مطالعه تطبیقی اسـتراتـژی‌های پـردازش سفارش در صنعت پخش با تکنولوژی‌های نوآورانه لجستیکی

محسـن قـانـون

مشاور لجستیک و طراح انبـار ، فوق‌لیسانس مهندسی لجستیک و زنجیره تامین ، دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه خوارزمی

WWW.PARSTADBIR.COM

چکیده

گستردگی عملیات لجستیکی در انبـارها و به‌ویژه در شرکت‌های پخش، شامل تمام یا بخشی از اقداماتی همچون دریافت، انتقال، جایگذاری، انتخاب سفارش، تجمیع، تفکیک و حمل می‌شود. بدیهی‌است حجم زیاد عملیات و پیچیدگی نیازمندی‌های کاری موجب گردیده، پیاده‌سازی رویه‌های تخصصی و بکارگیری تکنولوژی‌های نوآورانه، از الزامات تحقق ظرفیت‌های موردنظر باشد. لذا باتوجه به اهمیت و ماهیت دشوار عملیات در حوزه پردازش سفارش (Order Picking)، در این مقاله اختصاصاً به بررسی فرایند مذکور در عملیات لجستیکی شرکت‌های پخش پرداخته شده است.

به دلیل اینکه روال‌های تخصصی می‌توانند تا حدّی، فارغ از بکارگیری تجهیزات ویژه، سبب بهبود عملیات پردازش سفارش شوند، ابتدا به نمونه‌هائی از استراتژی‌های بر پایه پیمایش نیروی انسانی و مفاهیم مربوطه پرداخته شده که از آن جمله می‌توان به استراتژی‌های Single Order Picking ، Batch Picking، Zone Picking، Cluster Picking و Wave Picking اشاره نمود.

نظربه تاثیر چشم‌گیر نوآوری‌های لجستیکی در ارتقاء ظرفیت‌های حوزه پردازش سفارش، در ادامه نیز گستره‌ای از تکنولوژی‌های روزآمد مورد استفاده در عملیات آماده‌سازی، در قالب تجهیزات مکانیزه و یا تجهیزات مکانیزه هوشمند، ضمن بررسی تطابق استراتژی‌ها با تکنولوژی‌های مذکور، تشریح گردیده‌اند که بطورخلاصه عبارتنداز:

۱- حرکت جمع‌آوری‌کننده سفارش (RPS=Ride and Pick System) توسط تجهیزات مکانیزه ویژه جمع‌آوری سفارش، مانند Order Picker و تجهیز Crain غیرهوشمند حامل اپراتور (Person a Board AS/RS).

۲- مکانیزاسیون انتقال کالا به محل جمع‌آوری‌کننده سفارش از طریق انواع Carousel .

۳- ترکیب روش‌های نیمه اتوماتیک پردازش، شامل حرکت جمع‌آوری‌کننده سفارش به سمت اقلام کالا و انتقال اقلام به سمت جمع‌آوری‌کننده سفارش به‌کمک تکنولوژی‌های Pick to Light و Pick to Belt .

۴- پردازش سفارشات توسط تجهیزات مکانیزه هوشمند ازجمله تکنولوژی‌های AS/RS، 2D & 3D Shuttle، A-Frame، Pick to Robot، Shuttle Rack .

باعنایت به معرفی کارامدترین راهکارهای لجستیکی قابل استفاده در ایجاد یا توسعه فرایند پردازش سفارش، در انتها نیز اقدام به مقایسه تکنولوژی‌های مذکور از لحاظ کارائی و مقدورات پیاده‌سازی، گردیده است.

نویسنده: محسن قانون

ایمیل: mohsenghanoon@gmail.com

کلمات کلیدی: پردازش سفارش (Order Picking) ، استراتژی پردازش سفارش، اتوماسیون پردازش سفارش، تکنولوژی‌های نوآورانه لجستیکی، مسیریابی پردازشگر./---

۲- مقدمه

شرکت‌های پخش بدلیل ماهیت تقاضا محوری فرایند توزیع، موظفند گستره‌ای از عملیات لجستیکی پیرامون انبارش و پردازش سفارشات را به منظور تامین تقاضای بازار و مطابق حجم تقاضای دریافتی طرح ریزی نمایند. بطورمعمول، شاخص‌ترین عملیات فیزیکی جاری در انبـارها و شرکت‌های پخش عبارتنداز[۱]:

۱. دریافت[۲]، شامل فعالیت‌های مربوط به تخلیه کالا از ماشین حامل کالا، بروزرسانی آمار موجودی‌های انبار، بازرسی با هدف حصول اطمینان از تطابق کمّیت و کیفیت کالا.
۲. انتقال[۳] و جایگذاری[۴] که به‌معنی انتقال کالای دریافتی تا مکان دقیق انبارش (به‌عنوان مثال داخل سلول قفسه) و بلعکس است و می‌تواند شامل عملیات بازکردن بسته‌بندی[۵] پالت و برداشتن اقلام از روی پالت نیز باشد.
۳. انتخاب سفارش[۶] که یکی از اصلی‌ترین فعالیت‌های انبارهای پخش است و شامل فرایند تعیین مقدار صحیح از کالائی معین برای تامین اقلام یک سفارش مشخص می‌باشد.
۴. تجمیع[۷] و تفکیک[۸] به منزله اقدامات مربوط به جداسازی اقلام یک سفارش از سایر اقلام و جمع‌آوری آنها در یک مکان یا یک ظرف (مانند کارتن یا سبد) با هدف تکمیل و آماده‌سازی یک سفارش معین است. معمولا عملیات بسته‌بندی نیز در این مرحله صورت می‌پذیرد.
۵. حمل[۹] شامل انتقال کالا از محل بارگیری انبار بر روی خودروهای باربر، با هدف ارسال کالا به بیرون از انبار می‌باشد.

البته اقدامات دیگری از جمله باراندازی متقاطع[۱۰] نیز در برخی شرکت‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد که در قالب انتقال مستقیم کالای وارده به انبار از روی خودروی مربوطه به خودروهای مسئول ارسال، بدون نیاز به نگهداری بلند مدت کالای دریافتی در انبار، می‌باشد که در این مقاله مورد نظر نگارنده نیست.

از بین موارد پنج‌گانه فوق، عملیات انتخاب، تجمیع، تفکیک و همچنین رویه‌های اطلاعاتی (به‌منظور تطبیق با فهرست سفارشات، از منظر تعداد یا ترکیب اقلام)، مجموعاً فرایند پردازش سفارش را تشکیل می‌دهند که بطورخلاصه شامل عملیاتی بر روی اقلام انبار است که باعث تخصیص موجودی انبار یا موجودی انتهای فرایند تولید، به هر سطر سفارش می‌شود. این فرایند می‌تواند در قالب تفکیک یا تجمیع اقلام صورت پذیرد و غالباً شامل شناسائی و انتخاب اقلام سفارش (بازیابی)، جمع‌آوری، خرده‌برداری و جورچینی اقلام مورد سفارش، به‌منظور مدیریت ارسال در گستره زنجیره تأمین است.

بطورخلاصه شاخص‌ترین فوائد فرایند پردازش سفارش عبارت‌است از:

- افزایش سرعت و دقت در انتخاب محصولات.
- بهبود زمان پاسخ به سفارش‌های مشتریان.
- افزایش بهره‌وری انبار و کاهش هزینه‌ها.

شایان ذکر است که عملیات پردازش سفارش ماهیتاً گران‌ترین عملیات انبار را از لحاظ زمان و درگیری منابع ، به‌ویژه منابع انسانی تشکیل می‌دهند لذا طرح‌ریزی بهینه فرایندهای ذیربط با آن، از اهمیت ویژه‌ای در راستای ارتقاء بهره‌وری انبارها و شرکت‌های پخش و ارتقاء سودآوری شرکت‌های لجستیکی برخوردار خواهد بود.

---

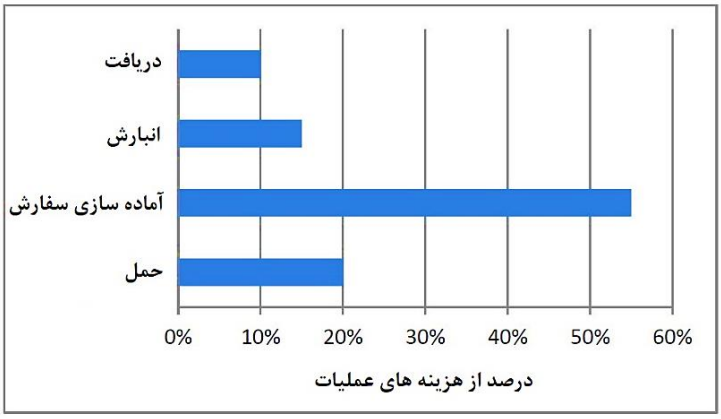
1 Design and control of warehouse order picking: a literature review- Rene de Koster، Tho Le-Duc، Kees Jan Roodbergen – RSM Erasmus university- Jaunuary 2006.
2 Receiving
3 Transfer
4 Put a way
5 Repackaging
6 Order Picking (selection)
7 Accumulation
8 Sortation
9 Shipping
10 Cross Docking

۳- آشنائی با مفاهیم پایه در فرایند آماده‌سازی سفارش

بطورکلی پارادایم پردازش سفارش، شامل مجموعه‌ای از عملیات است که باید امکان پاسخ‌دهی به سفارشات واصله را، مطابق حجم تقاضای دریافتی با بیشترین دقت و کمترین زمان و هزینه فراهم سازد. تعدادی از تاثیر گذارترین فاکتورها در انتخاب نوع تکنولوژی انتخاب و برداشت عبارتنداز:

- ظرفیت موردنیاز عملیات خرده‌برداری و جورچینی.
- میزان اتوماسیون موردنظر (تعیین درصد عملیات دستی، نسبت به عملیات ماشینی و خودکار).
- تعداد و انواع واحدهای نگهداری کالا برای خرده‌برداری.
- مقدار هزینه قابل قبول در ایجاد دپارتمان خرده‌برداری.
- استراتژی موردنظر پردازش سفارش.

