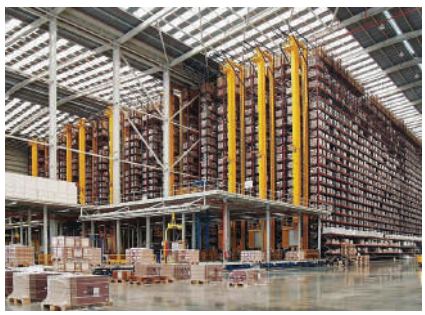
نوآوری در طراحی بهینه انبارهای اتوماتیک تحت نرم افزار مبتنی بر مدلسازی ریاضی چند هدفه و الگوریتم های متاهیوریستیک

محسن قانون / فوق لیسانس مدیریت تولید

مهدی خسروانی / لیسانس مهندسی صنایع



چکیده

در مقاله حاضر به ارائه نتایج تحقیق، دررابطه با مدلسازی ریاضی و تولید نرم افزار بهینه سازی پارامترهای مؤثر در طراحی انبارهای تحت تکنولوژی ذخیره- بازیابی اتوماتیک (AS/RS)، به‌کمک مدلسازی ریاضی چند هدفه [1] و الگوریتمهای فوق ابتکاری [2] پرداخته شده است. اصولاً چهار ویژگی قابل توجه در انبارهای اتوماتیک، سبب اهمیت یافتن موضوع این تحقیق گردیده که عبارتنداز:

۱/ انعطاف پذیری انبارهای مرتفع اتوماتیک از لحاظ ابعاد سازه انبار

۲/ تنوع در ایجاد تعداد راهروی تردد برای ماشین ذخیره- بازیابی

۳/ انواع عمق [3] انباشت کالا در سلول‌های همجوار قفسه

٤/ هزینه بالای احداث انواع انبار (اعم از غیرمرتفع مکانیزه و یا مرتفع اتوماتیک)

لذا در اولین گام بایستی کلیه مؤلفه‌های اثرگذار در طراحی انبار شناسایی و ارتباط هر یک از این مؤلفه ها با طرح بهینه انبار تعیین شود، سپس ارتباطات شناسایی شده، در قالب مدل ریاضی، که منطق ساختاری نرم‌افزار را تشکیل می‌دهد، مدلسازی گردد. باعنایت به این موضوع که جنبه‌های متفاوتی در بهینه‌یابی طرح انبار دخیل هستند، مدل ریاضی توسعه داده شده، میبایست از یکپارچگی فنی و منطقی لازم برخوردار بوده تا خروجی‌ها، بطور همزمان، پاسخ‌گوی نیازمندی‌های کاربران باشد. لذا در این مطالعه دو مدل ریاضی با مشخصات ذیل طراحی گردیده است:

(الف) در مدل ریاضی اول، که به بهینه‌سازی چیدمان انبار می‌پردازد، تعداد راهروها باتوجه به عمق انباشت، تعداد سلول‌های انبارش در هر راهرو و در ارتفاع، بهینه می‌شوند ولی هیچگونه برنامه‌ریزی برای ماشین ذخیره- بازیابی صورت نمی پذیرد. (ب) در مدل ریاضی دوم، ملاحظات مرتبط با برنامه‌ریزی بهینه تعداد ماشینهای ذخیره- بازیابی [4] به مدل اول افزوده میگردد.

به‌منظور بهینه‌سازی پارامترهای اساسی انبارهای مرتفع اتوماتیک، علاوه بر اجزاء فیزیکی انبار، نیازمندیهای طراحان انبار نیز در قالب توابع هدف [5]، در مدل ریاضی اعمال میشود که دراین راستا، شش بخش اصلی، در معادلات تابع هدف، درج گردیده و نهایتاً محدودیت‌های [6] مؤثر در مدل نیز شناسایی و لحاظ شده است.

در این مطالعه جهت بررسی صحت مدل اولیه، از الگوریتم های حل دقیق [7] تحت نرم افزار Gams بهره گرفته شده ولی بدلیل پیچیدگی مدل و بعضاً تضاد محدودیت‌ها، که میتواند منجر به تبهگن شدن مدل ریاضی گردد، از یک الگوریتم تکاملی و با استفاده از ترکیب الگوریتم‌های ژنتیک [8] و شبیه سازی تبرید [9] اقدام به حل مسئله شد و درراستای تسهیل کاربری الگوریتم نیز از کد نویسی تحت نرم افزار matlab همراه با واسط گرافیکی(GUI)، بمنظور ایجاد پنجره های نرم افزار استفاده شده و بدیهیست نرم افزار مذکور قابلیت ارائه انواع گزارشات تحلیلی، در قالب نمودارها و ماتریسهای تصمیم‌ساز را دارا میباشد.

واژه های کلیدی : نرم افزار طراحی انبار، بهینه سازی انبار، الگوریتم فرا ابتکاری، سیستم ذخیره- بازیابی اتوماتیک

۱ - مقدمه

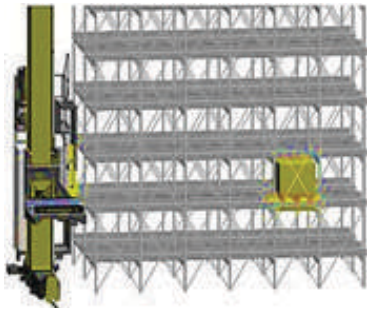
امروزه پیچیدگی ساختارهای اقتصادی و فضای کسب و کار رقابتی، سازمان‌ها را برآن داشته که با بهره گیری از تکنیکهای روزآمد، به ارتقاء بهره وری، توسعه ظرفیتها و افزایش سودآوری حاصل از کمینه سازی هزینه‌ها اقدام نمایند و با بکارگیری تکنولوژی‌های نوین در مسیر تعالی گام بردارند. بدون شک یکی از اقداماتی که تحولات شگرفی در ظرفیتها و کیفیت خدمات فرایندهای پشتیبانی از جمله انبارش و صنعت پخش به همراه خواهد داشت، استفاده از به روزترین و کارآمدترین تکنولوژی‌های روز جهان می‌باشد.

سیستم ذخیره‌سازی- بازیابی اتوماتیک [10]، یکی از تجهیزات عمده به کار گرفته شده در انتقال مواد و کنترل موجودی است که از زمان معرفی آن در دهه ۱۹۵۰ میلادی به‌طور گسترده در مراکز تولید و توزیع جهان، مورد استفاده قرار گرفته است. این سیستم‌های انبارش در سال‌های اخیر حتی در نگهداری و جابه‌جایی موجودی نیمه‌ساخته در کارخانجات تولیدی نیز به کار

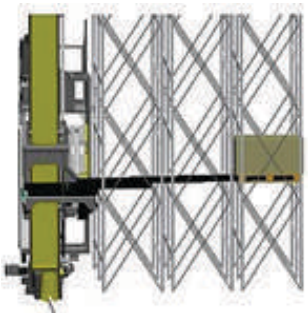
گرفته شده‌اند (Manzini, 2012). بطور کلی سیستم‌های ذخیره- بازیابی اتوماتیک، قابلیت ایجاد صرفه جوئی قابل توجهی در استفاده از زمان، فضا و تجهیزات را داشته و فرآیند کنترل موجودی مواد و گردش جریان را تسهیل مینمایند. استفاده از این تکنولوژی، تأثیر مستقیمی بر کاهش نیروی انسانی شاغل در عملیات ذخیره‌سازی و بازیابی کالا داشته و این امکان را در اختیار پرسنل انبار قرار می‌دهد تا به سایر امور انبار رسیدگی کنند. همچنین سیستم‌های انبارش اتوماتیک با بکارگیری تجهیزات حمل هوشمند، مانند انواع ماشینهای ذخیره- بازیابی و حذف تجهیزات وابسته به اپراتور، مانند لیفتراک، امکان ارتقای بهره گیری حداکثری از فضای انبار را فراهم می سازند.

