کنفرانس ملی پژوهش های نوین در
مدیریت و مهندسی صنایع
۲۱ آذر ۱۳۹۷ – اصفهان
ISC
۹۷۱۸۰-۷۲۴۰۱

زمانبندی عملیات بارزنی کامیون در انبارهای اتوماتیک با در نظر گرفتن قفسه های مشترک برای جرثقیل ها

نیما فرمند
دانشجو کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشکده صنایع و سیستم ها، دانشگاه صنعتی اصفهان
n.farmand@in.iut.ac.ir
رامین دهستانی اردکانی
دانشجو کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشکده صنایع و سیستم ها، دانشگاه صنعتی اصفهان
R.dehestani@in.iut.ac.ir
نازلی چازه ساز
دانشجو کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشکده صنایع، دانشگاه علم و فرهنگ تهران
n.Charehsaz@usc.ac.ir

چکیده
در این مطالعه برنامه‌ریزی عملیات بارزنی کامیون در انبارهای اتوماتیک و سیستم های بارزنی بررسی شده است. در این مسئله پالت ها می‌توانند از قفسه های مشترک توسط جرثقیل ها بارزنی شوند، اهمیت این موضوع دراین است که با افزایش تعداد جرثقیل ها و کاهش محسوس تابع هدف که حداقل کردن حداکثر زمان بارزنی کامیون می‌باشد، کاهش قابل توجهی را در مصرف سوخت کامیون های مجهز به یخچال و همچنین صرفه جویی در انرژی را خواهیم داشت که باعث نزدیکتر شدن به استانداردهای جهانی می‌شود.
همچنین مدل ارائه شده موجب کاهش زمان بارگیری کامیون های مخصوص حمل کالاهای فاسد شدنی میشود. این مطالعه توسط Flexible Job Shop Problem (FJSP) مدل شده‌است، که بار کامیون‌ها به عنوان کارها، پالت ها به عنوان عملیات، لیفتراک ها به عنوان وسیله ای برای تحویل پالت ها به کامیون و جرثقیل به عنوان ماشین برای تحویل پالت ها از قفسه ها به لیفتراک در نظر گرفته شده است.مدل توسعه یافته در این مقاله به روش حل دقیق حل شده و تحلیل حساسیت برای پارمتر کلیدی مسئله مورد بررسی و نتیجه گیری بر اساس آن ارائه شده است.

واژگان کلیدی: انبارهای اتوماتیک، زمانبندی عملیات بارزنی کامیون ، مصرف انرژی، Flexible Job Shop Problem.

Archive of SID
www.SID.ir

1.مقدمه

در ذخیره سازی اتوماتیک و سیستم بازرنی (AS/RS[1]) در انبارها، که از ماشین های اتوماتیک برای ذخیره سازی و بازرنی محصولات در هر دو محیط تولیدی و توزیعی استفاده می‌کنند، جرثقیل های اتوماتیک در راهروها بین قفسه ها برای بازرنی پالت ها جهت برآورده کردن سفارش مشتریان و رساندن آن ها به جمع‌کننده ها حرکت می‌کنند. AS/RS یک سیستم تمام اتوماتیک است، زیرا برای مدیریت پالت ها نیاز به هیچ‌گونه اپراتوری ندارد(Roodbergen, 2009). هنگامی‌که سفارشی دریافت می‌شود جرثقیل های اتوماتیک بین راهروها حرکت کرده و پالت مورد نیاز را جهت رساندن آنها به لیفتراک ها که در ابتدای قفسه ها قرار دارند بازرنی می‌کنند. در انتهای قفسه ها از لیفتراک ها برای بازرنی پالت ها به کامیون ها استفاده میشود. از مزیت های این سیستم (AS/RS) می‌توان به افزایش جریان مواد و کنترل بهتر موجودی و صرفه‌جویی در انرژی اشاره کرد. بهینه سازی زمانبندی انبار مسئله ای است که در این مطالعه مورد بحث قرار گرفته است. جزئیات مرور ادبیات درباره گسترش شیوه های برنامه‌ریزی در سیستم‌های (AS/RS) در قسمت دوم مقاله آورده شده است.در این مطالعه، برنامه‌ریزی عملیات بازرنی کامیون در انبارهای (AS/RS) بررسی‌شده است. این مسئله با Flexible Job Shop Problem (FJSP) مدل شده که بار کامیونها به عنوان کار و پالت ها به عنوان عملیات در نظر گرفته شده است. جرثقیل‌های استفاده شده برای بازرنی پالت ها از قفسه‌ها به عنوان ماشین در نظر گرفته شده‌اند و تاثیر استفاده از قفسه های مشترک برای جرثقیل ها مورد بررسی قرارگرفته است. نوآوری این مقاله، استفاده از قفسه های مشترک برای زمانبندی عملیات بازرنی پالت ها در انبارهای (AS/RS) است. اهمیت این موضوع دراین است که به علت مجهز بودن کامیون ها به یخچال، کامیون ها از مصرف سوخت بالایی برخوردار می-باشد، که هرچه مدت زمان انتظار کامیون ها برای اتمام عملیات بازرنی به حداقل رسد، باعث کاهش مصرف سوخت فسیلی و کاهش اثرات مخرب زیست محیطی و نزدیک شدن به استانداردهای جهانی می‌شود که این موضوع با افزایش تعداد جرثقیل ها میسر می‌شود. مطالب در برگیرنده این مطالعه به شرح زیر است:

