زمان‌بندی بارکش‌ها در یک سیستم فراباراندار با چندین درب ورودی و خروجی

ابراهیم رضایی نیک[1]، مهرداد یزدان‌پناه[2*]، محمدتقی اسعدی[3]، زهرا محمودی یکتا[4]

مؤسسه آموزش عالی غیرانتفاعی سجاد

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۰۶/۰۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۷/۱۵

چکیده

فراباراندار یک استراتژی لجستیکی و در نقش گره‌ای میانی در شبکه توزیع زنجیره تأمین است. در قسمت لجستیک، نگهداری موجودی جزو هزینه‌برترین قسمت‌ها می‌باشد که فراباراندار علاوه بر کاهش هزینه نگهداری، موجب کاهش هزینه‌های جمع‌آوری سفارش، حمل‌ونقل و مدت زمان ارسال می‌شود. محصولاتی که از تأمین‌کنندگان مختلف توسط بارکش‌های ورودی به فراباراندار می‌رسند، با کمترین مقدار و ذخیره‌سازی ممکن و با دسته‌بندی‌های متناسب با تقاضای مشتری، در مدت زمانی عموماً کمتر از ۲۴ ساعت، بر روی بارکش‌های خروجی بارگذاری می‌شوند. در این مقاله، یک مدل عدد صحیح مختلط برای مدل‌سازی فراباراندار با چندین درب ورودی و خروجی ارائه شده است که به‌طور هم‌زمان تخصیص بارکش‌های ورودی و خروجی به درب‌ها، توالی خدمت‌گیری آنها و هم‌چنین تخصیص محصولات از بارکش‌های ورودی به بارکش‌های خروجی می‌پردازد. مدل پیشنهاد شده در یکی از واحدهای صنعتی پیاده‌سازی شده و نتایج آن‌که بیانگر کارایی مدل در دنیای واقعی می‌باشد، ارائه گردیده است.

واژه‌های کلیدی: فراباراندار، لجستیک، کاهش هزینه‌های انبارداری، زمان‌بندی بارکش‌ها، برنامه‌ریزی عدد صحیح.

۱- مقدمه

فراباراندار[5] یک استراتژی توزیع است که امروزه توسط تعداد زیادی از شرکت‌ها در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. ایده اصلی فراباراندار انتقال محموله وارد شده بدون ذخیره‌سازی، به‌وسیله بارکش‌های خارج شونده می‌باشد که این اقدام اهداف گوناگونی مانند: تقویت محموله، کوتاه‌تر شدن زمان رسیدن محصول به مشتری، کاهش هزینه‌ها و غیره دارد [۱].

همان‌طور که مشخص است در یک مرکز پخش سنتی، کالاها ابتدا از تأمین‌کنندگان دریافت شده و ذخیره می‌شوند و زمانی که مشتری کالایی را سفارش می‌دهد، کالای مربوطه از انبار برای مشتری ارسال می‌شود. انبار به‌طور کلی دارای چهار نقش اساسی است که عبارت‌اند از: دریافت، ذخیره‌سازی، دریافت سفارش و ارسال که در این میان ذخیره‌سازی و گرفتن سفارش دارای هزینه بیشتری هستند. ذخیره‌سازی کالا از این جهت که هزینه‌های نگهداری موجودی بالا می‌باشد، پرهزینه است. هم‌چنین اخذ سفارش نیز هزینه‌بر بوده و کوشش زیادی می‌طلبد. برای کاهش هزینه‌هایی که ذکر شد روش‌ها و خط‌مش‌های مختلفی را می‌توان در نظر گرفت، یکی از این راه‌ها بهبود نقش‌های انبار یا بهبود عملکرد متقابل آنها می‌باشد. با این وجود استراتژی فراباراندار، خط‌مشی است که دو مورد از عملیات‌های گران و پرهزینه (ذخیره‌سازی[6]، جمع‌آوری