از سوی دیگر، قابلیت انبارش در ارتفاع انبار از ویژگی‌های بارز تکنولوژی مذکور بوده که نسبت

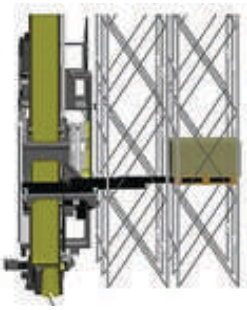
انبارش به سطح را به شکل چشمگیری افزایش میدهد. علاوه بر این، از آنجا که تکنولوژی مذکور، یک سیستم انبارش کاملاً اتوماتیک و بدون دخالت انسان است، ردیابی دقیق موجودی اقلام انبار را نیز بسهولت میسر میسازد. بطورکلی، یک سیستم ذخیره‌سازی و بازیابی اتوماتیک را می‌توان به عنوان تلفیقی از تجهیزات و ماشین آلات کارآمد و مکانیسم‌های کنترلی با منطق قابل برنامه‌ریزی دانست که بطور خودکار، دقت و سرعت بالا، اقلام موجودی را جابجا، ذخیره و بازیابی می‌نماید (Lee et al., 1996). چنین تعریفی می‌تواند گستره وسیعی از تجهیزات انبارش را در برگیرد، اما آن‌چه که به‌طور عمومی از یک سیستم ذخیره‌سازی و بازیابی اتوماتیک در ذهن متبادر می‌شود، مجموعه‌ای است متشکل از چندین راهروی مرتفع قفسه بندی شده ، یک یا چند ماشین ذخیره‌سازی- بازیابی اتوماتیک، شبکه ای از نوارهای نقاله، ایستگاه (های) ورودی/خروجی کالا و یک سیستم نرم‌افزاری نظارت و ارتباط کامپیوتری میان کلیه اجزاء سیستم. در این تکنولوژی راهروها، فضاهایی با قابلیت انبارش در دو طرف هستند که امکان انبارش یک یا چند پالت کالا را در عمق هر یک از طرفین راهرو دارند (مطابق تصاویر ذیل).



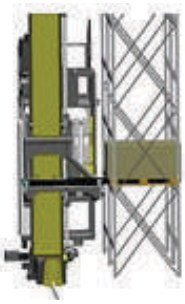
ذخیره سازی چند پالت در عمق



ذخیره سازی سه پالت در عمق



ذخیره سازی دو پالت در عمق



ذخیره سازی یک پالت در عمق

ماشین ذخیره- بازیابی، تجهیز حمل اتوماتیکی است که امکان حمل اقلام از ورودی انبار تا محل انبارش و بازیابی کالا از محل انبارش تا خروجی انبار را برعهده دارد. کالاهایی که توسط ماشین ذخیره- بازیابی، از راهروهای انبارش حمل می‌شوند، توسط سایر تجهیزات، ازجمله نقاله‌ها به مکانهایی برای ارسال منتقل می‌گردند که ایستگاه خروجی نامیده می‌شوند. باتوجه به اینکه در بخش عمده ای از تکنولوژی مذکور، نیازی به حضور مستقیم نیروی انسانی نیست، مدیریت کلیه عملیات شامل شناسایی، کنترل، زمان‌بندی و راهبری اجزاء و تجهیزات مکانیکی، توسط سیستم نرم افزاری مدیریت انبار(WMS) عملی میگردد.

علی‌رغم گستردگی استفاده از انبارهای اتوماتیک در بخش‌های تولیدی و خدماتی و موفقیت چشم‌گیر این نوع سیستم انبارش، کمتر مطالعاتی با هدف بهینه‌سازی طراحی سیستم انبارش اتوماتیک در پیشینه بکارگیری این نوع تکنولوژی به چشم می‌خورد. بهینه‌سازی مؤلفه های اثرگذار بر طراحی انبار، علاوه بر کاهش هزینه احداث، سبب افزایش بهره وری و کارآیی تجهیزات مورد استفاده در انبار میگردد. در ادامه این مقاله ضمن پرداختن به سوابق مطالعاتی (در بخش دوم)، به تشریح مسأله، مدل مفهومی و پارامترهای مدل در بخش سوم پرداخته شده است و پس از توضیح پیرامون متدولوژی حل مسئله، در بخش چهارم مبادرت به معرفی نرم افزار تدوین شده و دستاوردهای حاصله نموده ایم.

۲ - پیشینه مطالعاتی بهینه سازی انبار اتوماتیک

در این بخش به ذکر خلاصه ای از مطالعات منتشر شده در حوزه انبارهای اتوماتیک پرداخته شده است. بطورکلی مطالعات منتشر شده در رابطه‌با بهینه‌سازی چیدمان به دو مبحث مدل‌های بهینه‌سازی و مدل‌های شبیه‌سازی تقسیم میشوند که در ادامه به اختصار مورد بررسی قرار گرفته است.

۲-۱- مدل‌های بهینه‌سازی

مطالعه رابرتس و رید را می‌توان از نخستین نمونه‌هایی دانست که با توسعه یک مدل بهینه‌سازی به دنبال تعیین پیکره‌بندی بهینه یک انبار با هدف حداقل‌سازی هزینه ساخت و جابه‌جایی مواد بوده است (Roberts and Reed, 1972). در مدل دیگری، عشایری و همکاران مدلی را با تابع هدف حداقل‌سازی هزینه ساخت و عملیات انبار در طول زمان بهره‌برداری از آن توسعه دادند (Ashayeri et al., 1985). در مطالعه دیگری، پارک و وبستر رویکردی را معرفی کردند که به‌طور همزمان تکنولوژی مطلوب را به همراه ویژگی‌های مرتب بر آن تکنولوژی مشخص می‌نمود (Park and Webster, 1989). نمونه دیگری از مدل‌های بهینه‌سازی را می‌توان در بسته نرم‌افزاری توسعه داده شده توسط هیراگو و همکاران یافت که به دنبال بهینه‌یابی طراحی انبار برای یک انبار با استاکر کرین‌های اختصاصی در راهروها است (Herago et al., 2011). بخشی از مطالعات صورت گرفته با هدف ارزیابی یک طرح موجود بوده است که به عنوان نمونه می‌توان از کارهای لودوک و همکاران (Le-Duc et al., 2006) و دکوستر و همکاران (De Koster et al., 2006) نام برد که هدف این مطالعات ارزیابی عملکرد سیستم انبارش و بهینگی ابعاد سیستم موجود یا پیشنهادی، در شرایط متفاوت است.

۲-۲- مدل‌های شبیه‌سازی

از آنجایی که طراحی، ارزیابی و راهبری سیستم‌های انبار اتوماتیک جنبه‌های متعدد و گاهاً پیچیده و تصادفی (مانند منطق سرویس‌دهی استاکر کرین‌ها) دارند

لـذا بکارگیـری مدل‌هـای شبیه‌سـازی نیـز منطقـی بنظـر میرسـد. نمونه‌هـای ابتدایـی ایـن رویکـرد را می‌تـوان در مطالعـات بفنـا و ریـد (Bafna and Reed, 1972) و کونیـگ (Koenig, 1980) یافـت کـه مشـخصات بهینـه انبـار موردنظـر را از تلفیـق شبیه‌سـازی عملیـات انبـار و جسـتجوی روی متغیرهـای تصمیـم در طراحـی انبـار بـه دسـت می‌آورنـد. نمونه‌هـای دیگـری از رویکـرد ترکیبـی شبیه‌سـازی و بهینه‌سـازی نیـز در مطالعـات رانـداوا و شـروف (Randhawa and Shroff, 1995)، مانزینی و همـکاران (Manzini et al., 2006) و کـولا و ناستاسـی (Colla and Nastasi, 2010) یافـت میشـود.

