارتباطی لازم را که برای فرآیندهای لجستیکی ضروری است، فراهم کنند. این زیرساخت‌ها در برخی موارد از قبیل حمل‌ونقل، فراتر از دیوارهای یک خط تولید یا یک مرکز ذخیره‌سازی اقلام و انبار در شرکت‌ها است.

گرچه حسگرها و محرک‌ها به عنوان اصلی‌ترین الزام در زیر ساخت‌های لجستیک نسل چهار، اقلام سخت‌افزاری نسبتاً ساده‌ای هستند، اما توسعه زیست‌بوم لجستیک نسل چهار، یک کار نسبتاً پیچیده‌ای است. به‌ویژه در سامانه‌های لجستیک خودران، تعامل بین عناصر فعال در شبکه، و یکپارچگی یا ادغام بدون برخورد و خطا، و در نهایت پردازش اطلاعات جمع‌آوری شده و تبدیل آن به تصمیم‌های اجرایی، این پیچیدگی‌ها را چندین برابر می‌کند.

یک راه حل مبتنی بر رایانش ابری کاملاً آماده همراه با یک برنامه توسعه خوب فکر شده، هم از نظر فناوری و هم از نظر مالی، می‌تواند از چالش‌ها و توقف‌های غیرضروری هنگام افزایش تقاضا و نیاز به سرمایه‌گذاری بیشتر جلوگیری کند. در عین حال، یکپارچگی روان و مقرون به صرفه با برنامه‌ها و دستگاه‌های جدید اضافه شده، مدیریت کارآمد و تجزیه و تحلیل جریان داده‌های آنها را تضمین می‌کند [5].

چالش سوم: آخرین چالش در این نظریه، مربوط به عدم وجود رویکردهای امنیتی دقیق برای لجستیک نسل چهار و فراتر از آن برای صنعت نسل چهار است. با شروع تحول دیجیتالی در لجستیک نسل چهار، چالش بسیار سختی در حوزه امنیت سامانه‌های لجستیکی به شرکت‌ها تحمیل می‌شود. حتی در یک مرکز توزیع هوشمند سطح متوسط، نیز صدها نقطه دسترسی طراحی می‌شود، که در صورت سوء استفاده توسط افراد یا سامانه‌های مخرب، می‌توانند به یک تهدید جدی تبدیل شوند. یک بدافزار ساده یا حملاتی که جدی‌تر هستند، می‌تواند به غیر از آسیب به داده‌ها، زیان‌های مالی و نارضایتی مشتری را در پی داشته باشد.

همکاری‌ها و ابتکارات مشترک بین ذینفعان چنین سامانه‌هایی یکی از راه حل‌های این چالش تاثیرگذار است. معماری مرجع اینترنت صنعتی (IIRA) که بر اساس استاندارد ISO/IEC/IEEE 42010:2011که توسط کنسرسیوم اینترنت صنعتی (IIC) توسعه یافته ممکن است یکی از نمونه‌های تجربه شده برای رفع چالش امنیت یا حداقل کاهش نا امنی‌های لجستیک نسل چهار باشد [12].

books4sme.com

فصل ۳: نوآوری‌ها در لجستیک داخلی شرکت‌ها

لجستیک داخلی تعامل پیچیده‌ای از عملکردهای مختلف لجستیک یعنی سازماندهی، کنترل، اجرا و بهینه‌سازی جریان‌های اطلاعات و مواد داخلی را پوشش می‌دهد. در طول دو دهه گذشته، افزایش پیچیدگی در عملیات تولید و زنجیره تأمین بیش از پیش مشاهده و اعلام شده است. برخی از عواملی که منجر به افزایش این پیچیدگی‌ها می‌شوند شامل موارد زیر هستند:

- جهانی شدن کسب‌وکارها،
- بازارهای پویا و نوسانات آن،
- کوتاه شدن چرخه عمر محصولات،
- افزایش تنوع محصول و کاهش عمق تولید،
- تغییر پارادایم از ساختارهای سازمانی متمرکز و سلسله مراتبی به سامانه‌های شبکه‌ای و مستقل.

با نوآوری در استقلال و خودران نمودن لجستیک داخلی در شرکت‌ها، بخش عمده‌ای از پیچیدگی‌های اشاره شده رفع و مسیر تحول دیجیتالی در کلاس لجستیک نسل چهار نیز هموار شده است.

تکامل فرآیندهای لجستیک داخلی موجب پایداری شرکتها در واکنش مناسب و امروزی به تنوع گسترده‌تر محصولات، زمان‌های بهینه شده و هزینه‌های عملیاتی می‌شود. در این دیدگاه، ضمناً باید به شرایط خارجی و نوسانات بازار واکنش سریع نشان داد.

علاوه بر اینها، با افزایش تعداد و پیچیدگی ماشین‌آلات، وسایل نقلیه، تجهیزات، کارکنان، مواد ورودی، محصولات نیمه‌تمام و نهایی در یک کارخانه یا شرکت، فرآیندهای لجستیک داخلی هم پیچیده‌تر می‌شوند. بر این اساس، سامانه‌های صنعتی هوشمند برای کنترل و نظارت بر آنها به یک ضرورت تبدیل شده است [16].

books4cmes.com

نوآوری‌ها در لجستیک داخلی

تاکنون نظریه‌ها و تجربیات مختلفی برای ورود به لجستیک نسل چهار ارائه شده است. هر تجربه یا نظریه، براساس شرایط آمادگی، دانش مدیران و مشاورین، راهبردها، اهداف، و دیدگاه‌های حاکم بر یک محیط به‌دست آمده، که ممکن است با تغییراتی همان نتایج یا نزدیک به آن را در دیگر محیط‌ها هم انتظار داشت.

تحول دیجیتالی لجستیک داخلی در شرکت‌ها از طریق فن‌آوری‌ها و اصول لجستیک نسل چهار در سه نوآوری به شرح زیر آشکار می‌شود [16]:

استانداردسازی و انطباق فرآیندهای لجستیک داخلی: اولین گام در بهینه‌سازی و افزایش کارایی جریان‌های لجستیک داخلی، استانداردسازی و انطباق فرآیندهای لجستیک داخلی است. هدایت‌کننده‌های وسایل نقلیه مطابق با یک برنامه زمان‌بندی شده کار می‌کنند، و سامانه‌های صنعتی هوشمند نیز، براساس دستورالعمل‌های برنامه‌ریزی شده به جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها می‌پردازند. اینها به نوعی، استانداردسازی فعالیتها و انطباق فرآیندهاست.

پویایی در لجستیک داخلی: مرحله بعدی توسعه دیجیتالی در لجستیک داخلی شامل جمع‌آوری داده‌ها در مقیاس بزرگ‌تر است، که مهم‌ترین آن در خطوط تولید و ایستگاه‌های کاری برای ایجاد تقاضاهای به‌روز برای حمل مواد در جریان تولید است. داده‌های به دست آمده از خطوط تولید به همراه اطلاعات مدیریت موجودی به لجستیک تولید اجازه می‌دهد تا به صورت پویا از طریق سامانه‌های صنعتی هوشمند کنترل شود.

سامانه‌های صنعتی هوشمند بر اساس تجزیه و تحلیل داده‌های بلادرنگ از تقاضا برای خطوط تولید و فرآیندهای تولید، وظایفی را برای کارکنان لجستیک تعریف و تعیین می‌کنند. بنابر این زمان بیکاری و وظایف غیرمولد را حذف می‌کنند. متعاقباً، سامانه بر تکمیل وظایف محوله نظارت کرده و همزمان اپراتورهای لیفتراک یا تجهیزات یدک‌کش[1] را به خطوط تولید یا ایستگاه‌های کاری مورد نظر هدایت می‌کنند.

در عین حال، کارکنان لجستیک دسترسی یکپارچه به اطلاعات دقیق و بی‌درنگ دارند، بنابر این می‌توانند تصمیمات به موقع و واجد شرایطی بگیرند و به رویدادهای اضطراری یا برنامه‌ریزی نشده واکنش مناسب نشان دهند. با بهینه‌سازی جریان‌های مواد توسط یک الگوریتم هوشیار، تغذیه کارخانه از طریق لجستیک داخلی به خوبی انجام می‌شود. در نتیجه، راه حل‌های هوشمند

[1] Tugger-Trains

صنعتی، سامانه‌های توزیع و تغذیه سنتی (موسوم به حمل‌ونقل چرخه‌ای[۱]) را به سامانه پویا و چابک تبدیل می‌کنند.

خودران کردن و استقلال لجستیک داخلی: خودران کردن یا استقلال کامل تغذیه خطوط تولید از یک سو، و انبارداری و توزیع از سوی دیگر، بالاترین هدف خودکارسازی لجستیک داخلی و لجستیک تولید است. همگرایی در دیجیتالی شدن، استفاده از روبات‌ها و سامانه‌های حمل‌ونقل خودران و سامانه‌های صنعتی هوشمند را تسهیل می‌کند.

سامانه صنعتی هوشمند تابع یک معماری توزیع شده است و امکان ارتباط متقابل ماشین‌آلات تولید و حمل‌ونقل و تبادل اطلاعات متقابل را در زمان واقعی فراهم کرده و بستر ارتباط ماشین به ماشین را نیز فراهم می‌کند.

در چنین معماری پیکربندی شده، و بر اساس اصول سامانه‌های چند عاملی[۲]، ماشین‌آلات و تجهیزات درگیر (بهتر است بگوییم الگوریتم‌های آنها)، خودشان تصمیم می‌گیرند که با توجه به وضعیت واقعی، نیازها، و مجموعه داده‌ها، چگونه رفتار کنند.

نتایج کلیدی نوآوری در خودکارسازی لجستیک داخلی شامل موارد زیر است [2]:

- در تولید کارآمد علاوه بر خودکارسازی تولید و کنترل فرآیند، به خودکارسازی جریان مواد هماهنگ با تولید هم توجه می‌شود.
- راه‌حل‌های جریان مواد خودکار و پیشرفته می‌توانند کنترل فرآیند را با نوآوری در ذخیره‌سازی دقیق، بازیابی و حمل کالاها به طور مؤثر بهبود بخشند.
- از راه‌حل‌های هوشیار در لجستیک داخلی، به صورت ماژولار و مقیاس‌پذیر با هدف تکمیل محیط‌های تولیدی مدرن و خودکار استفاده می‌شود.
- راه حل‌های نوآوری را با کمترین مزاحمت می‌توان برای سایر سامانه‌ها و با انعطاف‌پذیری زیاد اجرا کرد.

---

[۱] حمل‌ونقل چرخه‌ای که به عنوان Milkrun نیز شناخته می‌شود حدود یکصد سال پیش از شمال انگلستان منشا گرفته است. این سامانه توانست در همان سالهای شروع اجرا، مشکلات عرضه و تحویل شیر را برطرف کند. کامیون‌های حامل بطری‌های پر از شیر، در مسیر از پیش تعیین شده، شیر مشتری‌ها را تحویل و در مسیر بازگشت بطری‌های خالی را به مبداء می‌رساندند.

مفهوم Milkrun اغلب در لجستیک داخلی شرکتها، برای تأمین مواد خام از مراکز تأمین به خطوط تولید و همچنین تحویل محصولات نیمه نهایی و نهایی توسط ایستگاه‌های تولید و مونتاژ به انبار استفاده می‌شود. وسیله نقلیه مسیر خود را از انبار شروع کرده و ایستگاه‌های مسیر را بازدید می‌کند و سپس به نقطه اولیه باز می‌گردد. این روال به طور دوره‌ای تکرار می‌شود. وسیله نقلیه لجستیک داخلی در این مسیر حلقه‌ای، از کل نقاط تولید عبور می‌کند و مواد را به دستگاه‌ها می‌رساند. ضمناً محصولات نهایی را به همراه ظروف خالی جمع‌آوری می‌کند (۴۳۶).

[2] Multi-Agent Systems

books4sme.com

نوآوری در استقلال و خودران کردن لجستیک داخلی

ابتکار سامانه‌های لجستیک داخلی خودران، موجب استقلال و غیر متمرکز نمودن عملکردهای برنامه‌ریزی، اجرا، کنترل و بهینه‌سازی جریان‌های اطلاعات و مواد داخلی شرکت‌ها، از طریق همکاری و تعامل با سایر سامانه‌ها و انسان، می‌شود.

از سوی دیگر، استقلال یا خودران بودن سامانه‌های لجستیک نیز یک ویژگی مطلق نیست، بلکه نسبت به زیر مجموعه‌هایی است که در کل و در یک سطح سلسله مراتبی عمل می‌کنند. به عبارت دیگر، میزان استقلال یک زیر مجموعه به نسبت آزادی عملی است که سطح بالاتر مقرر نموده، و توانایی زیر مجموعه برای استفاده از این آزادی عمل، اندازه‌گیری می‌شود.

در برخی منابع سه مشخصه اصلی برای سامانه‌های مستقل یا خودران شناسایی شده است:

- استقلال در رفتار: این ویژگی، سامانه‌های فنی را قادر می‌سازد تا اقدامات یا مجموعه‌ای از اقدامات مختلف را به شیوه‌ای کاملاً مستقل انجام دهند.
- استقلال در تصمیم‌گیری:، به توانایی انتخاب بین مسیرهای ممکن قابل اجرا اشاره دارد.
- استقلال در جمع‌آوری و پردازش داده‌ها: این ویژگی نیز سامانه‌های خودران را قادر می‌سازد تا داده‌هایی را جمع‌آوری و پردازش کنند، که ممکن است منجر به تغییر در رفتار بعدی آنها شود.

در جای دیگر، ویژگیهای سامانه‌های لجستیک داخلی مستقل یا خودران به شرح زیر تعریف شده است [17]:

- محیطی بسیار پیچیده و پویا: به عنوان مثال، سامانه‌های لجستیک داخلی می‌توانند ساختارهای به سرعت در حال تغییر را با ترافیک متعدد مدیریت کنند.
- تصمیم‌گیری به صورت کاملاً غیرمتمرکز: این سامانه‌ها در موقعیت‌های مختلف می‌توانند برای خود تصمیم بگیرند و در عین حال با سامانه‌های دیگر ارتباط برقرار کنند.
- تعامل زیاد با دیگر سامانه‌های مستقل و خودران: یکی دیگر از ویژگی‌های مهم در این سامانه‌ها، علاوه بر تعامل فعال بین اجزای خود، تعامل سازنده و پویا با دیگر سامانه‌های مستقل و خودران دارند. در این تعاملات ضمن حفظ ماهیت استقلال، پیچیدگی و پیشرفت فناوری‌های استفاده شده در آنها را بیش از پیش نشان می‌دهد.
- قابلیت یادگیری و خود بهینه‌سازی: این ویژگی شامل توانایی به خاطر سپردن، درک، به‌کارگیری، تجزیه و تحلیل، ارزیابی و اتخاذ تصمیمات و عملکرد مستقل و غیرمتمرکز است.

books4sme.com

سامانه‌های لجستیک داخلی مستقل و خودران، با توانایی درک اطلاعات محیط و انطباق رفتار با توجه به تغییرات آنها، به راحتی در محیط‌های بسیار پیچیده و پویا هم فعالیت می‌کنند. مدیریت جریان‌های اطلاعاتی همراه با فرآیندها و همچنین کسب اطلاعات برای کنترل و تجزیه و تحلیل، یکی دیگر از مؤلفه‌های ضروری در سامانه‌های لجستیک داخلی مستقل است.

کارشناسان فنی، براساس تعریف سامانه‌های لجستیک داخلی خودران، یک چارچوب طبقه‌بندی دو بعدی را پیشنهاد می‌کنند که مراحل مختلف خودکارسازی را برای سطوح مختلف فرآیندهای لجستیک داخلی پوشش می‌دهد. از این ماتریس به عنوان یک دستورالعمل برای شناسایی مراحل استقلال در سطوح مختلف فعالیت یک سامانه لجستیک داخلی استفاده می‌شود. این چارچوب از دو بُعد سطوح فعالیت و مراحل خودکارسازی تشکیل شده است:

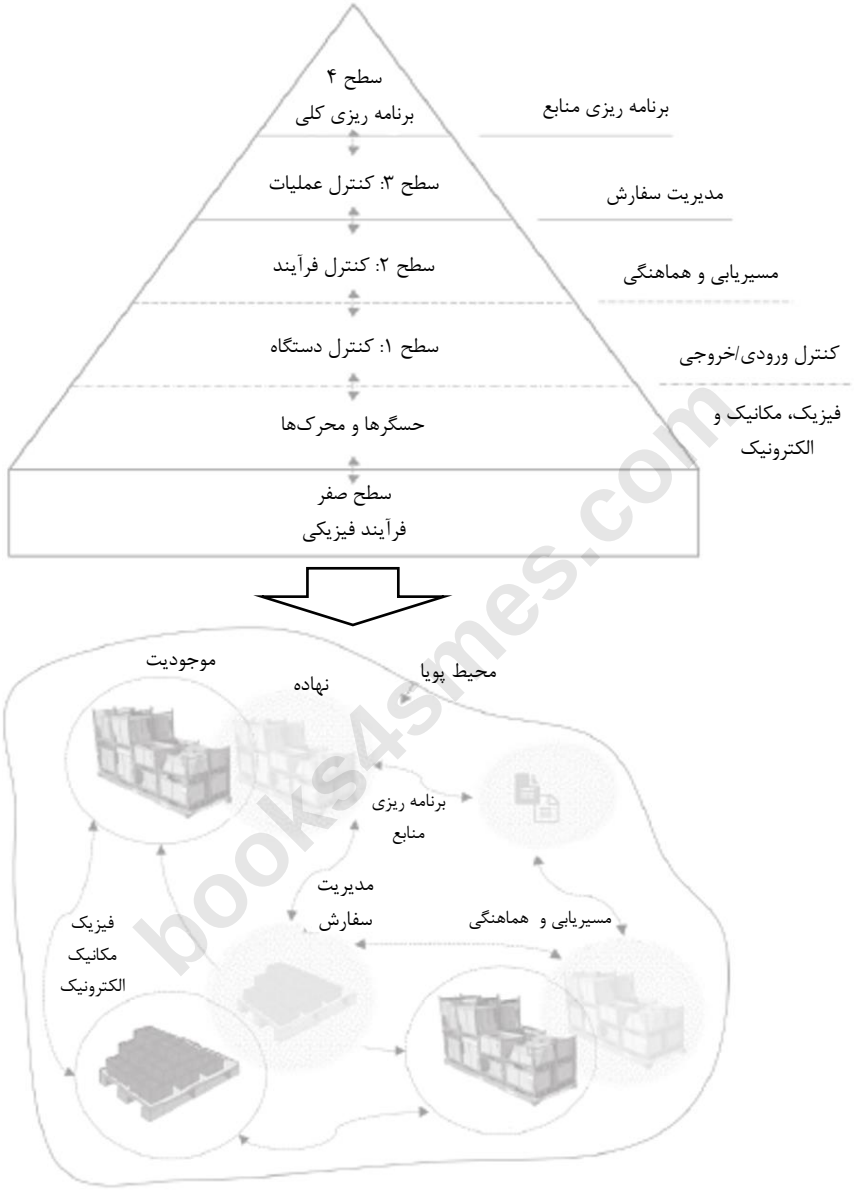
بُعد اول: سطوح فعالیت

- پایین‌ترین سطح (سطح صفر) در بر دارنده فرآیندهای اصلی لجستیک فیزیکی است. پنج فرآیند اصلی در حوزه لجستیک شناسایی شده است: حمل‌ونقل، ذخیره‌سازی، انجام سفارش، جابجایی و بسته‌بندی.
- سطح بعدی در هرم (سطح اول) نشان دهنده حسگرها و محرک‌های تعبیه شده در سامانه‌های فنی است که به فرآیندهای فیزیکی کمک می‌کنند. وظایف و عملکردها در این سطح شامل جمع‌آوری داده از حسگرها، کنترل محرک‌ها[1] و کنترل ورودی و خروجی است.
- سطح دوم سطح جمع‌آوری داده از دستگاه‌ها و سامانه‌هاست. مسیریابی و هماهنگی اشیاء یک از وظایف این سطح است.
- سطح سوم شامل تمام عملکردها برای کنترل عملیات و برنامه‌ریزی کوتاه مدت، مانند مدیریت سفارش یا موجودی است.
- سطح چهارم بر فعالیت‌های برنامه‌ریزی میان مدت و بلندمدت، مانند برنامه‌ریزی منابع تمرکز دارد.

با تغییر پارادایم در سامانه‌های لجستیک داخلی، و انتقال از کنترل سلسله مراتبی و متمرکز به کنترل مستقل و غیرمتمرکز، موانع موجود بین سطوح مختلف سلسله مراتبی به طور فزاینده‌ای از بین می‌رود. موجودیت‌ها و عوامل مستقل برای حل وظایف پیچیده کنترل و برنامه‌ریزی، همکاری متقابلی دارند. این همکاری به ادغام محلی سطوح و عملکردها نیز منجر می‌شود.

