

موج برداشت (Wave Picking) در انبارها

نویسنده: غلامحسین سطوت

کارشناس ارشد (MBA)، مدیریت زنجیره تامین و حمل و نقل، دانشگاه تهران، amirsatvat@gmail.com

یک رویکرد علمی – کاربردی در بهینه سازی عملیات برداشت سفارش

۱- چکیده

رشد تجارت الکترونیک، زیاد شدن تنوع سفارش ها و کاهش زمان تحویل، موجب شده عملیات انبارداری به یکی از عوامل کلیدی موفقیت در زنجیره تأمین تبدیل شود. بخش قابل توجهی از شاخص های هزینه و زمان در عملیات انبار به فرآیند برداشت سفارش اختصاص دارد. به همین دلیل، انتخاب استراتژی مناسب برداشت نقش تعیین کننده ای در بهره وری عملیات در انبار دارد.

موج برداشت (Wave Picking) یکی از رایج ترین و کارآمد ترین استراتژی های برداشت در مراکز توزیع مدرن است که با گروه بندی سفارش ها بر اساس معیارهای تعریف شده لجستیکی و اجرای آن ها در محدوده های زمانی مشخص، موجب کاهش زمان حرکت اپراتورها، افزایش دقت و بهبود هماهنگی با برنامه های حمل و نقل می شود.

در این مقاله با رویکردی علمی – کاربردی به بررسی مفهوم موج برداشت، نحوه عملکرد، انواع، مزایا و معایب آن پرداخته و نقش سیستم مدیریت انبار (WMS) را در پیاده سازی موفق این استراتژی مورد تحلیل قرار داده شده است.

واژگان کلیدی:

Wave Picking، عملیات انبار، مرکز توزیع، SKU، سیستم مدیریت انبار (WMS)

۲- مقدمه

تحولات اخیر در لجستیک و زنجیره تأمین، به ویژه تحت تأثیر گسترش تجارت الکترونیک، افزایش انتظارات مشتریان و مدیریت هزینه ها باعث افزایش فشار بر انبارها و مراکز توزیع شده است. امروزه مشتریان انتظار تحویل دقیق و سریع با انعطاف پذیر بالا را دارند و این موضوع اهمیت بهینه سازی فرآیندهای داخلی انبار را دوچندان کرده است [۴]. مطالعات مختلف نشان می دهد که فرآیند برداشت سفارش به تنهایی بین ۵۰ تا ۶۰ درصد از کل هزینه های عملیاتی انبار را به خود اختصاص می دهد [۵]. همچنین، بخش عمده ای از زمان اپراتورهای برداشت صرف حرکت بین محل های ذخیره سازی می شود به گونه ای که این امر برای بهبود بهره وری از طریق طراحی مجدد روش های برداشت ایجاد می کند.

در جهت حرکت به سمت این بهره وری ها، استراتژی های متنوعی نظیر:

Single Order Picking

Batch Picking

Zone Picking

Wave Picking

توسعه یافته اند. در میان این روش ها، موج برداشت به دلیل قابلیت بالای آن در هماهنگی با برنامه های ارسال و مقیاس پذیری در حجم بالای سفارش به طور گسترده در مراکز توزیع بزرگ مورد استفاده قرار گرفته است [۵].

۳- مفهوم و تعریف موج برداشت (Wave Picking)

موج برداشت (Wave Picking) یک استراتژی برداشت کالاهای مورد نیاز سفارش در انبار است که در آن سفارش ها بر اساس معیارهای مشخص لجستیکی در قالب گروه هایی به نام موج سازمان دهی شده و در بازه های زمانی از پیش تعیین شده پردازش می شوند [۱].

در ادبیات علمی، تعاریف متعددی از موج برداشت ارائه شده است از جمله:

- موج برداشت فرآیندی است که در آن سفارش های دارای ویژگی های مشترک به صورت هم زمان برداشت می شوند تا زمان حرکت و تعداد سفرهای برداشت کاهش یابد [۲].
- موج برداشت رویکردی زمان محور در برداشت سفارش است که در آن عملیات برداشت، مرتب سازی و ارسال با برنامه های حمل و نقل هم راستا می شود [۴].
- موج برداشت یک استراتژی ساختار یافته برداشت است که با استفاده از سیستم های اطلاعاتی، سفارش ها را بر اساس معیارهای لجستیکی گروه بندی می کند [۳].

هدف اصلی این روش، کاهش مسافت طی شده توسط اپراتورها، افزایش بهره وری نیروی انسانی و بهبود هماهنگی بین فرآیندهای برداشت، بسته بندی و ارسال است.