آنچـه کـه از بررسـی کلـی مدل‌هـا و پیشـینه تحقیقاتـی حـوزه بهینه‌سـازی انبارهـای اتوماتیـک قابـل توجـه اسـت شـامل دو اشـکال کلـی و عمومـی اسـت. نخسـت آنکـه بـه دلیـل جزئیـات فنـی متعـدد موثـر در طراحـی یـک انبـار اتوماتیـک، عمدتـاً در مطالعـات انجـام شـده اقـدام بـه سـاده سـازی مفروضـات شـده کـه منجـر بـه فاصلـه گرفتـن مسـئله طـرح شـده از دنیـای واقعـی و ویژگی‌هـای آن گردیـده اسـت کـه بارزتریـن نمونـه آن را می‌تـوان تـک فرمـان بـودن سـرویس‌دهی اسـتاکر کرین‌هـا دانسـت. عـلاوه بـر ایـن، در بسـیاری از مطالعـات، مـدل توسـعه یافته بـرای شـرایط خاصـی از انبـارش تنظیـم شـده لـذا مـدل حاصلـه فاقـد ویژگی‌هـای عمومـی بـرای بکارگیـری در شـرایط متفـاوت خواهـد بـود.

۳ - تشریح مسأله

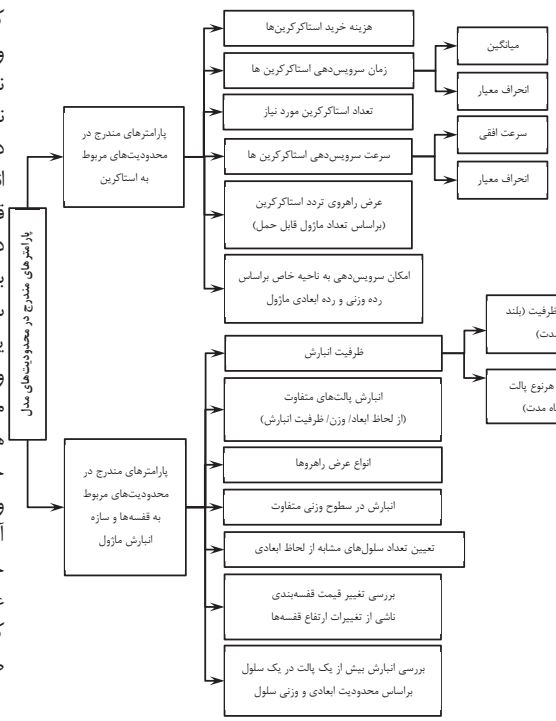
در ایـن مقالـه، هـدف ارائـه دسـتاوردهای ناشـی از توسـعه یـک بسـته نرم‌افـزاری اسـت کـه بمنظـور بهینه‌سـازی پارامترهـای مرتبـط بـا انبـارهای اتوماتیـک مبتنـی بـر تکنولـوژی AS/RS ، تولیـد گردیـده اسـت. باعنایـت بـه ویژگـی منحصـر بفـرد انبارهـای AS/RS، مبنـی بـر انعطـاف پذیـری اکثریـت پارامترهـای تشـکیل دهنـده ایـن تکنولـوژی، از جملـه، پارامترهـای مربـوط بـه ابعـاد پیرامونی سـازه ماننـد طـول، عـرض و ارتفـاع انبـار و همچنیـن تغییـر پذیـری پارامترهـای داخلـی انبـار ماننـد تعـداد راهروها، تعـداد اسـتاکرکرین ، عمـق انبـارش کالا در قفسـه هـا و ..... ، بوضـوح بررسـی ترکیبـات مختلـف پارامترهـای مذکـور و تاثیـر نتائـج حاصلـه در کمینـه سـازی هزینه هـای پـروژه و افزایـش کارآمـدی و ظرفیـت انبـار، بـه عنـوان نقطـه قـوت ایـن مطالعـه قلمـداد میگـردد.

در ایـن راسـتا، اطلاعاتـی ماننـد مشـخصات و محدودیت‌هـای زمیـن پـروژه از جملـه طـول، عـرض و همچنیـن ارتفـاع مجـاز بـرای احـداث سـازه انبـار (محدودیتهـای قانونـی)، مشـخصات مـاژول کالا اعـم از ابعـاد و وزن ، ظرفیـت انبـارش موردنظـر و ظرفیـت روزانـه مطلـوب بـرای ارسـال و دریافـت کالا و ... ، جمـع آوری گردیـده و ضمـن درج اطلاعـات مذکـور در سیسـتم نـرم افـزاری تدویـن شـده، نتایـج بهینه‌یابـی مسـئله در قالـب گزارشـات نمـوداری و جـداول عـددی ارائـه شـده اسـت. ایـن گزارش‌هـا بـه دنبـال تعییـن طـرح بهینـه انبـار هسـتند کـه عبارتسـت از مشـخصات بهینـه سـاختمان انبـار شـامل طـول، عـرض، ارتفـاع، تعـداد راهروهـای بـا عمـق انبـارش مناسـب ، تعـداد و ابعـاد بهینـه راهروهـا و سـلول‌های انبـارش و تعـداد اسـتاکر کرین‌هـای مـورد نیـاز جهـت بـرآورده سـاختن سـطح مشـخصی از ظرفیـت سـرویس‌دهی. بدیهیسـت مـدل ریاضـی توسـعه داده شـده کـه از یکپارچگـی فنـی و منطقـی لازم برخـوردار اسـت، از طریـق ارائـه خروجی‌هـای بهینـه و منطقـی، اقـدام بـه پیشـنهاد گسـتره ای از حـالات شـدنی[11] و یگانـه حالـت بهینـه، مینمایـد.

۳-۱- اجزاء مدل

مـدل ریاضـی تدویـن شـده براسـاس اهـداف پـروژه، از دو بخـش اصلـی تشـکیل شـده اسـت:

الـف- بخـش بهینـه سـازی جانمائـی[12] انبـار، شـامل سـاختارهای ابعـادی قفسـه‌ها، راهروهـا، عمـق انباشـت مـاژول کالا و .... ، کـه در مجمـوع، طـرح چیدمـان بهینـه را تشـکیل میدهـد. بـه عبـارت دیگـر، بـا توجـه بـه سـطح سـرویس‌دهی موردنیـاز، مـدل ریاضـی اول، تعـداد راهروهـا بـا میـزان عمـق مشـخص، تعـداد سـلول‌های انبـارش در هـر راهـرو و تعـداد سـلول‌های انبـارش در ارتفـاع را بهینـه می‌نمایـد. در ایـن مـدل، سـطح سـرویس‌دهی مـورد نیـاز وابسـته بـه دو عامـل اسـت، نخسـت ظرفیـت انبـارش بـر حسـب پالـت در کل انبـار (ماننـد انبـاری بـا ۱۰۰۰۰ پالـت ظرفیـت انبـارش) کـه یـک عامـل بلنـد مـدت در طرح‌ریـزی انبـار اسـت و سـپس، ظرفیـت انبـارش روزانـه (ماننـد ۵۰۰ پالـت، از هـر نـوع پالـت قابـل انبـارش) کـه یـک عامـل کوتـاه مـدت قلمـداد میگـردد. عـلاوه بـر ایـن، پارامترهـای خارجـی نیـز در بهینه‌سـازی طـرح چیدمـان مـورد توجـه میباشـند کـه شـامل هزینـه فراهم‌سـازی زمیـن (خریـد، آماده‌سـازی، فنداسـیون و ...) و هزینه‌هـای مربـوط بـه تهیـه سـلول‌های انبـارش (قفسـه بنـدی) اسـت.



