



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

یک رویکرد سلسله مراتبی برای حل مسئله برنامه ریزی تولید و مسئله زمان بندی

در اسکله های بارگیری فله

چکیده:

تلفیق و یکپارچه سازی تصمیمات برنامه ریزی و زمان بندی، کلید دست یابی به عملیات تولید مطمئن و کارآمد در شرکت های خدماتی و تولیدی مدرن است. در این مطالعه، ما یک مدل ریاضی را برای این یکپارچه سازی پیشنهاد می کنیم که این مدل با در نظر گرفتن عملیات لجستیک در بنادر فله ای تعریف می شود با این حال برای سازگاری با شرایط مختلف مناسب است. یکپارچگی در یک طرح سلسله مراتبی رخ می دهد که در آن مسائل تبادل داده ها از طریق یک سالور یا معادله تجاری و روش های اکتشافی حل می شود. هنگامی که زمان بندی امکان پذیر نیست اطلاعات ظرفیت به برنامه ریزی تولید برای تعدیل و یا نشان دادن استفاده از کارها و وظایف جدید ارسال می شود. مدل و الگوریتم ها با در نظر گرفتن داده ها از شرایط واقعی ارزیابی می شوند. نتایج محاسبات نشان دهنده کارایی رویکرد است.

کلمات کلیدی: برنامه ریزی تولید، زمان بندی، رویکرد سلسله مراتبی

1- مقدمه

در سیستم های تولید، مسائل مربوط به برنامه ریزی تولید و زمان بندی، برای سود اوری شرکت ها، استفاده صحیح از منابع و اتمام کار موعده مقرر اهمیت دارند. این مسائل قابل کاربرد در طیف وسیعی از بخش ها نظیر صنعت ریخته گری (کارکو، متیولی و تلدو 2012، دی سوزا، برتاس و راوتی 2015)، صنایع غذایی (راکو و مورابیتو 2014) و حمل و نقل محموله در بنادر می باشد (روبناک، امانک و بیرلی 2014). اگرچه برنامه ریزی و زمان بندی متعلق به دو سطح تصمیم گیری متفاوت است (از راهبردی تا عملیاتی)، یک رابطه قوی بین آن ها وجود دارد و مطالعات مختلفی نیز در خصوص مدل ها و راهبردها وجود دارد (درکسل و کیمز 1997، میر و مان 2013، فاندن، جین، وورما 2013، رامزنیان، سیمهبراد و تیموری 2013). راهبردهای منتشر شده را می توان به رویکرد های سلسله مراتبی و یکپارچه تقسیم کرد.

به طور کلی، هدف برنامه ریزی تولید، زمان و شیوه تولید محصولات مختلف است و تصمیمات معمولاً با توازن و تعادل قیمت‌ها ارتباط دارند. در عوض، مسائل زمان بندی، شرایط کارخانه را در نظر گرفته و تعیین می‌کند که تولید بایستی چگونه رخ دهد. اهداف آن‌ها معمولاً مرتبط با زمان است. بهینه‌سازی مستقل این مسائل می‌تواند منجر به راه‌حل‌های غیر بهینه شود و از این روی نیاز به ترکیب سطوح تصمیم وجود دارد. روش‌های تلفیقی یا یکپارچه، هر دو مسئله را به طور هم‌زمان در نظر می‌گیرد: به طوری که منجر به راه‌حل‌های بهتر در مبادله یک پیچیدگی محاسباتی و رایانشی می‌شود. رویکرد دیگر، یک روش اکتشافی است که در آن حالت سلسله‌مراتبی، برنامه ریزی تولید، مسائل زمان بندی و مبادله داده‌ها و راه‌حل‌ها رخ می‌دهد.

دلایل و اهداف این تحقیق را می‌توان به صورت زیر تعریف کرد: در ابتدا طیف وسیعی از محصولات رسیده به یک پایانه لجستیک را در نظر بگیرید که بایستی برای برطرف کردن تقاضا و یا انتقال به یک انبار محلی، جا به جا شوند. برای انجام این انتقال، محصولات و تولیدات نیازمند یک سری تجهیزات هستند. از یک سو مسئله برنامه ریزی بایستی تصمیماتی را از حیث زمان جا به جایی مواد و مکان انتقال مواد بگیرد. از سوی دیگر، مسئله برنامه ریزی با امکان سنجی برنامه ریزی، تعیین مسیر تجهیزات و زمان آن ارتباط دارد.

هدف این مطالعه و مرتبط با روش‌شناسی تلفیقی برای حل مسئله با موارد اندازه واقعی است. در این مقاله، استفاده از یک چارچوب سلسله‌مراتبی برای حل مسائل برنامه ریزی تولید و زمان بندی در ارایه محصولات در نظر گرفته می‌شود. این روش از طیف وسیعی از فرمولاسیون‌های ریاضی و اکتشافی استفاده می‌کند. جدید بودن این روش بر اساس ترکیبی از الگوریتم‌ها برای رسیدگی به توازن بین تصمیمات میان مدت و کوتاه مدت است. به علاوه، بر اساس راه‌حل زمان بندی، محدودیت‌های اضافی برای تقویت برنامه ریزی تولید، ارایه می‌شوند. به منظور ارتباط این مسئله با دو سطح اطلاعات، ما از ظرفیت مسیرها استفاده می‌کنیم. به علاوه، در این مطالعه، یک چارچوب سلسله‌مراتبی و یک مدل ریاضی ساخته می‌شود تا به مسئله انبار واقعی و حمل و نقل رسیدگی شود. این مسائل در پایانه حمل بار برزیل رخ می‌دهند. این مسئله در بنادر کانسنگ آهن اتفاق می‌افتد با این حال به طور کامل در مطالعات بررسی نشده‌اند. آزمایشات با در نظر گرفتن داده‌هایی از شرایط واقعی اعتبار سنجی می‌شوند و نتایج محاسباتی و رایانشی، اثر بخشی الگوریتم‌ها و مدل را نشان می‌دهند.

ادامه این مقاله به صورت زیر سازمان دهی شده است: بخش 2 به بررسی مرور منابع می پردازد. بخش سوم به تعریف مسئله ای می پردازد که بر اساس آن یک مدل برنامه نویسی ریاضی ایجاد می شود. بخش چهارم به بررسی مجموعه ها و متغیر های مورد استفاده در فرمولاسیون ریاضی می پردازد. بخش پنجم در مورد راهبرد و راه حل ها و الگوریتم های اصلی صحبت می کند. بخش ششم مربوط به نتایج رایانشی و محاسباتی بوده و در نهایت نتیجه گیری و تحقیقات آینده مطرح می شود.