[1] Actuator

books4sme.com



شکل: تغییر پارادایم از سلسله مراتبی و متمرکز (سنتی) به سامانه‌های لجستیک داخلی متمرکز و خودمختار [17]

بُعد دوم: مراحل خودکارسازی

برای درک بهتر سامانه‌های لجستیک داخلی خودران، نگاه به تحولات رانندگی خودران در حمل‌ونقل عمومی مفید است. در اوایل سال ۲۰۱۴، استاندارد SAE J3016 در خصوص طبقه‌بندی و تعریف اصطلاحات وسایل نقلیه موتوری جاده‌ای با سامانه‌های وسایل نقلیه خودران منتشر شد. در این طبقه بندی، شش درجه استقلال (صفر تا پنج) فهرست گردید و به حداقل الزامات آنها پرداخته شد.

اما در لجستیک داخلی، نه تنها باید سطح فیزیکی، یعنی وسیله نقلیه را در نظر گرفت، بلکه وظایف نظارت، کنترل و برنامه‌ریزی در سطح بالاتر را هم مد نظر قرار داد. جدول زیر، پنج مرحله خودکارسازی (به‌اضافه مرحله اولیه یعنی صفر) پیشنهاد شده برای سامانه‌های لجستیک داخلی خودران را نشان می‌دهد. این مراحل در چهار جنبه کلیدی شامل محیط، تصمیم‌گیری، تعامل و خود بهینه‌سازی مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. این جنبه‌ها تا حدی بر مبنای چارچوب‌های سطوح خودران برای سامانه‌های بدون انسان[1] و سطوح استقلال روبات‌ها[2] اتخاذ شده‌اند.

جدول: مراحل خوکارسازی تا دستیابی به ویژگی‌های سامانه لجستیک داخلی خودران [17]

مرحله صفر: بدون خودکارسازی
محیط پویا و ثابت، تصمیم‌گیری دستی، بدون تعامل بین سامانه‌ها **مسئولیت**: تماماً بعهده انسان
مرحله اول: سامانه‌های کمکی
محیط ثابت، سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری، تعامل بین سامانه‌ها از طریق سامانه کمکی **مسئولیت**: بیشتر بعهده انسان و درصد کمی توسط سامانه
مرحله دوم: نیمه خودکار
محیط بیشتر ثابت، تصمیم‌گیری بخشی متمرکز، تعامل بین سامانه‌ها از طریق سامانه مرکزی **مسئولیت**: ممکن است نیمی بعهده انسان و نیمی بعهده سامانه باشد.
مرحله سوم: خودکار مشروط
محیط به ندرت در حال تغییر، تصمیم‌گیری متمرکز، تعامل بین سامانه‌ها از طریق سامانه مرکزی **مسئولیت**: ممکن است کمتر توسط انسان و بیشتر توسط سامانه باشد.

[1] Autonomy Levels for Unmanned Systems (ALFUS) Framework
[2] Levels of Robot Autonomy (LORA) Framework

books4sines.com

مرحله چهارم: خودکار در سطح بالا
محیط پویا، تصمیم‌گیری بخشی غیر متمرکز، برخی تعاملات بین اجزای سامانه‌ها **مسئولیت**: بیشتر بعهده سامانه و درصد کمی توسط انسان
مرحله پنجم: خودران
محیط بسیار پیچیده و پویا، تصمیم‌گیری بیشتر غیرمتمرکز، تعامل بالا بین اجزای سامانه‌های مستقل، قابلیت آموزش‌پذیری و خود بهینه‌سازی **مسئولیت**: تماماً بعهده سامانه

جدول: طبقه‌بندی عمومی برای سامانه‌های لجستیک داخلی خودران [17]

سطح فعالیت	مرحله صفر خودکارسازی
برنامه‌ریزی کلی (سطح ۴)	تصمیم‌گیری دستی در برنامه‌ریزی کلی
کنترل کلی عملیات (سطح ۳)	تصمیم‌گیری دستی در کنترل کلی عملیات
نظارت و کنترل فرآیند (سطح ۲)	تصمیم‌گیری دستی در نظارت و کنترل فرآیند
کنترل دستگاه و پردازش اطلاعات (سطح ۱)	جستجوی دستی و انتقال اطلاعات بر حسب تقاضا
کنترل به هنگام و اجرایی سامانه (سطوح ۱ و صفر)	اجرای دستی در محیط ثابت (غیر پویا)

سطح فعالیت	مرحله اول خودکارسازی
برنامه‌ریزی کلی (سطح ۴)	سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری در برنامه‌ریزی کلی
کنترل کلی عملیات (سطح ۳)	سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری در کنترل کلی عملیات
نظارت و کنترل فرآیند (سطح ۲)	سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری در نظارت و کنترل فرآیند
کنترل دستگاه و پردازش اطلاعات (سطح ۱)	جستجو و انتقال اطلاعات پشتیبانی شده و بر حسب تقاضا
کنترل به هنگام و اجرایی سامانه (سطوح ۱ و صفر)	اجرای دستی پشتیبانی شده در محیط ثابت (غیر پویا)

books4sme.com

سطح فعالیت	مرحله دوم خودکارسازی
برنامه‌ریزی کلی (سطح ۴)	تصمیم‌گیری در برنامه‌ریزی کلی تاحدی متمرکز
کنترل کلی عملیات (سطح ۳)	تصمیم‌گیری در کنترل کلی عملیات تاحدی متمرکز
نظارت و کنترل فرآیند (سطح ۲)	تصمیم‌گیری در کنترل و نظارت فرآیند تاحدی متمرکز
کنترل دستگاه و پردازش اطلاعات (سطح ۱)	جمع‌آوری و پردازش اطلاعات به صورت پشتیبانی شده و تاحدی مستقل
کنترل به هنگام و اجرایی سامانه (سطح ۱ و صفر)	اجرا به صورت پشتیبانی شده و تاحدی مستقل در محیط ثابت (غیرپویا)

سطح فعالیت	مرحله سوم خودکارسازی
برنامه‌ریزی کلی (سطح ۴)	تصمیم گیری متمرکز در برنامه‌ریزی کلی
کنترل کلی عملیات (سطح ۳)	تصمیم‌گیری متمرکز در کنترل کلی عملیات
نظارت و کنترل فرآیند (سطح ۲)	تصمیم‌گیری متمرکز در کنترل و نظارت فرآیند
کنترل دستگاه و پردازش اطلاعات (سطح ۱)	جمع‌آوری و پردازش اطلاعات کاملاً مستقل، و تا حدی تعامل با سامانه مرکزی
کنترل به هنگام و اجرایی سامانه (سطوح ۱ و صفر)	اجرا تا حدی کاملاً مستقل در محیط به ندرت در حال تغییر

سطح فعالیت	مرحله چهارم خودکارسازی
برنامه‌ریزی کلی (سطح ۴)	تصمیم‌گیری به صورت غیرمتمرکز در برنامه‌ریزی کلی
کنترل کلی عملیات (سطح ۳)	تصمیم‌گیری به صورت غیرمتمرکز در کنترل کلی عملیات
نظارت و کنترل فرآیند (سطح ۲)	تصمیم‌گیری به صورت غیرمتمرکز در کنترل و نظارت فرآیند
کنترل دستگاه و پردازش اطلاعات (سطح ۱)	جمع‌آوری و پردازش اطلاعات به صورت کاملاً مستقل، و تا حدی تعامل با دیگر عناصر سامانه
کنترل به هنگام و اجرایی سامانه (سطوح ۱ و صفر)	اجرا تا حدی کاملاً مستقل در محیط پویا

books4sales.com

سطح فعالیت	مرحله پنجم خودکارسازی
برنامه‌ریزی کلی (سطح ۴)	تصمیم‌گیری غیر متمرکز در برنامه‌ریزی کلی
کنترل کلی عملیات (سطح ۳)	تصمیم‌گیری غیر متمرکز در کنترل کلی عملیات
نظارت و کنترل فرآیند (سطح ۲)	تصمیم‌گیری غیر متمرکز در نظارت و کنترل فرآیند
کنترل دستگاه و پردازش اطلاعات (سطح ۱)	جمع‌آوری و پردازش اطلاعات به صورت کاملاً مستقل، و تعامل با دیگر عناصر سامانه
کنترل به هنگام و اجرایی سامانه (سطوح ۱ و صفر)	اجرا به صورت کاملاً مستقل در محیط پویا و پیچیده

خط برجسته در شکل زیر به صورت نمادین مراحل خودکارسازی در یک سامانه لجستیک داخلی برای یک سامانه نقلیه با هدایت خودکار[1] را در سطوح مختلف فعالیت نشان می‌دهد. این خط یک رابطه ریاضی نیست، بلکه به سادگی میزان استقلال کل سامانه را نشان می‌دهد.

شکل: ماتریس نمونه طبقه‌بندی برای یک سامانه نقلیه با هدایت خودکار [17]

[1] Automated-Guided Vehicle System (AGVS)

books4sines.com

نوآوری‌ها در انبارداری و مراکز توزیع

لازم است قبل از ورود به موضوع نوآوری‌ها در انبارداری و سامانه‌های اجرایی آن، به برخی عملکردها و ویژگی‌های این عملیات در شرایط عادی پرداخته شود. در این صورت پیچیدگی سامانه‌های اجرایی و الزاماتی که باید در آنها دیده شود به خوبی مشخص شده و زمینه بحث برای معرفی و آثار نوآوری‌ها در سامانه‌های اجرایی انبارها فراهم می‌گردد.

عملکردها: همانطور که در جداول زیر نشان داده شده، در عملیات و فعالیت‌های انبارداری از سه عنصر سامانه‌ها، فرآیندها و مدیریت به صورت ترکیبی استفاده می‌شود. این رویکردها متضمن طیف گسترده‌ای از پیکربندی است و ضمناً در تعامل با وظایف برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری شکل می‌گیرند [4].

سامانه‌های انبارداری و زیرمجموعه‌های آنها	
سامانه‌ها	تجهیزات ذخیره‌کردن
	نوار نقاله‌ها
	برداشتن اقلام برای اجرای سفارشات
	بارانداری و بارگیری
فرآیندهای انبارداری و زیرمجموعه‌های آنها	
فرآیندها	دریافت
	ذخیره‌سازی
	حمل
	برداشتن اقلام برای اجرای سفارشات
	بارانداری میانی یا واسط[1]
مدیریت انبارداری و زیرمجموعه‌های آنها	
مدیریت انبار	تخصیص فضا برای نگهداری اقلام
	مدیریت موجودی
	مدیریت سفارش
	مدیریت داده‌های اصلی
	گزارش و کنترل
کنترل و بهینه‌سازی	پیگیری راهبردها

[1] Cross-Docking

booksmes.com

حمل داخلی
مدیریت باراندازها و محوطه
ردیابی و پیگیری[1]
مدیریت اطلاعات

پیچیدگی‌ها: وظایف پیچیده انبارداری باعث ترکیب پیچیده‌تری از عناصر می‌شود. برای مثال، در یک سامانه پردازش سفارش دو مرحله‌ای که نوار نقاله هم خود یک جزء الکترومکانیکی است، تعامل با آن نیز باید در نظر گرفته شود. ضمناً وظایف برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری در شرکت هم باید با فعالیت‌های انبارداری وابستگی متقابل داشته باشند.

در مدیریت انبار نه تنها وابستگی‌های متقابل عناصر و اجزا وجود دارد، بلکه عدم قطعیت‌ها و افزایش پیچیدگی کار هم به آنها اضافه می‌شود. به عقیده برخی کارشناسان، این پیچیدگی‌ها مانع اعمال رویکردهای تحلیلی شده و داده‌های مورد نیاز، و اهداف و محدودیت‌ها هم به شرایط عملیات و تصمیماتی که قبلاً در وظایف مرتبط گرفته شده، بستگی دارد.

رویکردهای تحلیلی و شبیه‌سازی جریان مواد راه‌حل‌های مناسبی برای مدیریت عملیات موازی و متوالی انبارداری هستند. برای جمع‌آوری داده‌های مفید در شبیه‌سازی رویدادهای گسسته[2] به عملیات رسمی و پارامترهای ورودی نیاز است.

در سامانه‌های سنتی، معمولاً جمع‌آوری داده‌ها مبتنی بر مشاهده و تحلیل، و تبدیل داده‌های خام به دانش مفید معمولاً با تجزیه و تحلیل و تفسیر دستی است و توسط متخصصین انجام می‌شود. این کار در یک چارچوب زمانی نسبتاً طولانی رخ می‌دهد. در حالیکه در بسیاری از تصمیمات مربوط به انبارداری ماهیت زمان بسیار کوتاه است و روش‌های یاد شده جوابگو نیست.

به عنوان مثال، کالاهای ورودی به یک مرکز توزیع باید بدون تاخیر به یکی از مکان‌های نگهداری اختصاص داده شوند. برای انجام بهینه و کم هزینه این فعالیت، به داده‌های زیادی از جمله میزان بازیابی روزانه برای هفته‌های آینده هم نیاز است که در بیشتر مواقع این اطلاعات به فوریت در دسترس نیست و ممکن است با استفاده از داده‌های گذشته بتوان آنها را پیش بینی و تجزیه و تحلیل کرد [4].

---

[1] Track and Trace

Track یعنی ردیابی مسیر یک شیء به سمت جلو از نقطه شروع تا جایی که شیء در حال حاضر قرار دارد. در حالی که Trace ردیابی مسیر یک شیء از نقطه فعلی به سمت عقب تا جایی که شروع شده می‌باشد.

[2] Discrete Event Simulation

نوآوری‌ها در سامانه‌های اجرایی انبارها[1]: تمرکز روزافزون بر قابلیت سامانه‌ها، فشار زیادی بر مراکز توزیع وارد کرده تا با تعداد بالاتری از سفارش‌ها و پردازش سریع اطلاعات هماهنگ باشند. این شرایط سخت در ارتباط با توان عملیاتی انبارها، راه را برای ظهور فناوری‌های ماژولار و جدید هموار کرده است. در این فناوری‌های نوآورانه، سامانه‌های کنترل خودکار در انبارها (شامل نرم‌افزار کنترل انبار، کنترل‌کننده‌های منطقی قابل برنامه‌ریزی، و دیگر سامانه‌ها)، و سامانه‌های تراکنش پیچیده سفارشات، مشتری‌ها و موجودی (شامل سامانه‌های برنامه‌ریزی منابع در انبار و سازمان)، به طور همزمان مدیریت می‌شوند.

این فناوری‌ها که به عنوان سامانه‌های اجرایی انبار شناخته می‌شوند، عملکرد انبار را با نظارت مستمر روی تجهیزات خودکار و متعادل کردن آن‌ها از طریق تغییرات در الزامات انجام سفارش و از سوی دیگر منابع، بهینه می‌کنند.

قابلیت سامانه‌های اجرایی انبار از عملکردهای سطح بالاتر مانند پردازش سفارش و مدیریت گروهی سفارشات (موسوم به مدیریت موج)، تا عملکردهای سنتی‌تر در سطح سامانه‌های کنترل انبار[2] مانند مسیریابی و کنترل تجهیزات خودکار را شامل می‌شود.

در یک روش دیگر موسوم به پردازش بدون موج، سامانه مدیریت انبار براساس شرایط در حال تغییر و پویا در انبار به دریافت سفارشات ادامه می‌دهد و منتظر سفارشات بعدی و رسیدن به حد یا گروه تعیین شده نمی‌ماند. یکی از عملکردهای حیاتی پردازش بدون موج این است که در آن سامانه اجرایی انبار به‌طور مستمر نیازها را از سامانه‌های سفارش‌گیری دریافت کرده و فعالیت‌های مربوطه را به منابع بهینه شده ماشین‌ها و نیروی کار تقسیم می‌کند. چنانچه پردازش سفارشات در یک میز کاری سریعتر انجام می‌شود، کارها دوباره متعادل می‌شوند. به این ترتیب سفارشات براساس زمان واقعی تخصیص یافته و تا حد زیادی تاخیرهای پردازش سفارش به روش سنتی موسوم به سفارش موج یا گروهی را حذف یا کاهش می‌دهد [10].

برای مدیریت هوشمند و خودکار تجهیزات انبارها از سامانه‌های مدیریت پیچیده و هوشمند با کنترل از راه دور (به نام روبات) استفاده می‌شود تا بر ویژگی‌های محیطی مانند رطوبت یا گرمایش و تهویه هوا[3] نظارت دقیق داشته باشند و بهره‌وری انرژی را به حداکثر برسانند. این

---

[1] Warehouse Execution Systems (WES)

[2] Warehouse Control System (WCS)

[3] گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع (HVAC) استفاده از فناوری‌های مختلف برای کنترل دما، رطوبت و تمیزی هوا در یک فضای بسته است.

روبات‌ها همچنین با شناسایی بخش‌های مختلف فضای انبارها، تجزیه و تحلیل وابستگی متقابل احتمالی بین سامانه‌ها، خدمات و عملیات لجستیک داخلی را امکان‌پذیر می‌سازند [10].

در برنامه‌های کاربردی اینترنت اشیاء هم از حسگرها برای جمع‌آوری داده‌ها در خصوص شرایط عملیاتی استفاده می‌شود. سپس این داده‌ها برای اطمینان از کارایی بهتر و تعامل با دیگر سامانه‌های اجرایی در انبارها تجزیه و تحلیل می‌شوند [10].

این فناوری‌ها بازده ماشین را به حداکثر می‌رسانند و در عین حال امکان عملیات انعطاف‌پذیرتر را فراهم می‌سازند و داده‌ها را به صورت دیجیتالی برای تنظیم حرکات فیزیکی و بهبود ایمنی تجزیه و تحلیل می‌کنند.

به طور اساسی و در کنار سایر قابلیت‌ها، این فناوری‌ها باید به دو ویژگی مهم شامل ایمنی هوشمند و ماژولار بودن، مجهز باشند.

- افزایش ایمنی یکی از ویژگی‌های حیاتی حسگرها در روبات‌ها می‌باشند و فناوری‌های بسیار پیشرفته و خودکار را قادر می‌سازند در محیطی کار کنند که در آن انسان و روبات همکاری تنگاتنگی داشته باشند. حسگرهای تعبیه شده به طور خودکار ورود انسان یا نزدیک شدن انسان به حوزه آنها را تشخیص داده و بلافاصله فعالیت روبات را برای حفظ ایمنی انسان تنظیم می‌کنند. به این ترتیب، انسان و روبات‌ها می‌توانند در مراکز توزیع با یکدیگر همکاری کنند.
- ماژولار بودن به روبات‌ها اجازه می‌دهد تا برای انجام وظایف مختلف و سازگار با شرایط جدید، خود پیکربندی شوند.

بنابراین روبات‌ها می‌توانند در یک مرکز توزیع، به طور پویا و مدام در حال تغییر باشند و برای انجام وظایف مختلف و باز استقرار در وظایف مختلف، بدون نیاز به برنامه‌نویسی در حال تطبیق و سازگار، فعال باشند. آنها همچنین می‌توانند با محیط‌های خطرناک و پر مخاطره سازگار شوند و اقلام در اندازه‌ها و موقعیت‌های مختلف را جابجا کنند.

در زنجیره تأمین، فناوری‌های لجستیک نسل چهار می‌توانند سازمان‌ها را قادر به برنامه‌ریزی بهتر برای تقاضا و مدیریت دقیق‌تر موجودی در مراکز توزیع کنند. این تا حدی به دلیل قابلیت ردیابی بیشتر محصولات فعال شده توسط فناوری‌های متصل از طریق ارتباطات شبکه‌ای است.

فناوری‌های جدید در لجستیک نسل چهار همچنین با جمع‌آوری مقادیر زیادی از داده‌های عملیاتی و در دسترس قرار دادن آن‌ها در زنجیره تأمین بالادست و پایین‌دست، می‌توانند تأثیری فراتر از محدوده خود داشته باشند. این قابلیت برنامه‌ریزی عملیاتی را بهبود بخشیده، و اطلاعات محصولات ارزشمند را برای تحقیق و توسعه و برنامه‌ریزی بالادستی فراهم می‌کند، یا حتی به

books4isme.com

برنامه‌های هوشیار کسب‌وکار اجازه می‌دهد تا بهنگام‌سازی‌های آتی محصولات در مراکز توزیع را از راه دور هدایت کنند [10].

ترکیب روبات‌ها، هوش مصنوعی، و سامانه‌های مرتبط وارد جزئی‌ترین عملیات انبارها که در عین حال بیشترین هزینه و درگیری منابع انسانی را به خوب اختصاص می‌دهند شده‌اند و عملاً زمینه حذف انسان از عملیات داخلی انبارها و مراکز توزیع را فراهم نموده‌اند.

در اینجا به ابعاد مختلف کاربردها و نوآوری در عملیات مختلف و جابجایی اقلام در انبارها و مراکز توزیع اشاره می‌شود و در بخش بعدی، تجهیزات و ابزار لجستیک نسل چهار معرفی و توضیح داده می‌شوند.