ب- در بخـش دوم مـدل ریاضـی، ملاحظـات مرتبـط بـا برنامه‌ریـزی ماشـینهای ذخیـره- بازیابـی بـه مـدل اول افـزوده شـده‌اند و بدیـن ترتیـب تعـداد بهینـه ماشـینهای ذخیره-بازیابـی مـورد نیـاز تعییـن خواهـد شـد کـه ایـن تصمیـم باتوجـه بـه هزینـه خریـد ماشـین آلات فـوق، مـدت زمـان لازم بـرای سـرویس‌دهی پالت‌هـای منتظـر خدمتگیـری در کوتـاه مـدت (یـک شـیفت کاری)، ویژگـی راهروهـا و مشـخصات ابعـادی پالت‌هـا، بهینـه سـازی و بـرآورد می‌گـردد.

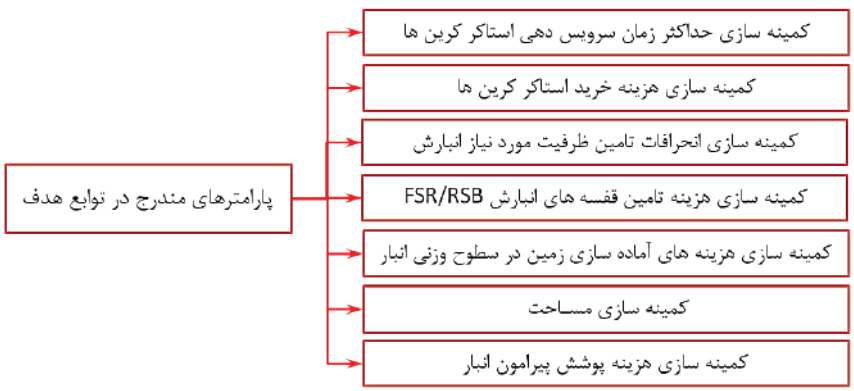
از آنجـا کـه مـدل مـورد نظـر، بـه منظـور بهینه‌سـازی ویژگی‌هـا و پارامترهـای انبـار توسـعه داده شـده لـذا لازم اسـت کـه میـان اجـزاء مـدل ریاضـی و اجـزاء انبـار تنـاظر وجـود داشـته باشـد، بـه عبـارت دیگـر، مـدل توسـعه داده شـده ویژگی‌هـا و جنبه‌هـای مختلـف انبـار مطلـوب را در قالـب توابـع هـدف و محدودیت‌هـا پوشـش دهـد.

عمومـاً در ارتبـاط بـا نحـوه قفسـه‌بندی انبـار در تکنولـوژی AS/RS، از انـواع قفسـه خودسـوله[13] اسـتفاده می‌شـود و بایسـتی بـه ایـن نکتـه توجـه داشـت کـه گرچـه انبـار دارای ظرفیت‌هـای وزنـی متفـاوت اسـت امـا تمـام قفسـه‌ها دارای ابعـاد و مشـخصه های سـازه ای یکسـانی هسـتند بنابرایـن نواحـی مختلـف انبـار بدلیـل بارهـای مختلف ناشـی از انبـارش، نیازمنـد فنداسـیون‌هائی متفاوت و متناسـب با قابلیـت بارگـذاری موردنظـر در همـان ناحیه میباشـند. از سـوی دیگـر، ارتفـاع قفسـه هـا (تعـداد طبقـات) نیـز در ماهیـت سـازه قفسـه‌ها تأثیـر مسـتقیم دارد زیـرا افزایـش ارتفـاع قفسـه‌بندی، مسـتلزم بهـره گیـری از سـازه قویتـر بـه منظـور مقابلـه بـا بارهـای وارده (اعـم از بارهـای ثقلـی یـا جانبـی) و کمانشـهای پـس از بارگـذاری می‌باشـد و تأثیـر مسـتقیم بـر افزایـش هزینه‌هـای قفسـه بنـدی دارد. در ارتبـاط بـا ماژولهـای حمـل کالا (پالت‌هـا)، بـا عنایـت بـه وجـود ابعـاد مختلـف و ظرفیتهـای وزنـی متفـاوت در انبـار، براسـاس نیازمندیهـای انبارش، بایسـتی تعـداد متفاوتـی از هر نـوع پالـت بمنظـور بهـره گیـری از ظرفیت انبـارش، در نظـر گرفتـه شـود همچنیـن بدلیـل امـکان وجود انـواع متفاوتـی از پالت‌هـا، قفسـه‌ها میبایسـت قابلیـت دریافـت ترکیبـات مختلـف از پالت‌هـا را داشـته باشـند، بـه عنـوان مثـال، یـک قفسـه در بخـش وزنـی سـنگین از انبـار، ظرفیـت انبـارش سـه پالـت سـبک یـا دو پالـت بـا وزن متوسـط یـا یـک پالـت سـنگین را دارا باشـد لـذا محدودیت‌های وزنـی و ابعـاد قفسـه باتوجـه بـه تعـداد پالت‌هـای مختلـف، در مـدل ریاضـی لحـاظ شـد. نهایتـاً در هـر بخـش از انبـار (براسـاس گـروه بنـدی وزنـی خـاص آن ناحیـه) و باتوجـه بـه مشـخصات پالت‌هـا و ماشـینهای ذخیـره- بازیابـی تخصیـص یافتـه بـه آن ناحیـه، راهروهائـی بـا عرضهـای مختلـف ایجـاد خواهـد شـد. عـلاوه بـر ایـن، راهروهـا می‌تواننـد عمق‌هـای انبـارش متنوعـی نیـز داشـته باشـند کـه ظرفیت‌هـای متفاوتـی از انبـارش را در اختیـار طراحـان، قـرار می‌دهـد.

در رابطـه بـا ماشـین‌های ذخیـره- بازیابـی، مـوارد متعـددی وجـود دارد کـه در مدل‌سـازی و برنامه‌ریـزی بایسـتی لحـاظ شـوند کـه از آن جملـه می‌تـوان بـه هزینه‌هـای خریـد و ابعـاد هـر مـدل از ماشـین ذخیـره- بازیابـی اشـاره نمـود. همچنیـن بایـد بـه ایـن نکتـه نیـز توجـه نمـود کـه هـر مـدل ماشـین ذخیـره- بازیابـی

قابلیت سرویس‌دهی به پالت‌ها یا بخش وزنی خاصی از انبار را دارد لذا مدل ریاضی بایستی تعداد ماشین‌های ذخیره- بازیابی مورد نیاز را براساس عواملی همچون زمان و سرعت مشخص نماید. بدلیل اینکه مکان سرویس‌دهی ماشین‌های ذخیره- بازیابی در هر مرتبه گسیل، متفاوت و در یکی از نقاط انبار است، زمان سرویس‌دهی ماشین‌های ذخیره- بازیابی از لحاظ آماری، ماهیت تصادفی داشته که مطالعه و مدلسازی آن نیازمند در اختیار داشتن اطلاعات مربوط به میانگین و انحراف معیار زمان‌های سرویس‌دهی می باشد. از سوی دیگر، عامل تعیین‌کننده بعدی، مدت زمان شیفت کاری است که حداکثر زمان سرویس‌دهی هر استاکرکرین را مشخص می‌نماید. ضمناً در تعیین تعداد ماشین‌های ذخیره- بازیابی با توجه به سرعت سرویس‌دهی آن‌ها، بایستی به دو سرعت افقی و عمودی ماشین‌های ذخیره- بازیابی نیز توجه نمود. خلاصه پارامترهای مندرج در محدودیتهای مدل در نمودار ذیل ارائه گردیده است.