اصولاً ماهیت کالاها نقش تعیین کننده‌ای در روش انبارش یا جابجائی کالا در انبار خواهند داشت، به‌نحوی که الزامات مربوط به تفکیک یا تجمیع اقلام انبار، در هنگام انبارش یا ارسال، متناسب با انواع ویژگی‌های فوق تعیین می‌گردد و این ماهیت سبب تبدیل شدن اقدامات مربوط به پردازش سفارشات، به یکی از ضروری‌ترین و در عین حال، پیچیده‌ترین وظائف انبارها و به‌ویژه شرکت‌های پخش می‌شود که ماهیتاً هزینه‌بر (گران قیمت) و درصورت پائین بودن سطوح تکنولوژی مورد استفاده، نیازمند نیروی انسانی زیاد خواهد بود که تاثیر فراوانی بر بهره‌وری و کارائی انبـار دارد.



Typical distribution of warehouse operating expenses (Tompkins et al. 1996)

همانطورکه در نمودار روبرو مشاهده می‌گردد، بطورمعمول، بیش از ۵۰درصد هزینه عملیات انبارها، مربوط به عملیات آماده‌سازی سفارش است که این موضوع تاکیدی بر لزوم طرح‌ریزی هوشمندانه بر پایه راهکارهای تکنولوژیکی در فرایند پردازش سفارش است.

در اینجا ذکر این نکته ضروری‌است که به‌عنوان رویکرد پایه در فرایند پردازش سفارش[۱۱]، اَشکال مختلف اقلام وارده به انبارها (در هنگام چیدمان در سلول‌های قفسه یا سایر انواع جایگاه‌های انبارش) و یا کالاهای ارسالی از انبار، با یکی از انواع دسته‌بندی‌ها و یا ترکیبات زیر تطبیق خواهد داشت:

۱. انتخاب پالت[۱۲] ، به‌عنوان بزرگترین واحد نگهداری کالا (مانند انواع ماژول نگهداری ازجمله پالت یا باکس پالت).
۲. انتخاب بسته[۱۳] ، به‌عنوان بخشی از پالت یا سایر انواع ماژول‌های نگهداری کالا.
۳. انتخاب قلم کالا[۱۴] که کوچک‌ترین واحد محصول قابل پردازش می‌باشد.

بطورمعمول، تعداد اقلام موجود در واحد محصول، کمتر از بسته کامل و تعداد اقلام بسته کامل نیز کمتر از تعداد اقلام موجود در پالت خواهد بود.

---

۱۱ در تدوین بخش‌هائی از این عنوان، از تلخیص و ترجمه فصل اول کتاب Chain Warehousing in the Global Supply از انتشارات Springer (سال انتشار 2011) بهره گرفته شده است.

12 Pallet pick
13 Case pick
14 Item pick

دسته‌بندی انواع اقلام قابل پردازش

در طراحی فرایند پردازش سفارش، باید به این نکته ضروری توجه داشت که رویه پردازش باید امکان پاسخگوئی به یکی از دسته‌بندی‌های فوق یا ترکیب دوگانه یه سه‌گانه دسته‌بندی‌های مذکور را داشته باشد که این خواسته از طریق ترکیب استراتژی‌ها یا تکنولوژی‌های آماده‌سازی سفارش قابل انجام خواهد بود که در ادامه مورد بحث و بررسی قرار خواهند گرفت.

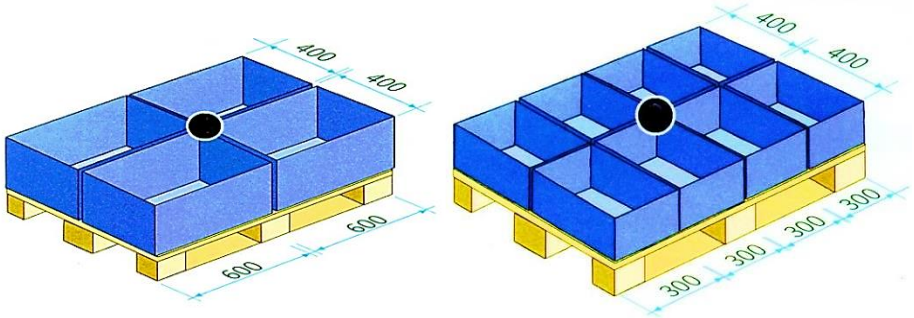
امروژه متخصصین لجستیک، با هدف کمینه‌سازی منابع درگیر در فرایند مذکور، اقدام به طراحی استراتژی‌ها، روش‌ها و توسعه تکنولوژی‌هائی نموده‌اند تا ضمن کاهش زمان عملیات آماده‌سازی و کمینه‌سازی هدر رفت منابع، شرائط انتخاب کالا و جورچینی سفارشات را به بهترین نحو فراهم سازند.

اصولاً هر لیست سفارش، مشتمل بر یک یا چند سطر سفارش است که باید برای تامین درخواست مشتری (اَعم از درون سازمانی یا برون سازمانی) آماده‌سازی و ارسال گردد و در هر سطر سفارش نیز مشخصات دقیق یک آیتم منحصربفرد[15] که در ادبیات کنترل موجودی SKU[16] نامیده می‌شود، شامل نام انحصاری کالای مورد سفارش (نام فنی)، کد انحصاری کالا و مقدار (یا تعداد) مورد درخواست درج می‌گردد.

معمولاً لیست سفارشات هر مشتری به لیست جمع‌آوری کالای مورد درخواست از انبار[17] تبدیل می‌شود لذا این لیست می‌تواند یک یا بیش از یک سطر سفارش داشته باشد که هر سطر آن نشان‌دهنده نوع کالا (SKU)، تعداد سفارش و مکان دقیق کالا در انبار است. بنابراین، لیست جمع‌آوری کالای مورد درخواست از انبار، در برگیرنده اقلام یک سفارش یا بیشتر است و یا یک سفارش ممکن است به چند لیست جمع‌آوری کالای مورد درخواست از انبار شکسته شود که این اقدام به‌منظور ارتقاء اثربخشی عملیات آماده‌سازی سفارشات خواهد بود. بنابراین تفاوت لیست سفارش با لیست جمع‌آوری کالای مورد درخواست از انبار، درج اطلاعات مربوط به مکان کالا در انبار است.

دو رویکرد کلّی برای جمع‌آوری و آماده‌سازی سفارشات توسط نیروی انسانی وجود دارد که عبارتنداز:

الف- رویکرد دسته‌بندی همزمان با انتخاب[18] که در این روش، اپراتور ضمن فراهم‌سازی ظروف مجزا یا دارای قابلیت چینش مجزای انواع کالا، اقدام به انتخاب و برداشت دستی کالای موردنظر می‌کند.



15 One unique inventory
16 Stock keeping unit
17 Pick List
18 Sort-while-Picking

ب- رویکرد دسته‌بندی پس از انتخاب[19] که در این روش، دسته‌بندی اقلام، پس از اتمام عملیات انتخاب و برداشت صورت می‌پذیرد و اغلب سفارشات دسته‌ای، بعلت اینکه معمولاً حجم بالائی دارند، با این روش تفکیک می‌گردند.

امّا نحوه مراجعه پردازشگر، برای شناسائی و انتخاب اقلام مندرج در سفارشات که مستلزم حرکت اپراتور و پیمایش راهروهای انبار است، می‌تواند از الگوها و استراتژی‌های متنوعی تبعیت نماید که در ادامه این مقاله مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

۴- مروری بر استراتژی‌های پردازش سفارش

قبل از معرفی رایج‌ترین استراتژی‌های پردازش سفارش، ضروری‌است به مفهومی اساسی پیرامون اهمیت استقرار بهینه کالا در ابتدا و انتهای فرایند انبارش اشاره می‌نمائیم. ورود کالا به انبارها می‌تواند به روش‌های ذیل انجام گردد:

۱. چیدمان کالای وارده به انبار در یک ناحیه یا راهروئی معین که به کالائی خاص اختصاص یافته. (مکانیابی استاتیک)
۲. چیدمان کالای وارده به انبار در هر یک از سلول‌های خالی انبار. (مکانیابی داینامیک)
۳. چیدمان کالای وارده به انبار براساس مکانیابی داینامیک هوشمند که متاثر از رعایت مفروضاتی ازجمله وزن کالا، ماندگاری کالا، سرعت تراکنش کالا و سایر فاکتورهای موثر در انبارش خواهد بود.

بازیابی کالای فراخوانی شده نیز می‌تواند به روش‌های ذیل صورت پذیرد:

۱. انتخاب کالا از یک ناحیه مشخص (یا راهروئی معین) که به کالائی خاص اختصاص یافته.
۲. انتخاب کالا از سلولی که در بهینه‌ترین مکان نسبت به اپراتور انبار قرار دارد که این بهینگی ممکن است شامل مسافت و زمان پیمایش‌ها نیز باشد.

فرایند جایابی بهینه کالا در انبار

باعنایت به توضیحات فوق بنظر می‌رسد ترکیبی از روش چیدمان کالای وارده به انبار براساس مکانیابی داینامیک هوشمند و انتخاب کالا از سلولی که در بهینه‌ترین مکان نسبت به اپراتور انبار قرار دارد از طریق ابزارهای نرم‌افزاری، اولین گام در بهبود فرایند چیدمان و بازیابی بهینه سفارشات خواهد بود.