ذخیره‌سازی، برداشتن و بسته‌بندی

یک شرکت سوئیسی راه‌حل منحصر به فرد و ساده‌ای به نام «کالا به شخص[1]» ارائه نمود که از روبات‌ها و ظروف خاص برای پردازش سریع قطعات کوچک استفاده می‌کند[2]. در این طرح، برای استفاده بهتر از فضای موجود، امکان قراردادن مستقیم ظروف انبار روی هم و انباشتن کدهای واحد انبارداری[3] متعدد در یک ظرف فراهم شده است. در این طرح، که ویژه قطعات کوچک طراحی شده، انبار به نحوی قفسه‌بندی می‌شود که یک سری روبات‌های خاص در سقف قفسه‌ها حرکت می‌کنند و ظروف حاوی اقلام را روی هم قرارداده یا بر می‌دارند.

سامانه «کالا به شخص» را ضمناً می‌توان برای تحویل مواد اولیه یا قطعات فرعی به واحدهای تولید یا مکانی خاص، برای پردازش بیشتر طراحی کرد. این راه‌حل براساس اصول اثبات شده برای افزایش کارایی، و به حداکثر رساندن فضای ذخیره‌سازی اقلام ابداع شده و انتخاب محصول اشتباه را عملا غیرممکن می‌سازد [18].

در یکی دیگر از سامانه‌های کالا به شخص، انبوهی از وسایل نقلیه کوچک سیار برای تحویل قفسه‌های سیار به ایستگاه‌های کاری و تولیدی فعالیت می‌کنند. با گذشت زمان، سامانه به طور خودکار یاد می‌گیرد به کدام قفسه‌ها نیاز بیشتری است تا آنها را دم دست‌تر قرار دهد و در نتیجه زمان جابجایی سریع‌تر شود. این سامانه ابتکاری با نام تجاری CarryPick یک سامانه ذخیره‌سازی

---

[1] Good-to-Person Storage, Picking and Kitting

راه‌حل کالا به شخص یک روش مدرن برای انجام سفارشات است که ذخیره‌سازی و بازیابی خودکار را با فرآیندهای دقیق و انتخاب به روش ارگونومیک ترکیب می‌کند.

[2] Swisslog's AutoStore

[3] Stock Keeping Unit (SKU)

کد واحد برای نگهداری قطعات و کالاها، یک عدد (معمولاً هشت رقم الفبایی) منحصر بفرد است که خرده فروشان برای پیگیری سطح موجودی، این کدها را به محصولات خود اختصاص می‌دهند.

books4sme.com

و انتخاب خودکار خلاقانه است که برای لجستیک داخلی چند کاناله طراحی شده است. در این طرح از انبوهی از وسایل نقلیه متحرک با عنوان KMP600 ، که توسط شرکت‌های Swisslog و KUKA طراحی و ارائه شده‌اند، از طریق یک شبکه هوشمند برای تحویل قفسه‌ها به ایستگاه‌های کاری استفاده می‌شود.

فرآیند خرید

فن‌آوری‌های لجستیک نسل چهار از طریق امکان مقایسه خودکار ویژگی‌های همه محصولات دریافتی مانند مقادیر، وزن، ابعاد و رنگ‌ها، با ویژگی‌های مورد انتظار (بر اساس داده‌های سفارش خرید) به منظور کنترل مغایرت‌ها، می‌توانند بر فرآیند خرید تأثیر بگذارند.

در صورت وجود مغایرات، به نهاد مسئول هشدار داده می‌شود. ویژگی‌های تجدید نظر شده را هم می‌توان به‌طور خودکار در سامانه‌های مدیریت موجودی به‌روزرسانی کرد تا از دقت فرآیند، اطمینان حاصل شود. راه‌حل‌هایی مانند تخلیه خودکار کالا از پالت می‌تواند فرآیندهای دریافت را مدیریت کند و مسائل مربوطه از قبیل مقادیر دریافتی، ابعاد، کد کالا، وزن، رنگ، یا وضعیت محصول را با تأمین‌کنندگان در میان بگذارد [10].

بسته‌بندی

براساس گزارش‌ها و مشاهدات میدانی، برخی شرکت‌ها در حال کار بر روی خودکارسازی بسته‌بندی برای توزیع و تحویل به مشتری (کیسه یا جعبه)، و حمل‌ونقل و بسته‌بندی هدیه به ازای هر سفارش هستند. یکی از تولیدکنندگان حسگر، ماشین‌های بسته‌بندی نهایی همه کاره را با استفاده از فناوری تشخیص در حسگرها، با قابلیت تنظیم خودکار طراحی کرده است.

حسگرهای تعبیه شده در این روبات‌ها می‌توانند تغییرات در ویژگی‌های محصول مانند اندازه و شکل را تشخیص دهند و به‌طور خودکار سامانه کنترل را تنظیم مجدد نموده و فرآیند بسته‌بندی را برای اطمینان از انتخاب درست جعبه یا بسته مطلع کنند. این فرآیند هوشمند و خودکار زمان مورد نیاز برای تغییر پیکربندی دستی، تنظیم دستگاه و راه‌اندازی مجدد دستگاه را کاهش داده است. علاوه بر این، در موارد بسته‌بندی نادرست، محصول به طور خودکار و بدون نیاز به توقف سامانه، رد می‌شود و موجب بهبود بهره‌وری می‌گردد.

در این موارد، حسگرها، اطلاعات شرایط فیزیکی را ارائه می‌کنند تا دستگاه قادر باشد حرکت فیزیکی خود را بر این اساس تنظیم کند. این حسگرها همچنین داده‌هایی را برای تعمیر و نگهداری پیشگیرانه تهیه و منتشر می‌کنند.

books4smes.com

سایر فعالیت‌ها

در فناوری انتخاب اقلام به روش بصری[1] از واقعیت افزوده استفاده می‌شود. دیدن اشیاء فیزیکی با اطلاعات اضافی بهبود می‌یابد و اطلاعات دیجیتالی در مورد اشیاء فیزیکی ارائه می‌شود. در این فناوری اغلب یک قابلیت رابط کاربری بلادرنگ بین اشیاء و دستگاه‌های دیجیتال فراهم می‌شود و ممکن است در عملیات انبارداری، بهینه‌سازی حمل‌ونقل، تحویل آخرین بخش توزیع، و خدمات ارزش افزوده پیشرفته مورد استفاده قرار گیرد.

اگرچه واقعیت افزوده و فناوری انتخاب اقلام به روش بصری در مراحل نسبتاً اولیه پیشرفت در لجستیک هستند، اما این فناوری می‌تواند مزایای قابل توجهی داشته باشد و کاربران را قادر سازد تا اشیاء را سریعتر و دقیق‌تر پیدا کنند، هزینه‌ها را کاهش داده و ناکارآمدی ابزارهای موجود را از بین ببرد. به عنوان مثال، DHL و Ricoh دستگاه‌هایی را در انبار هلند آزمایش کردند و افزایش ۲۵ درصدی کارایی در برداشتن اقلام در طول دوره آزمایش را مشاهده کردند. در این فرآیند بدون دخالت انسان، بدون نیاز به مستندات کاغذی، و با استفاده از تصویربرداری هوشمند موانع ارتباط کلامی با کارکنان را برداشته و ضمناً موجب کاهش زمان آموزش برای کارکنان جدید شده است. این فناوری نیاز به تفکیک انواع مختلف محصولات را کاهش داده و به شناسایی موقعیت دقیق یک مورد در میان اقلام مختلف کمک می‌کند. علاوه بر اینها بر ظرفیت چیدمان انبار و دریافت اقلام و بهره‌وری در انبارها تأثیر مثبت دارد.

نرم‌افزار تشخیص تصویری در این سامانه از قابلیت تصویربرداری خودکار استفاده می‌کند تا بررسی کند آیا کارکنان انبار به مکان مد نظر رسیده‌اند یا خیر، و سپس آنها را به قفسه مربوطه و دقیقا روی اقلام انبار شده راهنمایی می‌کند. در این صورت، کارکنان انبار می‌توانند موارد را تصویربرداری کرده و این فرآیند را به طور همزمان در سامانه مدیریت انبار ثبت و به روزرسانی موجودی را در زمان واقعی انجام دهند.

تقاضاهای پیچیده‌تر در مراکز توزیع، و طیف گسترده‌ای از اشیاء موجود، نیاز به راه‌حل‌های هوشمندتر و انعطاف‌پذیرتری را ایجاب می‌کند. در تجربیات دیگر از روبات‌های ویژه برای انجام امور مختلف انبارها و مراکز توزیع، به صورت مستقل و خودران، یا همراه با انسان استفاده می‌شود. در پی این تحولات و به طور معمول، از وسایل نقلیه با هدایت خودکار[2] و با بهره‌گیری از نشانگرها یا سایر راهنماهای ناوبری، برای حمل‌ونقل کالا در انبار استفاده می‌شود.

---

[1] Vision Picking
[2] Automated Guided Vehicles (AGVs)

فناوری‌های مجهز به حسگرهای پیشرفته، همراه با اتصال شبکه‌ای، روبات‌ها را قادر می‌سازند تا با محیط اطراف خود سازگار شده و حتی خطاهایی که ممکن است با آن‌ها مواجه شوند را تصحیح کنند. یک سابقه دیجیتالی از محیط فیزیکی را در خود ایجاد کرده و از آن برای تعریف نحوه حرکت در فضای انبار و خطوط تولید استفاده می‌کنند.

روبات‌های شرکت آمازون، که قبلاً به سامانه‌های Kiva شهرت داشتند، برای حرکت بین قفسه‌ها و بدون توجه به اندازه محصول و شکل اشیاء در قفسه‌ها طراحی شده‌اند. این روبات‌ها توسط یک رایانه مرکزی با استفاده از یک شبکه Wi-Fi ایمن کنترل می‌شوند. آنها از فناوری مادون قرمز برای تشخیص موانع و از دوربین برای خواندن کدهای QR روی زمین برای تعیین مکان و جهت، استفاده می‌کنند. روبات کلید موفقیت این انبارها نیست بلکه هوش مصنوعی در پس این سامانه‌ها کلید موفقیت این فناوری است. روبات‌ها می‌توانند یاد بگیرند، خود تنظیم شوند و منابع جمع‌آوری و اشتراک داده‌ها از سایر دسته‌های روبات‌ها و تجهیزات را برای عیب‌یابی مشکلاتی که ممکن است با آن‌ها مواجه شوند را در برنامه خود قرار دهند. آمازون از این روبات‌ها در مراکز توزیع خود استفاده می‌کند و به بهبود بهره‌وری و کارایی فرآیندها در انبارهای خود اذعان نموده است. تا نیمه دوم سال ۲۰۱۵، آمازون بیش از ۳۰۰۰۰ دستگاه از این روبات‌ها را در ۱۳ مرکز توزیع مستقر کرده بود. سامانه روباتیک آمازون کارکنان را به سمت اشیاء راهنمایی می‌کند، فرآیندهای چیدن را تسریع کرده و ضمناً انبارها را به طور هوشمند سازماندهی می‌کند.

اگر چه سامانه روباتیک آمازون اختصاصی است، اما امروزه فناوری‌های مشابه براساس سفارش دیگر شرکتها طراحی و به طور گسترده در دسترس قرار گرفته است. برخی از این روبات‌ها اقلام تکی را از قفسه بر می‌دارند و برخی دیگر ممکن است در کنار انسان کار کنند و اقلام را به کارکنان نشان دهند تا به صورت دستی جمع‌آوری شوند [10].

روبات‌های خودران در صورت نیاز برای وظایف مختلف طراحی می‌شود. هوش مصنوعی، آنها را در یک ساختار ذخیره‌سازی قابل تنظیم و متراکم هدایت می‌کند و در عین حال استفاده از هر روبات را به حداکثر می‌رساند. از روبات‌ها نه تنها برای کارهایی مانند حمل‌ونقل محصولات به یا از ذخیره‌سازی، بلکه برای جابجایی اقلام بین نقاط مختلف استفاده می‌شود.

نوآوری‌ها در برنامه‌ریزی تأمین و تخصیص بهینه منابع

از آنجا که فناوری‌های لجستیک نسل چهار، از طریق رایانش ابری اقدام به جمع‌آوری و تبادل داده‌ها می‌کنند، به راحتی می‌توان اشتراک بی‌درنگ اطلاعات در میان ذینفعان زنجیره تأمین را فعال نمود. در نتیجه، دقت تأمین و برنامه‌ریزی زمان تحویل به مشتریان را می‌توان به دلیل

books4sales.com

مشاهده بهتر میزان موجودی‌ها در مراکز توزیع بهبود بخشید. با تبادل اطلاعات بیشتر بین دستگاه‌های هوشمند، بهبود جریان داده و همگام‌سازی فعالیت‌ها، به‌روزرسانی وضعیت سفارش به ارائه‌دهندگان خدمات لجستیک و مشتریان، به ذینفعان زنجیره تأمین کمک می‌کند تا منابع را دقیق‌تر از گذشته تخصیص داده و کارایی زنجیره تأمین را به حداکثر برسانند. با این نوآوری‌ها، به‌خوبی می‌توان از فناوری‌های لجستیک نسل چهار برای بهینه‌سازی قیمت‌گذاری، حسابداری و صورت‌حساب هم استفاده کرد.

از منظر راه حل‌ها، فناوری‌های جدید با هدف رفع ناکارآمدی‌های لجستیک داخلی، باید به طور خاص و متناسب با مواد، فرآیندها و امکانات طراحی و سازماندهی شوند. این راه‌حل‌ها ممکن است با محوریت خودکارسازی باشند؛ با این حال، بهینه‌سازی لجستیک داخلی به نرم‌افزارهایی نیاز دارد که با سامانه‌های اجرایی در تولید ادغام و دو قابلیت کلیدی زیر را ارائه دهند [18]:

- کنترل موجودی: به منظور بهینه‌سازی لجستیک داخلی تولید، صرف نظر از هر فناوری دیگری که به کار گرفته شده، کنترل تمام موجودی از زمان دریافت تا ذخیره‌سازی و حمل‌ونقل ضروری است. با استفاده از ظرفیت نرم‌افزارهایی که در برنامه‌های کاربردی حمل‌ونقل مواد به اثبات رسیده، تولیدکنندگان می‌توانند از طریق فرآیندهای خودکار یا دستی به کنترل کامل، مثبت و شفاف موجودی برسند.
- جریان هوشیار مواد: بسیاری از چالش‌های مرتبط با لجستیک داخلی تولید مربوط به جابجایی مواد است. در حالی که بخشی از راه‌حل این چالش ممکن است خودکارسازی باشد، اما بسیاری از مسائل را می‌توان به سادگی از طریق نرم‌افزاری که کنترل هوشیار جریان مواد را بعهده دارد حل کرد. نرم‌افزار لجستیک داخلی تولید با سازماندهی جریان مواد برای حذف تراکم و در عین حال اولویت‌بندی جریان‌ها بر اساس تقاضا، حرکات غیرضروری یا ناکارآمد را حذف می‌کند و بهره‌وری کارکنان و تجهیزات مرتبط با جابجایی مواد را نیز افزایش می‌دهد.

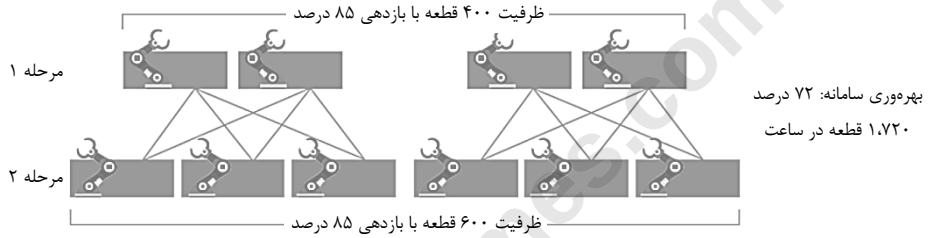
مدیریت ظرفیت حائل[1] یا میانی

فرآیند تولید معمولاً شامل چندین مرحله است که در آن قطعات فرعی یا اجزاء قبل از تولید نهایی در واحدهای مونتاژ یا برخی مراحل تولید به طور موقت ذخیره می‌شوند. این به ماشین‌ها اجازه می‌دهد تا برای از بین بردن تنگناهای ایجاد شده توسط کندترین ماشین‌ها، مرحله‌بندی دقیق و بهینه‌ای را انجام دهند. با این حال، بهینه‌سازی واقعی یک فرآیند تولید با واحدهای

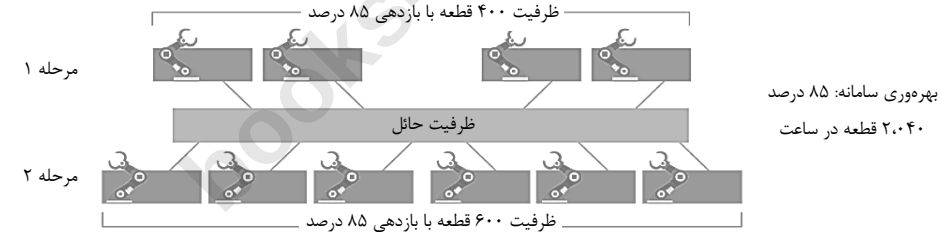
[1] Buffer

مستقل یا مبتنی بر سلول[1] به قابلیت مدیریت گردش قطعات در حال کار (بین واحدهای تولیدی) برای مدیریت موثرتر تولید در هر مرحله نیاز دارد.

به منظور ساده کردن ارائه موضوع به ناچار یک فرآیند تولید دو مرحله‌ای با توان عملیاتی مطلوب ۲۴۰۰ قطعه در ساعت را در نظر می‌گیریم. فرض کنید ظرفیت دستگاه‌های مرحله اول ۶۰۰ قطعه در ساعت و دستگاه‌های مرحله دوم ۴۰۰ قطعه در ساعت باشد. اگر همه دستگاه‌ها با بهره‌وری کامل کار کنند، در مرحله اول به چهار دستگاه و در مرحله دوم در این فرآیند تولیدی به شش دستگاه نیاز است. اما در عمل، بازده دستگاه‌ها به تفکیک معمولاً نزدیک به ۸۵ درصد است که براساس تجربیات مشابه، و با ترکیب آنها در دو مرحله اشاره شده، تقریباً به ۷۲ درصد خواهد رسید[2].



شکل: فرآیند تولید معمولی [18]



شکل: فرآیند هوشمند با ظرفیت حائل مدیریت شده [18]

[1] ساخت سلولی زمانی اتفاق می‌افتد که تجهیزات تولید با هم گروه‌بندی شوند تا برای تولید متوالی مجموعه‌ای از قطعات که ویژگی‌های مشابهی دارند استفاده شوند. از این مفهوم در عملیات تولید ناب، به عنوان بخشی از تلاش برای حذف ضایعات و تاخیرها در فرآیند تولید استفاده می‌شود.

[2] Overall Equipment Effectiveness (OEE)

استاندارد مهندسی برای اندازه‌گیری اثربخشی کلی تجهیزات یا بازدهی تجهیزات تولید است. به عبارت ساده با این استاندارد، درصد زمان تولید واقعی مشخص می‌شود. معیار صددرصد بازدهی به این معنی است که فقط قطعات خوب، در سریع‌ترین زمان ممکن، و بدون زمان توقف تولید می‌شوند. با اندازه‌گیری OEE و با توجه به زمان و ظرفیت، بینش مهمی در مورد چگونگی بهبود فرآیند تولید به روش مهندسی به دست خواهد آمد. این استاندارد بهترین معیار برای شناسایی تلفات، ظرفیت پیشرفت، و بهبود بهره‌وری تجهیزات تولید از جمله، حذف ضایعات است.

کاهش در بازده عملیاتی، برخی از صرفه‌جویی‌ها در هزینه که از طریق فرآیند تولید مبتنی بر سلول محقق می‌شود را خنثی می‌کند. اما برای مدیریت هوشمند تولید و بهبود بازده دستگاه‌ها، با استفاده از سامانه‌های هوشمند لجستیک داخلی، از مدیریت ظرفیت حائل بین مراحل تولید استفاده می‌شود.

تقریباً همه تولیدکننده‌ها مایل به تولید محصول بر اساس تقاضای واقعی بازار بجای تقاضای پیش‌بینی شده هستند. به تاخیر انداختن، این مهم را امکان‌پذیر می‌کند. در لجستیک داخلی تولید برای مرحله‌بندی برخی فعالیت‌ها قبل از تولید یا بسته‌بندی نهایی، و همچنین انعطاف‌پذیری بیشتر، از روش به تاخیر انداختن تولید نهایی تا زمان دریافت سفارش استفاده می‌شود. این روش می‌تواند تا حد زیادی ضایعات، دوباره‌کاری‌ها و افت قیمت‌ها را کاهش دهد و در عین حال تولید کننده را قادر به پاسخگویی به‌موقع به مشتریان خود می‌کند. در ادبیات تحول دیجیتالی در لجستیک داخلی تولید، به این تاخیر انداختن، ظرفیت حائل یا میانی گفته می‌شود. با مدیریت هوشمند ظرفیت حائل در خطوط تولید، عملا یک ظرفیت مدیریت شده مازاد و در حال انتظار بین مراحل تولیدی ایجاد می‌شود. مدیریت حائل در روش‌های معمولی مدیریت و لجستیک خطوط تولید بسیار ضعیف است و کارایی سامانه‌های جدید را ندارد. با استقرار سامانه‌های هوشمند لجستیک داخلی در پشتیبانی از خطوط تولید، این ظرفیت به خوبی مدیریت می‌شود و موجب افزایش قابل توجه بازده تولید می‌گردد.