در این مطالعه، علاوه بر اجزا و ویژگیهای فیزیکی انبار، که بعنوان محدودیتهای مدل درنظر گرفته شده اند مقاصد مدلسازی نیز در قالب اجزاء سازنده توابع هدف، در مدل ریاضی لحاظ شده است. در این راستا، توابع هدف توسعه داده شده در نمودار بعدی نمایش داده شده است. از آنجا که مجبور به نرمالایزسازی مقادیر هفت تابع هدف توسعه داده شده هستیم لذا هر یک از توابع هدف مسئله بر حداکثر مقدار ممکن هر کدام، تقسیم می‌شود. شایان ذکر است که مقادیر حداکثر در تابع هدف ادغامی فوق به صورت پویا در هر حل محاسبه و به‌روز رسانی خواهد شد.



٤- متدولوژی حل مسأله

بدلیل پیچیدگی مسئله، تنوع و تعدد محدودیتهای بعضاً متضاد در مدل ریاضی مورد بحث، از ترکیب دو الگوریتم ژنتیک و شبیه سازی تبرید، در فرایند حل مسئله استفاده شده است. الگوریتم ژنتیک برخلاف شبیه سازی تبرید، از یک جمعیت اولیه برای حل استفاده میکند. شبیه سازی تبرید برخلاف الگوریتم ژنتیک پاسخهای بهتری را در بهبود یک پاسخ (و نه یک جمعیت) ارائه میدهد لذا ترکیب این دو متد موجب میشود که الگوریتم نهایی نقاط قوت هر دو الگوریتم پایه را داشته و نقاط ضعف نیز تا حد زیادی پوشش داده شود.

در این مسئله، نسل اولیه، براساس پارامترهای الگوریتم ژنتیک و ساختار مسئله ایجاد میشود لذا ابتدا قسمتی از کروموزوم را ساخته و سپس تعداد ماشینهای ذخیره- بازیابی توسط الگوریتم شبیه سازی تبرید (که در این مسئله به عنوان بهینه ساز کروموزوم خواهد بود) به نحوی تعیین میگردد که تعداد ماشینهای ذخیره- بازیابی و حداکثر زمان خدمت دهی آنها، حداقل باشند. پس از تعیین تعداد و نوع ماشینهای ذخیره- بازیابی، خروجی الگوریتم شبیه سازی تبرید و ژنتیک با یکدیگر ترکیب شده و کروموزوم نهایی بدست میآید. مجموعه تعداد کروموزومها در ابتدا و در ادامه حل در پایگاه داده جمعیتی مسئله ذخیره میگردد که از اطلاعات این پایگاه نیز در تولید گزارشات تکمیلی استفاده خواهد شد. در هر تکرار نسل، اگر معیار توقف الگوریتم محقق شده باشد، روند حل به پایان رسیده و بهترین پاسخ و گزارشهای انتخاب شده نمایش داده می‌شوند. معیارهای توقف شامل تعداد مشخصی عدم بهبود نسل ها در روند حل و حداکثر تعداد ارزیابی تابع هدف، است. در ادامه، جمعیت موجود در پایگاه جمعیتی و اعضای حاصل از تقاطع و جهش با یکدیگر ترکیب میگردند سپس تابع هدف برای هر یک از اعضا محاسبه شده و کل جمعیت بر اساس هزینه از کمترین به بیشترین مرتب میشوند. با استفاده از روش فوق، در هر نسل تعداد اعضا، بیشتر از تعداد جمعیت اولیه خواهد بود، به همین دلیل اعضای اضافی نیز حذف خواهند شد. این حذف از انتهای لیست مرتب شده بر اساس هزینه بوده و زمانی که جمعیت نسل فعلی با جمعیت نسل اولیه برابر گردد، اطلاعات پایگاه داده جمعیتی با اطلاعات جدید جایگزین میشود و مجدداً شروط توقف مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

لازم به یادآوریست که اگر توسط مکانیزمی، بهترین اعضاء هر نسل (که اعضای نخبه هستند) به نسل بعد انتقال میابند لذا با احتمال بالایی، پاسخی نزدیک به پاسخ بهینه بدست خواهد آمد و احتمال حصول پاسخ بهینه سراسری توسط الگوریتم فرابتکاری بیشتر خواهد شد.

نرم افزار طراحی انبار اتوماتیک و نتایج حاصل از آن

تولید نرم افزار بهینه سازی انبارهای اتوماتیک در دوگام متوالی ذیل انجام شده است:

الف- کد نویسی مدل تدوین شده در قالب الگوریتم های ژنتیک و شبیه سازی تبرید.

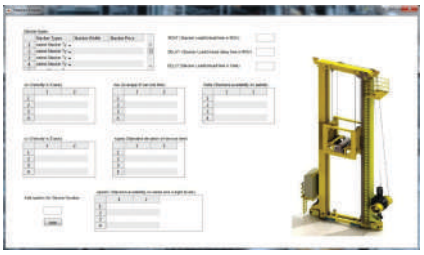
ب- ایجاد واسط گرافیکی به منظور تسهیل در کاربری آسان. بدین منظور یک واسط گرافیکی طراحی گردیده که کاربر می تواند در آن اطلاعات مورد نیاز مدل را بصورت مرحله به مرحله وارد کرده و در نهایت، پس از حل مدل، انواع گزارشات و تحلیلهای مورد نیاز را مشاهده و دریافت نماید.

توضیح اینکه جریان اطلاعاتی و روند ورود اطلاعات و تهیه گزارش ها براساس استاندارد IDEF-0 تهیه شده است. این استاندارد ابزاری است که برای مدل‌سازی فعالیت‌های انجام‌گرفته در یک کسب وکار، مستندسازی، طراحی، تجزیه و تحلیل، برنامه‌ریزی و یکپارچه‌سازی یک سیستم به کار می‌رود. در واقع استانداردIDEF-0 با ارائه مدل به شناسایی فرایندهای موجود، بررسی اشکالات آن‌ها، ارائه راه حل و ترسیم فرایندهای جدید با در نظر گرفتن هر پنج عامل مدل، نقش تسهیل کننده‌ای در بهبود فرایند سیستم موجود ایفا می‌کند. اصولاً IDEF-0 از پنج عنصر اصلی تشکیل یافته است.

- **بردار ورودی:** مجموعه‌ای از بردارها است که ورودی IDEF-0 را نشان می‌دهند. به عنوان مثال، اطلاعات، اشیا و مواد که به وسیله یک فعالیت به خروجی تبدیل می‌شوند.
- **بردار خروجی:** مجموعه‌ای از بردارها که خروجی IDEF-0 را نشان می‌دهند. خروجی‌ها، ورودی فرآیندهای دیگرند یا به مشتریان سازمان تحویل داده می‌شوند. به عنوان مثال، اطلاعات یا اشیای تولیدشده به وسیله یک فعالیت.
- **بردار مکانیزم (منابع):** مجموعه‌ای از بردارها که سازوکار و اجزای تشکیل‌دهنده فعالیت‌ها در مدل IDEF-0را نشان می‌دهند. به عنوان مثال، ابزارها و تجهیزات استفاده شده برای انجام یک فعالیت، افراد و ماشین‌آلات انجام کار.
- **بردار کنترل:** مجموعه‌ای از بردارها که نشان‌دهنده محدودیت‌های کنترلی و اقداماتی هستند که فعالیت‌ها را هدایت می‌کنند نظیر دستورالعمل و استانداردها، نیازهای مشتریان، برنامه‌ها.
- **فرآیند (فعالیت):** مجموعه اقداماتی که برای تبدیل ورودی‌ها به خروجی صورت می‌گیرد.
- **با عنایت به مجموعه توضیحات فوق و تصویر بالا، مشخص است که مدل اطلاعاتی دارای ٦ ماژول مجزا از یکدیگر است که این ماژولها عبارتند از:** تعریف ساختار کلی مدل، تعریف پارامترهای مدل، تعریف متغیرهای تثبیت شده، تعریف پارامترهای الگوریتم حل، اجرا و تهیه گزارشها. فایل Help نرم‌افزار نیز به عنوان عامل کنترلی، در تمامی سطوح و بخشها درنظر گرفته شده است لذا کاربر با مراجعه به فایل مربوطه میتواند کلیه اطلاعات لازم را درخصوص تکمیل بخشهای مختلف نرم افزار، بدست آورد.