در قسمت دوم مروری بر ادبیات موضوع روی برنامه‌ریزی زمانبندی عملیات بازرنی کامیون ارائه شده‌است. در قسمت سوم سیستم ذخیره‌سازی انبارهای اتوماتیک و تعریف مسئله شرح داده شده است. در قسمت چهارم برنامه ریزی عدد صحیح مختلط برای برنامه ریزی عملیات بازرنی کامیون در انبار (AS/RS) مبتنی بر FJSP برای قفسه های مشترک برای جرثقیل ها ارائه شده است. نتایج محاسباتی مربوط به مسئله ها با داده‌های تصادفی در انبار (AS/RS) در قسمت پنجم و تحلیل حساسیت پارامتر مسئله در قسمت ششم و نتیجه‌گیری در قسمت هفتم ارائه شده‌است.

2.ادبیات موضوع

برنامه ریزی و انجام محاسبات دقیق برای اماده سازی سفارشات مشتری در زمان مناسب درAS/RS بسیار مهم است (Oliveira, 2007). در مطالعات قبلی روش های ساده سازی و تکنیک‌های شبیه سازی برای مشکلات ذخیره‌سازی و بازرنی در سیستم‌های انبارداری اتوماتیک مورد توجه قرار گرفته است(Rouwenhorst & et al, 2000) .

بزر و وایت (Bozer & White, 1984) مدل‌های زمان سفر برای ماشین‌های خودکار S/R پیشنهاد می‌کنند، هان و همکاران (Han & et al, 1987) با استفاده از روش‌های ابتکاری و شبیه سازی مونت کارلو توالی بازیابی را در AS/RS بررسی می‌کنند.

[1] Automated storage and retrieval system

Archive of SID
www.SID.ir

هاسمن و همکاران (Hausman & et al, 1976) قوانین تخصیص را برای تعیین سیاست‌های ذخیره سازی استفاده کردند، شوارز و همکاران (Schwarz & et al 1978) قوانین ذخیره سازی را با یک مدل شبیه سازی مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. لی و شفر (Lee & Schaefer, 1996) مساله‌ای را که توسط Han و همکارانش مطرح شده بود را فرموله کردند. در سال‌های اخیر علاوه بر مدل سازی ریاضی و روش های شبیه سازی، روش‌های فراابتکاری مورد توجه قرار گرفته است.