در نتیجه، مدیریت بهتر حرکت و کنترل موجودی بین فرآیندهای مختلف تولید و ساخت از مزایای اصلی هوشمندسازی لجستیک داخلی تولید است. در بیشتر موارد، سرمایه‌گذاری در خطوط تولید، بدون پرداختن به لجستیک داخلی تولید، ممکن است موجب کاهش بازدهی شود.

استفاده از فناوری‌های جدید در لجستیک داخلی تولید با ویژگی‌های زیر موجب بهره‌وری و بهبود ظرفیت تولید خواهند شد:

- مدیریت هوشیار مواد و قطعات میانی مورد نیاز در خطوط تولید یا مونتاژ نهایی،
- هدایت ترکیب فناوری‌های انعطاف‌پذیر و خودکار مرتبط،
- کنترل هوشمند و موثر موجودی‌ها،
- بهینه‌سازی سطوح موجودی‌ها.

تولیدکننده‌هایی که از لجستیک هوشمند داخلی استفاده می‌کنند، با کاهش هزینه‌ها، افزایش توان عملیاتی و پاسخ سریع‌تر به تغییرات تقاضای بازار، مزیت رقابتی خوبی برای خود ایجاد کرده‌اند (430).

books4sme.com

نوآوری‌ها در سازماندهی[1] و کنترل خودران سامانه‌های لجستیکی

در چارچوب انقلاب صنعتی چهارم، و به دلیل پیوند موثر و کارآمد فرآیندهای زیرمجموعه‌های لجستیکی، تصمیم‌گیری‌های منعطف و توزیع شده در زمینه پیکربندی سامانه‌های لجستیکی، به معنای خودسازمان‌دهی، به طور فزاینده‌ای اهمیت پیدا کرده است. اصطلاح «خودسازماندهی» تقریباً تمام رشته‌های علمی را از اوایل دهه ۱۹۶۰ به خود مشغول کرده است. هدف اصلی آن، نظم‌دهی خودکار در سامانه‌های پویا، بدون نیاز به تعادل یا موازنه است [19].

سامانه‌های خودسازمانده همیشه پویا و پیچیده هستند. همه آنها بر وجود روابط متقابل متعدد بین عناصر خودشان و محیط دلالت دارند. این روابط متقابل باعث پیچیدگی سامانه‌ها می‌شود و با استفاده از الگوریتم‌های خودسازماندهی کار می‌کنند.

براساس استاندارد SFB 637 ، کنترل مستقل یا خودران به صورت بین رشته‌ای و به عنوان فرآیندهای تصمیم‌گیری غیرمتمرکز در ساختارهای غیر سلسله مراتبی تعریف می‌شود. این نشان می‌دهد که عناصر متقابل در سامانه‌های غیر قطعی، توانایی و امکان تصمیم‌گیری مستقل را نیز دارند. هدف از کاربرد کنترل مستقل یا خودران، استحکام بالاتر و ظهور موثر سامانه کلی با مدیریت توزیع شده و انعطاف‌پذیری پویا و پیچیده است. براساس یک نظریه، سامانه‌های لجستیکی کنترل‌شده خودران، به تعامل با عناصر لجستیکی ناهمگن که توانایی و امکان تصمیم‌گیری مستقل برای دستیابی به اهداف لجستیکی خاص را دارند، نیازمند هستند.

مفهوم خود سازماندهی اغلب در علم به عنوان نقطه مقابل مرکزیت در سازماندهی و ساختار سلسله مراتبی شناخته می‌شود و نحوه ایجاد نظم از درون در سامانه را توصیف می‌کند. در سطح زیرسامانه، خودسازماندهی در سازگاری یک سامانه با تغییر شرایط خارجی منعکس می‌شود.

اما کنترل مستقل یا خودمختار به طور کلی توانایی یک سامانه برای پیکربندی با ابزار خودی است. بنابراین، هدف کنترل خودمختار یا خودران، تصمیم‌گیری غیرمتمرکز است [13].

در حالی که کنترل خودمختار در سطح اجزای سامانه است، اما پدیده خودسازماندهی در سطح سامانه‌ها با گسترش جهانی و با شدت بیشتری مشاهده می‌شود. علاوه بر این‌ها، در حالی که تمرکز رویکرد کنترل خودمختار بیشتر بر فرآیندهای مستقر در سامانه‌های فنی در سطح اجرایی یا انبارها و مراکز توزیع و به ازای هر سفارش است، اما رویکرد خودسازماندهی بیشتر بر سازمانهای انسانی یا شرکت‌ها و یکپارچگی بین آنها تمرکز دارد.

[1] Self-Organization

اجزای لجستیک خودران که قادر به برقراری ارتباط بین یکدیگر هستند به «اشیاء هوشمند» تبدیل می‌شوند و به طور هوشمند با یکدیگر مرتبط هستند و می‌توانند به طور مستقل خود را به عنوان یک گروه سازگار و همکار بهینه کنند. در این صورت، توسعه بیشتر آنها منجر به شکل‌گیری یک سامانه لجستیک سازمان یافته غیرمتمرکز با ادغام کامل بین دنیای فیزیکی و مجازی می‌شود.

فرآیندهای مبتنی بر مفهوم خود سازمان‌دهی و خودمختار با «اشیاء هوشمند» به هم پیوسته، برای پردازش مستقل داده‌ها در هر گروه فرآیندی، مانند خرید، پیش‌تولید، تولید، و همچنین انبار و حمل‌ونقل بازطراحی می‌شوند. به این ترتیب این فرآیندها می‌توانند به طور مستقل داده‌ها را تجزیه و تحلیل و به اشتراک بگذارند و همچنین در مورد میزان تولید و خرید تصمیم‌گیری کنند. در نتیجه، کارکنانی که به عنوان مثال در بخش خرید کار می‌کنند، با داده‌ها در حالت تقریباً لحظه‌ای پشتیبانی می‌شوند و کارکنان در بخش‌های مختلف داده‌های یکسانی خواهند داشت.

در «زنجیره تأمین تطبیقی[1] با جریان اطلاعات خودران»، سفارشات مشتری به عنوان محرکی برای محاسبه جدید میزان تولید در نظر گرفته شده و این منجر به محاسبات قبل از تولید و در نتیجه باعث سفارش خرید جدید می‌گردد. بنابراین همه بخش‌ها داده‌ها را به طور همزمان دریافت می‌کنند و کل زنجیره تأمین قادر خواهد بود خود را با سفارشات جدید مشتری در مدت زمانی کوتاه تطبیق دهد.

علیرغم مخاطرات و هزینه‌های بالا در اجرای زنجیره‌های تأمین خودسازمانده و تطبیقی، مزایای متعدد آن را می‌توان به دو دسته عملیاتی و راهبردی به شرح زیر تقسیم کرد [10]:

- مزایای عملیاتی: کاهش هزینه‌های لجستیک، کاهش هزینه‌های عملیاتی، بهبود کنترل موجودی، و افزایش گردش موجودی.
- مزایای راهبردی: ایجاد مزیت رقابتی، بهبود روابط با مشتری، و بهبود روابط با تأمین کننده.

کنترل غیر متمرکز در فرآیندهای لجستیک داخلی

سامانه لجستیک داخلی پیشرفته شامل انواع مختلف تجهیزات از جمله پالت‌ها و کشنده‌های خودران به‌اضافه وسایل نقلیه هدایت‌شونده خودکار (AGV) و سامانه نقاله بهم پیوسته هوشمند و غیرمتمرکز است. مسیریابی و ناوبری وسایل هدایت شونده بر اساس مسیرهای خطوط نوری یا

[1] Adaptive Supply Chain

books4sales.com

حسگرهای لیزری دوبعدی است. سامانه نوار نقاله ماژولار و غیرمتمرکز از نوع FlexConveyor دارای قابلیت تنظیمات هوشمند و مسیریابی خودکار است. قطعات یک سامانه نوار نقاله، از طریق واحدهای کنترل غیرمتمرکز در هر قطعه، با قابلیت اتصال و اجرا[1] توسط کاربر با خطوط نوار نقاله مستقر شده ترکیب شده و یک محیط کاملاً یکپارچه فیزیکی سایبری تشکیل می‌دهند.

با این تجهیزات، سامانه لجستیک داخلی به صورت خودران، غیرمتمرکز و قابل تغییر، متشکل از ظروف حاوی اقلام انبار، تجهیزات هوشمند، سامانه نوار نقاله با کنترل غیرمتمرکز، و عوامل نرم‌افزاری مربوطه دارای کارایی هوشیارانه است.

بر اساس رویکرد سامانه چندعاملی، زیرساخت موجود به حسگرهای بیشتر و همچنین قابلیت‌های رایانه‌ای و پردازش اطلاعات برای فعال کردن روش‌های کنترل غیرمتمرکز مجهز می‌شود. علاوه بر استفاده بهینه و ترکیبی از سامانه‌ها و تجهیزات نام برده شده، همکاری انسان و دیگر سامانه‌های فنی در فرآیندهای تأمین مواد و همچنین فرآیندهای تصمیم‌گیری در سامانه لجستیک فیزیکی سایبری از دیگر ابعاد سامانه‌های پیچیده لجستیک داخلی خواهند بود [19].

استفاده از رویکرد متمرکز برای جمع‌آوری داده‌های پراکنده و متراکم، در برخی مواقع بسیار کند و پرهزینه است. با توجه به برخی مشکلات ارتباطی، تجهیزات مورد نیاز و هزینه‌های ارتباطی بالا در این رویکرد، بهتر است برای جمع‌آوری داده‌های مراکز پراکنده و پر ترافیک (متراکم) در انبارها، از راه‌حل‌های توزیع شده و غیر متمرکز استفاده شود. رویکرد به‌کارگیری راه‌حل‌های توزیع شده و غیر متمرکز علاوه بر مزایای اشاره شده در بالا، ممکن است حداقل دو ویژگی بالقوه دیگر هم به‌همراه داشته باشند:

- استفاده از فناوری داده‌کاوی[2] که ممکن است با ارائه اطلاعات مفید به گروه به بهبود سامانه کمک کند.
- استفاده روبات‌های خودران از اطلاعات توزیع شده برای بهینه‌سازی و اصلاح عملکردها. به‌عنوان مثال، روبات‌های خودران، از اطلاعات نقاط مسدود شده در یک انبار، برای تطبیق برنامه‌ریزی مسیرها در زمان واقعی و به منظور رفع محدودیت‌های پیش‌رو استفاده می‌کنند.

تحمل خطا: اگرچه اطلاعات ارائه شده در نتیجه داده‌کاوی به بهبود اثربخشی و کارایی سامانه لجستیک در کل کمک می‌کند، اما لازم است از الگوریتم‌های تحمل خطا هم استفاده شود. کارایی سامانه‌های توزیع شده بزرگ و پیچیده به شدت به رفتار صحیح اجزای آن و تصمیمات

[1] Plug-and-Play
[2] Data Mining

books4sries.com

اتخاذ شده بستگی دارد. فنون داده‌کاوی همراه با الگوریتم‌های تحمل خطا با درجه مشخصی از اختلال، ممکن است منجر به نتیجه‌گیری مبهم شوند. در این مواقع برای بالابردن تحمل خطا، پیام‌ها باید در دوره‌های ارتباطی مکرر ارسال شوند.

با کمک الگوریتم‌های تحمل خطا و دستورالعمل‌های عضویت مبتنی بر شایعات یا اپیدمی[1] خطاها را می‌توان شناسایی کرد تا اقدامات مناسب سریعتر اتخاذ شوند. از آنجا که تشخیص رفتارهای مختل کننده بدون دخالت انسان نقش مهمی در فرآیندهای لجستیک در آینده خواهند داشت، چنین الگوریتم‌هایی به گروه‌های همکار کمک می‌کند تا در صورت وجود خطا یا خرابی، عملکرد خود را حفظ کنند. به عنوان مثال، اگر یک بالابر هوشمند که نقطه‌ای از انبار را برای انجام وظایف خود پیش‌بینی کرده، به طور غیرمنتظره خراب شود، نقطه در نظر گرفته شده برای مدتی مسدود می‌شود. در این مواقع، چنانچه اشکال پیش آمده برای این بالابر توسط سایر بالابرهای هوشمند در گروه شناسایی شود، آن نقطه آزاد می‌شود و اطلاعات مربوط به بالابر معیوب به مهندسی خدمات و یا تعمیرات ارسال می‌گردد [4].

books4smes.com

[1] Gossip-Based Membership Protocols

پروتکل شایعات یا پروتکل اپیدمی یک رویه یا فرآیند ارتباط همتا به همتای رایانه‌ای است که براساس روش گسترش بیماری‌های همه گیر طراحی شده است. برخی سامانه‌های توزیع شده از شایعات همتا به همتا استفاده می‌کنند تا اطمینان حاصل کنند که داده‌ها در دسترس همه اعضای یک گروه قرار گرفته است.

books4smes.com

بخش سوم: فناوری‌ها و تجهیزات لجستیک نسل چهارم

books4smes.com

books4smes.com

فصل ۴: فناوری‌های پایه

در تمام عصرها به خصوص هنگام عبور از وضعیت موجود به وضعیت پیشرفته‌تر، شرکت‌ها با چالش‌های بزرگ توسعه راه‌حل‌ها و برنامه‌های کاربردی برای تأمین نیازهای خود مواجه هستند. هم اکنون نیز، شرکت‌ها در گذر ورود به انقلاب صنعتی چهارم و آماده شدن برای یک مبارزه و رقابت بزرگ دست و پا می‌زنند. ماندن در شرایط فعلی و سنتی منجر به عقب ماندن از رقبا و از دست دادن بازارها و در دراز مدت نابودی می‌شود. از سوی دیگر، در جذب و ادغام فناوری‌ها و سامانه‌های جدید علاوه بر سرمایه‌گذاری، به دانش روز و برنامه‌ریزی کاملاً فنی و تخصصی نیاز است.

بعد از تشریح نوآوری‌ها و ابتکار عمل‌های فراوان در عرصه لجستیک به‌خصوص لجستیک داخلی و لجستیک داخلی تولید، این فصل از کتاب، به معرفی فن‌آوری‌های اصلی یا پایه در صنعت نسل چهار در حوزه فعالیت‌ها و وظایف لجستیک و برخی کاربردهای برجسته در لجستیک اختصاص دارد. در فصل بعد به شناخت تجهیزات اختصاصی لجستیک داخلی، که در شرکت‌ها و در کنار خطوط تولید، انبارها و مراکز توزیع کاربرد دارند پرداخته می‌شود.

قبلاً در کتاب «صنعت نسل چهار در تولید» از همین مولف، شرح دقیقی از کلیه فناوری‌های اصلی که قرار است در اینجا توضیح داده شوند ارائه شد. اما در اینجا بیشتر به رویکرد کاربرد این فناوری‌ها در حوزه لجستیک پرداخته می‌شود. به همین دلیل توصیه می‌شود برای آشنایی دقیق‌تر با فناوری‌های اصلی به کتاب «انقلاب صنعتی چهارم در تولید» مراجعه شود. با این حال تلاش شده در اینجا ضمن معرفی مختصر، به کاربردهای این فناوری‌ها در حوزه لجستیک پرداخته شود.

books4cmes.com

اینترنت اشیاء

شاید بتوان گفت اینترنت اشیاء[1] اولین فناوری از نوع صنعت نسل چهار است که سالها قبل از ارائه رویکردهای انقلاب صنعتی نسل چهار پا به عرصه ظهور نهاد. به همین دلیل، در معرفی فناوری‌های اصلی، ابتدا به اینترنت اشیاء پرداخته می‌شود.

اینترنت اشیاء یک زیرساخت شبکه جامع به منظور اتصال اشیاء فیزیکی و سامانه‌های مجازی با استفاده از شبکه اینترنت است. در این سامانه از حسگرهای داخلی برای جمع‌آوری و ارسال داده‌ها استفاده می‌شود و در عین حال فعالیت‌هایی از قبل تعریف شده (به واسطه شبکه ارتباطی و بسته به ظرفیت‌ها و فناوری‌های نهفته در اشیاء)، در شبکه اینترنت اشیاء انجام می‌شود.

با یک نگاه اصولی و ابتدایی، سه ویژگی اصلی در اینترنت اشیاء عبارتند از زمینه استقرار، حضور در همه‌جا، و بهینه‌سازی:

- زمینه استقرار: به امکان تعامل پیشرفته اشیاء در یک محیط و به توانایی پاسخ فوری هنگام تغییرات مشخص اشاره دارد.
- حضور در همه جا: به ارائه اطلاعات مکان اشیاء و دسترسی، به اتکای گستردگی شبکه ارتباطی اشاره دارد.
- ویژگی بهینه‌سازی: این واقعیت را نشان می‌دهد که اشیاء امروزی چیزی بیش از اتصال موجودیت‌های انسانی به یک شبکه از نوع رایانه‌ای هستند. اتصال موجودیت‌های مختلف از جمله انسان، انواع موجودات زنده، اشیاء، محیط و عوارض طبیعی، ساختان‌ها، و بسیاری موجودیت‌های دیگر در یک شبکه، منجر به بهینه‌سازی رفتارها و تعاملات فی‌مابین فراتر از ذهن بشر و تجربیات موجود می‌گردد.

به دلیل گسترش فوق‌العاده ضریب نفوذ اینترنت اشیاء، شواهد و تجربیات نشان می‌دهد که صنعت لجستیک یکی از بهترین زمینه‌ها برای شکوفایی آن است. اتصال و ارتباط دارایی‌های مختلف در طول زنجیره تأمین، به منظور جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها، درک جدیدی از شبکه اینترنت اشیاء ارائه می‌دهد.

با مشاهده کاربرد فناوری‌های زیر در لجستیک، می‌توان ادعا نمود که صنعت لجستیک شاید در عمل اولین پذیرنده فناوری و شبکه اینترنت اشیاء باشد:

[1] Internet-of-Things (IoT)

- تصویربرداری‌های دستی با هدف دیجیتالی‌سازی فرآیندهای انبارداری، پردازش، و تحویل،
- نصب حسگرهای متعدد به منظور یکپارچه‌سازی محموله‌ها،
- ردیابی و مدیریت شبکه حمل‌ونقل،

موارد استفاده از اینترنت اشیاء در لجستیک را می‌توان در سه دسته اصلی، یعنی عملیات انبارداری، حمل‌ونقل بار و تحویل در آخرین بخش حمل و توزیع دسته‌بندی کرد.

یکی از نمونه های موفق کاربرد این فناوری در لجستیک، طرح پیشرفته انبار در DHL/Cisco می باشد که در آن تجسم داده‌های عملیاتی از طریق اینترنت اشیاء صورت می‌گیرد. با مشارکت Cisco و Conduce، شبکه پیشرفته اینترنت اشیاء در زنجیره تأمین DHL در سه انبار هوشمند در آلمان، هلند و لهستان برای بهبود کارایی عملیاتی و پایه‌گذاری روش‌های کاری ایمن‌تر رونمایی شد [5].

براساس راه‌حل پیاده‌سازی شده در DHL ، فعالیت‌های عملیاتی در زمان واقعی و از طریق تجسم گرافیکی داده‌های جمع‌آوری شده از طریق حسگرها و تصویربرداری و تجهیزات جابجایی اقلام و سامانه مدیریت انبار نظارت می‌شود.

از طریق ردیابی فعالیت‌های عملیاتی در زمان واقعی به جای گذشته‌نگر، داده‌ها را می‌توان واقعی‌تر تفسیر نمود تا فرآیندها و طراحی انبار برای بهبود کارایی عملیاتی و رفع نقاط کور احتمالی مهندسی مجدد شود. این راه‌حل، با ادغام اطلاعات از تمام عناصر موجود در محیط انبار، بینش جدیدی در مورد چگونگی عملکرد انبارها ارائه می‌دهد.

اینترنت اشیاء یکی از فناوری‌هایی است که استقلال و خودمختاری سامانه‌های لجستیک، به خصوص لجستیک داخلی شرکت‌ها را امکان‌پذیر می‌کند. سامانه‌های مستقل یا خودمختار باید توانایی درک شرایط محیطی، پردازش اطلاعات، شناسایی سایر سامانه‌ها یا اشیاء و برقراری ارتباط با محیط را داشته باشند. در این زمینه، اصطلاح سامانه‌های فیزیکی سایبری[1] برای توصیف ادغام مستمر فرآیندهای فیزیکی با فرآیندهای مجازی و رایانه‌ای معرفی شده است.