2- مرور منابع

اثر متقابل بین برنامه ریزی و زمان بندی یک مفهوم جدید نیست و تلاش های مختلفی برای رسیدن به این هدف صورت گرفته است از جمله (Wu, Ozdamar (2000), Meyr (2000), Yazgac (1999), Ierapetritou و (2007), Gaglioppa, Miller, Valeriano و Benjaafar (2008), Mateus, Ravetti, Souza, و (2010), Kis و (2012), Kovcs و Meyr و (2013), Mann و Wolosewicz, Dauzre-Prs, و (2015), Aggoune, You, Grossmann, Calfa, Agarwal, Grossmann, و Wassick (2011) و (2013), Wassick) که به بررسی مسائل یکپارچه پرداختند. در مطالعه یو و همکاران (2011)، مسئله تولید یکپارچه در نظر گرفته شده است که هدف آن تعیین زمان تولید محصولات و ایجاد یک برنامه اصلاح ظرفیت بهینه می باشد به طوری که تقاضای آینده را بتوان بر طرف کرد. کالفا و همکاران (2013) به بررسی یکپارچه سازی برنامه ریزی و زمان بندی یک شبکه ای از کارخانه های بچ می پردازد. مسئله اصلی، تعریف مقدار محصولات تولید شده در هر دوره زمانی، تخصیص محصولات به واحد های بچ و زمان بندی دقیق عملیات و توالی زمانی محصولات است.

راهبرد های استفاده شده در این جا شامل موارد زیر است: تجزیه دو سطحی و تجزیه لاگرانژ در (یو و همکاران 2011) و لاگرانژ دو سطحی و زمانی (کالفا و همکاران 2013). این رویکرد ها در حل مسائل صنعتی بزرگ مقیاس موفق عمل کرده اند. اگرچه مسائل در نظر گرفته شده در این دو مطالعه متفاوت از مباحث مطرح شده در این مقاله هستند، رویکرد راه حل مشابه است. آن ها با مسائل صنعتی واقعی و پیچیده سرو کار دارند و مکانیسم های تجزیه و ارتباط بین زیر مسائل را کشف می کنند. راهبرد های پیشنهادی را می توان به صورت سلسله مراتبی در نظر گرفت زیرا این مسائل به طور مجزا تجزیه و حل می شوند.

همان طور که قبلا گفته شد، مسئله اصلی در این مقاله جریان محصولات و فراورده ها بین دو گره عرضه، مناطق انبار و گره های تقاضا است. در این رابطه منابع مختلف به بررسی جریان محصول در پایانه های محموله فله (کانسنگ آهن، زغال سنگ و غلات) پرداخته اند. منابع مطرح شده در این جا به مدل‌های ریاضی و الگوریتم های دقیق و اکتشافی استناد کرده اند.

بیلگن و ازکاراهان(2007) به مطالعه مسئله ترکیب و تخصیص کشتی های حمل غلات پرداخته اند. این محققان یک مدل برنامه نویسی خطی انتگرال ترکیبی را با محدودیت های ترکیب، بارگیری، حمل و نقل و ذخیره محصولات ایجاد کردند. کارنادی، موریسون و جابرت(2008) به بررسی بهینه سازی جریان محصولات بین کارخانه و معادن پرداختند. کیم، کو و پارک(2009) به مطالعه تخصیص محصولات در دامگاه پرداختند. این مسئله با استفاده از برنامه نویسی خطی انتگرال ترکیبی حل شد. باروس، کاستا، الیویرا و لورنا(2011) یک مدل برنامه نویسی خطی انتگرال ترکیبی را برای مسئله تخصیص لنگر ها همراه با شرای نگه داری دام توسعه دادند. راه حل ها با استفاده از بسته های بهینه سازی و تابیدگی شبیه سازی شده بدست آمدند. بولاند، گالنسکی و ساوولرکگ 2012 به بررسی مسئله ذخایر زغال سنگ در استرالیا پرداختند. در این مطالعه، انتخاب تجهیزات مورد استفاده برای حمل و نقل کالاهای ذخیره شده به محل ذخیره لازم است و در عین حال، هم گام سازی فرایند از اهمیت زیادی برخوردار است. سینگ و همکاران(2012) مدل برنامه نویسی انتگرال - صحیح را برای مسئله برنامه ریزی افزایش ظرفیت تولید زغال سنگ در استرالیا ارائه کرده اند. این مدل به دنبال جایگزین هایی برای توسعه ظرفیت جهت رفع تقاضا ضمن کاهش هزینه های زیر ساختی است. در نهایت، رابنک و همکاران 2014، یک مدل تلفیقی را برای تخصیص لنگر تلفیقی و مسئله تخصیص مکان برای اسکله های فله ای را ارائه کرده و راه حل هایی را از طریق الگوریتم قیمتگذاری مطرح کرد.

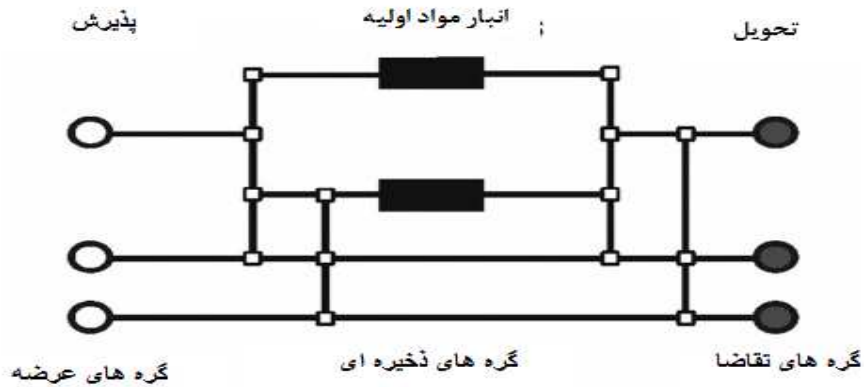
اگرچه این تحقیقات کار های مهمی را در خصوص چالش های یافته شده در پایانه های بنادر فله ای انجام داده اند، ولی مقاله ای وجود ندارد که صرفا به یکپارچه سازی جریان محصول و زمان بندی مسیر ها پرداخته باشد. این مسئله بسیار متداول بوده و بایستی در پایانه های فله ای حل شود.

3- بیان مسئله

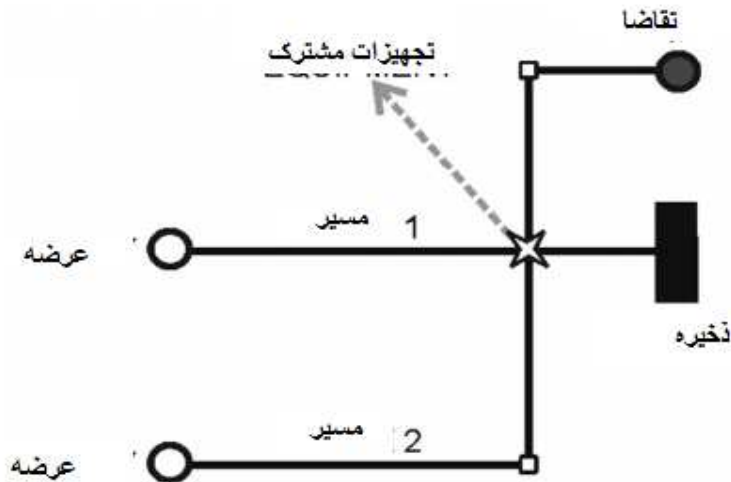
پایانه بندر مورد مطالعه دارای چندین نوع تجهیزات برای بارگیری کانسنک آهن بر روی کشتی ها است: دامپر ماشین، نوار نقاله، استکر سنگ معدن، ریکلایمر و کشتی لودر. کانسنک آهن یک محصول تجاری اصلی است و تنها محصولی می باشد که در این کار در نظر گرفته شده است. سه نوع کانسنک آهن معمولاً وجود دارد: توده ای، رسوبی، پلتی. چندین نوع دیگر را می توان از مواد خام مشتق کرد که از نظر ویژگی های شیمیایی و فیزیکی متفاوت هستند.