به‌منظور تسهیل در اَخذ تصمیم پیرامون روش پردازش سفارش، بکارگیری فرایند پاسخ‌دهی به سوالات پنج مرحله‌ای ذیل کمک شایانی به تعیین گزینه متناسب با شرائط محیط تصمیم می‌نماید:

۱. آیا فرایند گزینش کالا توسط انسان یا ماشین صورت می‌پذیرد ؟
۲. آیا انتخاب و برداشت کالا از طریق پیمایش نیروی انسانی صورت می‌پذیرد یا توسط راهکارهای ماشینی، اقلام کالا به محل اپراتور انتقال می‌یابند ؟
۳. آیا جهت دسترسی به اقلام کالا از سیستم‌های مکانیزه یا هوشمند بهره گرفته می‌شود؟
۴. سیاست انتخاب کالا، مطابق کدام یک از رویه‌های ذیل است ؟
   ۴-۱- انتخاب براساس نوع کالا[20]
   ۴-۲- انتخاب براساس سفارش[21]
   ۴-۳- انتخاب براساس نوع کالا و سفارش[22]

19 Sort after Picking
20 Pick by item
21 Pick by order
22 Pick by order & item

براساس پاسخ‌های درج شده در چهار سوال فوق، سیستم انتخاب کالا می‌تواند به سمت یکی از سه گروه ذیل هدایت گردد:

الف- Part to Pickers که به معنی انتقال اقلام به سمت پردازشگر کالا است و این عملیات ارسال عمدتاً توسط تجهیزات ویژه جابجائی، ازجمله انواع نقاله[۲۳] یا ماشین‌آلات حمل درون انبار صورت می‌پذیرد.

ب- Picker to Parts که به معنی اعزام شخص پردازشگر کالا به سمت دسته‌ای از کالاها بوده و اغلب در ناحیه انبارش از انواع سیستم‌های قفسه‌بندی به‌منظور نگهداری کالا استفاده می‌کند.

ج- Automation Picking که به معنی انتخاب اتوماتیک کالا است.

موضوع حائز اهمیت در ایجاد سیستم‌های پردازش سفارشِ برمحوریت حضور اپراتور، اِعمال روش‌هائی‌است که ضمن رعایت توازن در کار واگذار شده به هر یک از پردازشگران، نسبت به متعادل‌سازی[۲۴] کار در جریان نیز اقدام نماید که توسط دو تکنیک ذیل تحقق می‌یابد:

۱. **تکنیک مونتاژ رو به جلو**[۲۵] : شامل تکمیل سفارشات به‌شکل تردد اپراتور از قفسه‌های یک ناحیه انبار به قفسه‌های ناحیه دیگر، همراه با ظروف جمع‌آوری کالا (مانند سبد یا کارتن) می‌باشد. این روش بیشتر برای سیستم‌های دارای تعداد SKU زیاد و تقاضای زیاد بکار می‌رود.

۲. **تکنیک دسته‌بندی نزولی**[۲۶] : در این روش اپراتور در مکانی مستقر می‌شود که به تمام یا تعدادی از اقلام کالا دسترسی دارد و کالای جمع‌آوری شده از طریق تجهیزاتی ازجمله نقاله‌ها به انتهای فرایند پردازش انتقال می‌یابند. باتوجه به تعداد احتمالاً زیاد سبدهای حاوی کالای پردازش شده، معمولاً در این رویه، در انتهای فرایند از تجهیزات تفکیک[۲۷]، به‌منظور دسته‌بندی سفارشات تکمیل شده، استفاده می‌شود.

امروزه استراتژی‌های متنوعی جهت پردازش و فرایند انتخاب کالا بکار گرفته می‌شوند که در هنگام طراحی فرایند پرداش سفارشات، براساس مشخصات فیزیکی کالا، حجم درخواست‌ها، سطح تکنولوژی موردنظر، میزان سرمایه‌گذاری و برخی دیگر فاکتورها، انتخاب و پیاده‌سازی می‌شوند که از نظر نگارنده به شکل زیر قابل تقسیم‌بندی می‌باشند:

۱- استراتژی حرکت جمع‌آوری‌کننده سفارش[۲۸] (خرده‌بردار یا پردازش‌گر) به سمت مکان‌های ذخیره‌سازی اقلام[۲۹]

۱-۱- جمع‌آوری سفارش برپایه عملکرد جمع‌آوری‌کننده سفارش

۱-۱-۱- پیمایش جمع‌آوری‌کننده سفارش[۳۰] به سمت اقلام انبار شده

۱-۱-۱-۱- استراتژی Discrete Order Picking / Piece Picking / Single Order Picking

۱-۱-۱-۲- استراتژی Batch Picking

۱-۱-۱-۳- استراتژی Zone Picking

۱-۱-۱-۴- استراتژی Cluster Picking

۱-۱-۱-۵- استراتژی Wave Picking

۱-۱-۱-۶- استراتژی ترکیبی براساس پیمایش پردازشگر

۱-۱-۲- حرکت جمع‌آوری‌کننده سفارش توسط تجهیزات مکانیزه[۳۱] غیرهوشمند

۱-۱-۲-۱- تجهیزات مکانیزه ویژه جمع‌آوری سفارش مانند Order Picker

---

23 Conveyor
24 Balance
25 Progressive Assembly
26 Downstream
27 Sorter
28 Order picker
29 Picker to Item یا Man to Pick
30 Walk and Pick System (WPS)
31 Ride and Pick System (RPS)

۱-۱-۲-۲- تجهیز Crain غیرهوشمند و تکنولوژی ذخیره-بازیابی حامل اپراتور[۳۲]

۲- انتقال کالا به محل جمع‌آوری‌کننده سفارش

۲-۱- Carousel

۳- ترکیب روش‌های نیمه اتوماتیک پردازش، شامل حرکت جمع‌آوری‌کننده سفارش به سمت اقلام کالا و انتقال اقلام به سمت جمع‌آوری‌کننده سفارش

۳-۱- Pick to Light

۳-۲- Pick to Belt

۴- جمع‌آوری سفارش توسط تجهیزات مکانیزه هوشمند

۴-۱- AS/RS[۳۳]

۴-۲- 2D & 3D Shuttle

۴-۳- Shuttle Rack

۴-۴- Pick to Robot

۴-۵- A-Frame

۱-۱-۱-۱- Discrete Order Picking / Piece Picking / Single Order Picking

در این استراتژی، پرسنل انبار به صورت تکی و دقیق، سفارشات[۳۴] واحدهای کالا را از انبار انتخاب می‌کنند. هنگام استفاده از این روش، هر پردازشگر سفارش، یک سفارش را در یک زمان انتخاب می‌کند، لذا برای محصولاتی با حجم زیاد یا ارزش بالا که نیاز به دقت فراوان در انتخاب ضروری‌است مناسب می‌باشد، بنابراین اقلام مندرج در هر سفارش بصورت جداگانه، مستقل از سایر سفارشات و در یک مرحله گردآوری می‌گردند. عموماً روش Single Order Picking، برای سفارشات بزرگ[۳۵] (تعداد زیاد) که دارای تقاضای کم[۳۶] باشند (تکرار ارائه سفارش از سوی مشتری کم است) یا سفارشات اضطراری مناسب خواهد بود، همچنین سادگی و زمان پاسخ نسبتاً سریع برای تحقق سفارش، از دیگر مزایای استراتژی مورد بحث است. البته این روش کمترین کارایی را در بین استراتژی‌های پردازش سفارش دارد زیرا نیاز به زمان قابل توجهی برای پیمایش‌های درون انبار دارد.

۱-۱-۱-۲- Batch Picking

استراتژی Batch Picking هنگامی بکار می‌رود که پردازشگر سفارش، یک SKU را در یک گروه یا Batch از سفارشات، بطور همزمان انتخاب می‌کند. این امر زمانی سودمند است که چندین سفارش برای همان SKU وجود داشته باشد. لذا جمع‌کننده سفارش فقط باید یک بار به محل انتخاب ان SKU خاص سفر کند تا چندین سفارش را جمع‌آوری نماید. در این روش، هر گروه از اقلام مورد سفارش، توسط یک پردازشگر بازیابی می‌شوند و این به بدان معنی است که سفارشات مشتریان در داخل Batchها ترکیب می‌گردند. لذا ضروریست اندازه بهینه Batchها (d*) نیز تعیین و سپس مطابق روش اولین سرویس‌دهی به اولین ورودی[۳۷]، Batchها ایجاد گردند. Batch Picking در مورد سفارشات کوچک[۳۸] (تعداد کم) که دارای تقاضای زیاد[۳۹] هستند (تکرار سفارش از سوی مشتری زیاد باشد)، مناسب خواهد بود و منجر به کاهش زمان تردد بین مکان‌های برداشت کالا از طرق کمینه‌سازی تراکم کالای انتخابی می‌گردد، لذا بهبود عملیات تفکیک، به‌منظور تجمیع و تشکیل سفارشات[۴۰] هر مشتری از ویژگی‌های این روش می‌باشد.