سامانه‌های فیزیکی سایبری یک کاربرد ملموس از اینترنت اشیاء در لجستیک می باشند که در بردارنده پردازنده‌ها، حسگرها و محرک‌های تعبیه‌شده هستند و با استفاده از ابزارهای ارتباطی، و دسترسی به شبکه‌های جهانی و انسان، شکل کاربردی و پیشرفته‌ای از خود نشان می‌دهند. برخی مواقع در اینترنت اشیاء، برای توصیف اشیاء فیزیکی که قادر به سنجش، پردازش داده، و ارتباطات مبتنی بر شبکه هستند، از اصطلاح اشیاء هوشمند استفاده می‌شود.

[1] Cyber-Physical System (CPS)

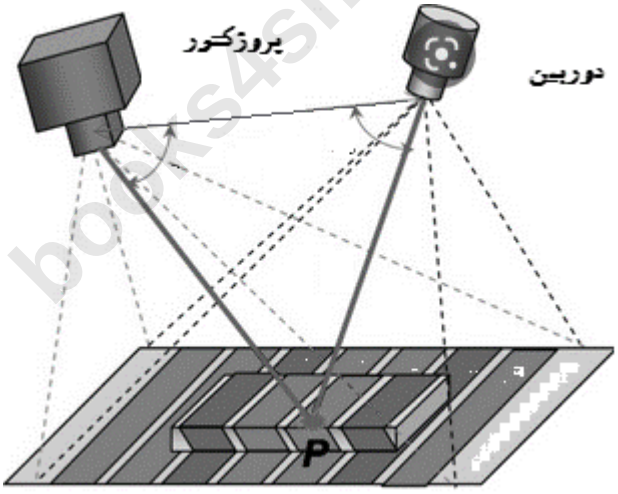
books4cmes.com

با توجه به مفاهیم و فناوری‌های اشاره شده، حسگر، محرک[1]، ارتباط ماشین به ماشین، ارتباط انسان به ماشین، و سخت‌افزارهای رایانه‌ای از جمله موضوعات رایج در سامانه‌های لجستیک داخلی خودمختار یا مستقل هستند [17].

حسگر[2] به عنوان پایه شناسایی

حسگرها به سامانه‌های مستقل اجازه می‌دهند تا محیط خود را درک کرده و داده‌های مربوطه را جمع‌آوری و پردازش کنند. برخی، حسگرها را به عنوان سامانه‌های فنی تعریف می‌کنند که مقادیر ورودی (شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی یا بیولوژیکی) را جمع‌آوری کرده و مقادیر خروجی پردازش و هدف‌گذاری شده را بر می‌گردانند. حسگرها ضمناً می‌توانند وظایف مختلفی مانند شناسایی، محلی‌سازی، ایمنی یا نظارت بر وضعیت را انجام دهند.

همانطور که قبلاً ذکر شد، یکی از توانایی‌های مهم سامانه‌های لجستیک داخلی خودران و مستقل، شناسایی محیط و اشیاء است. استاندارد DIN 6763 شناسایی را به عنوان تشخیص واضح و بدون ابهام اشیاء براساس ویژگی‌های خاص با دقت مشخص تعریف می‌کند [17].



books4sme.com

[1] Actuators
[2] Sensor

در زمینه شناسایی اشیاء، اطلاعات در خصوص عمق آنها را می‌توان توسط پرتوهای نوری ساخت‌یافته[۱] یا حسگرهای زمان پرواز[۲] ارائه کرد که ابرهای نقطه‌ای سه بعدی[۳] از اجسام را تولید می‌کنند. الگوریتم‌های پردازش تصویر به سامانه‌های مستقل اجازه می‌دهند تا ابرهای نقطه‌ای ثبت شده و تبدیل شده را پردازش کرده و الگوها، سطوح، یا خطوط ویژه اشیاء را شناسایی کنند.

این رویکردهای بینایی با رایانه یا ماشین، سامانه‌های لجستیک داخلی خودران را قادر می‌سازند تا کالاها، پالت‌ها یا سایر اشیاء را شناسایی و به طور مجازی منطبق با واقعیت، محیط آنها را درک کنند. علاوه بر شناسایی نوری، ضمناً از فن‌آوری‌های مبتنی بر امواج رادیویی و ارتباط میدان نزدیک[۴] در سامانه‌های لجستیک داخلی مستقل یا خودران به منظور شناسایی بدون تماس و بدون دید مستقیم استفاده می‌شود.

به تعیین موقعیت فیزیکی یک شیء با مختصات و جهت‌گیری دقیق، موقعیت‌یابی نیز گفته می‌شود. موقعیت‌یابی اساس ناوبری و حرکت در یک فضای معین است. برای آشنایی بیشتر با این مباحث، لازم است بین واژه‌های وضعیت موقعیت[۵] (مکان‌یابی و نقشه‌برداری همزمان[۶] ، مثلث‌بندی[۷] و غیره)، با رویکردهای موقعیت نسبی[۸] (از قبیل مسافت پیمایی، و غیره) تمایز قائل شد:

- وضعیت موقعیت، موقعیت نسبی یک شیء را نسبت به نشانگرها، نشانه‌های طبیعی یا فرستنده‌ها تخمین می‌زند. نشانگرها را می‌توان به صورت خطوط، توالی نقطه یا شبکه بر روی کف، دیوار، یا سقف نصب کرد. در موقعیت‌یابی مبتنی بر نشانگر، بین فناوری‌های

---

[1] Structured Light

نور ساخت‌یافته آنطور که در تصویربرداری‌های سه بعدی استفاده می‌شود، فرآیند تابش با الگوی شبکه‌ای یا میله‌های افقی است. هنگام برخورد پرتوهای نوری به سطوح اشیاء، و تغییر شکل آنها، سامانه‌های دوربین فعال در آنها عمق و اطلاعات سطح اشیاء را محاسبه می‌کنند.

[2] Time of-Flight (ToF)

اصل زمان پرواز براساس اندازه‌گیری زمان لازم برای حرکت موج از یک منبع (حسگر زمان پرواز) به یک جسم و بازگشت آن است. بر اساس این داده‌ها باضافه برخی اصول ریاضی و فیزیک (مانند انتشار امواج) فاصله اشیاء از منبع را می‌توان تعیین کرد.

[3] 3D Point Clouds of Objects

ابر نقطه‌ای مجموعه‌ای از نقاط داده با اشکال خاص در فضا است.

[4] Near Field Communication (NFC)

[5] Position Bearing

[۶] مکان‌یابی و نقشه‌برداری همزمان (SLAM) مشکل محاسباتی تهیه یا به روز رسانی نقشه یک محیط ناشناخته را حل کرده، ضمناً به طور همزمان موقعیت یک عامل را در آن ردیابی می‌کند.

[7] Triangulation

[8] Position-Coupling

books4sme.com

حسگر راهنما، مغناطیسی یا نوری تمایز قائل می‌شوند. علاوه بر نشانگرهای مصنوعی، از نشانه‌های طبیعی هم می‌توان برای موقعیت‌یابی یا وضعیت موقعیت استفاده کرد. از این نوع حسگرها برای موضوعات مکان‌یابی و نقشه‌برداری همزمان استفاده می‌شود. این کاربرد، زمانی رخ می‌دهد که سامانه‌های خودمختار یا خودران باید در محیط‌های ناشناخته بدون نقشه‌های موجود یا اطلاعات موقعیت‌یابی حرکت کنند. در این سناریوها، سامانه‌های خودران یا خودمختار در حین حرکت، از دوربین یا حسگرهای LiDAR برای تهیه نقشه محیط خود استفاده می‌کنند. با شروع از یک نقطه اولیه، سامانه به طور مدام محیط را نقشه‌برداری می‌کند و موقعیت خود را نسبت به نقشه‌های ایجاد شده و بر اساس نشانه‌های شناسایی شده تشخیص می‌دهد.

- موقعیت نسبی، موقعیت یک جسم را با ادغام پارامترهای اندازه‌گیری داخلی و جهت آنها مانند حرکت چرخ، سرعت و شتاب محاسبه می‌کند. در ناوبری، محاسبه موقعیت فعلی یک جسم متحرک با استفاده از موقعیت قبلی، و سپس ترکیب تخمین‌هایی از قبیل سرعت، جهت حرکت و مسیر سپری شده محاسبه می‌شود. پارامترهای مربوطه از طریق واحدهای اندازه‌گیری داخلی مانند حسگرهای چرخشی (سنجش کیلومتر، شتاب‌سنج و غیره) و حسگرهای انتقالی (شتاب‌سنج‌های زاویه‌ای اینرسی، و غیره) اندازه‌گیری می‌شوند [17].

حسگرها در دسته تجهیزات حفاظتی حساس قرار دارند. دستگاه‌های حفاظتی حساس، انسان‌ها یا اشیاء را در محدوده معینی از یک سامانه خودمختار شناسایی کرده و علائمی را به سامانه‌های کنترل ارسال می‌کنند. حسگرها و ضربه‌گیرهای لمسی، حسگرهای خازنی، حسگرهای اولتراسونیک و حسگرهای نوری نمونه‌هایی از دستگاه‌های حفاظتی حساس هستند.

امکان شناسایی انسان، به سامانه‌های مستقل اجازه می‌دهد تا حرکات خود را تنظیم کرده و از برخورد با آنها جلوگیری کنند. این سامانه‌ها با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشینی می‌توانند افراد را از اشیاء فیزیکی متمایز کرده تا بسته به موقعیت، واکنش‌ها و هشدارهای حساس‌تری را اعلام کنند [20].

books4sme.com

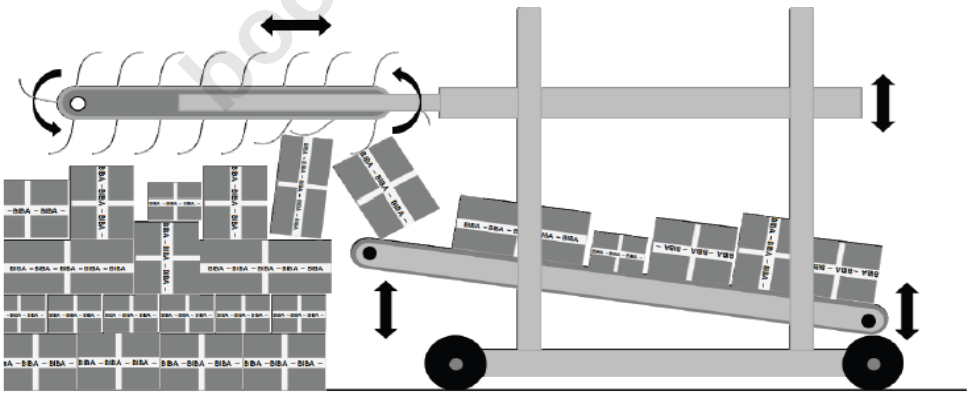
محرک[1]

یکی دیگر از فناوری‌های پر مصرف، محرک‌ها هستند که سامانه‌های لجستیک داخلی خودران به‌اتکای آنها در محیط‌های پویا حرکت می‌کنند و به طور فیزیکی بر محیط خود تأثیر می‌گذارند. فن‌آوری‌های رایج در محرک‌ها شامل محرک‌های الکتریکی، از قبیل ماشین‌های الکتریکی دوار و خطی، یاتاقان‌های مغناطیسی و کشش آهنربایی[2] می‌باشند.

علاوه بر محرک‌های الکتریکی، معمولاً از فن‌آوری‌های سیال مانند محرک‌های پنوماتیک یا هیدرولیک برای عملیات بالابر یا بالاکش استفاده می‌شود.

جریان مواد در یک سامانه لجستیک داخلی، از فعالیت‌های خط تولید تا توزیع کالا پیوند می‌خورد. جریان مواد اثر متقابل انواع مختلف سامانه‌های نقاله، سایر سامانه‌های پیوسته و ناپیوسته، همراه با انواع مختلف محرک‌ها است. یک سامانه نوار نقاله در لجستیک نسل چهار، امکان جابجایی چند جهتی کالاها و اقلام انبار را فراهم می‌کند [17].

در فناوری‌های گرفتن اشیاء و اقلام انبار، به فنون مختلف شناسایی و مکانیکی نیاز است. در این عملیات، تجهیزات خاص، با استفاده از ترکیبی از نیرو و شکل بسته یا جعبه، کالا را به طور ایمن برداشته و نگه می‌دارد. سامانه‌ها باید به گونه‌ای منعطف به ویژگی‌ها و موقعیت‌های مختلف اقلام واکنش نشان دهند. یکی از تجهیزات بسیار مفید در لجستیک داخلی چیزی شبیه جانور هشت‌پا می‌باشد که با الهام از طبیعت ساخته شده، و برای تخلیه خودکار کالا از کانتینرها استفاده می‌شوند.



[1] Actuators
[2] Tension Magnets

تأمین انرژی برای انجام وظایف تعیین شده در لجستیک داخلی خودران و مستقل، نیز به نوبه خود یک چالش است. یک راه حل رایج برای تأمین انرژی استفاده از فناوری‌های انفعالی یا القایی و خودتأمین است [21].

در نتیجه و به‌عنوان جمع‌بندی، انواع فناوری‌های اشاره شده در بالا، همراه با کلید واژه‌های جستجو و آشنایی دقیق‌تر با نمونه‌های کاربردی آنها در جدول زیر ارائه شده است.

جدول: فناوری‌های پایه برای سامانه‌های لجستیک داخلی خودران یا مستقل [17]

حسگر	دسته بندی	مثال
شناسایی	نوری	1D/2D code, camera
	رادیویی	RFID, NFC
موقعیت‌یابی	نشانگر	Inductive, magnetic or optical sensors
	نشانه‌طبیعی	Ultrasonic, camera or laser sensors
	رادیویی	GPS, cellular, WLAN, Bluetooth, UWB, RFID, LPWAN
	داخلی	Odometer, accelerometer, inertial sensors, incremental Encoders
ایمنی	لمسی	Touch sensors, bumpers
	نوری	Light barriers, infrared, laser, camera
	غیره	Induction loops, capacitive sensors
وضعیت	حسگرهای وضعیت	Load, force, torque, vibration, energy consumption sensors

محرک ها	دسته بندی	مثال
حرکت و جابجایی	برقی	Rotating/linear electrical machines, synchronous machine, magnetic bearings, tension magnets, linear motors
	فناوری مایع	Pneumatics, hydraulics, vacuum technology
	مکانیکی	Mechanical manipulators

books4smes.com

ارتباطات	دسته بندی	مثال
ماشین با ماشین	Fieldbus	PROFIBUS, CAN, ASI, InterBus-S
	Industrial Ethernet	Profinet, Ethernet/IP, EtherCAT, Powerlink
	رادیویی	Bluetooth, WLAN, ZigBee, SigFox, LPWAN, LoRaWAN, NB-IoT, cellular
انسان با ماشین	دیداری / نوری	Smart glasses, displays, projectors, lights
	صوتی / انعکاس صوت	Speakers, microphones
	حرکتی و اشاره	دوربین

سخت‌افزار رایانه‌ای	دسته‌بندی	مثال
پردازش اطلاعات	پردازش	PLC, microcontrollers, industrial PCs

سامانه‌های فیزیکی سایبری

سامانه‌های فیزیکی سایبری در قلب صنعت نسل چهار قرار دارند و دنیای فیزیکی و مجازی را با هم ترکیب می‌کنند. با این ترکیب، یک دنیای کاملاً شبکه‌ای ساخته می‌شود که در آن اشیاء هوشمند قادر به تعامل و ارتباط با یکدیگر هستند.

یک سامانه فیزیکی سایبری می‌تواند ترکیبی از سامانه‌های مختلف مانند تجهیزات، وسایل حمل‌ونقل و ساختمان‌ها و ضمناً فرآیندهای مدیریت، لجستیک، هماهنگی و خدمات بر بستر اینترنت باشد. با کمک حسگرهای مختلف تعبیه شده، سامانه فیزیکی سایبری می‌تواند مستقیماً داده‌ها را جمع‌آوری، پردازش و ارزیابی کند. این سامانه‌ها، به واسطه محرک‌ها و ارتباطات شبکه‌ای، به تغییرات واکنش نشان می‌دهند و با سایر سامانه‌ها تعامل برقرار می‌کنند. اگرچه سامانه فیزیکی سایبری اساس انقلاب صنعتی چهارم را تشکیل می‌دهد، اما اجرای آنها در صنعت لجستیک هنوز در ابتدای راه است و با توجه به ظرفیت‌ها و مفاهیمی که از این سامانه ارائه شده، مسیر بسیار طولانی پیش‌رو دارند [5].

به اتکای سامانه‌های فیزیکی سایبری و ترکیب آن با فناوری اینترنت اشیاء، خدمات لجستیک نسل چهار تحت عناوین «لجستیک بر حسب تقاضا»، «لجستیک به عنوان یک خدمت» و «بازارگاه‌های لجستیک» طراحی می‌شوند [11].

books4sme.com

به طور کلی، تجهیزات و وسایل لجستیک، وضعیت و مکان فعلی خود را شناسایی و با آنها ارتباط برقرار می‌کنند، مقصد خود را در زنجیره ارزش می شناسند، و فرآیندهای تولید و لجستیک مورد نیاز را به طور فعال ادغام و کنترل می‌کنند. بنابراین دیجیتالی شدن و پیوند متقابل شبکه‌های ارزش تا سطح میدانی از اهمیت حیاتی برخوردار است. به عنوان مثال، بخش خرید یک شرکت می‌تواند موجودی‌ها را از انبارهای خودی و همچنین در شبکه عرضه بی‌درنگ ردیابی کند تا تولید بدون وقفه به کار خود ادامه دهد. بنابراین میدان دید شرکت‌ها از مرزهای کارخانه و محدده داخلی شرکت، به کل شبکه ارزش که شامل شرکت‌های همکار و تمام فرآیندها از مهندسی، منبع‌یابی، تولید تا تحویل محصول نهایی به مشتری است، تغییر خواهد کرد. در این زنجیره ارزش پویا، از روش‌ها و فرآیندهای جدید در رابطه با استفاده از داده‌های عظیم[1] برای شناسایی نیازهای مشتری، تعمیر و نگهداری پیشگیرانه ماشین‌آلات، استفاده از اصول نوآوری باز و مهندسی مشارکتی برای تولید محصولاتی که نیازهای مشتری را برآورده می‌کنند، و روش‌های جدید نحوه طراحی و سازمان‌دهی زنجیره‌های ارزش غیرمتمرکز و کنترل شده، و همچنین هزینه‌ها و درآمدها به خوبی استفاده می‌شود [19].

سامانه‌های فیزیکی سایبری در لجستیک داخلی

سامانه‌های مخصوص جریان مواد با کنترل متمرکز امروزی به نیازهای آتی محصولات سفارشی، کاهش تعداد سفارشات تا یک واحد، و بازارهای فروش و تدارکات ناپایدار پاسخگو نخواهند بود. سامانه‌های موجود به معماری‌های کنترل‌کننده پیچیده و متمرکزی متکی هستند که نه انعطاف‌پذیر و نه قابل تغییر هستند. سامانه‌های تولید قابل تغییر و رویکردهای کنترل مرسوم مبتنی بر فرآیندهای از پیش تعریف شده منجر به افزایش بیش از حد در پیچیدگی و تلاش برنامه‌نویسی مستمر در واحدهای کنترل متمرکز خواهند شد. علاوه بر این، تعداد اندک تولید تا حد یک واحد، منجر به افزایش تعداد سفارش‌های حمل‌ونقل و سایر مراحل لجستیکی می‌شوند که باید پردازش شوند. در نتیجه، سامانه‌های کنترل این فرآیندها، پیچیدگی بالایی پیدا می‌کنند.

مفاهیم جدید در کنترل غیرمتمرکز برای سامانه‌های جریان مواد خودکار همراه با تئوری‌های اینترنت اشیاء، قابلیت‌های زیادی برای حل نقاط ضعف ذکر شده در سامانه‌های کنترل متمرکز دارند. در لجستیک مدرن، کالاهایی که باید حمل شوند، با استفاده از قطعات قابل برنامه‌ریزی نوار نقاله به طور مستقل از مراحل لجستیکی عبور می‌کنند و مواد، قطعات، یا کالاها را به دیگر

[1] Big Data

ابزارهای خودکار و خودران تحویل می‌دهند و تمام مراحل بدون دخالت دست انسان و با دقت تا مقصدهای داخلی در خطوط تولید یا مقاصد بیرونی طی می‌شوند. با حذف سامانه‌های خودکار فعلی و رایانه‌های کنترل متمرکز جریان مواد، پیچیدگی سامانه‌ها را می‌توان کاهش داد و در عین حال تطبیق‌پذیری و پاسخگویی سامانه‌ها را به‌شدت بهبود داد.