به منظور درک بهتر مسئله برنامه ریزی و طراحی، سناریوی زیر را در نظر بگیرید. مجموعه ای از گره های عرضه و یا زیر سیستم ها وجود دارند که در آن ها محصولات برای حمل و نقل، گره های ذخیره یا لنگر گاه ها و کره های تقاضا یا زیر سیستم های تحویل وجود دارند (نقاط انتقال و حمل محصولات). تجهیزات تخصصی با ظرفیت های از پیش تعریف شده برای حمل و نقل محصولات در شبکه استفاده می شوند. یک مسیر تجهیزاتی بین گره ها دارای یک ظرفیت معین می باشد. شکل 1 نمای کلی این مسئله را نشان می دهد. تعداد مسیر ها محدود است و بایستی بین تجهیزات تقسیم شود. از این روی، اگر دو محصول متفاوت به مسیر های مختلف تخصیص داده شود، این مسیر ها بایستی در بازه های غیر هم پوشانی فعال باشند، شکل 2 موردی را نشان می دهد که در آن دو مسیر 1 و 2 دارای یک تجهیزات می باشند.

زیر سیستم لنگرگاه یا انبار متشکل از مناطق مختلف برای ذخیره سازی است. هر منطقه ذخیره سازی یا انبار را می توان به زیر مناطق موسوم به بلوک های ذخیره ای تقسیم کرد. ابعاد هر بلوک انبار می تواند متغیر باشد و بستگی به نوع محصول دارد. یک منطقه بین بلوک های ذخیره ای هم مرز بایستی عاری از اجتناب ترکیب و الوده سازی یک محصول با محصولات هم سایه است. در ادامه، اصطلاحات بلوک ذخیره سازی و زیر منطقه به جای هم استفاده می شوند.



شکل 1: پذیرش، انبار و سیستم های تحويل



شکل 2 مسیر های با تجهیزات مشترک

مسئله تحلیل شده در این مطالعه به صورت زیر تعریف می شود. فرض کنید که یک پیشنهاد محصول در گره های عرضه و انبار وجود دارد و تقاضاها در طی یک افق زمانی برطرف شوند. این مسئله شامل تعریف مقدار و مقصد هر محصول از هر گره عرضه به یک گره ذخیره و گره تقاضا و یا از گره ذخیره به گره تقاضا می باشد و هم زمان مجموعه ای از مسیر های ممکن را تنظیم می کند تا اطمینان حاصل شود که این محصولات در زمان معین انتقال داده می شوند. به علاوه کاهش هزینه های مربوط به مبادله کالا در زیر منطقه ها و رفع تقاضا و انتخاب کم هزینه ترین مسیر برای حمل و نقل محموله ها لازم است. از این به بعد، این مسئله موسوم به برنامه ریزی جریان محصول و مسئله برنامه ریزی یا PFPSP است.

4- فرمولاسیون PFPSP

مدل ریاضی PFPSP اولین بار توسط منز و ماتوس (2013) ارائه شده است. کل تولید برای یک افق زمانی برنامه ریزی شده و به T دوره تقسیم می شود. گره های عرضه محصول مربوط به ورود محصولات برای رفع گره تقاضا هستند. مسیر ها به سه نوع تقسیم می شوند: مسیر X که محصولات را از پذیرش تا انبار انتقال می دهد، مسیر Y از پذیرش تا تحویل و مسیر Z از انبار تا تحویل.

وقتی که محصول کافی برای رفع تقاضا وجود ندارد، محصولات متفاوت P' با کیفیت نزدیک به P می تواند استفاده شود تا اطمینان حاصل شود که کل تقاضای کشتی بر طرف شده است. در این صورت استفاده از این محصولات اشاره به کاهش درآمد اندازه گیری شده با λ_{pp} دارد. روش جایگزین تنها در صورتی استفاده می شود که یک محصول کافی P در زیر سیستم پذیرش وجود داشته باشد.

چالش اصلی، تخصیص هم زمان محصولات به مناطق ذخیره ای و انتخاب مجموعه ای از مسیر ها است. مجموعه ها و متغیر های اصلی مورد استفاده در روش سلسله مراتبی در زیر توصیف شده است. فرمولاسیون کامل همه پارامتر ها و متغیر ها در پیوست نشان داده شده است.

جدول 1، مجموعه های اصلی مورد استفاده برای مدل سازی PFPSP را تعریف می کند

جدول 2 متغیر های تصمیم اصلی مورد استفاده در مدل سازی PFPSP را نشان می دهد. بخش بعدی به توصیف رویکرد سلسله مراتبی برای حل PFPSP می پردازد.

5- رویکرد حل

حل PFPSP یک مسئله چالش بر انگیز است. تعداد متغیر ها و مقدار ترکیبات تولید شده توسط تجهیزات و وظایف در فاز زمان بندی، موجب می شود تا حل مدل از طریق بسته های بهینه سازی سخت تر شود. برای کار بر روی این مسئله، ما از یک رویکرد سلسله مراتبی استفاده می کنیم که در آن برنامه ریزی تولید و زمان بندی به طور مجزا حل می شوند. شکل 3، راهبرد راه حل را برای حل PFPSP ارائه کرده است.

جدول 1: مجموعه های اصلی برای مدل PFPSP

مجموعه	توصیف
--------	-------

مجموعه دوره ها	T
مجموعه محصولات	P
مجموعه زیر منطقه های انبار	S
مجموع مسیر ها (پذیرش انبار)	R^x
مجموع مسیر ها (پذیرش تحویل)	R^y
مجموع مسیر ها (انبار/تحویل)	R^z

جدول 2: متغیر ها و پارامتر های اصلی

متغیر	توصیف
f_{pt}^s	وقتی که زیر منطقه S برای محصول P در زمان T تخصیص داده می شود دارای مقدار واحد است
x_{pt}^r	زمان اتخاذ شده در زمان t برای انتقال محصول p از پذیرش تا انبار در مسیر $r \in R^x$
$y_{pp't}^r$	زمان انتقال محصول P' برای رفع تقاضا در محصول p در دوره t با استفاده از مسیر r از مجموعه عای R^y و R^z است.
e_{pt}^s IR_{pt}	بیانگر مقدار محصول p در زیر سیستم پذیرش است که در پایان دوره تحویل داده نشده است
IP_{npt}	بیانگر مقدار محصول p است که در اسکله n در پایان دوره t تحویل داده نشده است
$\lambda_{pp'}$	هزینه مربوط به کاهش درآمد با جایگزینی محصول p با محصول P' برای رفع تقاضای محصول p در زمانی که $P = P', \lambda_{pp'} = 0$ است.