۱- دکترای مهندسی صنایع، مؤسسه آموزش عالی سجاد، پست‌الکترونیکی: ernik54@yahoo.com

۲*- دانشجوی کارشناسی مهندسی صنایع، مؤسسه آموزش عالی سجاد، نویسنده پاسخگو، پست‌الکترونیکی: yazdanpanahm92@gmail.com، نشانی: مشهد، بلوار معلم ۷۷/۸، پلاک ۴۹، طبقه ۱، کد پستی: ۹۱۸۹۸۵۶۸۴۶

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، مؤسسه آموزش عالی سجاد، پست‌الکترونیکی: m.assadi.ie@gmail.com

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، مؤسسه آموزش عالی سجاد، پست‌الکترونیکی: zmyekta@gmail.com

5- Cross Docking

6- Storage

سفارش[1]) را حذف می‌نماید.

مفهوم فرابارانداز توسط شرکت وال مارت[2] معرفی شد که در آن انبارها بیشتر در نقش هماهنگ‌کننده موجودی عمل می‌کنند تا ذخیره کننده آن در سیستم فرابارانداز. برای فرابارانداز تعاریف مختلفی تاکنون ارائه گردیده است. برای مثال کینییر در مقاله خود در سال ۱۹۹۷ آن را این‌گونه بیان کرده است: "دریافت محصول از چندین تأمین‌کننده و یکی نمودن آنها برای ارسال به یک مقصد نهایی." در این تعریف تمرکز بر روی یکی نمودن محموله‌ها برای رسیدن به هزینه حمل‌ونقل اقتصادی است. صنعت جابه‌جایی مواد آمریکا (MHIA)[3]، فرابارانداز را چنین تعریف می‌کند: "فرآیند انتقال کالا از بارانداز دریافت[4] به بارانداز ارسال[5]، بدون قرار دادن محموله در مکان ذخیره‌سازی". اساس این تعریف تمرکز بر حمل‌ونقل است و نه بر نگهداری موجودی؛ که این رویکرد نیازمند یک هماهنگی صحیح بین وسایل نقلیه ورودی و خروجی می‌باشد[۱].

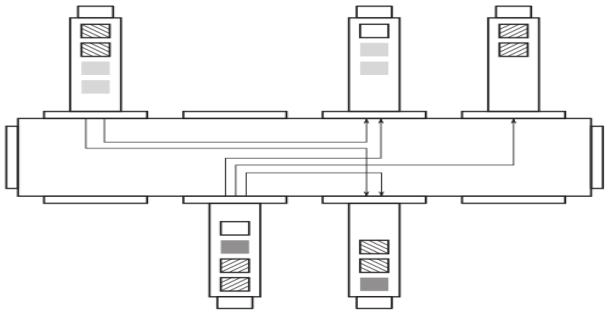
شکل (۱) نمایی شماتیک از عملیات جابه‌جایی مواد بر یک فرابارانداز مستطیل شکل با ۱۰درب بارانداز را نشان می‌دهد.

یکی از تصمیمات مهم در عملیات فرابارانداز، زمان‌بندی بارکش‌ها می‌باشد، چرا که این عملیات به‌صورت روزانه مدیریت می‌شود و روان بودن عملیات‌ها در فرابارانداز با زمان‌بندی خوب آن مرتبط است. این مسئله ترتیب یا توالی بارکش‌های داخل شونده و خارج شونده را مشخص می‌نماید. زمان‌بندی ضعیف بارکش‌ها می‌تواند باعث جریان ضعیف محصول و زمان پردازش (زمان اتمام) طولانی شود و از این طرق هزینه‌ها را افزایش دهد؛ بنابراین، هدف برخی از مدل‌های پیشنهاد شده برای مسئله زمان‌بندی، مینیمم کردن زمان انجام عملیات کل (زمان اتمام)[6] است که به‌منظور مینیمم کردن هزینه صورت می‌گیرد. این بخش به‌مرور تحقیقات انجام گرفته در زمینه مسائل زمان‌بندی می‌پردازد.