علاوه بر اینها، حل مشکلات ناشی از وقفه‌ها و گلوگاه‌ها، با برنامه‌ریزی مجدد خودکار و برنامه‌ریزی مجدد فرآیندها و مسیرهای حمل‌ونقل، در حال تبدیل شدن به عملکردهای ذاتی سامانه‌های جریان مواد می‌شوند. سامانه‌های چند عاملی[1]، یا «خود سازمانده» که از چندین عامل هوشمند در حال تعامل تشکیل شده‌اند، و وظایف خاص را بر اساس الگوهای رفتاری از قبل تعریف شده حل می‌کنند، رایج‌ترین فناوری پایه در کنار سایر مدل‌های آنالوگ طبیعی برای تحقق اهداف سامانه‌های کنترل جریان مواد غیرمتمرکز هستند [19].

سامانه‌های چند عاملی می‌توانند مسائلی را حل کنند که حل آنها برای یک عامل منفرد یا یک سامانه یکپارچه متمرکز دشوار یا غیرممکن است. عوامل در یک سامانه چند عاملی، غیر از نرم‌افزارها ممکن است شامل روبات‌ها، انسان یا تیم‌های انسانی باشند. یک سامانه چند عاملی ممکن است از ترکیب انسان و سایر عوامل شکل گرفته باشد.

برای مثال، هر ماژول نوار نقاله بسته به وضعیت فعلی و شرایط سامانه لجستیک، از یک یا چند عوامل برای پردازش پویای وظایف مختلف مانند مدیریت سفارش، تخصیص سفارش یا برنامه‌ریزی مسیر، استفاده می‌کند. علاوه بر این، این عوامل باید اهداف را برای مقابله با عناصر متضاد مدیریت کنند و باید به گونه‌ای طراحی شوند که کیفیت رفتار و تصمیمات آنها با در نظر گرفتن تصمیمات قبلی و رفتار سامانه به طور مستمر بهبود یابد.

بهبود مستمر، فعال، تکراری، و منطبق با سامانه‌ها و ساختارها همراه با قابلیت حل حوزه‌های موازی، از ویژگی‌های اصلی سامانه‌های مستقل است. بر اساس این قابلیت‌ها، اجزا و عملکردهای لجستیک وظایف پردازش اطلاعات، تصمیم‌گیری و اجرای تصمیمات اتخاذ شده را به طور مستقل و در یک محیط انجام می‌دهند.

با استفاده از این اصول، پیچیدگی پویا و ساختاری سامانه‌های لجستیکی افقی و عمودی با انبوهی از پیوندهای متقابل را می‌توان با مدیریت توزیع شده و اطلاعات محدود کنترل نمود.

به طور کلی، عملکردهای کنترلی که قبلاً در یک هرم خودکارسازی شده متمرکز و ساختار سلسله مراتبی دیده می‌شد، به یک سامانه جریان مواد غیر سلسله مراتبی متشکل از موجودیت‌ها یا عوامل همکار، هوشیار و مستقل در اینترنت اشیاء تبدیل می‌شوند. این موجودیت‌ها یا عوامل

[1] Multi-agent systems

books4sme.com

قادر به تماس با سایر سامانه‌های نقاله، عناصر حمل‌ونقل و خدمات هستند، و ضمناً قادر به تبادل و پردازش اطلاعات و در نهایت سازماندهی و کنترل جریان مواد به طور مستقل و به شیوه‌ای بهینه شده می‌باشند.

به عنوان نمونه واقعی برای معرفی سامانه‌های غیرمتمرکز، خودسازماندهی، یا چند عاملی و مستقل یا خودران در لجستیک داخلی شرکت‌ها، می‌توان به سامانه‌های نوار نقاله نوع Flex اشاره کرد که امکان پیکربندی مجدد سریع سامانه مطابق با الزامات اشاره شده در بالا در آنها فراهم شده است. توضیحات بیشتر در این خصوص در فصل تجهیزات لجستیک داخلی ارائه شده است.

رایانش ابری و تجزیه و تحلیل داده‌های عظیم

رایانش ابری به در دسترس بودن منابع رایانه‌ای، مانند ظرفیت ذخیره‌سازی داده یا قدرت پردازش در یک شبکه راه دور و بدون مدیریت مستقیم توسط کاربر، اشاره دارد. از فناوری رایانش ابری به‌طور گسترده در صنعت نسل چهار و بخصوص در لجستیک نسل چهار برای به اشتراک‌گذاری داده‌ها در مقیاس گسترده بین شرکت‌ها، بهبود عملکرد سامانه‌ها و کاهش هزینه‌ها استفاده می‌شود. به‌طور دقیق‌تر می‌توان گفت رایانش ابری هم به برنامه‌های کاربردی به عنوان خدمات از طریق اینترنت و هم به سخت‌افزار و نرم‌افزارهایی که از راه‌دور و برخط ارائه می‌دهند، اشاره دارد. رایانش ابری را می‌توان به شبکه‌های عمومی و خصوصی تقسیم‌بندی کرد. رایانش ابری از نوع عمومی برای استفاده‌های گسترده و در دسترس برای عموم مردم و سازمان‌ها طراحی می‌شود. در حالیکه یک ابر خصوصی به مرکز داده داخلی یک سازمان اطلاق می‌شود اما به اندازه کافی بزرگ هست تا از مزایای رایانش ابری که در بالا ذکر شد بهره‌مند گردد.

شرکت آلمانی Freightly که سامانه مدیریت لجستیک و حمل‌ونقل مبتنی بر رایانش ابری در زمان واقعی را ارائه می‌دهد، نمونه‌ای از لجستیک در شبکه رایانه ابری پیاده شده با ساختار عمومی است. این سامانه شامل تمام فرآیندهای لجستیکی، از منبع‌یابی و توزیع گرفته تا صدور صورت حساب، در یک راه حل مبتنی بر رایانش ابری و با هدف کاهش نوسانات زنجیره تأمین و تسهیل پیوستن به عصر دیجیتالی شدن می‌باشد. کلیه تصمیمات در فرآیند حمل‌ونقل توسط سامانه‌های مرکزی هوشمند، و به سرعت اتخاذ می‌شوند. در نمونه دیگر می‌توان به شرکت ClearMetal اشاره نمود که یک شرکت نرم‌افزاری خدمات زنجیره تأمین است و از علم داده به منظور ارائه کارایی فوق‌العاده در تجارت جهانی استفاده می‌کند. در خدمات این شرکت از الگوریتم‌های یادگیری ماشینی و تحلیل‌های هوشمند برای ارائه راه‌حل‌های پیش‌بینی در زنجیره تأمین و امکان تصمیم‌گیری مبتنی بر داده استفاده می‌شود. شفافیت، هشدارها و زمان

تخمینی ورود کالا از جمله ویژگی‌های این سامانه در بستر رایانش ابری در حوزه خدمات لجستیک است [5].

روبات‌های پیشرفته

روبات‌ها به عنوان یکی از اجزای اصلی انقلاب صنعتی سوم، از اواخر دهه ۱۹۶۰، پا به عرصه وجود گذاشتند. اما این فناوری در انقلاب صنعتی نسل چهار، هم در شکل و هم از نظر عملکردها پیشرفت چشمگیری داشته است. این پیشرفت‌ها به دلیل همگرایی چندین عامل رخ داده است:

- کاهش حدود ۲۰ درصدی هزینه‌های سخت‌افزار و نرم‌افزار در دهه گذشته، و از سوی دیگر بهبود عملکردهای این فناوری‌ها.
- تنوع و تحرک بیشتر در قابلیت‌های فنی، که موجب توانایی انجام کارهای پیچیده و ظریف‌تر و همچنین آزادانه‌تر شد.

برخی تجربیات موفق جهانی در خصوص استفاده از روبات در انبارها و لجستیک گزارش شده و برخی از آنها در جدول زیر جمع‌آوری و به نمایش گذاشته شده است [5].

نام روبات	شرکت سازنده	شرح عملکرد
Robo-Pick	SSI Schaefer	برای جمع‌آوری کاملاً خودکار اقلام انبار است و می‌تواند بدون دردسر در تجهیزات مخصوص ذخیره‌سازی اقلام انبارها ادغام شود. عملکرد آن تا ۲۴۰۰ واحد در ساعت است و با ترکیب پردازش تصویر سه بعدی و دو بعدی می‌تواند با اندازه‌ها و اشکال مختلف اقلام انبار کار کند.
Pick-it-Easy	KNAPP	از نرم‌افزار تشخیص و پردازش تصویر، برای شناسایی اقلام مورد نظر در جعبه‌ها و بسته‌بندی‌ها، و محاسبه نقطه چنگ‌زدن روی سطح آنها استفاده می‌کند. بهره‌وری این روبات مدام افزایش یافته و در عین حال کیفیت بالا را در مقایسه با عملکرد انسانی حفظ می‌کند. در انبارهایی که به عملکرد بالا و مستمر نیاز دارند، یک جایگزین واقعی به جای انسان است.
کامیون خودران بدون راننده	UPS and TuSimple	از ۲۰۱۹ به طور آزمایشی محموله‌هایی را بین فونیکس و توسان در آریزونا حمل می‌کند تا درک بهتری از الزامات

books4sme.com

وسایل نقلیه خودران سطح چهار در شبکه اختصاصی حاصل شود.

امروزه روبات‌های پیشرفته، در وسایل نقلیه خودران و هوشمند، به تحولات شگرفی دست یافته‌اند. این خودروها مجهز به حسگر، دوربین، رادار، رایانه و ... می باشند و از طریق دسترسی به خدمات رایانش ابری با محیط خود در ارتباط هستند. ضمناً هوش مصنوعی به منظور مدیریت تمام تصمیمات مورد نیاز برای هدایت این خودران‌ها و توانمندساختن آنها به تعامل بیشتر با سایر موجودیت‌های محیط، به طور مدام در حال پیشرفت است. روبات‌ها بسته به نوع طراحی آنها، ابعاد کالا، و ظرفیت، به راحتی جایگزین یک یا چند ایستگاه کاری دستی می‌شوند.

مانع اصلی کاربرد وسایل نقلیه بسیار پیشرفته خودران (بدون راننده) در فضای حرفه‌ای، موانع قانونی در کشورهای مختلف است. با این حال، آزمایش‌های متعددی برای آماده‌سازی این فناوری برای استفاده تجاری در زمانی که قانون اجازه می‌دهد، انجام شده و در حال پیشرفت است. استانداردهای سطح چهار انجمن مهندسین خودرو، به استقلال کاملی اشاره دارد که به یک مکان جغرافیایی خاص محدود می‌شود و هنوز نمی‌توان از آنها در مکان‌های عمومی وآزاد استفاده کرد. البته اعتقاد بر این است که آوردن وسایل نقلیه سطح چهار به جاده‌های عمومی گامی بزرگ در جهت بهبود قابلیت اطمینان و ایمنی کامیون‌ها است و به نوبه خود به نفع مصرف کننده، اقتصاد و جامعه خواهد بود.

چاپگرهای سه بعدی

تولید به روش افزودنی یا همان چاپگرهای سه‌بعدی، امروزه یکی از فناوری‌های در حال پیشرفت برای پس‌راندن روش‌های معمول در خطوط تولید و در نتیجه کاهش چشم‌گیر فعالیتهای زنجیره تأمین و لجستیک است. استفاده از چاپگرهای سه بعدی در نقطه مصرف و در کنار خطوط تولید، بهترین راه حل امروزی با تاثیرات فوق‌العاده در حوزه لجستیک است.

در بسیاری موارد پشتیبانی تولید از منابع بیرونی و همچنین حمل‌ونقل‌های حساس، با بکارگیری چاپگرهای سه‌بعدی از بین رفته است. با این تجربه، حمل‌ونقل و انبارداری، بخصوص در مورد قطعات حساس یا سنگین که هزینه حمل‌ونقل و آسیب‌های آنها ممکن است قابل جبران نباشد، به حداقل ممکن کاهش می‌یابد.

در نتیجه فناوری چاپگرهای سه بعدی نه تنها به عنوان یک فناوری تولید دارای مزایای قبل وصفی است، ضمناً به دلیل حذف بسیاری فعالیت‌های لجستیکی شناخته شده است. به همین

books4isres.com

دلیل اکنون در معیارهای انتخاب این فناوری، نه تنها به منافع آن در خطوط تولید دقت می‌شود بلکه مزایای لجستیک با این کاربردها نیز مورد توجه جدی قرار گرفته است.

واقعیت افزوده (AR) و واقعیت مجازی (VR)

یکی از برجسته‌ترین فناوری‌ها در صنعت نسل چهار، واقعیت افزوده است که از قابلیت‌های نمایشگر، صدا، متن و جلوه‌های تولید شده توسط رایانه استفاده می‌کند و تجربه کاربر در دنیای واقعی را از طریق تجهیزات پوشیدنی افزایش می‌دهد. در محیط‌های تولید و لجستیک، استفاده از نمایشگرهای نصب شده روی سر انسان برای پشتیبانی از کارکنان در کارهای روزمره آنها مورد استقبال شرکتها قرار گرفته است. امروزه شاهد تجربیات رو به رشد برنامه‌ها و قابلیت‌های مقیاس‌پذیر در این فناوری‌ها برای کمک به خطوط مونتاژ، آماده‌سازی سفارشات و نگهداری قطعات و دیگر فعالیت‌ها در دنیای واقعی هستیم. واقعیت افزوده نمایی از دنیای فیزیکی است، که در آن عناصر دنیای فیزیکی با ورودی‌های رایانه‌ای مانند صدا، تصویر، گرافیک، GPS و موارد دیگر تقویت می‌شوند. سامانه‌های واقعیت افزوده از سه جزء مشترک تشکیل شده‌اند [5]:

- ماخذ مکانی برای شیء مجازی، که مانند یک نشانگر بصری دیده می‌شود.
- یک سطح یا صفحه برای نمایش عناصر مجازی به کاربر،
- یک رایانه شخصی و یک نمایشگر مناسب برای پردازش گرافیک، پویانمایی و ادغام تصاویر.

اما در سطح بالاتر، محیط واقعی، واقعیت افزوده، و محیط مجازی سامانه واقعیت مجازی را شکل می‌دهند. فناوری واقعیت مجازی که از ابتدا در بازی‌های ویدیویی رایج شده بود، به سرعت برای استفاده در فعالیت‌های توزیع کالا و سایر فرآیندهای زنجیره‌های تأمین رشد کرد. شرکت DHL با همکاری شرکت Ricoh ، یک برنامه انتخاب بصری در انبارهای خود به کار گرفت که هنگام استفاده از عینک هوشمند موجب بهبود عملکرد ۲۵ درصدی در برداشتن اقلام سفارش شده گردید. دستگاه‌های هندزفری، قابلیت اتصال بلادرنگ دستگاه‌ها به سامانه مدیریت انبار را نیز فراهم می‌کنند.

books4sms.com

فناوری زنجیره بلوکی[1]

زنجیره بلوکی یک مفهوم نه چندان جدید است که در عرصه فناوری اطلاعات و ارتباطات، ذخیره‌سازی غیرمتمرکز و غیرقابل تغییر داده‌های تایید شده را ممکن می‌سازد و طی چند سال اخیر به طور فزاینده‌ای در حوزه لجستیک و زنجیره تأمین به کار گرفته شد. یکی از اهداف زنجیره بلوکی شفافیت است. از سوی دیگر، شفافیت در زنجیره تأمین یکی از مهم‌ترین و در عین حال سخت‌ترین زمینه در بهبود کارکردهای لجستیکی و مدیریت زنجیره تأمین است. برخی کارشناسان لجستیک زنجیره بلوکی را به عنوان سکوی نوسازی اقتصادی و تحول زنجیره تأمین می دانند.

زنجیره بلوکی سامانه‌ای است که تعاملات بین طرفین را به روشی ایمن و دائمی ثبت می‌کند. یک زنجیره بلوکی به طور اساسی یک پایگاه داده از سوابق (یعنی تمام تراکنش‌ها و رویدادهای دیجیتالی) است که بین طرف‌ها یا اعضای شبکه، توزیع و به اشتراک گذاشته می‌شود. هر تراکنش با اجماع اکثریت در سرتاسر شبکه تأیید و پس از آن دیگر قابل تغییر یا پاک شدن نیست [22].

زنجیره بلوکی در زنجیره تأمین و لجستیک، با تقویت فرآیندهای ناب، خودکار و بدون خطا می‌تواند به کاهش هزینه‌ها کمک کند و قابلیت دیده شدن و پیش‌بینی را به عملیات لجستیک اضافه کند تا منجر به تسریع جریان فیزیکی کالاها شود [5].

زنجیره بلوکی یک دفتر کل دیجیتالی توزیع شده از تراکنش‌ها است که به دلیل استفاده از روش‌های رمزنگاری قابل دستکاری نیست. با این وصف، فناوری زنجیره بلوکی دارای سه ویژگی مهم غیرمتمرکز، تایید شده و غیرقابل تغییر است.

غیرمتمرکز: این شبکه برای اعتمادسازی کامل، توسط اعضای آن و بدون اتکا به یک مرجع مرکزی یا زیرساخت متمرکز اداره می‌شود. برای افزودن تراکنش‌های جدید به دفتر کل، تراکنش باید در شبکه نظیر به نظیر زنجیره بلوکی به اشتراک گذاشته شود تا همه اعضا کپی محلی خود از تراکنش‌ها را در یک دفتر کل نگهداری کنند.

تایید شده: اعضا تراکنش‌ها را قبل از به اشتراک‌گذاری، با استفاده از رمزنگاری کلیدهای عمومی و خصوصی امضا می‌کنند. بنابراین، تنها صاحب کلید خصوصی می‌تواند تراکنش‌ها را مشاهده کند. از آنجا که کلیدها به هویت‌های دنیای واقعی مرتبط نیستند ، اعضا می‌توانند کاملاً ناشناس بمانند.

[1] Block Chain

غیرقابل تغییر: فرآیندهای زنجیره بلوکی به واسطه یک الگوریتم اجماع شده، تغییر ناپذیرند. به این شیوه که یک یا چند تراکنش با هم گروه‌بندی می‌شوند تا یک بلوک جدید را تشکیل دهند. سپس همه اعضای شبکه می‌توانند تراکنش‌های موجود در بلوک را تأیید کنند. در صورت عدم توافق بر سر اعتبار بلوک جدید، بلوک رد می‌شود. بلوک‌ها به هم وابستگی متقابل ایجاد می‌کنند و زنجیره بلاکی شکل می‌گیرد [4].

زنجیره بلوکی می‌تواند انتقال دارایی‌ها بین طرفین یک معامله را بدون نیاز به یک واسطه قابل اعتماد ثبت کند. این دارایی‌ها ممکن است کالا یا اسناد معتبر در شبکه زنجیره تأمین و لجستیک باشند.

علاوه بر ویژگی‌های اشاره شده، امکان استفاده از قراردادهای هوشمند احتمالا یکی از مهمترین کاربردهای زنجیره بلوکی در زنجیره تأمین و لجستیک است. یک قرارداد هوشمند در زنجیره بلوکی بنحوی طراحی می‌شود که پرداخت هزینه تنها پس از تایید شرکت حمل‌ونقل، عملیاتی می‌شود. در این روش تراکنش‌ها به صورت خودکار و در عین حال مستند و کنترل شده هستند [4].

به عنوان مثال شرکت ShipChain که یک شرکت نوپای دانش‌بنیان در حوزه لجستیک مبتنی بر زنجیره بلوکی است، سکوی خود را با شرکت لجستیکی اسکاندیناوی Scanlog یکپارچه کرد تا به ردیابی و ره‌گیری حمل‌ونقل این شرکت در سرتاسر شبکه لجستیک در کل جهان کمک کند. ویژگی قراردادهای هوشمند در زنجیره بلوکی ShipChain نیاز به شخص ثالث برای ایفای نقش واسطه بین شرکت Scanlog و مشتریان آن شرکت را حذف کرده است. قراردادهای دیجیتالی در چارچوب زنجیره بلوکی ذخیره می‌شوند تا برای همه ذینفعان غیرقابل تغییر و شفاف باشند.

استفاده از فناوری زنجیره بلوکی در لجستیک نیز می‌تواند در ردیابی محصولات از مبداء تولید تا مقصد نهایی مفید باشد. به عنوان مثال، DHL در اوایل سال ۲۰۱۸ با Accenture همکاری کرد تا ردیابی زنجیره تأمین دارو را از طریق استفاده از زنجیره بلوکی از کارخانه تا مصرف کننده نهایی آزمایش کند. این دو شرکت برای ردیابی داروها در سرتاسر زنجیره تأمین، از یک سامانه سریال‌سازی برپایه زنجیره بلوکی در شش منطقه جغرافیایی استفاده کردند. دفتر کل ردیابی در زنجیره بلوکی، این داروها را فقط با ذینفعان تعریف شده شامل تولیدکنندگان، بیمارستان‌ها، داروخانه‌ها، انبارها، توزیع‌کنندگان و پزشکان به اشتراک می‌گذارد. بنابر این به تضمین غیرتقلبی بودن داروها کمک فراوانی می‌کند. با ذخیره‌سازی ایمن داده‌ها در مکان‌های مشترک، مشتریان می‌توانند از وضعیت و صحت هر کالایی که خرید می‌کنند اطمینان حاصل نمایند.

books4sme.com

زنجیره بلوکی در لجستیک و مدیریت زنجیره تأمین

زنجیره بلوکی ظرفیت بسیار زیادی برای بهبود فرآیندها و ارتقای مدل‌های کسب‌وکار در لجستیک و مدیریت زنجیره تأمین به همراه دارد. در اینجا به چهار ایده اصلی از کاربردهای زنجیره بلوکی در لجستیک و مدیریت زنجیره تأمین اشاره می‌شود که در حال حاضر هم در تئوری و هم در عمل اثبات شده‌اند.