۴- معیارهای گروه بندی در موج برداشت

گروه بندی سفارش ها در موج برداشت بر اساس مجموعه ای از معیارهای لجستیکی انجام می شود که انتخاب صحیح آن ها نقش مهمی در موفقیت این استراتژی دارد. مهم ترین این معیارها عبارت اند از:

- ویژگی های فیزیکی کالا: اندازه، وزن، حجم و شرایط نگهداری (مانند کالاهای سردخانه ای)
- موقعیت کالا در انبار: نزدیکی محل های ذخیره سازی به یکدیگر
- زمان بندی ارسال: هماهنگی با برنامه حرکت کامیون ها یا ناوگان توزیع
- الزامات مشتری: سفارش های ویژه، مشتریان 3PL یا سطح خدمت متفاوت
- الزامات حمل و نقل: مسیر توزیع، تعداد هاب های تحویل و نوع وسیله نقلیه

زمان بندی موج ها یکی از عناصر کلیدی در این روش است. هر موج معمولاً به گونه ای برنامه ریزی می شود که عملیات برداشت آن پیش از زمان بارگیری تکمیل شده و از ایجاد گلوگاه در مرحله ارسال جلوگیری شود [۵].

۵- تفاوت موج برداشت (Wave Picking) و برداشت دسته ای (Batch Picking)

موج برداشت و برداشت دسته ای از نظر مفهومی شباهت های قابل توجهی دارند و در برخی منابع به اشتباه به جای یکدیگر استفاده می شوند. با این حال، تفاوت اصلی این دو روش در زمان بندی و سطح هماهنگی با فرآیندهای پایین دستی نهفته است.

در برداشت دسته ای (Batch Picking)، اپراتور اقلام مشابه را برای چند سفارش مختلف در یک مسیر برداشت می کند و سپس این اقلام در مرحله ای جداگانه مرتب سازی و به سفارش های نهایی تخصیص داده می شوند. تمرکز اصلی این روش بر کاهش تعداد سفرهای برداشت است [۱].

در مقابل، موج برداشت علاوه بر گروه بندی سفارش ها، دارای یک چارچوب زمانی مشخص است که برداشت، مرتب سازی و ارسال را با برنامه های عملیاتی انبار و حمل و نقل هماهنگ می کند. به عبارت دیگر، موج برداشت را می توان نوعی

برداشت دسته ای زمان بندی شده دانست که در آن، هر موج نمایانگر یک پنجره زمانی مشخص برای تکمیل عملیات است [۴].

در بسیاری از مراکز توزیع پیشرفته، ترکیبی از این دو روش مورد استفاده قرار می گیرد، به گونه ای که برداشت اقلام به صورت دسته ای انجام شده و این دسته ها در قالب امواج برنامه ریزی می شوند.

۶- انواع موج برداشت

بر اساس نحوه زمان بندی عملیات برداشت و بسته بندی، موج برداشت معمولاً به دو نوع اصلی تقسیم می شود:

۶،۱. موج برداشت ثابت (Static Wave Picking)

در موج برداشت ثابت، سفارش ها در قالب یک موج مشخص تعریف می شوند و تا زمانی که تمامی اقلام مربوط به آن موج برداشت نشوند، عملیات بسته بندی و ارسال آغاز نمی شود. این روش بیشتر در انبارهای کوچک تا متوسط با الگوی کاری قابل پیش بینی مورد استفاده قرار می گیرد [۲].

مزیت اصلی این روش، سهولت برنامه ریزی نیروی انسانی و زمان بندی عملیات است. با این حال، از معایب آن می توان به کاهش انعطاف پذیری و احتمال افزایش زمان انتظار برای سفارش های فوری اشاره کرد.

۶،۲. موج برداشت پویا (Dynamic Wave Picking)

در موج برداشت پویا، عملیات بسته بندی و ارسال می تواند هم زمان با برداشت اقلام انجام شود. در این روش، تیم بسته بندی ثابت باقی می ماند، در حالی که تیم برداشت از انعطاف پذیری بیشتری برخوردار است.

این رویکرد نسبت به موج برداشت ثابت پیچیدگی کمتری در برنامه ریزی دارد و برای انبارهایی با حجم بالای سفارش و تغییرات مکرر مناسب تر است. با این حال، اجرای موفق آن نیازمند پشتیبانی قوی سیستم های اطلاعاتی و هماهنگی لحظه ای بین واحدها است [۳].