یین و راو(Yin & Rau, 2006) ترکیب الگوریتم های شبیه سازی و ژنتیک را برای انتخاب توالی بار در AS/RS به کار گرفته اند. سینار و همکاران (Cinar & et al, 2017) انبارهای اتوماتیک را به صورت flexible job shop در نظر گرفتند و این مطالعه گسترش همین مدل بوده است با این تفاوت که برای جرثقیل ها قفسه های مشترک در نظرگرفته شده است. علت این گسترش کاهش مصرف سوخت کامیون های مجهز به یخچال و کاهش زمان بارگیری کامیون های مخصوص حمل کالاهای فاسد شدنی میباشد تا از اثرات مخرب آلاینده‌های سوخت‌های فسیلی و خرابی کالاهای فاسد شدنی جلوگیری شود (McGlade & Ekins, 2015).

3.سیستم ذخیره سازی و تعریف مسئله

انبار در نظر گرفته شده در این مطالعه انباری است که به عنوان مرکز توزیع فعالیت می‌کند. محصولات در انبار برای بارزنی کامیون‌ها جهت برآورده کردن نیازها ذخیره می‌شوند. مسیر کامیون ها از قبل براساس نیاز مشتریان و موعد تحویل تعیین شده‌است. این انبار شامل پنج راهرو با ظرفیت چهل هزار پالت در قفسه ها، جهت ذخیره‌سازی پالت‌ها می‌باشد. جرثقیل های اتوماتیک یا S/R بین راهروها جهت بارزنی و رساندن پالت ها به ابتدای راهروها برای بارزنی آنها توسط لیفتراک ها جا به جا میشوند. لیفتراک ها پالت ها را به کامیونها انتقال می‌دهند. سیستم برنامه‌ریزی انبار(WPS[2]) و سیستم مدیریت انبار(WMS[3]) در این انبار استفاده می‌شود. برنامه‌ریزی روزانه بارزنی برای هر کامیون توسط WPS ارزیابی می‌شود. توالی بارزنی پالت ها و جابه‌جایی جرثقیل ها و لیفتراک ها توسطWMS تعیین می‌شود. هر کامیون زمان تحویل خاص خود را که توسط سیستم WPS تعیین می‌شود را دارد و بارها دارای هیچ گونه تاخیری نمی‌باشند. مجموعه کل بارهای بارزده شده در کامیون‌ها را یک Batch می‌نامند. بارهای داخل یک Batch به طور هم‌زمان برنامه‌ریزی می‌شوند. بارزنی Batch بعدی آغاز نمی‌شود تا زمانی که تمام بار Batch قبلی بارزنی شده باشد. تعداد بارهای هر Batch با توجه به تعداد جایگاه های بارزنی به کامیون ها و موعد تحویل تعیین می‌شود. برنامه‌ریزی استاندارد شامل Batch 15-20 با 6-13 بار برای هر Batch می‌باشد. سفارش هر مشتری شامل یک محصول یا مجموعه‌ای از محصولات میباشد که توسط یک یا چند پالت به مشتری ارسال می‌شود. شرایط نگهداری پالت ها خاص بوده و پالت های ذخیره شده در انبار نیاز به نگهداری در یخچال دارند. مجموعه سفارشات از قبل تعیین شده و در انبار موجود می‌باشد. بار یک کامیون شامل مجموعه‌ای از پالت هاست که برای یک یا چند مشتری فرستاده می‌شود. توالی پالت های بارزنی شده توسط کامیون ها به وسیله WMS با قانون LIFO تعیین شده است. از آنجایی که توالی بارگذاری پالتها از قبل تعیین شده، امکان تغییر در آن‌ها وجود ندارد و رابطه‌ی پیش‌نیازی بین پالت های بار شده درهرکامیون وجود دارد. برای افزایش بهره وری انبار، **هر نوع پالت در حداکثر دو قفسه** قرارداده شده‌اند. هر راهرو لیفتراک منحصر به فرد خود را دارا می‌باشد. بعد از اینکه لیفتراک پالت را از راهروی خود دریافت کرد برای بارزنی به سمت هر یک از کامیون ها می‌تواند حرکت کند. جرثقیل هر راهرو به علت شرایط نگهداری پالت ها و نیاز آنها به سرما و به منظور جلوگیری از انباشته شدن پالتها