یو[7] و اگبلو[8] یک مدل زمان‌بندی برای یک بارکش در بارانداز ورودی و خروجی و ترکیب آن با تخصیص محصولات ارائه کرده‌اند[۲]. مدل می‌تواند هم‌زمان زمان‌بندی بارکش و تخصیص محصول را مشخص نماید. هدف مدل مینیمم‌سازی زمان عملیات کل است، در حالتی که یک انبار موقتی میانی برای نگهداری کالاها به‌صورت موقتی در بارانداز‌های ارسال وجود دارد.کار آنها توسط وحدانی و زندیه با ارائه پنج روش متاهیوریستیک برای حل و بهبود جواب به‌دست آمده از هیوریستیک ارائه شده توسط یو و اگبلو، ادامه داده شده است[۳]. چن[9] و لی[10] مینیمم‌سازی زمان اتمام است. مسئله مانند یک مسئله فلوشاپ دو ماشینه مدل‌سازی شده است و از الگوریتم شاخه و کران برای حل مدل استفاده شده است[۴]. چن و همکارانش مسئله زمان‌بندی دو مرحله‌ای را مورد بحث قرار دادند و چندین الگوریتم هیوریستیک را با بررسی عملکرد برای آن پیشنهاد کردند[۵]. آنها سه نوع ماشین (موازی، یکنواخت، اپن‌شاپ[11]) در مسائل زمان‌بندی در نظر گرفته‌اند. در هر مورد، الگوریتم‌های هیوریستیک و آنالیزهای نسبت تقریب و غیره را نیز معرفی کرده‌اند. بویسن[12] و فلیندر[13] یک مرور ادبیات جامع در زمینه مدل زمان‌بندی فرابارانداز ارائه کرده‌اند[۶]. آنها به کلاس‌بندی مدل‌های زمان‌بندی پرداخته و زمینه تحقیقات آینده مدل‌های زمان‌بندی بارکش‌ها را معرفی کرده‌اند. بویسن و همکارانش مسئله زمان‌بندی بارکش‌ها که یک درب ورودی به یک درب خروجی خدمت‌دهی می‌کند را مورد مطالعه قرار داده‌اند[۷]. این تحقیق مشابه با یو و اگبلو می‌باشد[۲]. مسئله به‌صورت برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط مدل‌سازی شده و هدف آن مینیمم‌سازی زمان اتمام می‌باشد. برای حل مدل از رویکرد تجزیه استفاده شده است (به نقل از آگوستینا[14] و همکاران[۸]).

1- Order Picking
2- Walmart
3- The Material Handling Industry of America
4- Receiving Dock
5- Shipping Dock
6- Make Span

7- Yu
8- Egbelu
9- Chen
10- Lee
11- Open Shop
12- Boysen
13- Fliedner
14- Agustina



شکل (۱): یک فرابارانداز مستطیل شکل با ۱۰ درب بارانداز

آلپان[۱] و همکارانش یک فرابارانداز با درب‌هایی که امکان دریافت و ارسال چندگانه دارند را در نظر گرفته‌اند[۹]. هدف یافتن سیاست‌های زمان‌بندی بهینه (برای فرابارانداز‌های خیلی کوچک) است که هزینه‌های کل مرتبط با عملیات‌های انتقال در داخل فرابارانداز را مینیمم نماید.

عربانی و همکارانش به یک مسئله زمان‌بندی تریلرهای ورودی و خروجی در یک سیستم فرابارانداز بر اساس رویکرد درست به‌موقع[۲] پرداخته‌اند[۱۰]. آنها یک زمان‌بندی چند معیاره با هدف اولیه مینیمم‌سازی هم‌زمان زودکردها و دیرکردها را با یک تابع هدف یکپارچه پیشنهاد کرده‌اند. عربانی و همکارانش سه الگوریتم معروف چندهدفه شامل NSGA-II[۳] ، SPEA-II[۴] و SPGA-II[۵] برای حل مسئله زمان‌بندی فرابارانداز ارائه کرده‌اند، که چگونه محصولات از تریلرهای ورودی در بارانداز‌های دریافت تخلیه و دسته‌بندی شده و بر تریلرهای خروجی در بارانداز‌های ارسال بارگذاری گردند[۱۱].