۷- نحوه پیاده سازی و پیکربندی موج برداشت

پیاده سازی موفق موج برداشت مستلزم پاسخ گویی به چند پرسش اساسی در مرحله طراحی فرآیند است:

- سفارش ها چگونه انتخاب و اولویت بندی می شوند؟
- تخصیص عملیات برداشت به اپراتورها چگونه انجام می گیرد؟
- دستورالعمل های برداشت و مرتب سازی چگونه ارائه می شوند؟
- ارسال ها چگونه گروه بندی و برنامه ریزی می شوند؟

۷،۱. انتخاب سفارش ها برای موج برداشت

در مرحله نخست، سفارش ها بر اساس معیارهایی نظیر نوع سفارش، سن سفارش، زمان ارسال، مسیر حمل و نقل و محدودیت های ظرفیت انتخاب می شوند. یکی از مفاهیم کلیدی در این مرحله، زمان اتمام برداشت است که حداکثر زمانی را مشخص می کند که تا آن نقطه می توان سفارش ها را وارد یک موج خاص کرد. این زمان بندی باید با در نظر گرفتن پیش زمان های برداشت، مرتب سازی، بسته بندی و بارگیری تعریف شود تا از تأخیر در ارسال جلوگیری شود [۵].

۷،۲. تخصیص اپراتورها و مسیر برداشت

پس از تعیین موج، سفارش ها باید به اپراتورهای برداشت تخصیص داده شوند. تخصیص نادرست می تواند منجر به عدم تعادل حجم کار و به دنبال آن افزایش خطا و کاهش بهره وری شود.

طراحی مسیرهای برداشت کارآمد یکی از عوامل کلیدی موفقیت موج برداشت است. مسیرها باید به گونه ای طراحی شوند که حرکت های غیرضروری کاهش یافته و توالی منطقی برداشت رعایت شود. استفاده از سیستم مدیریت انبار در این مرحله نقش مهمی در بهینه سازی مسیرها ایفا می کند [۱].

به منظور افزایش دقت، اپراتورها معمولاً به تجهیزات اسکن بارکد یا دیگر دستگاه های همراه مجهز می شوند تا اطلاعات موجودی به صورت بلادرنگ به روزرسانی شود.

۸- مرتب سازی، بسته بندی و گروه بندی ارسال ها

از آنجا که موج برداشت شامل برداشت هم زمان اقلام برای چند سفارش است، مرحله مرتب سازی که بعد از برداشت انجام می شود از اهمیت ویژه ای برخوردار است. مرتب سازی می تواند به دو روش اصلی انجام شود:

- مرتب سازی با استفاده از اسکنر های بارکد خوان، که در آن محل مرتب سازی به صورت خودکار و بر خط ثبت می شود.
 - مرتب سازی بر اساس دستورالعمل های نمایش داده شده در دستگاه های همراه اپراتورها.
- پس از مرتب سازی، اقلامی که نیاز به بسته بندی دارند، بسته بندی شده و به ناحیه ارسال منتقل می شوند. گروه بندی ارسال ها باید بر اساس مسیر توزیع، مقصد نهایی و تعداد نقاط تحویل انجام شود تا بهره وری ناوگان حمل و نقل حفظ شود [۴].

۹- ادغام موج برداشت با سیستم مدیریت انبار (WMS)

سیستم مدیریت انبار (WMS) و توانمندی های آن، نقش محوری در پیاده سازی موفق موج برداشت ایفا می کند. یک WMS کارآمد قادر است برای سفارش ها را به صورت خودکار امواج را تعریف کند و آن ها را بر اساس معیارهایی نظیر زمان ارسال، ظرفیت منابع، موقعیت کالا و اولویت مشتری برنامه ریزی کند [۲].

اتصال WMS به سیستم مدیریت سفارش (OMS) امکان دریافت اطلاعات بلادرنگ از کانال های فروش را فراهم کرده و زمینه ساز طراحی استراتژی های برداشت بهینه می شود. بدون پشتیبانی نرم افزاری مناسب، اجرای موج برداشت در مقیاس بزرگ عملاً با چالش های جدی مواجه خواهد شد.

۱۰- کاربرد موج برداشت در انواع انبارها

انتخاب و پیاده سازی استراتژی موج برداشت، همانند سایر روش های مدیریت عملیات انبار، باید متناسب با ویژگی های ساختاری و عملیاتی انبار انجام شود. موج برداشت زمانی بیشترین کارایی را دارد که الگوی سفارش ها از نظر حجم، تنوع و زمان ارسال قابلیت گروه بندی منطقی داشته باشد [۳].