[2] Warehouse Planning System
[3] Warehouse Management System

Archive of SID
www.SID.ir

در ابتدای راهرو مربوطه، عمل جدید خود را تا زمان اتمام فعالیت لیفتراک مربوط به راهرو خود، آغاز نمی‌کند. برای مسائل امنیتی همچون جلوگیری از تصادفات در یک لحظه از زمان بیش از یک لیفتراک نمی‌تواند بار خود را به کامیون برساند. بنابراین در یک زمان مشخص فقط یک پالت می‌تواند برای بارزنی دریافت شود. بعد از رسیدن بار لیفتراک به کامیون مربوطه جهت بارزنی، لیفتراک به راهروی خود بازگشته و جرثقیل به سیستم WMS این خبر را که برای انتقال بعدی آماده است را می‌دهد. لیفتراک فقط می‌تواند در هر انتقال یک پالت را جابه‌جا کند. توالی های متفاوت ناشی از عملیات جرثقیل های اتوماتیک بر روی پالت ها جهت بارزنی به کامیون ها باعث تغییر مقدار تابع هدف می‌شوند(لزوما استفاده از جرثقیل و لیفتراک با کمترین زمان، تابع هدف را بهینه نمی‌کند). جزئیات مربوط به این انبار ها از (Cinar & et al, 2017) جمع‌آوری شده است.

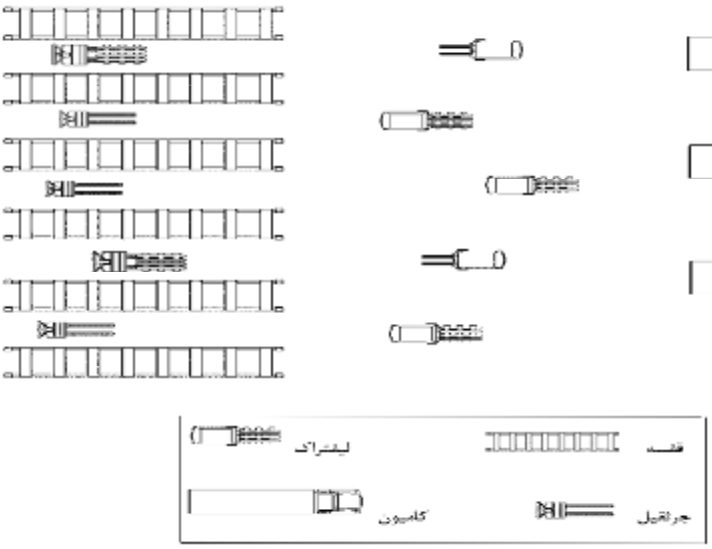
فرض کنید انباری با پنج راهرو وجود دارد که با R_1,R_2,R_3,R_4,R_5 نمایش می‌دهیم. مسئله توالی بارزنی Batch شامل سه کامیون است. هر کامیون شامل 4 پالت که هر کدام دارای روابط پیش‌نیازی از پیش تعیین شده می‌باشند، در نتیجه دارای 12 پالت هستیم که باید در Batch بارزنی شوند. برای هر راهرو یک لیفتراک در نظر گرفته شده که بار راهروی خود را به کامیون موردنظر انتقال می‌دهد. قفسه‌های ذخیره شده‌ی هر پالت و زمان‌های پردازش که برای راحتی مجموع زمان‌های پردازش عملیات جرثقیل روی پالت برای انتقال به سر قفسه میباشد و عملیات انتقال پالت از سر قفسه به کامیون توسط لیفتراک، در جدول1 ارائه شده‌است.