شاکری و همکارانش زمان‌بندی بارکش‌ها در یک فرابارانداز با منابع محدود را مورد مطالعه قرار داده‌اند[۱۲]. مسئله بر توالی بارکش‌های ورودی و خروجی به درب‌های بارانداز یک پایانه فرابارانداز با در نظر گرفتن محدودیت دسترسی منابع شامل: درب‌های بارانداز و سیستم حمل‌ونقل مواد، تصمیم‌گیری می‌کند. بِلانگر[۶] و همکارانش به مسئله بهینه‌سازی سیستم فرابارانداز پرداخته و آن را به شکل یک مسئله سه مرحله‌ای فلوشاپ[۷] ترکیبی مدل‌سازی کرده‌اند، که در آن محموله‌ها و سفارشات به‌صورت دسته‌ای در نظر گرفته شده‌اند[۱۳]. جو[۸] و کیم[۹] یک مسئله زمان‌بندی بارکش برای سه نوع مختلف بارکش (فقط بارکش‌های ورودی، فقط بارکش‌های خروجی و بارکش‌های ترکیبی) در یک پایانه فرابارانداز را با چندین درب در نظر گرفته‌اند[۱۴].

هدف مسئله تعیین تخصیص درب‌ها و توالی سه نوع بارکش برای مینیمم‌سازی زمان اتمام است. آنها یک مدل ریاضی برای تعیین جواب بهینه و دو متاهیوریستیک شامل الگوریتم ژنتیک و الگوریتم تکامل درونی (SEA)[۱۰] برای مسئله پیشنهاد کرده‌اند. لیائو[۱۱] و همکارانش به مطالعه مسئله توالی بارکش‌های ورودی و خروجی برای عملیات‌های فرابارانداز با هدف مینیمم کردن زمان اتمام کل عملیات یا به‌طور معادل ماکزیمم کردن توان عملیاتی یک سیستم فرابارانداز پرداخته‌اند[۱۵].

در این مقاله، سعی شده است که با اضافه کردن فرضیاتی مدل را به واقعیت نزدیک‌تر کنند. این فرضیات شامل در نظر گرفتن زمان رسیدن متفاوت برای هر بارگیر و زمان بارگیری متفاوت برای هر نوع محصول می‌باشد. هم‌چنین تابع هدف مسئله، به‌عنوان حداقل نمودن اختلاف زمان زودکرد و دیرکرد با زمان مقرر در نظر گرفته شده است که در مقالات گذشته کمتر استفاده شده است.

1- Alpan
2- just in time
3- Non-dominated sorting genetic algorithm II
4- Strength pareto evolutionary algorithm II
5- Sub-population genetic algorithm II
6- Bellanger
7- Flowshop
8- Joo
9- Kim
10- Self-evolution algorithm
11- Liao

۲- مدل‌سازی مسئله

مدل‌سازی مسئله به شرح زیر می‌باشد:

پارامترها

پارامترها در مدل ریاضی به‌صورت زیر تعریف شده‌اند:

I: تعداد بارکش‌های ورودی در مجموعه

O: تعداد بارکش‌های خروجی در مجموعه

P: تعداد انواع محصول در مجموعه

R: تعداد درب‌ها در بارانداز دریافت

S: تعداد درب‌ها در بارانداز ارسال

dj: زمان مقرر برای خروج بارکش j

ai: زمان رسیدن بارکش ورودی i

rik: تعداد واحدهای محصول نوع k به ابتدا بر روی بارکش ورودی i بارگذاری شده است.

sjk: تعداد واحدهای محصول نوع k که در ابتدا برای بارکش خروجی j نیاز است.