موج برداشت به ویژه برای انبارها و مراکز توزیعی مناسب است که دارای ویژگی های زیر باشند:

- حجم بالای سفارش های روزانه با تعداد زیاد SKU
- گردش سریع موجودی (Fast Moving Items)

- برنامه های ارسال زمان بندی شده و وابسته به مسیرهای مشخص حمل و نقل
 - دسترسی آسان اپراتورها به واحدهای بار سبک
 - وجود زیرساخت نرم افزاری مناسب (WMS) برای برنامه ریزی و کنترل عملیات
- در انبارهای بسیار بزرگ که فرآیند برداشت دستی انجام می شود، طراحی صحیح قفسه بندی صنعتی و چیدمان کالاها اهمیت ویژه ای دارد. قفسه بندی باید به گونه ای انتخاب شود که حرکت اپراتورها تسهیل شده و امکان برداشت هم زمان اقلام در امواج مختلف فراهم شود [۵].
- در مقابل، اگر بخش عمده ای از اقلام دارای گردش کند بوده یا تعداد سفارش ها محدود باشد، استفاده از روش های ساده تر برداشت، نظیر برداشت تک سفارش یا برداشت به جعبه، می تواند کاراتر باشد.

۱۱- شبیه سازی عملکرد موج برداشت در یک انبار فرضی

به منظور درک بهتر نحوه عملکرد موج برداشت، یک سناریوی شبیه سازی شده برای یک انبار فرضی در نظر گرفته می شود. مفروضات این شبیه سازی به شرح زیر است:

- تعداد شیفت کاری: ۱ شیفت در روز
- ساعات کاری: ۰۸:۰۰ الی ۱۷:۰۰
- زمان استراحت: ۱۳:۰۰ الی ۱۴:۰۰
- فاصله زمانی بین امواج برداشت: ۱ ساعت
- ساعت شروع اولین موج: ۰۷:۰۰ صبح

با توجه به مفروضات فوق، موج اول در ساعت ۰۷:۰۰ برای بارگیری ساعت ۰۸:۰۰ برنامه ریزی می شود. موج دوم در ساعت ۰۸:۰۰ برای بارگیری ساعت ۰۹:۰۰ تعریف شده و این روند تا پایان روز کاری ادامه می یابد.

در هر موج، کلیه سفارش های واجد شرایط بر اساس معیارهای از پیش تعریف شده تجمیع می شوند. اپراتورهای برداشت، مطابق دستورالعمل های سیستم مدیریت انبار، اقلام مشابه را از محل های مشخص برداشت کرده و به ناحیه مرتب سازی مرکزی منتقل می کنند. در این ناحیه، اقلام بر اساس شماره سفارش تفکیک شده و پس از بسته بندی، به بخش اعزام منتقل می شوند.

این شبیه سازی نشان می دهد که موج برداشت با کاهش تردد غیرضروری اپراتورها و هم راستا سازی عملیات برداشت با زمان بندی ارسال، می تواند توان عملیاتی مرکز توزیع را به طور قابل توجهی افزایش دهد.

۱۲- نتیجه گیری

موج برداشت (Wave Picking) یکی از موثرترین استراتژی های برداشت سفارش در انبارهای مدرن و مراکز توزیع بزرگ به شمار می رود. این روش با گروه بندی هوشمندانه سفارش ها در قالب امواج زمانی، امکان کاهش زمان حرکت اپراتورها، افزایش بهره وری نیروی انسانی و بهبود دقت عملیات برداشت را فراهم می سازد.

اگرچه موج برداشت از انعطاف پذیری کمتری نسبت به برخی روش های دیگر برخوردار است و اجرای آن نیازمند برنامه ریزی دقیق و زیرساخت نرم افزاری مناسب است اما در محیط هایی با حجم بالای سفارش، تنوع زیاد SKU و برنامه های ارسال زمان بندی شده، مزایای آن به طور قابل توجهی بر محدودیت ها غلبه می کند.

در نهایت، موفقیت در پیاده سازی موج برداشت مستلزم تحلیل دقیق ویژگی های انبار، انتخاب معیارهای مناسب برای گروه بندی سفارش ها، آموزش مستمر کارکنان و بهره گیری از سیستم های مدیریت انبار پیشرفته است.

(References)منايع

1. Bartholdi, J. J., & Hackman, S. T. (2019). *Warehouse & Distribution Science*. Georgia Institute of Technology.
2. Frazelle, E. (2002). *World-Class Warehousing and Material Handling*. McGraw-Hill.
3. Gu, J., Goetschalckx, M., & McGinnis, L. F. (2007). Research on warehouse operation: A comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, 177(1), 1–21.
4. Richards, G. (2018). *Warehouse Management: A Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in the Modern Warehouse*. Kogan Page.
5. Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., & Tanchoco, J. M. A. (2010). *Facilities Planning*. John Wiley & Sons.
6. De Koster, R., Le-Duc, T., & Roodbergen, K. J. (2007). Design and control of warehouse order picking: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 182(2), 481–501.