جدول 1. داده های تصادفی

	پالت i ام			
کامیون a	1	2	3	4
1	(3،3،4)،(1،1،2) (2،3،3)	(7،5،5)،(6،5،4) (4،2،2)،(3،2،1)	(3،3،6)،(2،3،5) (5،6،8)	(5،5،9)،(3،4،7) (4،5،8)،(4،4،8)
2	(2،2،6)،(1،2،7) (3،3،5)،(2،3،6)	(4،5،5)،(1،1،6) (5،5،6)	(2،2،4)،(1،2،5) (3،3،3)،(2،3،4)	(3،4،2)،(1،4،4) (4،4،3)
3	(4،4،3)،(3،4،4) (5،6،2)	(2،2،8)،(1،2،9) (4،4،6)،(3،4،7)	(2،3،7)،(1،1،8) (3،3،6)	(5،5،3)،(4،5،4) (5،6،3)

جرثقیل j قادر به حمل پالت i و قفسه ذخیره‌شده‌ی پالت (T) و زمان پردازش (P) با (J,T,P) نشان داده شده است. برای مثال اولین پالت مربوط به کامیون دوم می‌تواند از قفسه دوم توسط جرثقیل اول با زمان پردازش هفت و یا توسط جرثقیل دوم با زمان پردازش شش جا به جا شده و یا از قفسه سوم توسط جرثقیل دوم با زمان پردازش شش و یا توسط جرثقیل سوم با زمان پردازش پنج جا به جا شود. شکل 1 نمای کلی انبار را نمایش می دهد.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل 1. نمای کلی انبار

4.مدل مسئله

مفروضات مدل:

1- سفارشات به فرم پالتی از محصولات در انبار ذخیره میشوند.
2- هر جرثقیل در هر واحد زمان فقط توانایی حمل یک پالت را دارد.
3- هر نوع پالت در حداکثر دو قفسه قرار دارد.

پارامترها و اندیس ها

پارامترها و اندیس های مسئله در جدول 2 تعریف شده اند.

جدول 2. پارامترها و اندیس های مسئله

پارامتر و اندیس	توضیحات
a	اندیس کامیون
i	اندیس پالت
j	اندیس جرثقیل
t	اندیس قفسه
A	مجموعه ای از کامیون ها
I	مجموعه ای از پالت ها
J	مجموعه ای از جرثقیل ها
T	مجموعه ای از قفسه ها
L	عدد بزرگ
P_{aijt}	زمانی بارزنی پالت i کامیون a توسط جرثقیل j و از قفسه t (شامل عملیات بارزنی جرثقیل تا سر قفسه و انتقال آن به لیفتراک راهروی خود و عملیات بارزنی پالت به کامیون امیباشد).

Archive of SID
www.SID.ir

متغیرهای مسئله

متغیرهای مسئله در جدول 3 تعریف شده اند.

جدول 3. متغیرهای مسئله

متغیر	توضیحات
c_{max}	زمان ختم بارزنی پالت ها به کامیون و تکمیل یک batch
f_{aijt}	زمان شروع بارزنی پالت i کامیون a توسط جرثقیل j و از قفسه t .
c_{aijt}	زمان ختم بارزنی پالت i کامیون a توسط جرثقیل j و از قفسه t (که شامل زمان ختم عملیات بارزنی کامیون توسط لیفتراک نیز میباشد).
y_{aijt}	اگر پالت i کامیون a توسط جرثقیل j و از قفسه t تامین شود برابر 1 می‌باشد، در غیر این صورت برابر صفر است.
$z_{aita'i't'j}$	اگر پالت i از کامیون a توسط قفسه t قبل از پالت 'i از کامیون 'a توسط قفسه 't به وسیله جرثقیل j بارزنی شود برابر 1 می‌باشد، در غیر این صورت برابر صفر است.

مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط به شرح زیر می‌باشد :

$$Min\ c_{max}$$

S.t:

$$\sum_{j\in J}\sum_{t\in T} y_{aijt} = 1 \qquad \forall a \in A, \forall i \in I \quad (1)$$

$$f_{aijt} + c_{aijt} \le L * y_{aijt} \qquad \forall a \in A, \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \quad (2)$$

$$c_{aijt} \ge f_{aijt} + p_{aijt} - L * (1 - y_{aijt}) \qquad \forall a \in A, \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \quad (3)$$

$$f_{aijt} \ge c_{a'i'jt'} - L * z_{aita'i't'j} \qquad \forall a < a', \forall j \in J, \forall t, t' \in T, \forall i, i' \in I \quad (4)$$

$$f_{a'i'jt'} \ge c_{aijt} - L * (1 - z_{aita'i't'j}) \qquad \forall a < a', \forall j \in J, \forall t, t' \in T, \forall i, i' \in I \quad (5)$$

$$\sum_{j\in J}\sum_{t\in T} f_{aijt} \ge \sum_{j\in J}\sum_{t\in T} c_{ai-1jt} \qquad i > 1, \forall a \in A \quad (6)$$

$$y_{aijt} \le p_{aijt} \qquad \forall a \in A, \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T \quad (7)$$