---

32 Person a Board AS/RS
33 Automatic Storage and Retrieval System
34 Strict Order Picking
35 Large Order
36 Low Demand
37 First Come First Served
38 Large Order
39 Hight Demand
40 Order Integrity

۱-۱-۱-۳- Zone Picking

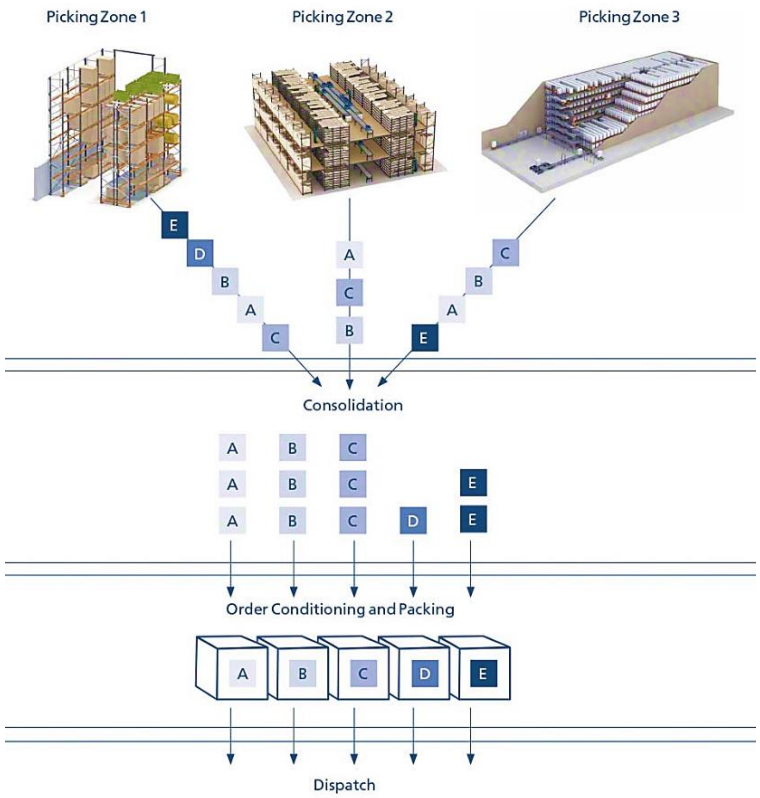
این رویکرد در قالب تفکیک انبار به چند منطقه تحقق می‌یابد و سفارش‌ها هم برحسب نواحی تقسیم می‌شوند و سپس مسیرهای جمع‌آوری مابین نواحی تعریف میگردند و لذا هر اپراتور، مسئول انتخاب کالاها از یک منطقه خاص خواهد بود. پرسنل انبار در این روش فقط یک بخش از سفارش را انتخاب می‌کنند و پس از آن به اپراتور بعدی منتقل می‌کنند تا سفارش کامل شود، بنابراین پردازشگر سفارش مسئول جمع‌آوری کلیه SKUهای آن منطقه برای هر سفارش است و درصورتی‌که یک سفارش نیاز به Skuهائی داشته باشد که در مناطق مختلف واقع شده است، سفارش پس از عبور از هر منطقه تکمیل خواهد شد و سپس کالاها در یک مکان مشترک جمع‌آوری می‌شوند. بنابراین هنگامی که یک سفارش ثبت شد، هر پردازشگر تنها مسئول انتخاب و بازیابی اقلام ناحیه‌ای معینی از انبار خواهد بود. ضمناً این استراتژی برای بکارگیری در انبارهای بزرگ مناسب است.

۱-۱-۱-۴- Cluster Picking

در استراتژی Cluster Picking محصولات باتوجه به ارتباطات طبیعی یا تشابه درخواست‌ها، به گروه‌هایی تقسیم می‌شوند و هر گروه به عنوان یک واحد انتخاب می‌شود، لذا Cluster Picking یک روش پردازش در ظروف سفارش چندگانه، در یک زمان است. ظروف می‌توانند شامل سبد حاوی دسته سفارش[۴۱] یا سفارش گسسته[۴۲] باشند. در میان سایر استراتژی‌های طراحی فرایند پردازش سفارش، Cluster Picking دارای گزینه‌هایی است که تحت راهکارهای دستی یا خودکار قرار می‌گیرند.

۱-۱-۱-۵- Wave Picking

این رویکرد برای جلوگیری از تلاطم و افزایش بهره‌وری فرایند آماده‌سازی سفارشات طراحی شده است. در استراتژی Wave Picking، سفارشات براساس شاخص‌هائی از جمله تاریخ تحویل یا ناحیه خرده‌برداری، جمع‌آوری و پردازش می‌شوند، یعنی برخی از محصولات به‌صورت همزمان انتخاب می‌شوند و سپس محصولات به ایستگاه‌های پردازش ارسال می‌گردند. شایان ذکر است که استراتژی Wave Picking تا حدّی شبیه استراتژی discrete picking است، البته در discrete picking، برنامه زمانبندی وجود ندارد در حالی که در Wave Picking وجود دارد و سفارشات ممکن است در زمان‌های خاصی از روز برنامه‌ریزی شوند که این ویژگی، برای هماهنگی و به حداکثر رساندن عملیات انتخاب و حمل مفید خواهد است.



41 order batches
42 discrete order

۱-۱-۱-۶- استراتژی‌های ترکیبی

در استراتژی ترکیبی جمع‌آوری سفارشات، باتوجه به قابلیت‌های انواع استراتژی‌ها ، اقدام به ترکیب استراتژی‌ها (به‌منظور استفاده از مزایای حاصله) و تجهیزات کمکی می‌گردد. از نمونه استراتژی‌های ترکیبی به موارد ذیل می‌توان اشاره نمود:

- Zone Batch Picking
- Zone Wave Picking
- Zone Batch Wave Picking
- Voice Picking
- Hand-Held Picking

براساس توضیحات فوق، در ادامه جدول خلاصه مشخصات و الزامات موردنیاز برای بکارگیری استراتژی‌های مبتنی‌بر پیمایش شخص پردازشگر، در قالب شاخص‌های پیشنهادی نه‌گانه موثر در تصمیم درج شده است:

	وسعت انبـار	حجم سفارش	سـایز اقلام	تشابه سفارشات	تعـداد SKU	سطح اتوماسیون	تنوع سفارشات
single picking	کوچک	کم	کوچک	منحصربفرد	کم	عدم نیاز به اتوماسیون	سفارش منحصربفرد
Bach picking	بزرگ	کم تا زیاد	کوچک تا متوسط	مشابه	زیاد	نیازمند اتوماسیون	سفارشات متفاوت
Wave picking	متوسط	متوسط تا زیاد	کوچک تا متوسط	متفاوت	کم	در برخی سطوح ضروری نیست	سفارشات مشابه
Zone picking	متوسط	متوسط تا زیاد	کوچک تا متوسط	متفاوت	متوسط	ضروری نیست	سفارشات مشابه

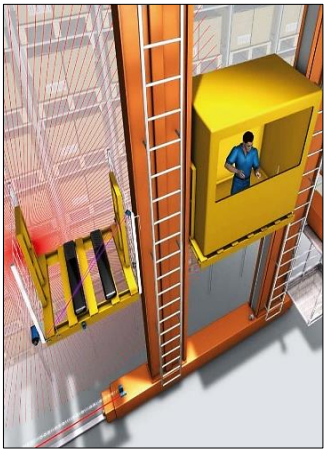
جدول خلاصه مشخصات استراتژی‌های مبتنی‌بر پیمایش پردازشگر سفارش

۱-۱-۲- حرکت جمع‌آوری‌کننده سفارش توسط تجهیزات مکانیزه غیرهوشمند

در این روش، کماکان موضوع مراجعه پرسنل پردازشگر برای انتخاب و برداشت کالای مورد سفارش برقرار است ولی باهدف افزایش سرعت عملیات، از تجهیزات ویژه‌ای برای پیمایش انبار بهره‌گیری خواهد شد، البته کماکان سرعت و بهروری عملیات پردازش، وابسته به کیفیت عملکرد اپراتور خواهد بود امّا شناسائی مکان اقلام کاندید برای خرده‌برداری می‌تواند از طریق سایر سیستم‌ها و ابزارهای کمکی مانند انواع Hand-Held صورت پذیرد.

۱-۱-۲-۱- تجهیزات مکانیزه ویژه جمع‌آوری سفارش مانند Order Picker

انواع ماشین‌های Order Picker ماهیتاً جهت تسهیل عملیات خرده‌برداری در انبارها و شرکت‌های پخش بکار گرفته می‌شوند. این تجهیز در انواع مختلفی ساخته شده ولی وجه تمایز آنها، قابلیت دسترسی به ارتفاع، از طریق انتقال اپراتور به طبقات فوقانی قفسه‌ها در انبارهای مرتفع (حدود ۱۵ متر ارتفاع) است، ضمناً به‌علت شباهت انواع مرتفع ماشین Order Picker با ماشین VNA مدل man-up، در برخی از انبارها عملیات انتخاب کالا، به‌ویژه برای سفارشات پالتی، از دستگاه VNA هم استفاده می‌گردد.



۱-۱-۲-۲- تجهیز Crain غیرهوشمند و تکنولوژی ذخیره-بازیابی حامل اپراتور

در این روش پردازشگر، به‌کمک انواع Crane غیراتوماتیک که دارای قابلیت حمل اپراتور می‌باشد, اقدام به برداشت اقلام سفارش از سلول‌های قفسه‌ها، که می‌توانند مرتفع نیز باشند، می‌نماید.

بدیهی‌است فرد اپراتور، مستقیماً عملیات برداشت پالت از جایگاه‌ها را مدیریت می‌کند. در اینجا یادآور می‌شود که Crane مورد استفاده در اینجا از لحاظ ساختار شبیه Crane تکنولوژی AS/RS بوده ولی فاقد ویژگی اتوماسیون و هوشمندی تجهیزات است.

۲- استراتژی انتقال کالا به محل جمع‌آوری‌کننده سفارش

در استراتژی انتقال کالا به محل جمع‌آوری‌کننده سفارش، اقلام انبارش شده بایستی در محل استقرار اپراتور قرار گیرند تا نیازی به هیچگونه پیمایشی توسط پرسنل پردازشگر نباشد و بدیهی‌است بطورهمزمان، بکارگیری تکنیک‌های مکانیزاسیون نیز موجب تسهیل فراخوانی اقلام مورد سفارش خواهد شد.