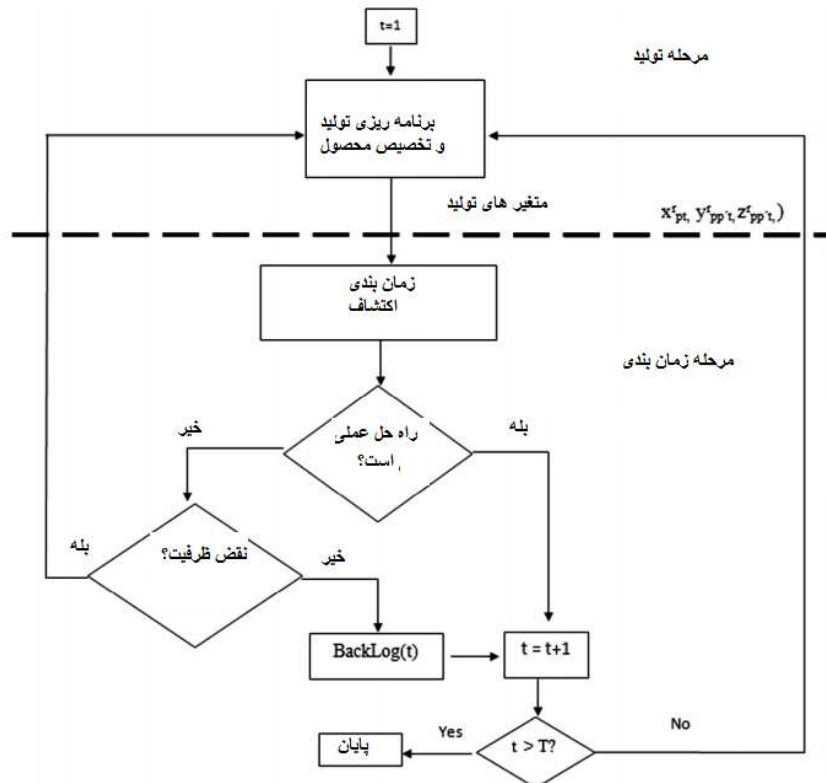
در این رویکرد، برنامه ریزی و زمان بندی تولید به صورت دوره به دوره حل می شود. در مرحله تولید، نسخه ای از PFFPS از طریق یک معادله تجاری حل می شود. در نسخه زمان بندی و یکپارچگی، یک سری قیود و محدودیت ها تحمیل می شود ((A.14)–(A.31), (A.38), (A.40)–(A.42)) متغیر های تولید $(x_{pt}^r, y_{pp't}^r \text{ and } z_{pp't}^r)$ موسوم به PFFPSP ریلکس است. فاز زمان بندی تعریف کننده زمان شروع و پایان هر کار است و نقش تقسیم تجهیزات بین مسیر ها را در نظر می گیرد

در صورتی که زمان بندی مطلوب وجود نداشته باشد، دو تصمیم را می توان گفت: بازگشت به فاز برنامه ریزی و انتخاب مجدد فعالیت ها و سپس انتقال فعالیت ها به دوره بعدی. ما در صورتی از فرمولاسیون PFPSP استفاده می کنیم که در طی مرحله برنامه ریزی قادر به یافتن اطلاعات برای تحمیل محدودیت ها در PFPSP باشیم تا بتوانیم انتخاب را بهینه کنیم. در صورت یافتن زمان بندی ممکن، می توانیم به دوره بعد حرکت کنیم.

اگرچه روش های تلفیقی می تواند راه حل های بهتری را با هزینه مخاسباتی یا رایانشی بالاتر ارائه کند و این در مقایسه با رویکرد های کاملا یکپارچه، رویکرد سلسله مراتبی دارای مزیت هایی است: شرایط برنامه ریزی واقعی ایجاد محیطی پویامی کند که در آن عدم قطعیت هایی در خصوص عرضه، تقاضا و خرابی تجهیزات وجود دارد. عملیات روز مره نیازمند الگوریتم های کارآمد هستند. به علاوه روش پیشنهادی، مسئله را به صورت دوره به دوره حل می کند. سپس با استفاده از راهبرد های افق زمانی، در بخش زیر به بررسی روش شناسی و تجزیه تحلیل پرداخته می شود.

5-1 فاز تولید

در این مرحله، روش یک اندازه بندی انبار را حل می کند. مسئله، محصولات را به زیر مناطقی با هدف انتخاب بهترین زیر منطقه برای هر محصول تخصیص می دهد.



شکل 3: راهبرد

اگرچه تعیین اندازه انبار به اسانی توسط یک سالور تجاری حل می شود، تخصیص محصولات چندین متغیر را در نظر گرفته و موجب سخت تر شدن مسئله می شود. از این روی ما از راهبرد تثبیت برای حل مسئله تخصیص استفاده می کنیم. این اکتشافات در مسائل مختلف استفاده می شود نظیر: اندازه بندی انبار، برنامه ریزی تخصیص و زمان بندی تولید و مسائل چند سطحی (تولدو، سیلوا ارانس، هوسمی، فرامکا و الکانتی 2015).

5-1-1 اکتشاف استراحت و تعمیر

این راهبرد با تثبیت متغیرهای تصمیم در یک توالی برای رسیدن به یک راه حل عملی کار می کند. در مطالعه ما، ما ابتدا به بررسی تخصیص محصولات در هر زیر منطقه می پردازیم و متغیر f_{pi}^s در نظر گرفته شده و متغیر با تخصیص بیشتر محصول استفاده می شود. PFPSP مجددا حل شده و فرایند تا زمان رسیدن به مجموعه متغیرهای مطلوب f_{pt}^s تکرار می شود. به طور مشابه الگوریتم ها برای تثبیت متغیرهای فراکتال استفاده می شوند. در یک شیوه تکراری، متغیرهای با مقدار بزرگ ترین کسری استفاده می شوند. در پایان مرحله تولید، راه حل انتگرال معمولا برای دوره زمانی در نظر گرفته می شود و سپس برنامه زمان بندی در مرحله دوم در نظر گرفته می شود