TLk: واحد زمان بارگذاری محصول نوع k

TUk: واحد زمان تخلیه محصول نوع k

D: زمان مورد نیاز برای تغییر بارکش

TM: زمان انتقال محصولات از بارانداز دریافت به بارانداز ارسال

M: یک عدد مثبت بزرگ

متغیرها

متغیرهای مدل به‌صورت زیر می‌باشند:

Ej: زودکرد بارکش خروجی j

Lj: دیرکرد بارکش خروجی j

ci: زمانی که پردازش بارکش ورودی i شروع می‌شود

Ci: زمانی پردازش بارکش ورودی i تکمیل می‌شود

fj: زمانی که پردازش بارکش خروجی j شروع می‌شود

Fj: زمانی پردازش بارکش خروجی j تکمیل می‌شود

xijk: تعداد واحدهای محصول نوع k که از بارکش ورودی i به بارکش خروجی j منتقل می‌شوند

vij: اگر محصولی از بارکش ورودی i به بارکش خروجی j منتقل گردد،۱ است و در غیر این‌صورت ۰

pijm: وقتی i≠j باشد، اگر بارکش i در توالی بارکش‌های ورودی در درب دریافت m مقدم بر بارکش j باشد، یا وقتی i=j باشد، اگر بارکش ورودی i اولین بارکش در درب دریافت m باشد آنگاه ۱ است و در غیر این‌صورت۰

qijn: وقتی i≠j باشد، اگر بارکش j در توالی بارکش‌های خروجی در درب ارسال n مقدم بر بارکش iباشد، یا وقتی i=j باشد، اگر بارکش ورودی i اولین بارکش در درب ارسال n باشد آنگاه ۱ است و در غیر این‌صورت ۰

yim: اگر بارکش ورودی i به درب دریافت m تخصیص یابد ۱ است و در غیر این‌صورت ۰

Zjn: اگر بارکش خروجی j به درب ارسال n تخصیص یابد ۱ است و در غیر این‌صورت ۰

$$\min \sum_{j=1}^{O} (\alpha E_j + \beta L_j) \quad (۱)$$

Subject to:

$$E_j = \max(0, d_j - F_j) \quad (۲)$$

$$L_j = \max(0, F_j - d_j) \quad (۳)$$

$$c_i \geq a_i y_{im} \qquad for\ all\ i, m \quad (۴)$$

$$c_i + \sum_{k=1}^{P} (TU_k . r_{ik}) \leq C_i, \qquad for\ all\ i, \quad (۵)$$

$$C_i + D \leq c_j + M.\left(1 - \sum_{m=1}^{R} P_{ijm}\right), \quad (۶)$$

$$for\ all\ i, j\ and\ where\ i \neq j,$$

$$\sum_{m=1}^{R} y_{im} = 1, \quad for\ all\ i, \tag{۷}$$

$$\sum_{i=1}^{I} P_{iim} = 1, \quad for\ all\ m, \tag{۸}$$

$$\sum_{j=1}^{I} P_{jim} = y_{im}, \quad for\ all\ \ i, m, \tag{۹}$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j\neq i}}^{I} P_{ijm} \leq y_{im}, \quad for\ all\ \ i, m, \tag{۱۰}$$

$$f_j + \sum_{k=1}^{P} (TL_k\ .s_{jk}) \leq F_j, \quad for\ all\ j, \tag{۱۱}$$

$$F_j + D \leq f_i + M.\left(1 - \sum_{n=1}^{S} q_{jin}\right), \quad for\ all\ j, i\ and\ where\ j \neq i, \tag{۱۲}$$

$$\sum_{n=1}^{S} z_{in} = 1, \quad for\ all\ j, \tag{۱۳}$$

$$\sum_{j=1}^{O} q_{jjn} = 1, \quad for\ all\ n, \tag{۱۴}$$

$$\sum_{i=1}^{O} q_{ijn} = z_{jn}, \quad for\ all\ j, n, \tag{۱۵}$$

$$\sum_{\substack{i=1 \\ i\neq j}}^{O} q_{jin} \leq z_{jn}, \quad for\ all\ j, n, \tag{۱۶}$$