Archive of SID
www.SID.ir

$$c_{max} \geq \sum_{j \in J} \sum_{t \in T} c_{a\,i\,j\,t} \qquad a \in A, i \in I \quad (8)$$

$$f_{a\,i\,j\,t}, c_{a\,i\,j\,t}, c_{max} \geq 0\,, y_{a\,i\,j\,t}, z_{a\,i\,t\,a'i't'j} \in \{0,1\} \quad (9)$$

تابع هدف که به دنبال حداقل کردن زمان ختم بارزنی کامیون‌ها می‌باشد. محدودیت (1) تضمین می‌کند که هر پالت فقط یکبار از انبار جهت بارزنی جرثقیل‌ها انتخاب شود. محدودیت (2) تضمین می‌کند که اگر پالت i کامیون a از قفسه t به جرثقیل j تخصیص نیابد زمان شروع و پایان برای آن برابر صفر است در غیر این صورت در صورت تخصیص، محدودیت (3) تضمین می‌کند که زمان ختم پالت مورد نظر نمی‌تواند از جمع زمان شروع و زمان پردازش کوچکتر باشد. محدودیت‌های (4) و (5) تضمین می‌کنند تا زمانی که انتقال پالت فعلی برای جرثقیلی تمام نشده نمی‌توان پالت جدیدی برای انتقال بعدی شروع شود. محدودیت پیش‌نیازی مربوط به بار هر کامیون در محدودیت (6) آورده‌شده‌است که تضمین می‌کند که پالت‌های داخل هر کامیون طی توالی از پیش تعیین شده درکامیون بارزنی شوند. محدودیت (7) تضمین می‌کند که هر جرثقیل به پالت‌ها و قفسه‌هایی که به آن دسترسی دارد تخصیص یابد. محدودیت (8) تضمین می‌کند که زمان ختم از زمان ختم اخرین پالت هر کامیون نمی‌تواند کمتر باشد. محدودیت (9) نشان دهنده‌ی محدودیت‌های باینری و نامنفی بودن متغیرهای تصمیم می‌باشند.

5.روش تحقیق

در این قسمت به بررسی نتایج محاسباتی برای ابعاد مختلف مسئله در اندازه کوچک می پردازیم.

نتایج محاسباتی

تمامی نتایج ارائه شده با نرم افزار GAMS 24.1.2 و با سالور CPLEX در محیط کنسول و در سیستم intel core i5 انجام شده است.مسئله های بررسی شده دارای ابعاد 2*2، 5*3 و 7*5 و 10*7 (تعداد جرثقیل* تعداد کامیون) می باشند. همچنین به عنوان مثال برای نمونه 5*3 یعنی تعداد 3 کامیون و تعداد 5 جرثقیل از مثال همین تحقیق، جدول 1 استفاده شده است و مابقی نمونه ها به همین ترتیب و به صورت تصادفی ساخته شده اند.