5-2 فاز زمان بندی

متغیر های تولید PFPSP ($x_{pt}^r, y_{pp't}^r$ and $z_{pp't}^r$) تعریف کننده نوع محصول، مقدار و مسیر مورد استفاده برای حمل و نقل و محصولات است. از این روی، در طی مرحله برنامه ریزی، مقادیر متغیر ها تعریف شده و مجموعه ای از کار ها برای مرحله زمان بندی در نظر گرفته می شود. مسئله زمان بندی متشکل از تثبیت زمان شروع و پایان این کارهاست و محدودیت های عدم انطباق را در نظر می گیرد. در این جا پیش دستی مجاز نیست و بایستی طول دوره زمان کاهش یابد. سپس این مسئله زمان بندی موسوم به مسئله زمان بندی با کار های ناسازگاری خواهد بود. یک مثال برای شفاف سازی تعریف SPIJ و نشان دادن محدودیت ها استفاده می شود. یک راه حل رای PFSPS در جدول 3 نشان داده شده است. در اولین ردیف از جدول 3، متغیر x_{23}^1 نشان می دهد که محصول 2 توسط مسیر 1 در دوره سه انتقال داده شده است و زمان کل این محصول در مسیر 1 4 ساعت بوده است. SPIJ را می توان با گراف تعارض $G = (V, E)$ برای هر دوره T حل کرد که در آن هر راس متناظر با متغیر $x_{pp't}^r$ یا $z_{pp't}^r$ می باشد و هر یال برای یک جفت از کار ها ایجاد می شود و این مسیر ها متناسب با مقادیر r و r' هستند. با در نظر گرفتن این موارد، متغیر x_{23}^1 متناظر با A در گراف تعارض وجود دارد. ردیف های زیر از جدول 3 دارای عملیات مشابه است

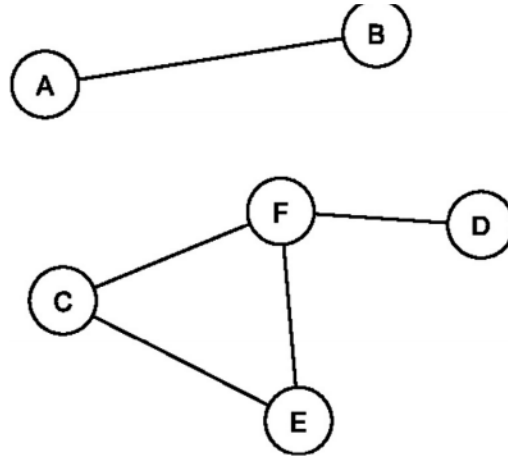
شکل 4 تعارض و تضاد بین مسیر ها را نشان می دهد. مسیر های 1 و 2 دارای تجهیزات مشترک هستند و از این روی به طور هم زمان عمل نمی کنند. همین امر برای مسیر های 6 و 9 نیز صادق است. در گراف G، رئوس شامل کار ها و یال ها شامل تعارضات ایجاد شده در شکل 4 هستند. همان طور که قبلا گفته شد، SPIJ متشکل از زمان های شروع و پایان برای هر کار بوده و تضمین کننده جفت کار ها با یک تجهیزات است که موجب حداقل شدن زمان اجرای کل می شود.

جدول 3: راه حل PFPSP اصلاح شده

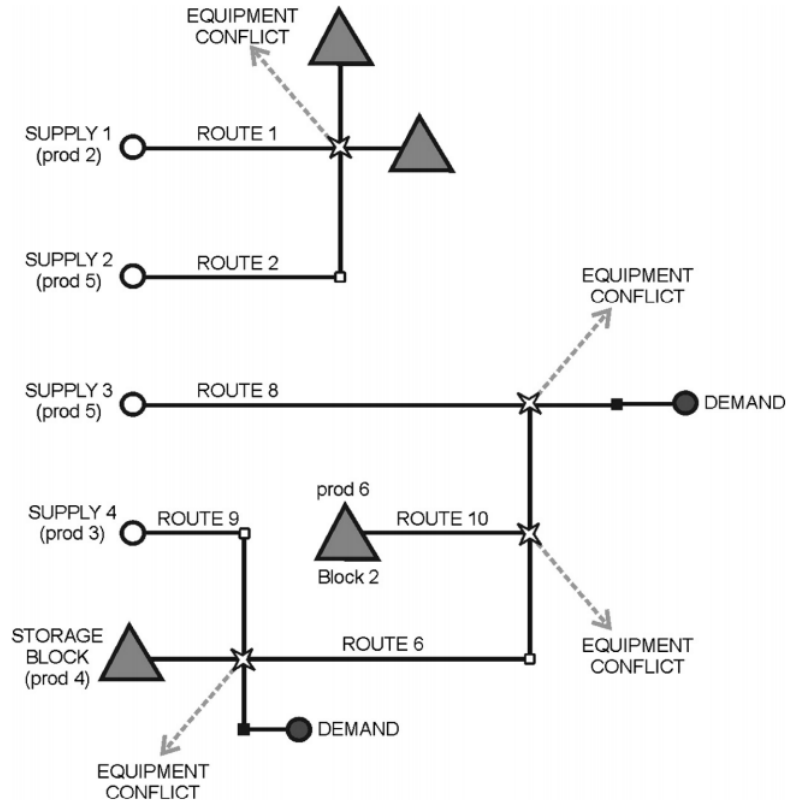
مسیر ها	مقادیر	متغیر ها	کار/رئوس
---------	--------	----------	----------

R_1	4	x_{23}^1	A
R_2	6	x_{53}^2	B
R_8	3	y_{553}^8	C
R_9	5	y_{333}^9	D
R_{10}	6	z_{663}^{10}	E
R_6	3	z_{443}^6	F

شکل 5: گراف تعارض استخراج شده از شکل 4



شکل 4: مسیر های تعارض



SPIJ یک مسئله جدید نیست و بسیاری از راه حل ها در منابع در این خصوص ارائه شده اند نظیر زمان بندی با شغل های ناسازگار (باد بندر، جانسن و وینگینر 1994)، زمان بندی کار ها با گراف توافق (بادلر 2012) و چند رنگ سازی و زمان بندی شغلی. کار های قبلی نظیر بادبندر و همکاران 1994 نشان داده اند که SPIJ و چندین تغییر به صورت آن پی هارد می باشند.

5-2-1 اکتشاف SPIJ

به منظور یافتن راه حل های مناسب، یک روش جست و جوی تصادفی حریص پیاده سازی شد. این روش یک الگوریتم تکراری است و برای اولین بار برای حل مسئله پوشش مجموعه ارائه شده است و سپس به صورت GRASP تعریف شده و متشکل از دو مرحله است: ساخت حریص و جست و جوی محلی. در هر تکرار از مرحله ساخت و ساز، الگوریتم، شغل های استخراج شده از فاز برنامه ریزی را استخراج کرده و زمان بندی نمی شود. یک راه حل حریص برای SPIJ، به صورت زیر است: در ابتدا یک شغل l به صورت تصادفی از فهرستی از عناصر کاندید انتخاب می شود. سپس یک زمان شروع پایین برای شغل انتخاب می شود. با زمان بندی همه کار ها، جست و جوی محلی در مبادله ترتیب شغلی در فاز ساخت و ساز حریص یافت می شود.

جزئیات مربوط به GRASP برای مسئله SPIJ، و نیز جست و جوی محلیف در منابع مزنز، ماتئوس و راوتی 2015 یافت شده است. GRASP در این جا بر اساس سادگی در نظر گرفته شده و تولید نتایج خوبی برای مطالعات (Loewenstern, and Resende (2000), Rocha, Ravetti, Mateus, and Binato, Hery,) Pardalos (2008) and Rajkumar, Asokan, Anilkumar, and Page (2011)) دیده می شود. با این حال، سایر اکتشافات ارزیابی می شود نظیر راهبرد حریص، جست و جوی محلی تکرار و الگوریتم ژنتیکی.