$$\sum_{j=1}^{O} x_{ijk} = r_{ik}, \quad for\ all\ i, k, \tag{۱۷}$$

$$\sum_{i=1}^{I} x_{ijk} = s_{jk}, \quad for\ all\ j, k, \tag{۱۸}$$

$$\sum_{k=1}^{P} x_{ijk} \leq M.v_{ij}, \quad for\ all\ i, j, \tag{۱۹}$$

$$C_i + T_M \leq f_j + M.(1 - v_{ij}), \quad for\ all\ i, j, \tag{۲۰}$$

$$y_{im}, z_{jn}, p_{ijm}, q_{ijm}, v_{ij}, \in \{0, 1\} \tag{۲۱}$$

$$E_j, L_j, c_i, C_i, f_j, F_j, x_{ijk}\ \geq 0 \tag{۲۲}$$

تابع هدف (۱) زودکردها و دیرکردهای بارکش‌های خروجی را مینیمم می‌کند. محدودیت (۲) و (۳) مقدار زودکرد و یا دیرکرد بارکش خروجی j را در مقایسه با زمان مقرر آن تعیین می‌کنند. محدودیت (۴) زمان شروع پردازش بر روی بارکش ورودی i را بزرگ‌تر یا مساوی با زمان رسیدن بارکش i قرار می‌دهد. محدودیت‌های (۵) و (۶) یک توالی شدنی زمان‌های شروع خدمت‌گیری و حرکت کردن (پایان خدمت‌گیری) بارکش‌های ورودی تخصیص یافته به یک درب بارانداز را ایجاد می‌کند. محدودیت (۷) هر بارکش ورودی را دقیقاً به یک درب بارانداز تخصیص

می‌دهد. محدودیت (۷) تا (۱۰) اطمینان می‌دهند که بارکش‌های ورودی تخصیص یافته به یک درب بارانداز باید فقط یک‌بار در توالی خدمت‌گیری ظاهر شوند. محدودیت (۸) تضمین می‌کند که در شروع توالی در هر درب بارانداز فقط یک بارکش ورودی قرار می‌گیرد. محدودیت (۹) نشان می‌دهد که اگر یک بارکش ورودی به یک درب تخصیص یابد، فوراً یک بارکش دیگر پیش‌نیاز آن قرار می‌گیرد. محدودیت (۹) مشخص می‌کند که اگر یک بارکش ورودی به یک درب تخصیص یابد، سپس می‌تواند حداکثر پیش‌نیاز یک بارکش دیگر شود. محدودیت‌های (۱۱) و (۱۲) یک توالی شدنی برای زمان‌های رسیدن و حرکت کردن بارکش‌های خروجی تخصیص یافته به یک درب بارانداز ایجاد می‌کنند. محدودیت (۱۳) مشخص می‌کند که هر بارکش خروجی باشد دقیقاً به یک درب بارانداز تخصیص یابد. محدودیت‌های (۱۴) تا (۱۶) اطمینان می‌دهند که بارکش‌های خروجی تخصیص یافته به یک درب بارانداز باید فقط یک‌بار در توالی خدمت‌گیری ظاهر شوند. محدودیت (۱۴) و (۱۵) و (۱۶) مشابه محدودیت‌های (۷) و (۸) و (۹) هستند، با این تفاوت که برای بارکش‌های خروجی در نظر گرفته شده‌اند. محدودیت (۱۷) اطمینان می‌دهد که تعداد کل واحدهای محصول نوع k که از بارکش ورودی i به تمام بارکش‌های خروجی منتقل می‌شود، برابر همان تعدادی است که ابتدا بر بارکش ورودی i بارگذاری شده است. محدودیت (۱۸) اطمینان می‌دهد که تعداد کل واحدهای محصول نوع k که از تمام بارکش‌های ورودی به بارکش خروجی j منتقل شده است، دقیقاً برابر همان مقدار مورد نیاز آن بوده است. محدودیت (۱۹) رابطه صحیح بین متغیرهای x_{ijk} و v_{ij} را اجرا می‌کند. محدودیت (۲۰) زمان رسیدن یک بارکش خروجی را به زمان تکمیل پردازش یک بارکش ورودی متصل می‌کند، اگر محصولی بین این بارکش‌ها منتقل شود. این محدودیت بر هر تأخیر ایجاد شده توسط محصولات منتقل شده بین بارکش ورودی i و بارکش خروجی j تأکید می‌کند. محدودیت‌های (۲۱) و (۲۲) نوع متغیرهای مسئله را مشخص می‌کنند.