حذف فرآیندهای کاغذی: حمل‌ونقل کانتینری بین‌المللی هنوز در بردارنده تشریفات اداری زیاد همراه با هزینه و زمان است. در این شرایط، اسناد کاغذی حمل‌ونقل از جمله بارنامه مستعد دستکاری و تقلب یا از بین رفتن است. به عنوان مثال، حمل‌ونقل کالاهای یخچالی از شرق آفریقا به اروپا نیازمند مهر و موم و تاییدیه حدود ۳۰ نفر و سازمان است که باید بیش از ۲۰۰ بار با یکدیگر تعامل داشته باشند. در مجموع، هزینه پردازش کاغذهای مرتبط با تجارت بین ۱۵ تا ۵۰ درصد از هزینه‌های حمل‌ونقل فیزیکی را تشکیل می‌دهد. برای مقابله با چنین ناکارآمدی‌های فرآیندی، و ضمناً دیجیتالی کردن سوابق کاغذی، شرکت‌های IBM و Maersk در سال ۲۰۱۵ کار مشترکی را آغاز کردند. آنها در نهایت به یک راه‌حل معتبر با استفاده از زنجیره بلوکی به عنوان ابزاری برای اتصال شبکه جهانی گسترده شرکت‌های حمل‌کننده، وسایل نقلیه، بنادر و گمرکات دست یافتند.

شناسایی محصولات تقلبی: از دیرباز، داروهای تقلبی یک مشکل فزاینده برای زنجیره‌های تأمین دارویی بوده است. به ویژه داروهای گران‌قیمت و نوآورانه مانند داروهای درمان سرطان که بیشتر از سایر داروها در معرض تقلب هستند و داروخانه‌ها مایلند مطمئن شوند که «داروی درست و غیر تقلبی» را به مصرف کننده خود می‌رسانند.

صحت سنجی اقلام با ارزش اغلب به گواهی‌نامه‌های کاغذی وابسته است که ممکن است ناپدید شده یا دستکاری شوند. همین امر در مورد قطعات گرانبهای الماس، ساعت، کیف‌های دستی گران‌قیمت، یا هر کالای حساس و با ارزش دیگری نیز صدق می‌کند. برای حل این مشکل، شرکت نوپا و دانش بنیان Everledger یک رویکرد ابتکاری با استفاده از زنجیره بلوکی را در پیش گرفت که در آن ۴۰ نقطه داده را ثبت کرد و به طور منحصر به فردی هویت یک الماس خاص را در این شبکه شناسایی می‌کند. با استفاده از این سوابق که در زنجیره بلوکی در دسترس عموم قرار می‌گیرد، یک خریدار بالقوه می‌تواند به وضوح تشخیص دهد که آیا فروشنده مالک واقعی الماس است یا خیر. این شرکت قصد دارد سامانه تشخیص تقلب را به یک سکوی زنجیره بلوکی برای بسیاری از اقلام با ارزش، گسترش دهد.

books4sme.com

تضمین شناسایی مبداء کالا: در زنجیره تأمین مواد غذایی، شیوع ناگهانی بیماری‌ها ناشی از برخی مواد غذایی یک چالش برای تولید کننده و خرده فروش‌ها است. آنها باید یک دید کلی از اینکه مواد غذایی از کجا آمده و کدام محصولات دیگر نیز تحت تأثیر آنها قرار می‌گیرند داشته باشند. امروزه، ردیابی منبع آلودگی و بازگرداندن اعتماد مصرف کنندگان به ایمنی مواد غذایی ممکن است هفته‌ها طول بکشد. در نتیجه، این مدت طولانی، برای شبکه سلامت جامعه بسیار پرهزینه است.

برای تضمین شناسایی مبداء در زنجیره تأمین مواد غذایی، فروشگاه زنجیره‌ای والمارت در سال ۲۰۱۶ با همکاری شرکت IBM از زنجیره بلوکی برای تقویت سامانه‌های فناوری اطلاعات موجود بین شرکای زنجیره تأمین از طریق یک دفتر کل شفاف و فوق‌العاده استفاده کرد و توانست مسیر حرکت اقلام غذایی را دقیقا ردیابی کند. این کار مشترک نسبت به آزمایش‌های قبلی شرکت والمارت که شامل بارکدها یا فناوری شناسه خودکار بود و به پایگاه‌های داده مرکزی و اعتماد بین شرکت‌کنندگان نیاز داشت، بهبود قابل توجهی از خود نشان داد. در برخی از اولین آزمایش‌ها، والمارت و آی‌بی‌ام به صورت دیجیتالی جابجایی گوشت از کشتارگاه‌های کوچک چینی به فروشگاه‌های چینی، و حمل بین‌المللی، از آمریکای لاتین به فروشگاه‌های آمریکا را ردیابی کردند. در این طرح، داده‌هایی از جمله مزرعه مبداء، شماره دسته محصول، داده‌های کارخانه و فرآوری آنها، تاریخ انقضاء و جزئیات حمل‌ونقل روی زنجیره بلوکی نوشته شد و بلافاصله در دسترس همه اعضای شبکه قرار گرفت. با شیوع هر بیماری ناشی از مواد غذا، این داده‌ها والمارت را قادر می‌سازد تا منشاء آن را در عرض چند ثانیه شناسایی کند.

مدیران شرکت والمارت معتقدند در صورتی که علاوه بر اطلاعات اشاره شده، از اطلاعات مدت زمان ماندگاری محصولات هم به عنوان پارامتری برای بهینه‌سازی زنجیره تأمین استفاده کنند، زنجیره بلوکی می‌تواند ضایعات مواد غذایی را به شدت کاهش دهد.

ادغام در سامانه‌های اینترنت اشیاء: امروزه بیشتر اشیاء لجستیکی به حسگرهایی مجهز می‌شوند که داده‌ها را در طول زنجیره تأمین تولید و پردازش می‌کنند. اما نکته مهم این است که این داده‌ها در ثبت وضعیت یک محموله باید به روشی غیرقابل تغییر و در دسترس ذخیره شوند.

از آنجا که تبادل داده‌ها در اینترنت اشیاء، در بستر اینترنت رخ می‌دهد. ممکن است معماری فعلی اینترنت نتواند چنین حجمی از دستگاه‌ها و اشیاء متصل به شبکه و داده‌های آنها را مدیریت کند. فناوری زنجیره بلوکی راه حلی برای اتصال و مدیریت این شبکه‌ها و ایجاد اعتماد فراگیر بین کاربران خواهد بود.

books4sme.com

با توجه به گستردگی نجومی تعداد اشیاء در شبکه اینترنت اشیاء (وسایل نقلیه، محموله‌ها و غیره)، لجستیک ممکن است یکی از بهترین پذیرنده برنامه‌های کاربردی برای اینترنت اشیاء در ادغام با زنجیره بلوکی باشد. در اولین گام، شرکت‌های بزرگ در این زمینه شروع به کار کردند. به عنوان مثال، اخیراً والمارت حق امتیازی را دریافت کرد که هدف آن بهبود لجستیک در بخش آخر حمل و توزیع از طریق اتصال پهبادهای شبکه تحویل کالا به زنجیره بلوکی است. این فناوری به شرکتها امکان می‌دهد تا به طور مستقل با طرف‌های تجاری خود تعامل داشته باشند و از طریق قراردادهای هوشمند، هزینه‌ها و عوارض خودشان را بپردازند.

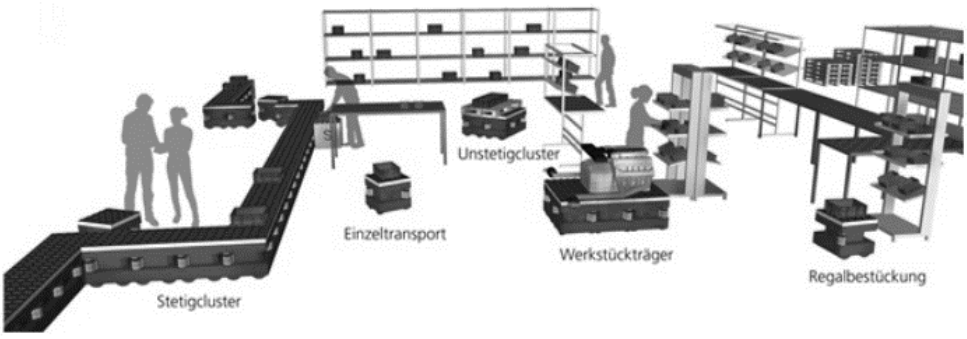
books4smes.com

فصل ۵: تجهیزات هوشمند در لجستیک داخلی

تعداد سامانه‌های جدید و پیشرفته در لجستیک داخلی و انبارها به طور مدام در حال افزایش است. این تجهیزات بیشتر به صورت کاملاً خودکار و هوشمند مدیریت و کنترل می‌شوند. اگرچه انسان هنوز در بیشتر موارد کنترل‌ها را در دست دارد، اما دیگر مجبور نیست بسیاری از فرآیندهای پیچیده را خود مدیریت کند. با این تحولات، شرکت‌ها می‌توانند از نیروی انسانی ارزشمند خود در جاهای دیگر و فعالیتهای با ارزش افزوده بیشتر که از عهده روبات‌ها و تجهیزات هوشمند بر نمی‌آید استفاده کنند.

در حال حاضر در لجستیک داخلی، اشکال مختلفی از سامانه‌ها و تجهیزات خودران و هوشمند وجود دارند که بسته به حوزه کاربردی از آنها استفاده می‌شود. در این فصل به یک نمای کلی از این تجهیزات و سامانه‌ها و ویژگی‌های آنها پرداخته می‌شود.

سامانه‌های خودکار و هوشمند در لجستیک داخلی شامل انواع تجهیزات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری است. برخی تجهیزات پایه ثابت دارند و برخی در محیط انبارها و محیط فعالیت خود در حرکت هستند. به همین دلیل، مفیدترین دسته‌بندی برای شناخت تجهیزات انبارداری و لجستیک داخلی، تقسیم آنها با تجهیزات ثابت و متحرک است.



تجهیزات ثابت در انبارداری و لجستیک داخلی

جرثقیل هوشمند

هر جرثقیل برای کار روی یک یا چند قفسه نزدیک نصب می‌شود. بازوها و ظرفیت جرثقیل‌ها بنا به نیاز و وضعیت قفسه‌ها و وزن و ابعاد اقلام در انبار طراحی می‌شوند. جرثقیل‌های هوشمند به تمام ردیف‌های قفسه‌ها دسترسی دارند و نسبت به دیگر گزینه‌ها قابلیت استفاده حداکثری از تراکم ذخیره‌سازی اقلام و استفاده بهتر از فضا را نیز دارند.

دستگاه هدایت شونده خودکار

دستگاه هدایت شونده خودکار اقلام انبار را از قفسه و محل نگهداری برداشته و جهت چیدن آنها روی پالت یا بسته‌بندی به یک همکار انسان می‌دهد. انواع هوشمند این روبات‌ها، خود اقدام به بسته‌بندی و چیدن اقلام با ابعاد مختلف می‌کنند. از این روبات‌ها در فرآیند ذخیره‌سازی اقلام، برداشتن اقلام و تحویل به خط تولید یا بسته‌بندی، یا اجرای کامل سفارشات از پردازش تا انتخاب اقلام و بسته‌بندی و تحویل به سامانه ارسال و توزیع استفاده می‌شود. با توجه به توسعه ظرفیت‌ها و قابلیت‌های هوش مصنوعی و سامانه‌های پیچیده چند عاملی، عملکرد این روبات‌ها نیز به نسبت بسیار پیچیده شده است.

نوار نقاله هوشمند و ماژولار

این نوارنقاله‌ها قابل برنامه‌ریزی و در نسل‌های جدیدتر، هوشمند و ماژولار هستند. بنحویکه هر قطعه جدید از آنها را بنا به نیاز به سامانه موجود اتصال و راه‌اندازی می‌کنند. تمام قطعات یک نوار نقاله به نوبه خود هوشمند و ماژولار هستند و قابل جایگزین‌شدن و انعطاف‌پذیر می‌باشند. این وسیله به عنوان یک سامانه بسیار پیچیده و هماهنگ با سایر تجهیزات ثابت یا متحرک در انبار، می‌تواند اقلام، جعبه‌ها، یا ظروف حاوی اقلام انبار را با محاسبه بهترین مسیر در همان انبار به مقصد برساند.

بسیاری از نوار یا تسمه نقاله‌ها در انبارها، از نوع کلاسیک هستند و با PLC برنامه‌ریزی و کنترل می‌شوند. اما در نوارنقاله‌های هوشمند موسوم به FlexConveyor قطعات هوشمند نوار نقاله با ویژگی نصب و اجرا[1] مانند یک سامانه یکپارچه به هم متصل می‌شوند. پس از اتصال به برق، ماژول‌ها بلافاصله آماده کار هستند. در این سامانه‌ها خرابی قطعات به طور خودکار تشخیص داده می‌شود و تا بازسازی بخش معیوب سامانه، از مسیرهای جایگزین استفاده می‌کنند.

[1] Plug & Play

books4sales.com

این سامانه با پیکربندی و کارکرد آسان، به تولیدکنندگان و مشتریان نهایی این امکان را می‌دهد تا به راحتی تنظیمات ماژول‌ها یا سامانه نوار نقاله را خود انجام دهند. به عنوان مثال بسته به طول نوار، زمان عبور کالاها یا قطعات به عنوان یک پارامتر از قبل تنظیم می‌شود.

انواع نوار نقاله‌های هوشمند:

نقاله غلطکی[1]: از این سامانه به ویژه برای حمل بارهای سنگین و واحد مانند جعبه‌های بزرگ، پالت، بشکه، و امثال اینها که امکان حرکت روی غلطک دارند استفاده می‌شود.

مزیت بزرگ این نوع نقاله‌های هوشمند، ماژولار بودن آنهاست که به صورت جداگانه در لجستیک داخلی می‌توان از آنها استفاده کرد. به این ترتیب، این سامانه‌ها به میزان نیاز، هر جا لازم باشد، گسترش یا کاهش می‌یابند. انعطاف‌پذیری این سامانه‌ها به گونه‌ای است که حتی در عبور از مسیرهای دارای موانع یا اختلاف ارتفاع یا منحنی مشکلی ندارند. این سامانه‌ها را می‌توان به لوازم جانبی و مورد نیاز مانند انواع حسگر، دوربین، وزن‌گیری و امثال اینها هم مجهز نمود.

تسمه نقاله[2]: تسمه نقاله تقریباً در تمام کارخانجات صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. کارایی کامل این وسیله رایج، در حمل‌ونقل کارتن، پالت، و ظروف بدون بسته‌بندی و بسته‌بندی شده در ابعاد و اشکال متنوع تجربه شده است. در شرایطی که محصولات یا کالاها به بخش خاصی منتقل می‌شوند، تسمه نقاله راه حلی عملی و پرکاربرد برای سالیان متمادی بوده است.

نوع هوشمند این سامانه ماژولار است و متناسب با محیط و شرایط مختلف طراحی و نصب می‌شود. این نقاله‌ها نه تنها در مسیرهای مستقیم، بلکه در مسیرهای پر پیچ و خم و منحنی، با درجه بالایی از ایمنی کارایی خود را اثبات نموده‌اند.

نقاله زنجیری[3]: نقاله زنجیری دارای یک یا چند زنجیر غلطکی برای حمل اقلام با ابعاد مختلف است. شبیه تسمه نقاله‌ها، اینها هم به لوازم جانبی مانند انواع حسگر، دوربین، وزن‌گیری و دستگاه‌های موقعیت‌یاب تجهیز می‌شوند. دقیقا مانند تسمه نقاله‌ها و نوارهای غلطکی، آنها را نیز می‌توان به صورت دلخواه و منطبق با شرایط محیطی طراحی و سازگار نمود.

نقاله عمودی[4]: نقاله عمودی برای غلبه بر اختلاف ارتفاع شدید در یک فضای کوچک طراحی می‌شود. این سامانه شامل یک قوای محرکه، یک کالسکه بالابر و یک دکل است. روی دکل، یک نوار نقاله وجود دارد که روی ریل‌هایی به سمت بالا یا پایین حرکت می‌کند. نقاله عمودی هوشمند را می‌توان با سایر سامانه‌های حمل‌ونقل داخلی، مانند تسمه نقاله یا نقاله غلطکی هماهنگ نمود.

[1] Roller Conveyor
[2] Belt Conveyor
[3] Chain Conveyor
[4] Vertical Conveyor

بالابرهای هوشمند

بالابرهای هوشمند با بهینه‌سازی فضای انبارها، شبیه روبات‌های خودکار، اما در مقیاس بزرگتری کار می‌کنند. نوعی از این بالابرها، یک راه حل عالی برای بهینه‌سازی زمان چیدن اقلام به‌ویژه در جمع‌آوری اقلام دسته‌ای است. علاوه بر این، با چرخش مناسب و ایجاد فضای ذخیره‌سازی کارآمد و بهینه از ارتفاع، فضای بیشتری برای ذخیره‌سازی اقلام در انبارها ایجاد می‌شود. نوع دیگری از این تجهیزات روی سقف قفسه‌ها نصب شده و از بالا و مشرف بر محیط کار می‌کند.

سامانه‌های مرتب‌سازی

این تجهیزات شبیه نوار نقاله، اما معمولاً با ظرفیت بالاتری طراحی می‌شوند و ظروف حاوی اقلام و قطعات را با سرعت بیشتری روی نوار نقاله جدا می‌کنند. از این تجهیزات معمولاً برای توزیع حجم بالای کارتن‌های کوچک و در مکان‌های مختلف استفاده می‌شود.

روبات‌های انبارداری چند محوره

این روبات‌ها برای کارکردهای مختلف و مخصوص پالت‌بندی اقلام، تخلیه پالت، بسته‌بندی، و اجرای فعالیت‌های مختلف اجرای سفارشات طراحی می‌شوند. معمولاً به طور خودکار اقلام و ظروف حاوی اقلام را با استفاده از بارکد یا برچسب‌های فعال با امواج رادیویی شناسایی و ردیابی می‌کنند.

برخی از این روبات‌ها چهار تا شش محوره می‌باشند. یکی از نمونه‌های پیشرفته آن به نام Toru ، قادر است اقلام را به طور خودکار از قفسه‌ها جمع‌آوری‌کند. این روبات به منظور شناسایی اشیاء، با حسگرهای لیزری محیط را اسکن کرده و طبق نقشه‌ای که خود تهیه می‌کند، فعالیت می‌کند. این روبات‌ها با روبات‌های دیگر فعال در انبار تعامل دارند و داده‌های خود را به اشتراک می‌گذارند. روبات انبارداری Toru به راحتی در انبارهای فعلی کار می‌کند. پس از تنظیم، به طور مستقل در کنار همکاران انسان فعالیت می‌کند و در فرآیندهای در حال اجرا ادغام شده و از طریق شبکه محلی ارتباطات و به سادگی، با سامانه مدیریت انبار ارتباط برقرار می‌کند. این وسیله هوشمند به لطف حسگرها، دوربین‌ها و سیستم عامل هوشمند به نامACROS ، محیط خود را می‌تواند به‌خوبی درک کرده و به طور مستقل به تغییرات واکنش نشان دهد و حتی از تجربیات خود درس بگیرد.

توزین هوشمند

از سامانه‌های توزین هوشمند در مواقع نیاز برای کنترل وزنی اقلام استفاده می‌شود. آنها اغلب در خطوط نوار نقاله و براساس معیارهای از قبل تعریف شده برای توزین خودکار قطعات و کالاهای در حال حرکت روی نقاله استفاده می‌شوند. این سامانه، در صورت مشاهده هرگونه انحراف وزنی در اقلام، عکس‌العمل مناسبی از خود نشان می‌دهد.

تجهیزات متحرک در انبارداری و لجستیک داخلی

سامانه‌های هدایت شونده هوشمند[1]

سامانه‌های هدایت شونده هوشمند با انعطاف‌پذیری و کارایی زیاد، یکی دیگر از خودران‌های هدایت شونده و هوشمند فعال در انبار و لجستیک داخلی است که در ارتباط با کالاهای مختلف و با هوشمندی کامل فعالیت می‌کند. از این سامانه‌ها برای حمل و جابجایی مواد، قطعات، و اقلام مختلف در خطوط تولید، فعالیت‌های مختلف انبارداری و ذخیره‌سازی یا برداشتن اقلام، در داخل و یا خارج از ساختمان‌ها استفاده می‌شود.