محاسبات عددی کامل نمونه ها در جدول 4 به شرح زیر است:

جدول 4. نتایج محاسباتی

شماره مسئله	اندازه مسئله: تعداد جرثقیل*تعداد کامیون	تعداد پالت در هر کامیون	تعداد قفسه	مقدار تابع هدف	زمان حل(ثانیه)
1	2*2	2	3	6	0.208
2	2*2	3	3	14	0.235
3	3*5	4	6	17	0.722
4	3*5	5	6	22	0.828
5	5*7	4	8	33	3.556
6	5*7	5	8	42	5.049
7	7*10	4	11	33	18.108
8	7*10	5	11	38	28.303

Archive of SID
www.SID.ir

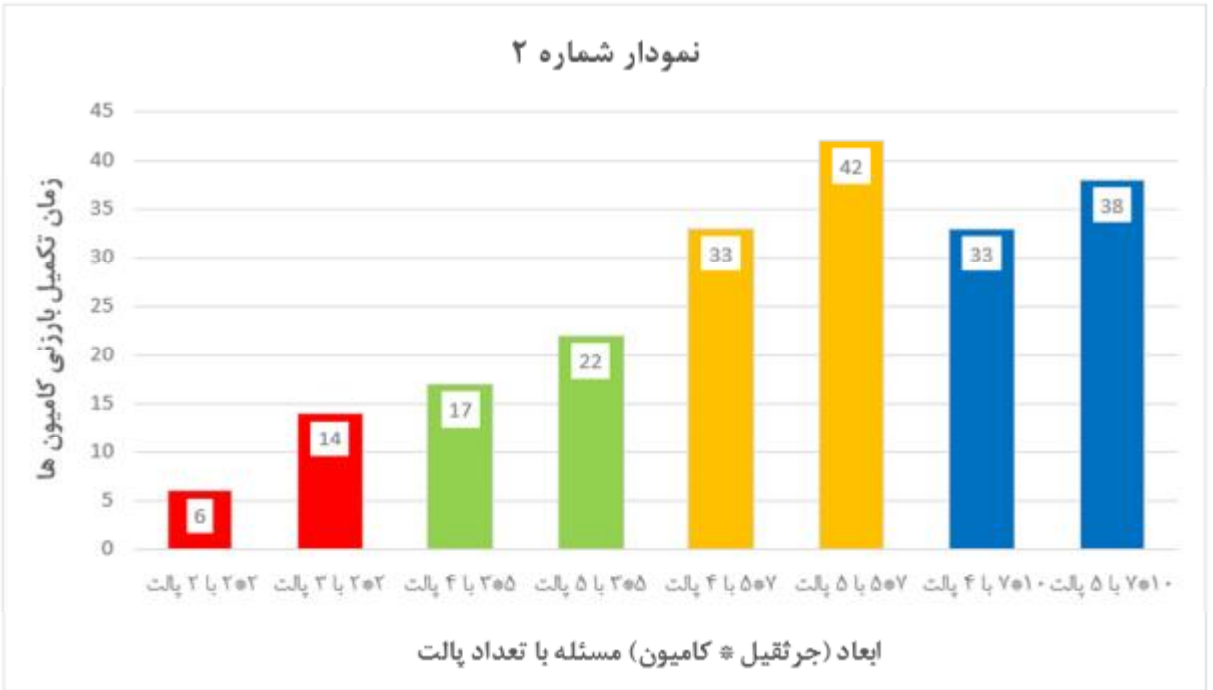
6.یافته ها

در این قسمت به تحلیل حساسیت پارامتر کلیدی مدل P_{aijt} پرداخته شده است. با توجه به تغییر ابعاد مسئله و همچنین تغییر مقدار المان های پارامتر P_{aijt} نتیجه می گیریم که زمان حل مسئله و همچنین مقدار تابع هدف متغیر می باشد و با توجه به شکل2 در می یابیم که با افزایش ابعاد مسئله یعنی تعداد جرثقیل ها (j) و کامیون ها (a) و همچنین افزایش در تعداد پالت ها (i) و تعداد قفسه ها (t) زمان حل مدل توسط نرم افزار گمز افزایش می یابد، همچنین با توجه به شکل 3 میتوان نتیجه گرفت با افزایش المان های پارامتر P_{aijt} مقدار بهینه تابع هدف یعنی زمان آماده سازی یک batch تغییر می یابد و این زمان در مقایسه با مدل اولیه که قفسه های مشترک برای جرثقیل ها وجود نداشت کمتر می باشد، زیرا در مدل توسعه یافته فرض شد که در انبار اتوماتیک قفسه های مشترک برای جرثقیل ها وجود دارد و کالاهای فاسد شدنی در دمای غیر یخچالی در انبار موجود می باشند. همچنین با توجه به جدول 4 میتوان دریافت که با افزایش تعداد قفسه ها در انبار می توان زمان تکمیل بارزنی کامیون ها (مقدار تابع هدف) را حتی در صورتی که تعداد کامیون ها و جرثقیل ها افزایش داشته اند، کاهش داد.