۲-۱- Carousel

تکنولوژی Carousel راهکاری هوشمندانه برای خرده‌برداری اقلام کوچک و یا گران قیمتی که نیاز به حفاظت و افزایش سرعت دسترسی پردازشگر به اقلام دارد، می‌باشد. تجهیز مذکور در دو مدل افقی و عمودی و بصورت یک پکیج کامل ساخته شده و در نقاط مشخصی از انبار بکار گرفته می‌شود. از مزایای این تکنولوژی می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

۱. کاهش سطح تحت اشغال ناحیه خرده‌برداری سفارش.
۲. افزایش اتوماسیون عملیات انتخاب سفارش و سرعت دسترسی توسط کاربران.
۳. کاهش زمان دسترسی پرسنل پردازشگر به اقلام موردنظر.
۴. افزایش بهره‌وری ناشی از عدم نیاز به تردد پرسنل پردازشگر.
۵. رعایت کامل اصول ارگونومی در عملیات خرده‌برداری توسط نیروی انسانی.
۶. افزایش ایمنی به‌ویژه برای اقلام گران قیمت، حاصل از محدودیت دسترسی اشخاص غیرمجاز.

Horisontal Carousel

Vertical Carousel

۳- استراتژی ترکیبی نیمه‌اتوماتیک پردازش کالا شامل ترکیب حرکت جمع‌آوری‌کننده سفارش به سمت اقلام کالا و انتقال اقلام به سمت جمع‌آوری کننده سفارش

استراتژی‌های ترکیبی در پردازش سفارش، اغلب به راهکارهائی اقتصادی که از ظرفیت عملیاتی بالائی نیز برخوردارند، منجر می‌شوند و به این منظور از همزمانی رویه‌هائی بر پایه سهولت دسترسی پردازشگر به کالا، کمینه‌سازی پیمایش‌های کاربران در

عملیات انتخاب و برداشت، اطلاع رسانی بصری و مکانیزاسیون جابجائی کالا بهره می‌برند. ضمناً تجهیزات مورد استفاده در این استراتژی کاملاً ویژه و مختص عملیات پردازش سفارش می‌باشند.

۳-۱- Pick to Light

تکنولوژی pick to light (گزینش و برداشت نوری)، راهکاری اقتصادی است که کمیّت و کیفیّت عملیات را در بخش خرده‌برداری و جورچینی بوضوح افزایش می‌دهد. تکنولوژی مذکور، پرسنل پردازشگر را قادر می‌سازد تا مکان و تعداد دقیق برداشتن کالا را به سرعت و از طریق نشانگرهای نوری، بدون نیاز به آشنائی با کالای مورد نظر تشخیص دهند.

امتیاز اصلی این سیستم، اطلاع رسانی بصری، تعیین تعداد اقلام برداشت شده، اطلاع از موجودی روزآمد قفسه‌های خودجریان[۴۳]، تعیین تعداد هر نوع کالا در سفارشات واصله، کاهش خطاهای انسانی و نهایتاً بهره‌گیری از رویه پردازش گروهی سفارشات می‌باشد. سیستم نرم‌افزاری مورد استفاده در تکنولوژی Pick-to-Light معمولاً یک سامانه مدیریت انبار (WMS[۴۴]) یا سیستم هدایت انبار است که با این تکنولوژی ارتباط برقرار می‌کند. سیستم نرم‌افزاری مذکور با اطلاعات دریافتی از دیگر دستگاه‌ها (مانند Hand held) یا سایر تکنولوژی‌ها تعامل برقرارنموده و هدایت بهینه عملیات جمع‌آوری سفارشات را به‌کمک نمایشگرهای نوری، مدیریت می‌کند.

خلاصه گردش فرایند در تکنولوژی Pick-to-Light بشرح ذیل است:

۱. سفارشات توسط سیستم مدیریت انبار یا سیستم مدیریت سفارشات شناسایی و ثبت می‌شوند.
۲. اطلاعات سفارش پردازش شده و جزئیات هر کالا در سفارش، شناسایی می‌شود.
۳. دستورات مربوط به هر محصول به چراغ‌های LED تخصیص داده می‌شوند.
۴. چراغ‌های LED مرتبط با اقلام سفارش، به ترتیب توالی اپراتورها (و اسکن بارکد هر لیست سفارش) روشن می‌شوند.
۵. پرسنل پردازشگر به ترتیب چراغ‌های روشن را دنبال کرده و کالای موردنظر را انتخاب می‌کنند.
۶. پس از انتخاب هر کالا، تایید انتخاب از طریق پنل Pick-to-Light انجام می‌شود.
۷. سیستم اطلاعاتی، تاییدهای پردازشگر را دریافت کرده و فرآیند انتخاب سفارش را به پایان می‌برد.
۸. موجودی انبار بر اساس سفارشات برداشت شده، به‌روزرسانی می‌گردد .

43 Flow Rack
44 Warehouse Management System

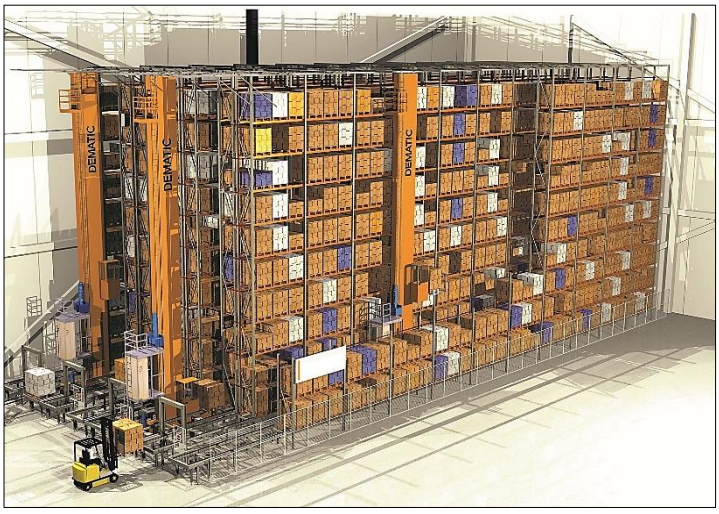
Pick to Belt -۲-۳

این سیستم شامل یک یا چند خط نقاله است که در آن پردازشگر سفارش، اقلام موردنظر، اعم از آیتم یا کارتن را از روی پالت‌ها یا قفسه‌ها انتخاب می‌نماید و بدین منظور از ترمینال‌های RFID یا سایر انواع تجهیزات خوانش بارکد مانند Hand Held به‌منظور شناسائی اقلام مورد سفارش بهره می‌برد و نهایتاً کالای انتخاب شده توسط خطوط نقاله به ناحیه ارسال منتقل می‌گردند.

۴- استراتژی جمع‌آوری سفارش توسط تجهیزات مکانیزه هوشمند

بکارگیری تجهیزات مکانیزه هوشمند، راهکاری ویژه در عملیات پردازش سفارش محسوب می‌گردند. بطورمعمول تکنولوژی‌های مبتنی‌بر هوش ماشین می‌توانند اختصاصاً برای عملیات خرده‌برداری و یا همزمان در عملیات انبارش و فراخوانی سفارش مورد استفاده قرار گیرند و از این طریق قابلیت‌های ویژه‌ای در عملیات انبارش یا آماده‌سازی سفارشات فراهم سازند. ذیلاً به مهم‌ترین تکنولوژی‌های مکانیزه هوشمند حوزه پردازش سفارش اشاره شده است.

AS/RS -۱-۴



تکنولوژی انبارهای ذخیره-بازیابی اتوماتیک (AS/RS)، به نوعی انبار اتلاق می‌گردد که در آن، عملیات دریافت کالا از بیرون انبار، چیدمان کالا در قفسه‌ها و برداشت کالا از قفسه‌ها و ارسال آن به‌منظور خروج از انبار، بصورت کاملاً خودکار، هوشمند و بدون دخالت مستقیم پرسنل صورت پذیرد و حضور حداقلی انسان، تنها به عنوان اپراتور و کنترلر سیستم خواهد بود. در انبارهای AS/RS، بکارگیری ترکیبی از ماشین‌الات حمل و سیستم‌های نرم‌افزاری، امکان استفاده بهینه، از کلیه تجهیزات را فراهم می‌سازد. نرم‌افزارها بکار گرفته شده در این تکنولوژی، ضمن ساماندهی گردش عملیات انبار، شرائط مسیریابی بهینه، با استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌یابی ریاضی، در راستای تعیین کوتاه‌ترین مسیر حمل بار را فراهم می‌سازند که ویژگی مذکور سبب کاهش هزینه‌های انرژی، کاهش استهلاک ماشین‌آلات، افزایش سرعت خدمات و نهایتاً کمینه‌سازی تعداد تجهیزات حمل می‌گردد. مجموع قابلیت‌های ذکر شده موجب شده که تکنولوژی AS/RS راهکاری برتر در عملیات پردازش سفارش ماژول‌های بزرگ ازجمله پالت (برای رده Unit Load) و پردازش سفارش ماژول‌های در حد سبد یا کارتن (برای رده Mini Load) باشد.