به منظور شروع کاربری نرم‌افزار ابتدا ساختار مدل که وابسته به اندازه مسئله (براساس ظرفیت نهایی، تعداد استاکرکرینهای در دسترس، انواع پالت‌ها و ...)، داده‌های پارامترهای در دسترس (برحسب زمان و یا سرعت)، داده‌های کلی و یا جزئی زمان (اگر داده‌ها بر حسب

زمـان باشـند) و یـک طرفـه و یـا دوطرفـه بـودن گـردش فرایند انبـار (اگـر داده‌هـا براسـاس سـرعت باشـند) مـی باشـد، تعییـن گردیـده و سـپس سـایر اطلاعـات ضـروری نرم‌افـزار، براسـاس پارامترهـای تعریـف شـده در پنجره‌هـای مربوطـه درج می‌گردد.



نمونه پنجره درج اطلاعات ماشین ذخیره- بازیابی

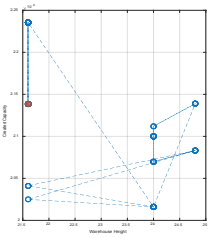
نمونه پنجره درج پارامترهای متاهیوریستیک

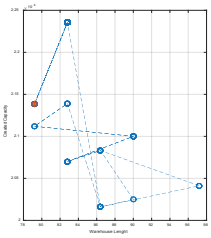
پس از درج و ذخیرسـازی اطلاعات پایه و داده‌های مسـئله ، طـی فرآینـد حـل، نتایـج حاصلـه، بصـورت انـواع گزارشـات DSS در قالـب نمودارهـای دوبعـدی و سـه بعـدی و همچنین ماتریـس پاسـخ هـای شـدنی، قابـل حصـول مـی باشـد . بمنظـور درک بهتـر نحـوه کاربـرد مـدل ریاضـی و نـرم افـزار تدویـن شـده، درادامـه نمونـه گزارشـات، بـرای بهینه‌یابـی یـک انبـارAS/RS بـا ظرفیـت اسـمی ۲۰,۰۰۰ پالـت تهیـه و ارائـه گردیـده اسـت.

الـف- نمودارهـای دوبعـدی و سـه بعـدی: نمودارهـا، نتایـج حاصـل از مقایسـه پارامترهـای مؤثـر در طراحـی را بـه تصویـر می‌کشـند و در ایـن راسـتا نمودارهایـی براسـاس مقایسـه هشـت مؤلفـه‌ی، هزینـه کل طـرح، تعـداد کل ماشـینهای ذخیـره- بازیابـی، تعـداد کل راهروهـا، کل ظرفیـت (سـلول انبـارش) سـاخته شـده، طـول راهـروی انبـار، عـرض کل سـازه انبـار، ارتفـاع سـازه انبـار و مسـاحت کل انبـار، کمـک شـایانی بـه اخـذ تصمیـم، در رابطـه بـا پاسـخهای حاصـل از حـل مسـئله خواهنـد نمـود.

در قسـمت گزارشـات (نمودارهـا) نـرم افـزار، دو دسـته نمودارهـای پیشـفرض(با فرمـت ثابـت) و همچنیـن بخـش گـزارش سـاز، بمنظـور تولیـد گزارشـات سفارشـی وجـود دارد می‌شـوند. در بخـش گزارشـهای پیشـفرض، کاربـر میتوانـد از انـواع نمودارهایـی کـه بصـورت پیـش فـرض، طراحـی شـده‌اند، اسـتفاده نمایـد ولـی در بخـش گزارش‌سـاز، امـکان تولیـد انـواع نمودارهـای سفارشـی، از طریـق ترکیبـات مختلف پارامترهـای مؤثـر در طراحـی، وجـود دارد. توضیـح اینکـه، در کلیـه نمودارهـا، نقطـه بهینـه، باتوجـه بـه اوزان و توابـع هدف، بـا نقـاط توپـر قرمـز رنـگ، نشـان داده شـده اسـت

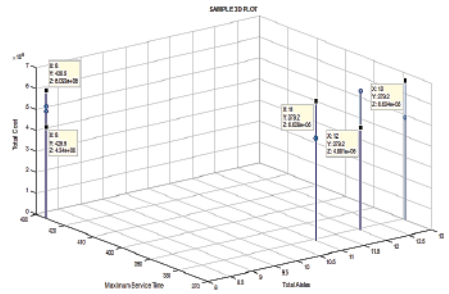
بـه عنوان مثـال، در نمـودار پیشـفرض ذیل، نحـوه تغییرات ظرفیـت قابـل حصـول انبـار (ظرفیـت هـدف گـذاری شـده ۲۰,۰۰۰ پالـت بـوده اسـت) در محـدوده پاسـخهای شـدنی، نسـبت بـه دو متغیـر ارتفـاع و طـول انبـار، نمایش داده شـده. هریـک از نقـاط در نمـودار موردنظـر معـرف بیشـمار نقطـه بـوده کـه بـه دلیـل یکسـان بـودن ویژگی‌هـا، در محورهـای مختصـات، بـر روی یکدیگـر منطبـق شـده‌اند. یکـی از دلایلـی کـه نمودارهـای پیشـفرض بـر آن اسـاس طراحـی شـده‌اند، امـکان بررسـی پاسـخها بـا ویژگیهـای خـاص بـا اسـتفاده از انـواع نمودارهـا اسـت، به‌عنـوان مثـال در نمـودار زیـر، بـا توجـه بـه یکسـان بـودن محـور عمـودی (ظرفیـت سـاخته شـده)، ترکیبـات طـول و ارتفـاع انبـار را میتـوان در یـک ظرفیـت خـاص بـا یکدیگـر مقایسـه کـرد.





نمونه نمودار پیش فرض مقایسه طول و ارتفاع بهینه سازه انبار براساس محدوده های ظرفیتی

در مثالـی دیگـر، درصورتیکـه تعـداد راهروهـا بـا محـور X، حداکثـر زمـان سـرویس دهـی بـا محـورY و هزینـه کل بـا محـور Z نمایـش داده شـوند، نمـودار سـه بعـدی حاصلـه متشـکل از مجموعـه نقاطـی دارای تعـداد ۸ راهـرو و حداکثـر زمـان سـرویس‌دهی ۴۲۶/۵ خواهـد بـود ولـی دارای هزینه‌هـای متفاوتـی می‌باشـند کـه ایـن امـر بـه ایـن دلیـل اختـلاف در ظرفیتهـای سـاخته شـده یـا ارتفـاع هـای مختلـف و یـا مـوارد مشـابه می‌باشـد. بـه عبـارت دیگـر درصـورت احتسـاب دو ویژگی ثابـت، سـایر مؤلفـه های مؤثـر در طـرح میتوانـد متفـاوت و متغیر باشـد کـه ایـن مهـم موجـب انعطـاف پذیـری بیشـتر در نزدیـک شـدن بـه نقطـه بهینـه خواهـد گردیـد.