Archive of SID

www.SID.ir

شکل 2. زمان حل مدل با توجه به ابعاد مختلف مسئله



www.SID.ir

شکل 3. مقدار تابع هدف مسئله با توجه به ابعاد مختلف مسئله

7.بحث و نتیجه گیری

دراین تحقیق زمانبندی عملیات بارزنی کامیون های متشابه FJSP در انبارهای اتوماتیک و سیستم های بارزنی با توجه به قفسه های مشترک برای جرثقیل های موجود در انبار در نظر گرفته شد. توسعه مدل FJSP سبب افزایش تعداد جرثقیل‌ها برای انبارهای اتوماتیکی که شامل کالاهای فاسد شدنی در دمای غیریخچالی هستند می‌شود. این کار باعث کاهش زمان انتظار کامیون‌های مجهز به یخچال برای اتمام عملیات بارزنی می‌شود که سبب صرفه جویی در مصرف سوخت فسیلی و همچنین تخلیه زودتر انبار و فراهم شدن فضای مناسب برای ورود محصولات جدید می‌شود.همچنین در این مسئله میتوان با افزایش قفسه ها در انبار ، زمان بارگیری کامیون ها را به شدت کاهش داد که مزیت بسیار بزرگی برای کالاهای فاسد شدنی میباشد.
برای تحقیقات آتی میتوان مسئله فوق را با در نظرگرفتن محدودیت های که مسئله را به دنیای واقع نزدیک تر میکنند در نظر گرفت و با استفاده از الگوریتم های ابتکاری و فراابتکاری به حل مسئله برای ابعاد بسیار بزرگتر و مقایسه بین آن ها پرداخت.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

Roodbergen, K. J., & Vis, I. F. (2009). A survey of literature on automated storage and retrieval systems. European journal of operational research, 194(2), 343-362.

Oliveira, J. A. (2007). Scheduling the truckload operations in automatic warehouses. European Journal of Operational Research, 179(3), 723-735.

Rouwenhorst, B., Reuter, B., Stockrahm, V., van Houtum, G. J., Mantel, R. J., & Zijm, W. H. (2000).Warehouse design and control: Framework and literature review. European journal of operational research, 122(3), 515533.

Bozer, Y. A., & White, J. A. (1984). Travel-time models for automated storage/retrieval systems. IIE transactions, 16(4), 329-338.

Han, M. H., McGinnis, L. F., Shieh, J. S., & White, J. A. (1987). On sequencing retrievals in an automated storage/retrieval system. IIE transactions, 19(1), 56-66.

Hausman, W. H., Schwarz, L. B., & Graves, S. C. (1976). Optimal storage assignment in automatic warehousing systems. Management science, 22(6), 629-638.

Schwarz, L. B., Graves, S. C., & Hausman, W. H. (1978). Scheduling policies for automatic warehousing systems: simulation results. AIIE transactions, 10(3), 260-270.

Lee, H. F., & Schaefer, S. K. (1996). Retrieval sequencing for unit-load automated storage and retrieval systems with multiple openings. International Journal of Production Research, 34(10), 2943-2962.

Yin, Y. L., & Rau, H. (2006). Dynamic selection of sequencing rules for a class-based unit-load automated storage and retrieval system. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 29(11-12), 1259-1266.

Cinar, D., Oliveira, J. A., Topcu, Y. I., & Pardalos, P. M. (2017). Scheduling the truckload operations in automated warehouses with alternative aisles for pallets. Applied Soft Computing, 52, 566-574.

McGlade, C., & Ekins, P. (2015). The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2 C. Nature, 517(7533), 187.

www.SID.ir