از مزایای ویژه بکارگیری تکنولوژی AS/RS در عملیات آماده‌سازی سفارش، می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

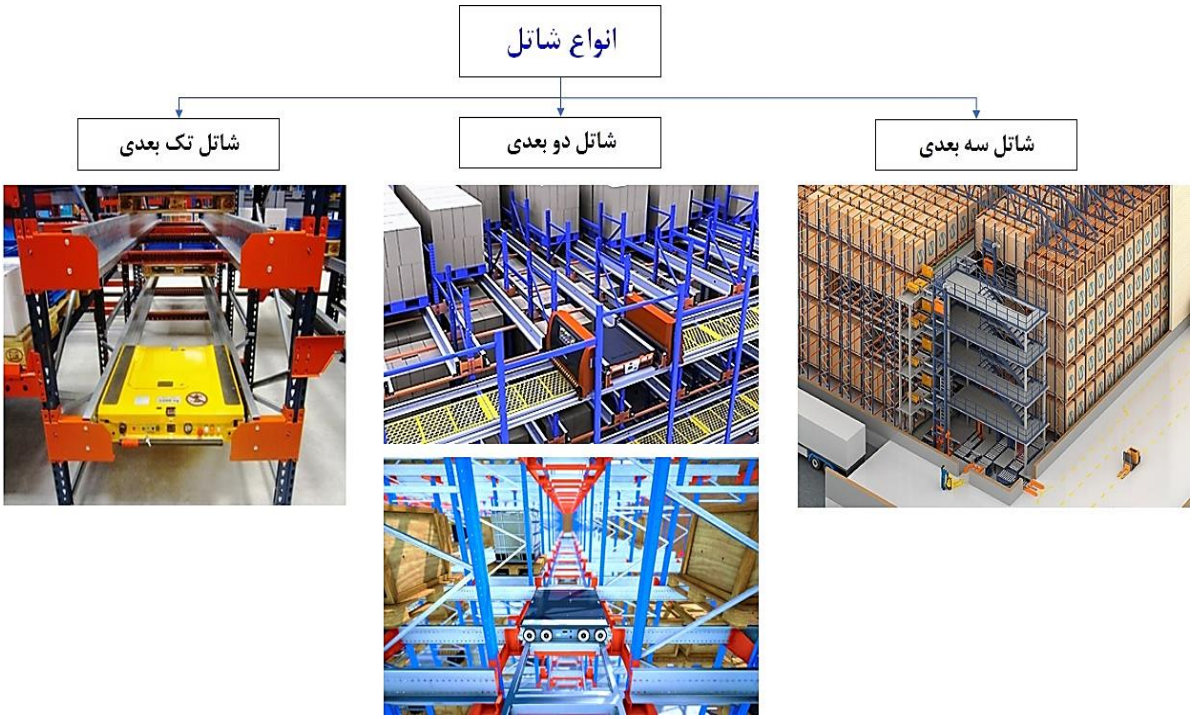
- گردآوری موازی[۴۵]: جمع‌آوری چندین سفارش به صورت همزمان توسط تجهیز Crane.
- گردآوری سریالی[۴۶]: جمع‌آوری یک سفارش به ترتیب توسط تجهیز Crane.

Shuttle Technology -۲-۴

تکنولوژی Shuttle، بعنوان یکی از راهکارهای عملیاتی در فرایند اتوماسیون پردازش سفارشات قابل بهره‌برداری است. در این سیستم، دستگاه Shuttle با حرکت در امتداد ریل‌های تعبیه شده، اقدام به جابجائی و جمع‌آوری پالت‌ها می‌نماید. اهمیت این تکنولوژی در عملیات پردازش سفارش، تسهیل فراخوانی ماژول‌های بزرگ (مانند پالت)، ضمن افزایش چشمگیر ضریب بهره‌گیری

45 Parallel Picking
46 Serial Picking

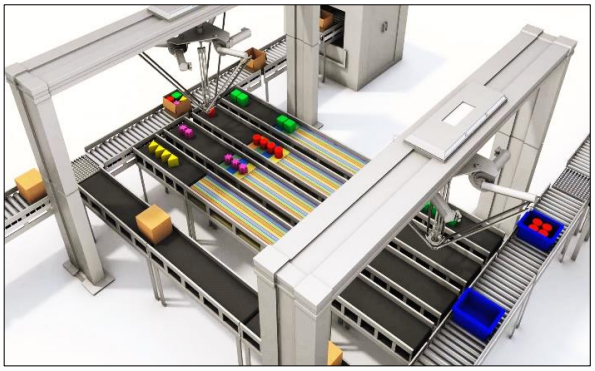
از فضای انبار، به‌ویژه برای SKUهای مشابه می‌باشد. شایان ذکر است که شاتل‌ها براساس ابعاد حرکتی به سه دسته، تک بعدی، دو بعدی و سه بعدی تفکیک می‌گردند که ابعاد مذکور تاثیر قابل توجهی در بهره‌وری عملیات فراخوانی و پردازش سفارش از طریق ارتقاء خودبسندگی سیستم خواهد داشت.



Shuttle Rack -۳-۴

سیستم انتخاب و برداشت توسط تکنولوژی Suttle Rack، یکی از جدیدترین انواع تکنولوژی‌های بر پایه بگارگیری گونه خاصی از Shuttleها بوده که در آن انتقال سبد کالا (اغلب دارای محدودیت وزنی ۸۰ کیلوگرم) به محل اپراتور خرده‌بردار، بصورت کاملاً اتوماتیک و براساس سفارشات فراخوانی شده انجام می‌گردد و پس از خرده-برداری، سبد مذکور، مجدداً و به‌صورت اتوماتیک به سلول جدیدی انتقال می‌یابد.

Pick to Robot -۴-۴



این تکنولوژی در اتوماسیون فرایند خرده‌برداری و چیدمان منظم کالا در سبد یا جعبه، براساس الگوی چینش برنامه‌ریزی شده، کاربرد دارد. این دستگاه نه تنها در تخلیه کالای وارده به انبار بلکه در چینش طیف گسترده‌ای از انواع کالای خروجی با سایز کوچک (ظرفیت بیش از ۲۰۰۰ جعبه درساعت)، به‌کمک بینائی ماشین، کاربرد دارد.

A-Frame -۵-۴

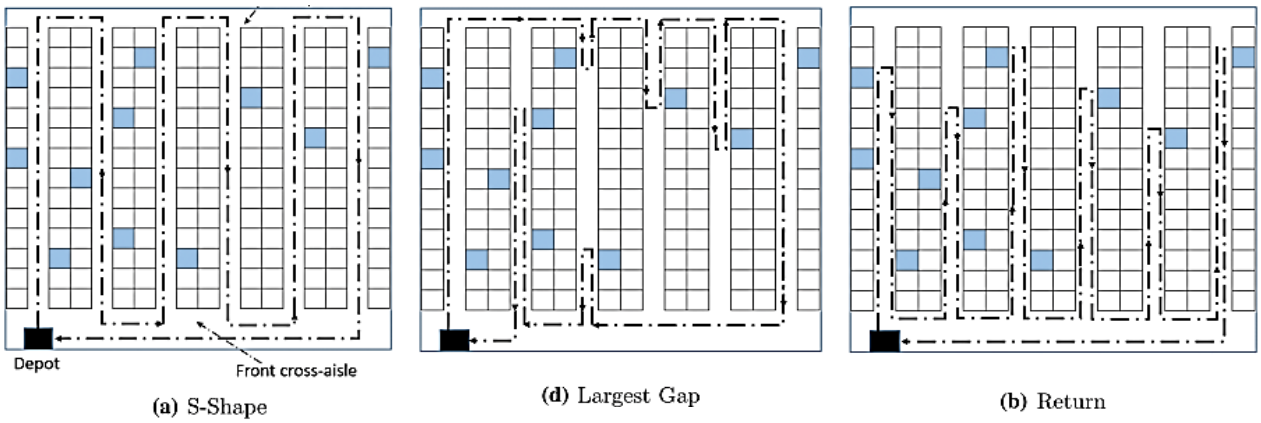
تکنولوژی A-Frame بمنظور آماده‌سازی اتوماتیک سفارشات، طراحی گردیده است . این تجهیز عملیات منظم و پیچیده خرده-برداری و جورچینی را با روشی اتوماتیک و قابل اعتماد، با سرعت بالا (حدود ۵ برداشت از هر SKU در ثانیه) اجرا می‌کند. با استفاده از این سیستم، اشتباه در جورچینی به حداقل تقلیل یافته و سرعت و ایمنی عملیات افزایش می‌یابد. تکنولوژی A-Frame برای مواردی که ابعاد کالا کوچک و تعداد درخواست روزانه زیاد باشد کاربرد دارد و بدین منظور از رویه پردازش گروهی سفارشات بهره می‌برد.

۵- تکنیک‌های بهبود عملکرد فرایند پردازش سفارش

استفاده از روش‌های محاسباتی و تکنولوژی در فرآیند Order Picking نقش بسزایی در بهبود عملکرد و بهره‌وری دارد. این اقدامات نه تنها زمان انتخاب را کاهش می‌دهند بلکه در افزایش دقت و کیفیت سرویس نیز موثرند و در مجموع، به کمک الگوریتم‌های ریاضی، هوش مصنوعی و فناوری‌های مدرن، بهبود قابل توجهی در عملیات پرداش سفارش تحقق خواهد یافت. ذیلاً به نمونه‌ای از تکنیک‌های بهبود عملکرد فرایند پردازش سفارش اشاره گردیده:

۵-۱- الگوریتم‌های بهینه‌سازی مسیر

درصورتیکه چندین سفارش به‌صورت همزمان اجرا می‌شوند، الگوریتم‌های بهینه‌سازی مسیر می‌توانند به کاهش زمان تردد و در نتیجه بهبود بهره‌وری عملیات پردازش سفارش کمک کنند. در روش‌هائی که برپایه پیمایش پردازشگر هستند، طی نمودن راهروهای مابین قفسه‌ها برای جمع‌آوری اقلامی که به‌شکل پراکنده در قفسه‌ها چیده شده‌اند الزامی‌است که این مسئله می‌تواند از نمونه الگوهای ذیل تبعیّت کند:



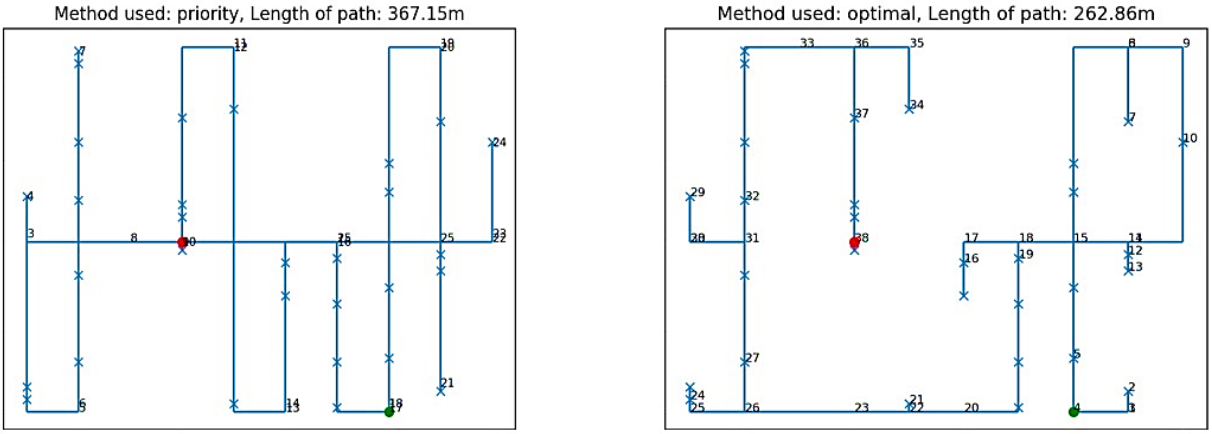
نمونه‌ای از الگوهای مسیریابی پردازش سفارش

لازم است تذکر دهیم که هریک از نمونه الگوهای پیمایش فوق، مستلزم مسافات مختلفی برای جمع‌آوری اقلام یک سفارش هستند و این موضوع بیانگر عدم بهینه‌گی و درنتیجه پیمایش‌های زیاد است که ضرورت بکارگیری روش‌های بهینه‌سازی ریاضی را در مسیریابی عملیات پردازش سفارش نشان می‌دهد.

در عملیات پردازش سفارش، مدل‌های ریاضی مختلفی برای بهبود مسیریابی استفاده می‌شوند، یک نمونه از این مدل‌ها، مسئله فروشنده دوره‌گرد (TSP=Traveling Salesman Problem) است که به عنوان مدل ساده‌ای برای بهینه‌سازی مسیر در پردازش سفارش‌ها به کار می‌رود. مدلی دیگر نیز مسئله مکانیابی/ مسیریابی (LRP=Location Routing Problem) است که در آن بهینه‌سازی مکان‌های انبارش و مسیرهای مختلف برای جمع‌آوری یا توزیع سفارشات لحاظ می‌گیرد.

از مدل‌های بهینه‌سازی خطی همچنین می‌توان در بهینه‌سازی تخصیص منابع، مسیرها و زمان‌بندی عملیات نیز بهره گرفت. به‌عنوان مثال در مسئله مسیردهی پردازشگر، هدف این است که یک پردازشگر از مکانی شروع به حرکت کرده و تمام نقاط مورد نیاز برای جمع‌آوری سفارش‌ها را با حداقل مسافت طی کند و لذا سعی در کاهش زمان و هزینه جمع‌آوری سفارش دارد. این مدل بهینه‌سازی ریاضی، مسیرها را به نحوی تنظیم می‌کند که کل مسافت طی شده کاهش یابد و بهینه‌ترین مسیر را فراهم آورد. در مسئله انتخاب مکان، موقعیت بهینه انبارها و مسیرهای جمع‌آوری در نظر گرفته می‌شود. در مدل‌های بهینه سازی خطی، متغیرها و محدودیت‌های مختلفی لحاظ می‌شوند و مدل‌های مذکور می‌توانند بهینه‌سازی تخصیص منابع، تخصیص سفارش‌ها به پردازشگران و بهینه‌سازی زمان‌بندی جمع‌آوری را انجام دهند.

ذیلاً نمونه‌ای از نتائج بهینه‌سازی مسیر یک پردازشگر سفارش به‌منظور جمع‌آوری اقلام سفارش از راهروهای یک انبار به تصویر کشیده شده است. همانطورکه در نمودار مشاهده می‌شود مجموع مسیرهای پیموده شده در مسئله مورد بررسی، معادل ۳۶۷ متر، قبل از بهینه‌سازی و ۲۶۲ متر، بعد از بهینه‌سازی بوده است. در اینجا یادآور می‌شود که کاهش ۲۸/۴ درصدی در پیمایش‌های شخص پردازشگر، فقط برای جمع‌آوری اقلام یک سفارش بوده است (دارای ۳۰ SKU) و همچنین میزان بهبود برای سایر سفارش‌ها می‌تواند کمتر یا بیشتر نیز باشد. بنابراین بنظر می‌رسد که با استفاده از تکنیک‌های مدل‌سازی ریاضی، مجموع مسافات پیموده شده در روز می‌تواند به نحو چشم‌گیری کاهش و بهینه‌سازی گردد.



نمونه کاهش ۲۸/۴ درصدی مسافت پیموده شده توسط پردازشگر سفارش برای جمع‌آوری ۳۰ نوع SKU

۵-۲- الگوریتم مکانیابی دینامیک

این الگوریتم‌ها براساس تحلیل سابقه سفارشات، مکان محصولات را به صورت دینامیک (پویا) تنظیم می‌کند و به این منظور از تکنیک‌های بهینه‌سازی مکان، تحت الگوریتم‌های تکاملی استفاده می‌نماید. مزایای این روش، بهبود بهره‌وری در انتخاب کالا و کاهش زمان حرکت کارکنان به مکان‌های دور است.

۵-۳- فناوری بارکد و RFID

این تکنولوژی‌ها موجب کاهش خطاها در انتخاب محصولات می‌شوند. الگوریتم‌های تشخیص بارکد و RFID می‌توانند به دقت بیشتر در تطابق محصولات با سفارش‌ها منجر شوند.

۵-۴- الگوریتم‌های پردازش تصویر و شبکه‌های عصبی

از الگوریتم‌های پردازش تصویر برای تشخیص و شناسایی کالا در مکان‌های انبار استفاده می‌گردد. این رویکرد به دقت و سرعت انتخاب کمک می‌کند، همچنین از شبکه‌های عصبی پیچیده (CNN=Convolutional Neural Networks) نیز برای تشخیص و شناسایی اقلام انبار بهره گرفته می‌شود.

۵-۵- سیستم‌های اتوماسیون توسط ربات‌ها

الگوریتم‌های کنترل مسیر و تصمیم‌گیری برای ربات‌های جمع‌آوری کننده از طریق الگوریتم‌های هوش مصنوعی ازجمله الگوریتم (DDPG=Deep Deterministic Policy Gradients) ، که سبب افزایش بهره‌وری، ارتقاء دقت و افزایش سرعت عملیات پردازش می‌شوند.

۶- تطبیق استراتژی‌های آماده‌سازی سفارش با تکنولوژی‌های لجستیکی

انواع تکنولوژی‌های آماده‌سازی سفارش براساس نوع استراتژی پردازش می‌توانند متناسب با نیازهای خاص زنجیره تأمین و نوع محصولات مورد استفاده قرار گیرند. در ادامه نمونه‌ای از تطابق تکنولوژی‌ها و استراتژی‌های Order Picking درج گردیده است:

Piece Picking : تکنولوژی‌های Pick-to-Light و Pick-to-Voice برای افزایش دقت و سرعت در انتخاب تک به تک محصولات کارآمد هستند. همچنین Barcode Scanning نیز برای اطمینان از صحت انتخاب در این استراتژی مفید است.

Batch Picking : Pick-to-Light و Pick-to-Voice به‌عنوان تکنولوژی‌های مفید برای Batch Picking شناخته می‌شوند. این تکنولوژی‌ها به پرسنل این امکان را می‌دهند که چندین سفارش را همزمان انتخاب کنند.

Zone Picking : تکنولوژی‌های Pick-to-Light و Pick-to-Voice می‌توانند در Zone Picking مورد استفاده قرار بگیرند. هر منطقه با چراغ‌ها یا دستورات صوتی مجهز شده و پرسنل تنها مسئول انتخاب محصولات در زمینه مربوطه هستند.

Wave Picking : در Wave Picking اغلب از تکنولوژی‌هائی همچون Pick-to-Light، Pick-to-Voice و Barcode Scanning بصورت ترکیبی بهره می‌برد. این ترکیب امکانی را فراهم می‌کند تا محصولات با سرعت بالا و با دقت انتخاب شوند.

Cluster Picking : معمولاً از تکنولوژی‌های Pick-to-Light و Pick-to-Voice بهره می‌برد. هر گروه از محصولات به تکنولوژی‌های مختلف اختصاص یافته و پرسنل براساس تکنولوژی‌های مذکور، اقلام را انتخاب می‌کنند.

Cluster picking	Wave picking	Zone picking	Bach picking	single picking	
❊	❊	❊	❊	❊	Pick to Light
❊	❊	❊	❊	❊	pick to Voice
–	❊	–	–	❊	Barcode Scaning

جدول تطبیق استراتژی‌های آماده‌سازی سفارش با تکنولوژی‌های لجستیکی

۷- محدوده‌های تکنولوژیکی در فرایند پردازش سفارش

در قسمت‌های قبلی، به معرفی استراتژی‌ها و تکنولوژی‌های روزآمد حوزه آماده‌سازی سفارشات، پرداخته شد. به‌دلیل تفاوت مابین روش عملکرد، در بین تکنولوژی‌ها و همچنین میزان خودبسندگی (اتوماسیون)، هر یک از سیستم‌های پردازش سفارش از ویژگی‌ها، محدودیت‌ها و مزایای خاصی برخوردار هستند که موجب می‌شود ظرفیت‌های عملیاتی متفاوتی را نیز در اختیار کاربران قراردهند. به عنوان نمونه، در جدول ذیل بازه ظرفیتی انواعی از تکنولوژی‌های پردازش سفارش، برحسب تعداد SKU قابل انتخاب، دریک ساعت، درج گردیده است که می‌تواند یکی از مبانی موثر برای تصمیم‌گیری و انتخاب باشد.