۳- روش حل

برای سنجش کارایی این مدل، از اطلاعات کارخانه لبنی در مشهد استفاده شده است.

در این کارخانه بر اساس دو بارکش ورودی و خروجی مجموعه و انتقال دو نوع محصول متفاوت، تعداد واحدهای محصول نوع اول که از بارکش ورودی ۱ به بارکش خروجی ۱ منتقل می‌شوند، ۲۵ و برای بارکش نوع ۲ نیز ۲۵ در نظر گرفته شده بود. در واقع در این نوع تقسیم سعی شده بود که بار به‌صورت مساوی تقسیم شود. بقیه اطلاعات مطابق جدول (۲) می‌باشد.

بر اساس این اعداد استفاده شده در این کارخانه، از نظر سرپرست انبار، زمان بهینه شده بود، اما پس از مدل‌سازی و حل آن با LINGO 11 نتایج دیگری حاصل شد که میزان دیرکرد را کمتر کرد. این نتایج را دوباره در کارخانه به‌کار بسته و بسیار به واقعیت نزدیک شد.

جدول (۱): داده‌های کارخانه در حل مدل

NAME	*VALUE*	*NAME*	*VALUE*
I	2	O	2
P	2		
R	2	S	2
d_1	150	d_2	600
a_1	10	a_2	0
r_{11}	50	r_{21}	20
r_{12}	10	r_{22}	40
s_{11}	40	s_{21}	30
s_{12}	20	s_{22}	30
TL_1	2	TL_2	2
TU_1	2	TU_2	۲
D	5	T_M	15

جدول (۲): اعداد استفاده شده

NAME	*VALUE*	*NAME*	*VALUE*
X_{111}	25	X_{221}	5
X_{121}	25	X_{122}	5
X_{211}	15	X_{112}	5
X_{212}	15	X_{222}	15

جدول (۳): اعداد به‌دست آمده از حل مدل

NAME	*VALUE*	*NAME*	*VALUE*
E_1	0	E_2	0
L_1	1015	L_2	425
X_{111}	30	X_{221}	10
X_{121}	20	X_{122}	10
X_{211}	10	X_{112}	0
X_{212}	20	X_{222}	10

بر اساس حل مدل، تابع هدف بهینه ۷۲۰ به‌دست آمد.

۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله، مسئله زمان‌بندی بارکش‌ها در یک سیستم فراباراندار مورد مطالعه قرار گرفت. یک مدل عدد صحیح مختلط پیشنهاد شد که می‌تواند در مسائل با مقیاس کوچک در مورد چگونگی تخصیص بارکش‌ها به درب‌های بارانداز و توالی خدمت‌گیری آنها با رویکرد درست به‌موقع (JIT) تصمیم‌گیری شود. در مدل ارائه شده ویژگی تغییرپذیری محصولات نیز گنجانده شده است، از این‌رو می‌تواند نحوه تخصیص محصولات از بارکش‌های ورودی به بارکش‌های خروجی را نیز مشخص کند. به‌منظور نزدیک‌تر کردن مدل به واقعیت، برای هر بارکش ورودی زمان رسیدن و برای هر نوع محصول زمان بارگیری، متفاوت در نظر گرفته شده است.