5-3 ارتباط بین برنامه ریزی و زمان بندی

انبار سازی در PFSP بسیار پر هزینه است. در پایانه های بندری، تاخیر در تخلیه کشتی در پایانه و یا حتی تخلیه آن قبل از زمان بندی می تواند منجر به جریمه شود: برای اپراتور پایانه در کرایه معطلی و یا در فرایند کاهش حق الزحمه، مطالعات اولیه به بررسی رویکرد سلسله مراتبی بدون بازخورد زمان بندی پرداخته اند که راه حل های عملی ضعیفی را به دلیل هزینه انبار بالا نشان می دهد. با حل شدن مسئله تعارض در دوره های بعدی، بازخورد ظرفیت اطلاعات مهم است تا اطمینان حاصل شود که مسئله اندازه بندی مسئله متناسب با انتخاب دقیق

مجموعه ای از ابزار های برنامه ریزی شده باشد. این موجب اطمینان از پیوستگی داده ها در سطوح تصمیم گیری می شود. در این بخش ما به بررسی شیوه های برقراری این ارتباط می پردازیم. : در ابتدا اکتشاف کاهش ظرفیت مسیر در نظر گرفته می شود و یک رویکرد مبتنی بر دسته های حداکثر ارایه می شود.

5-3-1 اکتشاف کاهش ظرفیت مسیر

PFPSP دارای قيود و محدودیت های مرتبط با هر مسیر زمانی است که در یک دوره فعال باقی می ماند. هدف اصلی وارد کردن مجموعه ای از محدودیت ها برای محدود سازی زمان کار ها است. با کاهش این زمان، برنامه ریزی برای انتخاب کار های دیگر مطابق با عرضه و تقاضا صورت می گیرد. این محدودیت به صورت زیر ایجاد می شود: فرض کنید که N تعداد کل کار هایی باشد که زمان تکمیل آن طولانی تر از زمان T باشد و $Conflict(j)$ بیانگر تعداد کار هایی باشد که هم زمان با کار j انجام می شود و $Length(j)$ نشان دهنده طول مدت زمان ل باشد

$$Task_j \leq Length(j) - ((Conflict(j)/n) * Length(j)), \quad \forall j \quad (1)$$

محدودیت های (1) موجب محدود شدن مدت زمان کار با در نظر گرفتن تعداد تعارض ها می شود. اگر کار آدارای تعارض بیشتر از J باشدف ماکزیمم دوره در تکرار بعدی کوتاه تر است. اکتشاف RCH، برای یکتعداد ثابتی از تکرار ها در هر دوره استفاده می شود که در آن زمان بندی امکان پذیر نیست. در صورتی که تعداد نکرار ها مطابق با زمان بندی باشد، نقض ظرفیت دوره به دوره بعد انتقال داده می شود. از طریق نتیجه بدست آمده، ده تکرار یک ترازوی را بین کیفیت راه حل و ها و عملکرد ارایه می کند

5-3-2 رویکرد دسته حداکثر

مسئله دسته اشاره به مسئله یافتن زیر گراف ها در یک گراف دارد. این مسئله و متغیر های آن به طور دقیق در علوم کامپیوتر مطالعه شده و بهینه سازی در بسیاری از مسائل دنیای واقعی صورت گرفته است. در این مطالعه مسئله دسته حداکثر برای تسهیل تولید راه حل عملی برای PFPSP صورت می گیرد. در این مطالعه از راهبرد شناخته شده کاهش دسته استفاده شده است. شما می توانید به منابع (Dijkhuizen and Faigle (1993), Ji and Mitchell (2007), Mndez-Daz and Zabala (2008), Boland, Bley, Fricke, Froyland, and Sotirov (2011), مراجعه کنید.

دسته حداکثر دسته ای است که در یک دسته بالاتر قرار نکرده باشد. یک محدودیت مربوط به این دسته را می توان وارد مرحله برنامه ریزی تولید برای تقویت فرمول و تسهیل جست و جو برای زمان بندی کرد. گراف تعارض را در نظر بگیرید که در آن سه دسته حداکثر وجود دارند: یک دسته حداکثر با رئوس A-B به جای F-D قرار دارند و یک دسته با C-F-E قرار دارد. توجه کنید که رئوس نشان دهنده متغیر های تولید $Z_{pp't}^r$ و $X_{pt}^r, Y_{pp't}^r$ بوده و مقدار این متغیر ها با زمان استفاده از مسیر R برای انتقال محصول P متناظر است.

مجموع زمان فراوری در یک دسته حداکثر نمی تواند بیش از طول زمانی اولیه و نهایی در یک دسته با هم پوشانی باشد و بعد از حل مسئله زمان بندی و در صورت غیر عملی بودن زمان بندی، حداکثر کاهش دسته در نظر گرفته می شود که بایستی در رئوس قرار گیرد و در فرمول PFPSP در نظر گرفته شود. برخی از روش ها برای دسته های حداکثر توسط برون و کرباسچ 1973، ستیکس 2004، اومیتا، تاناکا و تاکاشی 2006 ارایه شده است. به همین دلیل برخی از راهبرد های پرونینگ در درختان الگو برای بهبود عملکرد الگو در نظر گرفته می شود. در این مقاله تغییر الگوریتم برون کرباسنچج برای ایجاد دسته صورت می گیرد. اطلاعات در مورد الگوریتم و جزئیات در مورد پیاده سازی در پیوست وجود دارند.

5-4 رویکرد سلسله مراتبی

همان طور که در بالا گفته شد، این رویکرد مسائل برنامه ریزی و زمان بندی را از هم تفکیک می کند و شبه کد زیر برای نشان داده روش های اولیه برای دست یابی به کران بالاتر در روش فوق استفاده می شود

- 1: procedure HIERARCHICAL APPROACH(N) .
- 2: $t \leftarrow \frac{1}{4} t$. period counter
- 3: repeat
- 4: RelaxedSolutionPFPSP(t) . Solve relaxed PFPSP
- 5: if CheckAllocationProduct $\delta t \geq \frac{1}{4} t$ true then . If all the variables $f_{s,pt}$ are integer for period t
- 6: SPIJHeuristic(t) . GRASP Heuristic
- 7: if SPIJFeasible $\delta t \geq \frac{1}{4} t$ true then . all tasks are


```

scheduled and respect the time period t
8: t ← t + 1 . If SPIJ is feasible to t, starts
search for feasibility to period t + 1
9: else
10: if CapacityViolation(t) = False then . if
capacity violation is found
11: Backlogging(t) . Transfers supply and
demand for the next period
12: t ← t + 1
13: else
14: AddCapacityViolation(t) . add
constraints associated with capacity
15: end if
16: end if
17: else
18: Relax-And-FixHeuristic(t) . Relax-and-Fix
to ensure the integrality of the variables f s pt
19: end if
20: until t > TotPeriod
21: return Solution
22: end procedure

```

در چهارمین خط از این شبه کد مسئله برنامه ریزی PFPSP حل می شود. از این روی PFPSP به آسانی بر اساس برنامه ریزی و برنامه نویسی خطی حل می شود. امکان سنجی PFPSP در هر دوره تضمین شده است. این امکان سنجی قبل از شروع دوره T+1 نیز در نظر گرفته می شود.