کـــد پاسخ (گزینه) مسئله	کد شاخصهای تصمیم								
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
	هزینه کل احداث انبار	ظرفیت ساخته شده	ابعاد انبار			مساحت انبار	حداکثر زمان سرویس دهی	تعداد استاکرکرین	تعداد راهرو
			طول	عرض	ارتفاع				
1	4270452.6	21384	79.2	28.8	21.6	2280.96	426.55	8	8
658	6021382.3	22356	82.8	28.8	21.6	2384.64	426.55	8	8
661	6021382.3	22356	82.8	28.8	21.6	2384.64	426.55	8	8
672	6021382.3	22356	82.8	28.8	21.6	2384.64	426.55	8	8
673	6021382.3	22356	82.8	28.8	21.6	2384.64	426.55	8	8
674	4783953.9	20412	97.2	39.6	21.6	3849.12	379.16	9	11
675	4783953.9	20412	97.2	39.6	21.6	3849.12	379.16	9	11
676	4784597.2	20832	86.4	39.6	24.8	3421.44	379.16	9	11
677	4784597.2	20832	86.4	39.6	24.8	3421.44	379.16	9	11
678	4784887.5	20700	82.8	43.2	24	3576.96	379.16	9	12
679	4784887.5	20700	82.8	43.2	24	3576.96	379.16	9	12
680	4785427.5	20736	86.4	46.8	21.6	4043.52	379.16	9	13
684	4785427.5	20736	86.4	46.8	21.6	4043.52	379.16	9	13
685	4785427.5	20736	86.4	46.8	21.6	4043.52	379.16	9	13
686	4785538.0	21060	93.6	43.2	21.6	4043.52	379.16	9	12
687	4785538.0	21060	93.6	43.2	21.6	4043.52	379.16	9	12
688	4785538.0	21060	93.6	43.2	21.6	4043.52	379.16	9	12
689	4786037.5	21390	82.8	43.2	24.8	3576.96	379.16	9	12
690	6533953.9	20412	97.2	39.6	21.6	3849.12	379.16	9	11
691	6533953.9	20412	97.2	39.6	21.6	3849.12	379.16	9	11

نمونه ماتریس جواب‌های حاصل از اجرای آزمایشی مدل، برای ساخت انبـاری با ظرفیت ۲۰,۰۰۰ پالت

ب- ماتریـس پاسـخ هـای شـدنی: در ایـن ماتریـس، کلیـه نتایـج حاصلـه از اجـرای مـدل ریاضـی، درقالـب سـتون هایـی از مؤلفـه هـای مؤثـر در طراحـی (شـاخصهای تصمیـم[۱۴]) نمایش داده شـده، همچنین هرسـطر ایـن ماتریـس نیـز نشـان دهنـده یـک پاسـخ قابـل قبـول و مقادیـر تعلـق گرفتـه بـه شـاخصهای آن پاسـخ، بـه منظـور اسـتفاده در بهینه‌سـازی طـرح انبـار اتوماتیـک میباشـد. بـا توجـه بـه طیـف وسـیع جـواب هـای قابـل قبـول در فضـای موجـه، علیرغـم امـکان اولویـت بندی شـاخص هـای تصمیم بـه روشـهای مختلـف از جملـه بکارگیـری طیفهـای رنگـی بمنظـور تسـهیل در دسـته بنـدی و شناسـایی پاسـخهای بهتـر، بدلیـل تعـدد شـاخصها و ناهمگونـی مقیـاس سـنجش آنهـا (بعنـوان مثـال، مقایسـه سـتون دارای واحـد سـنجش متـراژ بـا سـتون مبتنـی بـر قیمـت و ....) ناچـار بـه اسـتفاده از روشـهای مبتنـی بـر مقایسـات زوجـی ماننـد تکنیـک Top-sis بـرای اولویتبنـدی و انتخـاب راه حلهـا هسـتیم.

[۱۵](واژه TOPSIS[16]) بـه معنـی روش ترجیـح براسـاس مشـابهت بـه راه حـل ایـده‌آل، اسـت. در ایـن روش m گزینـه بوسـیله n شـاخص، ارزیابـی می‌شـوند. منطـق اصولـی ایـن مـدل راه‌حـل ایـده‌آل مثبـت و راه‌حـل ایـده‌آل منفـی را تعریـف

می‌کند. راه حل ایده آل مثبت راه حلی است که معیار سود را افزایش و معیار هزینه را کاهش می‌دهد. گزینه بهینه، گزینه‌ای است که کمترین فاصله از راه حل ایده‌آل مثبت و در عین حال دورترین فاصله را از راه حل ایده‌آل منفی دارد. به‌عبارتی در رتبه‌بندی گزینه‌ها به روش TOPSIS ، گزینه‌هایی که بیشترین تشابه را با راه‌حل ایده آل داشته باشند، رتبه بالاتری کسب می‌کنند. در شکل زیر نمونه ای از فضای هدف بین دو معیار نشان داده شده. در اینجا A+ و A- به ترتیب، راه حل ایده آل مثبت و راه حل ایده‌آل منفی هستند لذا گزینه A1 به نسبت گزینه A2 فاصله کمتری تا راه حل ایده‌آل مثبت و فاصله بیشتری را تا راه حل ایده‌آل منفی دارد. اختصاراً گام‌های پیمایش تکنیک TOPSIS بشرح ذیل میباشد:

گام اول- تشکیل ماتریس تصمیم: در تکنیک تاپسیس با استفاده از n معیار به ارزیابی m گزینه پرداخته میشود بنابراین به هر گزینه براساس هر معیار، امتیازی تعلق میگیرد. این امتیازات میتوانند براساس مقادیر کمی(عددی) یا اینکه بصورت کیفی(ماهیتی) باشند. در هر صورت باید یک ماتریس تصمیم m*n تشکیل شود.

گام دوم - نرمال کردن ماتریس تصمیم: نرمال سازی ماتریس تصمیم از روش برداری، با استفاده از فرمول ذیل:

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_1^m x_{ij}^2}}$$

گام سوم - تشکیل ماتریس تصمیم نرمال موزون براساس وزن معیارها: بنابراین باید از قبل، اوزان معیارها با استفاده از تکنیکهائی مانند AHP یا آنتروپی شانون، محاسبه شده باشد. عملیات موزون سازی بسیار ساده است و از طریق ضرب وزن هر معیار در درآیه‌های مربوط به آن معیار انجام می‌شود.

گام چهارم - محاسبه ایده آلهای مثبت و منفی: محاسبه PIS[17] و NIS[18] گام بعدی است. در این مرحله برای هر شاخص یک ایده‌آل مثبت (A+) و یک ایده‌آل منفی (A-)، ذیل محاسبه می‌شود:

الف- برای معیارهایی که بار مثبت دارند ایده‌آل مثبت بزرگترین مقدار آن معیار است.

ب- برای معیارهایی که بار منفی دارند ایده‌آل منفی کوچکترین مقدار آن معیار است.

ج- برای معیارهایی که بار منفی دارند ایده‌آل مثبت کوچکترین مقدار آن معیار است.

د- برای معیارهایی که بار منفی دارند ایده‌آل منفی بزرگترین مقدار آن معیار است.