منبع: Wulfratt 2013

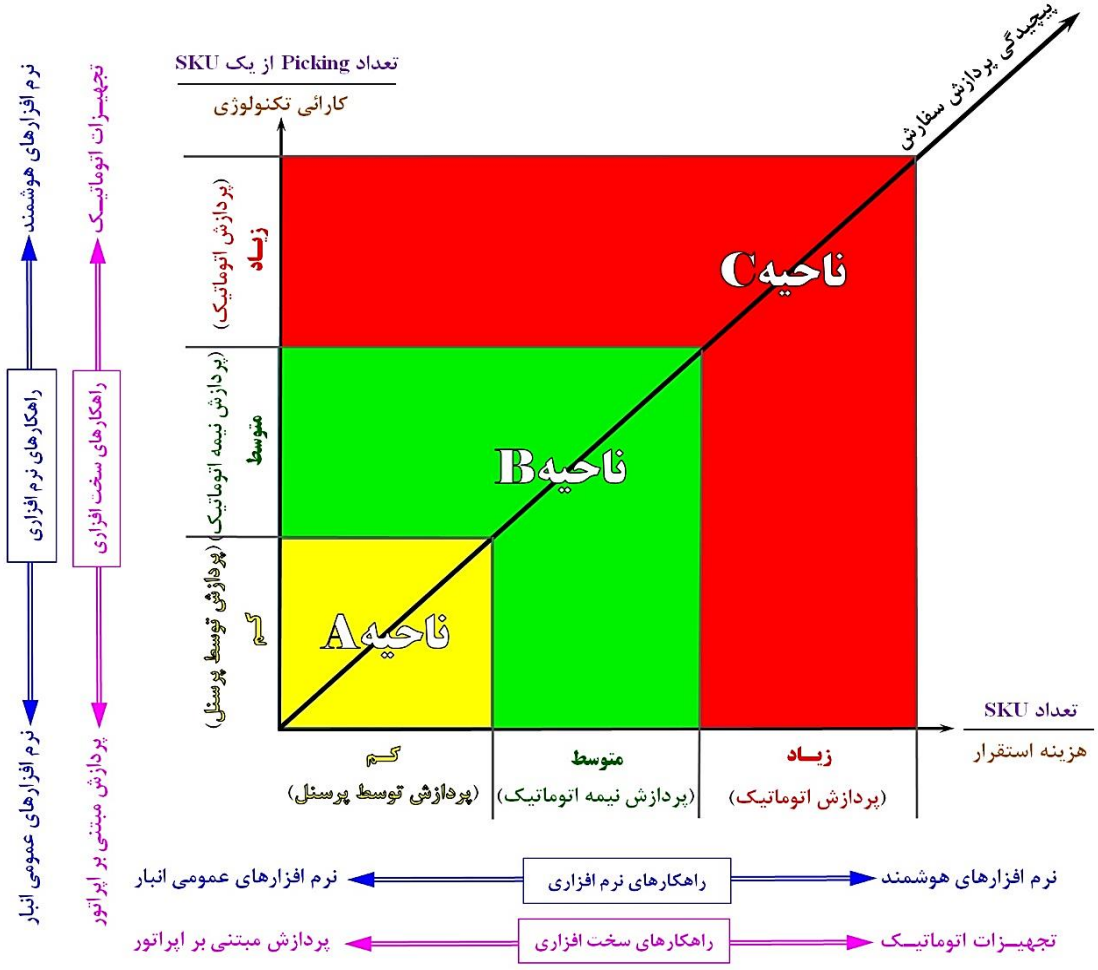
نمودار مقایسه ظرفیت‌های عملیاتی انواع روش‌های پردازش سفارش

همانگونه که در جدول فوق، اختلاف معناداری مابین ظرفیت اسمی تکنولوژی‌ها مشاهده می‌گردد، میزان کارائی و هزینه پیاده‌سازی انواع تکنولوژی، برای آماده‌سازی سفارشات نیز به نحو چشم‌گیری متفاوت خواهد بود، تا جائی که شاخص هزینه و کارائی، به شکلی کاملاً متعامل و هم‌جهت، افزایشی و یا کاهشی می‌باشند و این موضوع مبیّن لزوم تقبل هزینه‌های فراوان، برای دستیابی به ظرفیت‌های بیشتر است و براین مبنا، ذیلاً سه ناحیه تصمیم‌ساز به تصویر کشیده شده‌اند:

A (ناحیه زرد رنگ) - هزینه کم با کارائی پائین در پردازش سفارش.
B (ناحیه سبز رنگ) - هزینه متوسط و کارائی متوسط در پردازش سفارش.
C (ناحیه قرمز رنگ) - هزینه زیاد و کارائی بالا در پردازش سفارش.

رابطه مستقیمی نیز مابین شاخص تعداد SKU جاری در انبار، نسبت به ظرفیت انتظاری برای انتخاب (Picking) از هر SKU وجود دارد. همانطورکه در نمودار زیر مشاهده می‌شود، حرکت به سمت پردازش SKU بیشتر، مستلزم بکارگیری تجهیزات خودبسنده‌تر و سیستم‌های نرم‌افزاری هوشمندتر است و بطور مشابه، نرم‌افزار و اتوماسیون بالاتر نیز از ضروریات قابلیت برداشت بیشتر از هر SKU می‌باشد. بر این اساس نیز نواحی سه‌گانه زیر قابل شناسائی است:

A (ناحیه زرد رنگ) - SKU کم و Picking کم از هر SKU.
B (ناحیه سبز رنگ) - SKU متوسط و Picking متوسط از هر SKU.
C (ناحیه قرمز رنگ) - SKU زیاد و Picking زیاد از هر SKU.



نمودار مقایسه تعداد SKU با تعداد Picking

مطابق خلاصه جدول ذیل، ناحیه C، مربوط به انواع تکنولوژی با اتوماسیون بالا مانند ASRS است که در انبارهای با SKU فراوان و Picking زیاد توجیه‌پذیر هستند. ناحیه A نیز مربوط به پردازش‌های وابسته به حضور مستقیم نیروی انسانی، با حداقل بکارگیری از رویکردهای تکنولوژیکی است که ماهیتاً از ظرفیت‌های پائینی نیز برخوردار است.
لذا بنظر می‌رسد ناحیه B (سبز رنگ)، از طریق بکارگیری تکنولوژی‌های نیمه اتوماتیک و ترکیب عملکرد انسان- ماشین، از جمله در تکنولوژیPick to Light، شرائط قابل قبول و نسبتاً سهلی را برای برقراری دپارتمان‌های پردازش سفارش در انواع دسته-بندی‌های کالائی (پالت، بسته، آیتم)، از لحاظ هزینه، کارائی و تعداد SKU، در اختیار مدیران انبارها و شرکت‌های پخش قرار می‌دهد. (اولویت بالاتر در پیاده‌سازی از لحاظ جمیع شاخص‌ها)

ناحیه	هزینه	کارائی	SKU	picking از هر SKU
A	کم	کم	کم	کم
B	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط
C	زیاد	زیاد	زیاد	زیاد

۹- نتیجه‌گیری

در این مقاله تلاش گردید، ضمن آشنائی با فرایند پردازش سفارش، به معرفی اجمالی شاخص‌ترین استراتژی‌ها و تکنولوژی‌های آن حوزه اقدام گردد و در ادامه نیز ضمن تطبیق استراتژی‌ها با تکنولوژی‌های نوآورانه لجستیکی مرتبط با آماده‌سازی سفارش، به اولویت‌بندی راهکارها پرداخته شود. در مجموع و با تکیه بر توضیحات ارائه شده، پیاده‌سازی راهکارهای مبتنی‌بر نوآوری‌های لجستیکی در فرایند پیچیده پردازش و آماده‌سازی سفارش، ضروری بنظر می‌رسد ولی میزان ورود به هریک از حوزه‌های تشریح شده، وابسته به شاخص‌های تصمیم‌گیری خواهد بود که در این مقاله تلاش گردیده به اختصار مورد بحث و بررسی قرار گیرد.

۹- فهرست منابع

۱- در تدوین بخش‌های از مقاله حاضر، از کتاب "کاربرد تکنولوژی‌های نوین در لجستیک انبار با تاکید بر انبارهای اتوماتیک"، تالیف محسن قانون و مهدی خسروانی، انتشارات بانک ملی ایران، بهره گرفته شده است.
2- On_the_Order_Picking_Policies_in_Warehou – Ricardo Arriola, Fernando Ramos,Gilberto Rivera
3- A study on the picking process time – Joo Ae Lee, Yoon Seok Chang, Hyun Jin Shim, Sung Je Cho – 6th International Conference on Applied Humam Factors and Ergonomic (AHFE 2015)
4- A Review of Order Picking Improvement Methods – Johan Oscar Ong, Don Thomas Joseph – 2014
5- Goods to Person Technologies – Kardex Factory
6- Order Picking Strategy – Kardex Factory
7- Warehouse & Distribution Science, Release 0.95 – John Bartholdi, Steven Hackman – 2011
8- The 8 Best Order Picking Methods (Including Batch Picking) – Christine Wheeler – 2014