وقتی که PFPSP اصلاح شده حل شد، این الگوریتم چک می کند که آیا تخصیص محصولات یا همه متغیرها می تواند بر اساس دوره زمانی T باشد یا خیر. اگر این مقدار مثبت باشد زمان شروع و پایان برای کارها در خط ششم تعیین می شود در غیر این صورت، متغیرهای تخصیص محصول همراه با سایر متغیرهای تخصیص استفاده

می شوند. اگرچه انتگرال بودن متغیر های f_{pt}^s و زمان بندی در یک دوره حل می شود، PFPSP معمولاً از اولین روش یا دوره غیر ممکن حل می شود. این مراحل تا زمانی ادامه می یابد که یک راه حل ممکن برای تخصیص محصولات استفاده شود

بعد از اجرای اکتشاف برای مسئله زمان بندی، تایید این مسئله مهم است که همه کارها با توجه به دوره زمان بندی تعیین شود. در صورتی که این مقدار مثبت باشد، این دوره حل می شود. سپس، راه حل دوره بعدی شروع می شود یعنی دوره فعلی T تا خط 1 افزایش می یابد.

در شرایطی که اکتشاف زمان بندی به یک راه حل ممکن دست پیدا نکرده است تلاش می شود تا محدودیت هایی برای کمک به فعال سازی مسیر های جدید و زمان بندی ممکن ایجاد شود. در صورتی که محدودیت نقض ظرفیت یافته نشود، برای این دوره کاری باقی نمی ماند. عرضه ها و تقاضاها در چارچوب دوره زمانی برای این دوره حل نمی شوند. وقتی که همه دوره ها کشف شدند، رویکرد راه حل سلسله مراتبی به پایان رسیده و روش حل بدست می آید. در بخش بعدی، نتایج محاسباتی برای ارزیابی رویکرد سلسله مراتبی توصیف می شود

6- آزمایشات محاسباتی

آزمایشات بر اساس مسئله جریان محصول واقعی در پایانه کانسنک آهن برزیل انجام شده است که بزرگ ترین پایانه دنیا است. پارامتر های اصلی شامل تعداد دوره ها، محصولات و مسیر ها است. به طور کلی، آن ها هفت روز هفته و یا چهار ده دوره دوازده ساعته کار می کنند. جدول 4 پارامتر های اصلی را نشان می دهد پارامتر های $\alpha_{pt}, \beta_{npt}, \gamma_{p,p',t}^s, \lambda_{pp'}$ و σ^r بخش هایی از فرمولاسیون PFPSP هستند و در پیوست نشان داده شده اند

در پایانه کانسنک آهن، گره های تقاضا شامل مواردی هستند که در آن ها کشتی ها کالاها را بار گیری می کنند. برای آزمایشات، سه گره تقاضا در نظر گرفته می شود: دو کشتی در بندر 1 و یک کشتی در بندر 2. هم چنین گره های تقاضا بیانگر نقاطی است که در آن واگن ها بارها را خالی می کنند. این نقاط مربوط به دمپر ها هستند. برای آزمایش، 5 دمپر استفاده شدند. در این سیستم، محصولات و مقادیر مختلف را می توان در دوره های مختلف یافت. اولویت در یک پایانه بندر رفع اقاضا است از این روی جریمه عدم رفع تقاضا برابر با β_{npt} می باشد که بیش از عدم رفع عرضه می باشد. حتی در میان اسکله ها، جریمه دیفرانسیل گیری می شود. در یک مورد خاص، اسکله

2 کشتی های بیشتری را راه می اندازد از این روی اولویت مطابق با کشتی های این اسکله است. در آزمایشات، هزینه مبادله محصولات در $\lambda_{pp't}^s$ برای هر جفت یکسان است. ارزش پولی واحد کانسنگ آهن بر اساس درصد آهن در محصول است

جدول 4: داده های مورد استفاده برای تولید نمونه

پارامتر	توصیف
انبار	مساحت یا محل انبار به چهار انبار تقسیم می شود. هر انبار دارای 10 زیر انبار است که هر یک قادر به ذخیره 100000 تن کانسنگ هستند. به طور کلی چهار انبار 40000000 تن
تحویل	دو اسکله: دو کشتی به طور هم زمان در اسکله بار گذاری می شود
تجهیزات	پنج دمپر، چهار کلایمر، سه استکر و هشت استکر دیگر. در پایانه، 50 کیلومتر نوار نقاله وجود دارد هر مسیر از یک یا چند بخش از نوار نقاله استفاده می کند
α_{pt}	2
β_{npt}	10 (ده واحد پولی برای هر اسکله)
$\lambda_{p,p',t}^s$	ده واحد پولی
$\lambda_{pp'}$	بر اساس فرمول زیر $ p - p' $ *
σ^r	بر اساس فرمول زیر: 0.01 ضرب در طول مسیر r

درصد بالایی از کانسنگ به صورت با کیفیت در نظر گرفته می شود. از این روی برای تولید هزینه ها $\lambda_{pp'}$ بایستی در نظر گرفت که افزایش آن با تفاوت درصد آهن افزایش می یابد. در نهایت پارامتر σ^r محاسبه می شود و این از طریق طول مسیر بر حسب متر است. در خصوص عرضه و تقاضا در این دوره، مقادیر بر اساس داده های واقعی استخراج شده از گزارشات بدست آمده از شرکت است که پایانه بندر را مدیریت می کند

6-1 نمونه ها

سه مجموعه در این موارد در آزمایشات در نظر گرفته می شود. برای اولین مجموعه، کمیت و مقدار محصولات عرضه شده برابر با تقاضای مورد درخواست است. برای مجموعه دوم، مقدار محصولات عرضه شده بیش از تقاضا است. برای مورد سوم، مقدار عرضه کم تر از تقاضا است. برای هر یک از سه مجموعه، این موارد با در نظر گرفتن

ویژگی های زیر در نظر گرفته می شود: انبار های خالی و اولیه با ظرفیت 30 درصد، که محصولات برابر با مقدار تقاضا بوده و نمونه ها نیز در این صورت در نظر گرفته می شود. هزینه تبادل بر اساس پارامتر λ_{pp} است.