برخی از این سامانه‌های هوشمند موانع را تشخیص می‌دهند، اما امکان عبور از اطراف آن موانع را ندارند. نوع دیگری از این وسایل از طریق نقشه‌ای که خود از محیط گرفته‌اند، می‌توانند از اطراف موانع و احتمالا شناسایی بهترین مسیر، موانع را دور بزنند[2].

به عنوان نمونه دردنیای واقعی، Karis Pro یک وسیله نقلیه هدایت شونده خودکار بسیار انعطاف‌پذیر است. به دلیل ساختار ماژولار و کنترل غیرمتمرکز آن، به سخت‌افزار اضافی مانند یک رایانه اصلی یا مرکزی نیازی ندارد [4]. این سامانه، ترکیبی از مزایای سازگاری و کارایی در هزینه است. این وسیله هوشمند به طور مستقل حرکت می‌کند و ظروف حاوی قطعات، جعبه‌ها و پالت‌ها را به طور خودکار جابجا می‌کند. علاوه بر اینها، سامانه تغییرات را تشخیص می‌دهد و قادر است به طور مستقل به نیازهای جدید پاسخگو باشد.

برای اینکه رفتار مستقل Karis Pro به عنوان یک سامانه کامل قابل پیش‌بینی و قابل درک باشد، در آن از یک شبیه‌سازی محیطی استفاده می‌شود. این شبیه‌سازی از توسعه الگوریتم‌های کنترل غیرمتمرکز و برنامه‌ریزی عملیاتی در این سامانه پشتیبانی می‌کند.

یک چالش عمده در این سامانه، ایمنی عملکردی است. از یک سو، وسیله نقلیه هدایت شونده خودکار به اتکای توسعه مفاهیم سخت‌افزاری و نرم‌افزاری جدید باید جایگزین سامانه‌های ایمنی ثابت، مانند شبکه‌های مبتنی بر نور، تجهیزات توقف اضطراری و امثال اینها شود. از سوی دیگر، انواع خطرات جدید باید شناسایی شده و اقدامات حفاظتی مناسب انجام گیرد. اینها به ویژه خطراتی است که وقتی تجهیزات هوشمند به طور مستقل و در مجاورت انسان حرکت می‌کنند، رخ می‌دهند.

[1] Automated Guided Vehicles (AGV)
[2] Autonomous Mobile Robot (AMR)

books4sme.com

در این تجهیزات، که از نوع روبات‌های هوشمند هستند، ارتباط و کنترل بین موجودیت‌ها توسط یک معماری غیر متمرکز تحقق می‌یابد.

طراحی این سامانه‌ها که در حوزه جریان مواد توزیع شده بکار گرفته می‌شوند، متناسب با شرایط و نیاز جدید محیط، و عمدتاً بر محور مسائل فنی مربوط به کنترل و سازماندهی عواملی مانند پیشگیری از بن‌بست یا جنبه‌های ایمنی، تمرکز دارد.

یکی دیگر از انواع وسایل نقلیه هدایت شوند هوشمند، سامانه‌های حمل‌ونقل سلولی[1] مبتنی بر موجودیت‌های اختصاصی (سلولی) و ویژه برای جابجایی اقلام انبار است. این سلول‌ها از وسایل نقلیه حمل‌ونقل مستقل[2] یا ماژول‌های انتقال خودکار تشکیل شده‌اند. عملکردهای مختلف زیر در هر یک از این سلول‌ها اجرا شده که موجب تسهیل انواع رفتار تطبیقی، اجتماعی، و پیش‌بینی می‌شوند:

- ارتباط متقابل حسگرها،
- تحرک پیشرفته،
- ارتباطات بسیار قابل اعتماد،
- محلی‌سازی کنترل‌ها،
- مدیریت انرژی.

علاوه بر این، با ازدحام این روبات‌ها، آنها به طور هوشیارانه گروه‌بندی می‌شوند و با یکدیگر تعامل و همکاری می‌کنند تا وظایف پیچیده را با اتکا به ظرفیت جمعی حل و فصل نمایند [23].

استفاده از وسایل نقلیه حمل‌ونقل سلولی برای جاهایی توصیه می‌شود که انعطاف‌پذیری و تغییرپذیری مورد نیاز است. ضمناً از این وسایل، در جایی استفاده می‌شود که برنامه‌ریزی مطمئن و تضمین شده، یا خودکارسازی به دلیل عدم انعطاف‌پذیری مطلوب وجود ندارد.

این وسیله نقلیه هدایت شونده هوشمند، شامل یک سامانه ناوبری و یک واحد کنترل برای هماهنگی بین چندین وسیله نقلیه و نوار نقاله‌ها، و یک واحد ارتباطی است که برای انتقال داده‌ها بین تجهیزات جداگانه استفاده می‌شود. ضمناً تجهیزات ایمنی و هشدار دهنده یکپارچه برای جلوگیری از تصادفات عملیاتی بین خودروها هم از دیگر سامانه‌های فعال روی این خودران هوشمند است.

وسایل نقلیه حمل‌ونقل بدون راننده در حال حاضر در بسیاری از شرکت‌های تولیدی بزرگ مورد استفاده قرار می‌گیرند. به عنوان مثال می‌توانند به طور مستقل کالاهای ذخیره شده را پیدا

[1] Cellular Transport Vehicles
[2] Autonomous Transport Vehicles (ATVs)

books4sme.com

کرده، بسته‌بندی مناسب را برای آنها انتخاب کنند و سپس اقلام را به یک انسان شاغل یا یک نقطه تعیین شده در انبار برسانند.

از آنجا که در یک سامانه انبار و لجستیک داخلی، تمامی مکانهای ذخیره اقلام و تجهیزات ثابت و متحرک، از پیش تعریف شده است، این خودران‌ها از همه آنها مطلع هستند. سامانه‌های ناوبری یکپارچه و مسیرهای تعیین شده ثابت از این خودران‌های هوشمند برای حرکت ایمن به مقصدهای درست پشتیبانی می‌کنند.

شکل: یک سامانه نقلیه خودکار هدایت شونده هوشیار (AGV)

انواع خودران‌های هدایت شونده هوشیار

یدک‌کش	اولین و رایج‌ترین نوع خودران‌های هدایت شونده است. این وسیله، قطاری از تریلرهای داخلی را ایمن‌تر از انسان جابجا می‌کند.
مجهز به عرشه	امکان حمل بار واحد و اغلب انتقال خودکار بار را فراهم می‌کند. عرشه آنها ممکن است از نوع بالابر، پایین‌بر، غلطکی برقی یا ساده، زنجیره‌ای یا تسمه‌ای باشد.
کامیون هوشمند	برای حمل بارهای پالت شده از کف، طراحی شده‌اند.
کامیون چنگک‌دار	برای جابجایی بار در سطح کارخانه یا انبار، یا از روی سایر سطوح طراحی شده‌اند. در برخی موارد از این وسایل نقلیه برای جابجایی اقلام سنگین در قفسه‌ها استفاده می‌شود.
ترکیبی	این وسیله نقلیه هوشمند، هم بدون راننده و هم با راننده هدایت می‌شوند. از اینها برای بارگیری کامیون‌ها و همچنین جابجایی مواد در انبارها استفاده می‌شود. این وسیله نقلیه اغلب به چنگال مجهز است.
ویژه بارهای سبک	از این وسیله در محیط‌های کوچک و برای جابجایی بارهای سبک استفاده می‌شود.
ویژه فعالیتهای سریالی	برخی خودران‌ها به‌جای کار در انبار، ویژه فرآیندهای تولید و مونتاژ سریالی هستند. این خودران‌ها کارهای پشت سرهم و تکراری را به دقت و سرعت تنظیم شده می‌توانند انجام دهند.
خودران هوشمند با مسیر ثابت	خودران هوشمند با مسیر ثابت یک سامانه لجستیک داخلی است که با نیروی محرکه الکتریکی و در یک سامانه ریلی کار می‌کند. از این سامانه برای حمل‌ونقل خودکار بین ایستگاه‌های کاری، پردازش در فرآیندهای تولید، خطوط مونتاژ و در عملیات انبارداری استفاده می‌شود.

این سامانه‌ها از طریق رادیو یا مادون قرمز با یکدیگر، با علائم نصب شده در مسیر تردد، و ایستگاه‌های کاری ارتباط برقرار می‌کنند. با توجه به خودکنترلی غیرمتمرکز، عملکرد کلی این سامانه‌ها را می‌توان آزادانه با افزودن یا حذف واحدهای دیگر مدیریت کرد. کارایی این سامانه‌ها در شرکت‌هایی که نیازهای عملکردی متغیر با توان عملیاتی متفاوتی دارند به خوبی اثبات شده است.

اگر یک خودران از کار بیفتد، بدون توقف در کل سامانه، خودران دیگری وظیفه آن را بر عهده می‌گیرد. خودران متوقف شده را به صورت دستی می‌توان جایگزین و از سامانه در حال

books4sme.com

اجرا خارج نمود. با توجه به فناوری کنترل غیرمتمرکز هوشمند، خودران جایگزین به طور خودکار مقصد حمل‌ونقل اصلی را شناسایی و با سایر عوامل سازگار می‌شود.

این سامانه‌ها بیشترین انعطاف‌پذیری و سازگاری برای استفاده بهینه از فضا را دارند. در محیط‌های کوچک یا دشوار، امکان طراحی چیدمان خودکار و استفاده بهینه از فضا را فراهم می‌کنند.

برخی خودران‌ها نیز نوعی سامانه ذخیره‌سازی و بازیابی هوشمند[1] موسوم به AS/RS هستند که کالا را به یک وسیله خودران دیگر یا روبات تحویل می‌دهند و روی ساختار قفسه‌ای برای ذخیره و بازیابی جعبه‌ها، سینی‌ها یا پالت‌ها کار می‌کنند. به این نوع سامانه‌ها، سامانه‌های کالا به شخص[2] نیز گفته می‌شود.

خودران‌های هوشمند، ذخیره‌سازی و بازیابی خودکار پالت و جعبه، حداکثر تراکم و کارایی ذخیره‌سازی را با ردیف‌های ذخیره‌سازی عمیق، بهبود استفاده از فضای عمودی، و توانایی ذخیره و بازیابی چندین پالت به‌طور همزمان را به خوبی بعهده می‌گیرند.

هدف اصلی در نوآوری این سامانه‌ها، ایجاد راه حلی با قابلیت جمع‌آوری اقلام مختلف با وزن کم یا متوسط از مکان‌های مختلف در یک انبار، و اجرای سفارشات مشتری‌های داخلی (خطوط تولید) یا خارجی است. این فعالیت قبلاً به صورت دستی توسط کارکنان فعال در انبار انجام می‌شد و اکنون به صورت کاملاً خودکار، یکپارچه، و هوشمند انجام می‌شود و در زمان و هزینه عملیاتی تا حدود ۶۰ درصد صرفه‌جویی به‌دنبال دارد.

پوشش حوزه‌های مختلف دانشی، از قبیل مدیریت پروژه، مهندسی مکانیک، مهندسی برق یا مهندسی نرم‌افزار، لجستیک داخلی را قادر می‌سازد تا بهره‌وری منابع را افزایش داده و هزینه‌های عملیاتی را با کنترل و پردازش صحیح جریان اطلاعات کاهش دهد و به طور کارآمد مواد و محصولات انبار را از طریق تجهیزات پیچیده جابجا کند. لجستیک داخلی از طریق تجهیزات پیچیده برای جابجایی مواد، از زمان دریافت قطعات و محصول تا زمانی که به طور مناسب آماده تحویل به مشتری می‌شوند، نقش بسیار مهمی بعهده دارد. با این حال، سامانه‌های ذخیره‌سازی و بازیابی خودکار در عملیات لجستیک داخلی به طور فزاینده در انبارها در سرتاسر جهان توسعه یافته، و این تأثیر ویژه‌ای بر کل فرآیند انبارداری ایجاد کرده است [24].

---

[1] Automated Storage and Retrieval Systems (AS/RS)

[2] Goods to Person (GTP / G2P)

کالا به شخص (G2P) استفاده از فناوری‌های خودکار برای تحویل کالا یا SKU مناسب، در زمان مناسب و به اپراتور یا ایستگاه‌کاری مناسب است. فناوری‌های کالا به شخص، بهره‌وری، توان عملیاتی و استفاده از نیروی کار را با حذف هدر رفت زمان پیاده‌روی و جستجو افزایش می‌دهند.

books4sms.com

این سامانه‌ها عملیات ذخیره‌سازی و بازیابی محصولات، معمولاً پالت‌ها یا جعبه‌ها در ساختارهای قفسه‌ای را به‌طور خودکار و از طریق تجهیزاتی که به‌طور ویژه برای این منظور طراحی شده‌اند، انجام می‌دهند.

نرم‌افزارهای پیشرفته در لجستیک داخلی

سامانه‌های نرم‌افزاری در لجستیک، اهداف زیر را در پشتیبانی از تجهیزات خودکار و هوشمند، برنامه‌ریزی، مدیریت، و هدایت دنبال می‌کنند:

- استفاده کارآمدتر از فضای کف و ارتفاع انبارها
- قابلیت بازیابی اقلام در فضای عمودی استفاده نشده
- افزایش تراکم ذخیره‌سازی
- ارگونومی و ایمنی بهبود یافته که منجر به تصادفات کمتر می‌شود
- افزایش توان عملیاتی تجهیزات
- کاهش هزینه‌های نیروی انسانی
- طراحی ماژولار برای حداکثر انعطاف‌پذیری در تجهیزات
- دقت بیشتر در اجرای سفارشات

نرم‌افزارهای یکپارچه‌سازی

این نرم‌افزارها امکان کنترل کلیه ماشین‌آلات و تجهیزات خودکار و هوشمند در لجستیک داخلی را فراهم می‌کنند. برای مثال، به جرثقیل‌ها اجازه می‌دهند برای جابجایی پیوسته اقلام با سامانه‌های نوار نقاله هماهنگ شوند.

نرم‌افزارهای کنترل عملیات

این نرم‌افزارها، تصمیم‌گیری‌های سطح پایین را اتخاذ می‌کنند. برای مثال، مکان ذخیره جعبه‌ها یا پالت‌های حاوی اقلام ورودی را برحسب زمان بازیابی آنها، تعیین می‌کنند. ضمناً ممکن است تصمیمات هوشمندانه‌تری هنگام بازیابی اقلام در انبارها بگیرند.

با بکارگیری ویژگی‌های اتصال و اجرا[1] در تجهیزات، انعطاف‌پذیری در برابر تغییرات در سامانه‌ها بسیار زیاد می‌شود. با تکیه بر ظرفیت‌های نرم‌افزای تجهیزات مختلف انبارداری به این ویژگی، پایداری آنها

[1] Plug-and-Play

books4sme.com

حتی زمانی که اجزا و تجهیزات در طول عملیات به شبکه می‌پیوندند یا آن را ترک می‌کنند، بدون نیاز به هیچ‌گونه دستکاری بر روی عوامل دیگر، حفظ می‌شود.
یک سکوی نرم‌افزاری، برای مدیریت سامانه‌های ذخیره‌سازی و بازیابی خودکار، برنامه بازیابی سریع و کارآمد بر اساس تقاضای تولید را تهیه و اجرا می‌کند که موجب افزایش چشمگیر تراکم ذخیره‌سازی و پشتیبانی از حمل‌ونقل بهینه می‌شود.

نرم‌افزارهای کنترل کسب‌وکار

این نرم‌افزارها، عملکردهای سطح بالاتری را ارائه می‌دهند. برای مثال، شناسایی تحویل اقلام در زمان ورود به انبار، مدیریت موجودی، زمان‌بندی انجام سفارشات، و مدیریت تجهیزات انتقال و خروجی اقلام از جمله مسئولیت‌های این نرم‌افزارها می باشد.

books4smes.com

books4smes.com

منابع مورد استفاده

[1] Logistiikan Maailma, "Inbound, Intra AND Outbound Logistics," 2022. [Online]. Available: https://www.logistiikanmaailma.fi/en/logistics/logistics-and-supply-chain/inbound-inhouse-and-outbound-logistics/.

[2] R. Narkar, "The Future of Production Intralogistics," Atlanta, 2018.

[3] Blume Global, "The History and Evolution of the Global Supply Chain," 2022. [Online]. Available: https://www.blumeglobal.com/learning/history-of-supply-chain/.

[4] W. Kersten, T. Blecker and C. M. Ringle, "Digitalization in Supply Chain Management and Logistics: Smart and Digital Solutions for an Industry 4.0 Environment," in *Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL), No. 23*, Hamburg, 2017.

[5] O. K. Efthymiou and S. T. Ponis, "Industry 4.0 Technologies and Their Impact in Contemporary Logistics: A Systematic Literature Review," *Sustainability*, 2021.

[6] S. Wang, J. Wan, D. Zhang, D. Li and C. Zhang, "Towards Smart Factory for Industry 4.0: A Self-Organized Multi-Agent System with Big Data Based Feedback and Coordination," *Comput. Netw.*, no. 101, pp. 158-168, 2016.

[7] M. Bahrin, F. Othman, N. Azli and M. Talib, "Industry 4.0: A Review on Industrial Automation and Robotic," *J. Teknol.*, no. 78, pp. 6-13, 2016.

[8] S. Elia, F. Albertoni, L. Piscitello and L. Fratocchi, "Returning from Offshore: What Do We Know?," *AIB Insights*, no. 15, pp. 9-12, 2015.

[9] G. Wang, A. Gunasekaran, E. Ngai and T. Papadopoulos, "Big Data Analytics in Logistics and Supply Chain Management: Certain Investigations for Research and Applications," *Int. J. Prod. Econ.*, no. 176, pp. 98-110, 2016.

bookfa4sme.com

[10] Deloitte, "Industry 4.0 and Distribution Centers: Transforming Distribution Operations Through Innovation," Deloitte University Press, London, 2022.

[11] J. Scherf and T. Knell, "What is Logistics 4.0? Everything you need to know about digitization & logistics," MaschinenMarkt International, 26 10 2019. [Online]. Available: https://www.maschinenmarkt.international/what-is-logistics-40-everything-you-need-to-know-about-digitization-logistics-a-876611/.

[12] L. Barreto, A. Amaral and T. Pereira, "Industry 4.0 implications in logistics: an overview," in *Proceedings of the Manufacturing Engineering Society International Conference 2017*, Vigo, Spain, 2017.

[13] S. Schrauf and P. Berttram, "Industry 4.0: How digitization makes the supply chain more efficient, agile, and customer-focused," PWC Report, 2016.

[14] Bizagi, "Industry 4.0: Drive Efficiencies in Your Supply Chain," Bizagi, 06 July 2020. [Online]. Available: https://www.bizagi.com/blogs/manufacturing/industry-40-drive-efficiencies-in-your-supply-chain.

[15] P. Chaopaisarn and M. Woschank, "Requirement Analysis for SMART Supply Chain Management for SMEs," in *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Bangkok, Thailand, 2019.

[16] Anasoft, "3 Stages OF In-Plant Logistics Automation | Intelligent Intralogistics," EMAS Smart Industry Solution, 22 Feb. 2019. [Online]. Available: https://www.anasoft.com/emans/en/home/news-blog/blog/Intelligent-Intralogistics-3-Stages-of-Automation.

[17] J. Fottner, "Autonomous Systems in Intralogistics - State of the Art and Future Research Challenges," *Logistics Research*, vol. 14, no. 2, 2021.

[18] Swisslog, "The Future of Production Intralogistics: The Final Frontier for Manufacturing Optimization," Swisslog, Hamburg, Germany, 2021.

[19] J. Schuhmacher and V. Hummel, "Development of a Catalogue of Criteria for the Evaluation of the Self-Organization of Flexible Intralogistics Systems," in *53rd CIRP Conference on Manufacturing Systems*, Reutlingen, Germany, 2020.

[20] A. Lang, "Evaluation of an Intelligent Collision Warning System for Forklift Truck Drivers in Industry," in *Proceedings of the International Conference on Digital Human Modeling and Applications in Health, Safety, Ergonomics and Risk Management*, Cham, 2018.

books4sales.com

[21] C. von der Ahe, B. Lüers, L. Overmeyer, B. Geck and T. Fürtjes, "Low Power Sensor Node With Photovoltaic Power Supply for Radio-Based Process Monitoring," *Procedia Manufacturing*, no. 24, pp. 203-209, 2018.

[22] M. Crosby, Nachiappan, P. Pattanayak, S. Verma and V. Kalyanaraman, "BlockChain Technology: Beyond Bitcoin," *Appl. Innov. Rev.*, vol. 2, no. 71, 2016.

[23] A. Kamagaew, J. Stenzel, A. Nettsträter and M. Hompel, "Concept of Cellular Transport Systems in Facility Logistics," in *The 5th International Conference on Automation, Robotics and Applications*, 2011.

[24] J. Fernandes, F. Silva, R. Campilho, G. Pinto and A. Baptista, "Intralogistics and Industry 4.0: Designing a Novel Shuttle with Picking System," in *29th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing*, Limerick, Ireland, 2019.

books4smes.com