گام پنجم- فاصله از ایده‌آل‌های مثبت و منفی و محاسبه راه‌حل ایده‌آل: در این گام میزان نزدیکی نسبی هر گزینه به راه‌حل ایده‌آل محاسبه می شود. فاصله اقلیدسی هر گزینه از ایده‌آل مثبت و منفی با فرمول زیر محاسبه خواهد شد:

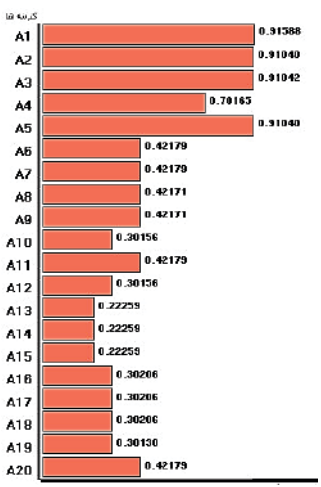
$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^+)^2}$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^-)^2}$$

گام ششم- محاسبه راه‌حل ایده‌آل: در این گام میزان نزدیکی نسبی هر گزینه به راه‌حل ایده‌آل محاسبه می‌شود. برای اینکار از فرمول ذیل بهره میگیریم (ضمناً مقدار CL بین صفر و یک است و هرچه این مقدار به یک نزدیکتر باشد به جواب ایده‌آل نزدیکتر هستیم و پاسخ بهتری می‌باشد.)

$$CL_i^* = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}$$

مطابق نمودار بالا، اولویت بندی گزینه‌های بیست گانه در مثال فوق، تحت تکنیک Topsis، تعیین گردیده است و براین اساس به ترتیب گزینه (راه حل) شماره ۱ و گزینه‌های مشابه ۶۶۱ و ۶۵۸ و ۶۷۳ از بالاترین اولویت انتخاب برخوردار هستند و با تکیه بر کلیه مراحل و توضیحات مندرج در این مقاله، بهینه‌ترین ساختار انبار اتوماتیک مسئله مورد نظر در حالت بهینه (اولویت اول) شامل ردیف یک جدول ذیل و در اولویت دوم شامل نتایج مندرج در ردیف دوم جدول خواهد بود.



	نام گزینه ها	ضریب نزدیکی
A_1	1	0.915899441926
A_2	658	0.910406235941
A_3	661	0.910421244901
A_4	672	0.701656381258
A_5	673	0.910406235941
A_6	674	0.421790532077
A_7	675	0.421790532077
A_8	676	0.421718986155
A_9	677	0.421718986155
A_{10}	678	0.301562861077
A_{11}	679	0.421790532077
A_{12}	680	0.301562861077
A_{13}	684	0.222592911778
A_{14}	685	0.222592911778
A_{15}	686	0.222592911778
A_{16}	687	0.302067474228
A_{17}	688	0.302067474228
A_{18}	689	0.302067474228
A_{19}	690	0.301302737979
A_{20}	691	0.421790532077

	نام معیارها	وزن معیارها
B_1	هزینه احداث انبار	10
B_2	ظرفیت حاصله	8
B_3	طول انبار	4
B_4	عرض انبار	4
B_5	ارتفاع انبار	2
B_6	مساحت انبار	4
B_7	حداکثر زمان مجاز	6
B_8	تعداد استاکر	8
B_9	تعداد راهرو	6

تعداد راهرو	تعداد استاکرکرین	حداکثر زمان	مساحت انبار	ابعاد انبار			ظرفیت ساخته شده	هزینه کل احداث انبار	کد پاسخ (گزینه) مسئله
				ارتفاع	عرض	طول			
8	8	426.55	2280.96	21.6	28.8	79.2	21384	4270452.6	1
8	8	426.55	2384.64	21.6	28.8	82.8	22356	6021382.3	658 , 661 , 673

نکته قابل توجه اینکه، درصورت عدم بکارگیری دستاوردهای مشابه این تحقیق، در تعیین مشخصه های اصلی طراحی یک انبار اتوماتیک، باتوجه به وجود ۶۹۲ پاسخ شدنی، در مسئله مورد بررسی، احتمال شناسایی مؤلفه‌های طراحی پروژه، در محدوده بهینگی، که متضمن کمترین هزینه و بیشترین ظرفیتهای مورد توقع از پروژه میباشد معادل = ۰,۰۰۱۴۴۵۰۸۷ خواهد بود. لازم به یادآوریست، در مسئله مورد بررسی، مبلغ مندرج در ستون هزینه کل احداث انبار، حتی در دو پاسخ اول و دوم نیز به نحو چشمگیری متفاوت هستند.

۵- نتیجه گیری:

توسعه روزافزون تکنولوژی، تغییرات عظیمی در شیوه زندگی و کسب و کار فراهم نموده و از این منظر، دستاوردهای عرصه صنعت، قابل توجه و تعمق می‌باشند. امروزه تقلیل حضور نیروی انسانی و افزایش ظرفیت حاصل از اتوماسیون فرایندها، بنحو چشمگیری در کلیه بخشهای مراکز صنعتی قابل مشاهده است. دراین بین، دپارتمان انبار یکی از تأثیرگذارترین بخشها، بخصوص در صنعت انبارداری وتوزیع محسوب می‌گردد لذا برخورداری از انبارهای اتوماتیک در راستای توانمندسازی این صنعت، بعنوان مزیتی استراتژیک تلقی میگردد. نکته قابل توجه، طراحی بهینه اینگونه انبارها، اهمیت دستیابی به بهترین عملکرد و حداکثر کارایی در مقابل کاهش هزینه میباشد. در این مقاله مؤلفه‌های تأثیر گذار بر طراحی انبار اتوماتیک شناسایی شده و پس از مشخص کردن محدودیتها و مفروضات واقعی، در قالب مدل ریاضی تدوین گردیده است. به دلیل پیچیدگی مدل، بمنظور حل مدل از الگوریتم ترکیبی ژنتیک و شبیه سازی تبرید استفاده شده که پس از کد نویسی تحت نرم افزار matlab، در قالب نرم افزار طراحی انبارهای اتوماتیک ارائه شده است. نتایج حاصل از این نرم‌افزار نیز در قالب گزارشات DSS مشتمل بر انواع نمودارها و جداول با ساختار ماتریسی تهیه شده است.

۱۵ - کتاب تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی - حبیبی، آرش، ایزدیار، صدیقه، سرافرازی، اعظم - انتشارات کتیبه گیل -۱۳۹۳-فصل ششم

1- Multi Objective
2- Meta heuristic Algorithms
3- Deep
4- Stacker Crain
5- Objective functions
6- Subject to
7- Exact
8- Genetic Algorithms
9- Simulated Annealing
10- Automatic Storage & Retrieval System
11- Feasible
12- Layout
13- Rock Supported
14- Attribute
16- Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
17- Positive ideal point
18- Negative ideal point

با حمایت معنوی
انجمن شرکت‌های صنعت پخش ایران

- مروری بر انواع تکنولوژی‌های قفسه‌بندی از جمله راهرو باریک، خودراهرو، خودجریان و ...
- معرفی تکنولوژی ذخیره- بازیابی اتوماتیک (AS/RS) و تجهیزات جانبی
- آشنایی با تکنولوژی شاتل (Shuttle)
- شناخت سیستم نرم‌افزاری مدیریت انبار (WMS)
- معرفی تکنولوژی‌های انتخاب و برداشت کالا
- مبانی بهینه‌سازی طرح انبارهای ذخیره- بازیابی اتوماتیک
- بررسی و مقایسه نسبت‌های مالی، اقتصادی و بهره‌وری در انبارهای مکانیزه و اتوماتیک
- دارای تصاویر رنگی متعدد از جدیدترین تکنولوژی‌های روز دنیا در حوزه لجستیک انبار

صاحب امتیاز: شرکت پخش رازی
فروش و توزیع: تهران، خیابان جمهوری اسلامی، بین سی‌تیر و فردوسی، کوچه مسعود سعد، پلاک ۲۹ تلفن: ۶۶۷۲۶۴۴۴
www.razico.ir
شرکت پخش رازی (سهامی خاص)