برای تحقیقات آینده پیشنهاد می‌شود که رویکردهای حل دیگری برای مسئله ارائه شود که بتواند برای مسائل با مقیاس بزرگ به کار رود. مورد دیگر اینکه در مقالات کنونی، معمولاً فرض شده است که تمام اطلاعات ضروری مانند محتویات دقیق و زمان رسیدن بارکش‌ها از قبل مشخص و ثابت است، در حالی که آنچه در عمل آشکار شده است، این است که بین اطلاعات پیش‌بینی شده و واقعیت تفاوت‌هایی جدی وجود دارد. هم‌چنین این فرضیات که تمام بارکش‌ها در شروع افق زمانی در دسترس هستند و یا اینکه عملیات تخلیه و بارگذاری بارکش‌ها بلافاصله پس از تخصیص آنها به درب‌ها می‌تواند شروع شود (نیرو و مواد همیشه در دسترس هستند)، ازجمله کمبودها و نواقص موجود در مدل‌ها می‌باشند. از این جهت برای کاربردی‌تر شدن مطالعات باید رویکردهایی قدرتمند و پویا ارائه کرد و فرضیاتی برای مدل‌ها به‌کار برد تا پاسخ‌گوی موارد ذکر شده باشد.

منابع

[1] Belle JV, Valckenaers P, Cattrysse D. Cross-docking: State of the art. *Omega*; 40: 827-46, 2012.

[2] Yu W, Egbelu PJ. ***Scheduling of inbound and outbound trucks in cross docking systems with temporary storage***. *European Journal of Operational Research*; 184(1):377-96, 2008.

[3] Vahdani B, Zandieh M. ***Scheduling trucks in cross-docking systems: Robust meta-heuristics***. *Computers & Industrial Engineering*; 58(1):12-24, 2010.

[4] Chen F, Lee CY. ***Minimizing the makespan in a two-machine cross-docking flow shop problem***. *European Journal of Operational Research*; 193: 59-72, 2009.

[5] Chen R, Fan B, Tang G. Scheduling Problems in Cross Docking. 421-29, 2009.
[6] Boysen N, Fliedner M. ***Cross dock scheduling: classification, literature review and research agenda***. *Omega*; 38(6):413-22, 2010.
[7] Boysen N, Fliedner M, Scholl A. Scheduling ***inbound and outbound trucks at cross docking terminals***. *OR Spectrum*; 32: 135-61, 2010.
[8] Agustina D, Lee CKM, Piplani R. ***A review: mathematical models for cross dock planning***. *International Journal of Engineering Business Management*; 2(2):47-54, 2010.
[9] Alpan G, Larbi R, Penz B. ***A bounded dynamic programming approach to schedule operations in a cross docking platform***. *Computers & Industrial Engineering*; 60(3):385-96, 2011.
[10] Arabani ARB, Ghomi SMTF, Zandieh M. ***A multi-criteria cross-docking with just-in-time approach***. *The Interntional Journal of Advanced Manufacturing Technology*; 49: 741-56, 2010.
[11] Arabani AB, Zandieh M, Ghomi SMTF. ***Multi-objective genetic-based algorithms for a cross-docking scheduling problem***. *Applied Soft Computing*; 11:4954-70, 2011.
[12] Shakeri M, Low MYH, Turner SJ, Lee EW. ***A robust two-phase heuristic algorithm for the truck scheduling problem in a resource-constrained crossdock***. *Computers & Operations Research*; 39:2564-77, 2012.
[13] Bellanger A, Hanafi S, Wilbaut C. ***Three-stage hybrid-flowshop model for cross-docking***. *Computers & Operations Research*; 40():1109-21, 2013.
[14] Joo ChM, Kim BS. ***Scheduling compound trucks in multi-door cross-docking terminals***. The *Interntional Journal of Advanced Manufacturing Technology*; 64:977-88, 2013.
[15] Liao TW, Egbelu PJ, Chang PC. ***Two hybrid differential evolution algorithms for optimal inbound and outbound truck sequencing in cross docking operations***. *Applied Soft Computing*; 12:3683-97, 2012.