برای آزمایشات توصیف شده ظرفیت تجهیزات بین 8000 و 12000 تن بر ساعت و 110 مسیر در پایانه در نظر گرفته می شود این مقادیر بر اساس داده های فعلی پایانه است. برای همه آزمایشات در این بخش مدت زمان هر دوره 12 ساعت است. آزمایشات با کامپیوتر و با پردازنده شش هسته ای Intel(R) Core(TM) i7 980 و 24

گیگ حافظه انجام شدند. برای همه موارد، یک محدوده زمانی محاسباتی 3 ساعت در نظر گرفته شد. در این راستا- نشان دهنده مواردی است که در آن سالور برای PFSPS با حافظه کافی در نظر گرفته می شود. ستون های اول،

دوم و سوم جداول 5 و 6 شامل تعداد، نوع و نام نمونه ها است. برای مثال مورد 8P5Prod متناظر با افق برنامه ریزی هشت دوره ای و پنج محصول متفاوت می باشد. ستون Z_{LB} یک کران پایین را با استراحت خطی ارائه می

کند. ستون های Z_{UB} و Z_{BB} کران های بالا و پایین را با الگوریتم شاخه و برش ارائه می کند. ستون GAP یک گپ و فاصله را با $GAP = 100(Z_{UB} - Z_{BB})/Z_{UB}$ ارائه می کند. در خصوص روش های سلسله مراتبی، ستون

های Z_{UB_1} و Z_{UB_2} ، کران بالاتر را برای راه حل سلسله مراتبی ارائه می کند. ستون های GAP_1 و GAP_2 فواصل زیر را ارائه می کنند: $GAP_1 = 100(Z_{UB_1} - Z_{LB})/Z_{UB_1}$ و $GAP_2 = 100(Z_{UB_2} - Z_{LB})/Z_{UB_2}$. در نهایت،

t_{LB}, t_{UB}, t_{UB1} و زمان محاسباتی برای دست یابی به مقدار $Z_{UB_2}, Z_{LB}, Z_{UB}, Z_{UB_1}$ است.

نتایج نشان داده شده در جدول 5 نشان می دهد که حل PFPSP در بسته های بهینه سازی غیر ممکن است. از 18، سالور قادر به تولید راه حل تنها برای نیمی از آن هاست. در ادامه، چون حافظه ناکافی است، امکان افزودن کران بالا وجود ندارد. براساس الگوریتم اکتشافی در رویکرد سلسله مراتبی، می توان به راه حل هایی برای همه نمونه ها رسید و همه عرضه و تقاضا ها بایستی بر اساس مدت زمان این دوره باشند. در خصوص راهبرد های مرود استفاده برای اطمینان از تبادل بهتر اطلاعات بین دو سطح تصمیم گیری، دو رویکرد نتایج مشابهی را نشان می دهد.

با این حال در زمان در نظر گرفتن نمونه های سخت، استفاده از دسته های حداکثر امکان دست یابی به سود بیشتر را به صورت کران بالاتر می دهد. در نمونه های 13، 14، 16 و 18، استفاده از دسته ها موثر بودند. GAP

بسیار کوچک تر است. در جدول 6 و 8، نتایج با فرض این که مقدار محصول بدست آمده بیش از تقاضا است مطلوب است.

جدول 5

Number	Type	Instance	CPLEX					
			Z_{LB}	t_{LB}	Z_{UB}	t_{UB}	Z_{BB}	GAP (%)
1		4P5Prod	138.16	5	142.14	205	142.126	0.01
2		4P10Prod	140.4	34	143.25	785	143.25	0.00
3	Empty stock products equal	8P5Prod	276.32	10	281.62	683	281.62	0.0
4		8P10Prod	279.7	1065	-	-	-	-
5		10P5Prod	345.4	12	351.96	1159	351.931	0.01
6		10P10Prod	348.67	2089	-	-	-	-
7		4P5Prod	838.16	5	842.14	168	842.14	0.00
8		4P10Prod	2688.16	5674	-	-	-	-
9	Empty stock different products	8P5Prod	1476.32	13	1481.67	1202	1481.56	0.01
10		8P10Prod	6226.32	9871	-	-	-	-
11		10P5Prod	1945.4	33	1952.96	1977	1952.78	0.01
12		10P10Prod	7345.4	2381	-	-	-	-
13		4P5Prod	197.35	5.00	200.74	289.00	200.74	0.00
14		4P10Prod	204.22	1236.00	206.64	11003.00	206.64	0.00
15	Stock in 30% different products	8P5Prod	492.56	11.00	-	-	-	-
16		8P10Prod	425.94	983.00	-	-	-	-
17		10P5Prod	612.46	11.00	-	-	-	-
18		10P10Prod	510.84	1682.00	-	-	-	-

جدول 6: 110 مسیر: ظرفیت متغیر از 8000 تا 120000 تن، تقاضا برابر با عرضه

Number	Type	Instance	Hierarchical (RCH)			Hierarchical (CliquesCuts)		
			Z_{LB}	T_{LB}	GAP ₁ (%)	Z_{LB}	t_{LB}	GAP ₂ (%)
1		4P5Prod	142.24	4	2.87	142.24	7	2.87
2		4P10Prod	145.40	6	3.44	144	9	2.50
3	Empty stock products equal	8P5Prod	323.12	13	14.48	323.12	25	14.48
4		8P10Prod	325.34	22	14.03	325.34	29	14.03
5		10P5Prod	412.20	16	16.21	412.2	38	16.21
6		10P10Prod	426.78	31	18.30	413.56	45	15.69
7		4P5Prod	842.24	3	0.48	842.24	8	0.48
8		4P10Prod	2692.37	8	0.16	2692.37	11	0.16
9	Empty stock different products	8P5Prod	1490.63	14	0.96	1490.63	36	0.96
10		8P10Prod	6272.29	32	0.73	6272.29	41	0.73
11		10P5Prod	1981.33	24	1.81	1981.33	49	1.81
12		10P10Prod	7442.33	46	1.30	7412.47	81	0.90
13		4P5Prod	252.16	135	21.74	222.91	24	11.47
14		4P10Prod	542.94	94	62.39	212.90	32	4.08
15	Stock in 30% different products	8P5Prod	545.86	81	9.77	512.85	86	3.96
16		8P10Prod	1098.56	1032	61.23	543.70	237	21.66
17		10P5Prod	698.56	176	12.33	647.83	128	5.46
18		10P10Prod	799.82	2345	36.13	629.16	145	18.81

در آزمایشات نشان داده شده در جدول 7، دست کاری و تغییر محصولات و مسیر های بیشتر لازم بود. و از این روی بسته بهینه سازی قادر به یافتن بهترین راه حل برای تک تک موارد نبود حتی محاسبه کران پایین امکان

پذیر نبود و از این روی معادله به دلیل نداشتن حافظه در سه زمان، عملکرد پایینی نشان داد. مشابه با نتایج یافته شده در جدول 6، با رویکرد سلسله مراتبی امکان دست یابی به راه حل ها در همه موارد وجود دارد راهبرد دسته های حداکثر برای تقویت فاز تولید عملکرد بهتری را نشان داد و در دوازده نمونه آخر این موضوع دیده شد. در نهایت، در آزمایشات جدول 9 نمونه ها نشان می دهد که تعداد محصولات در عرضه کوچک تر از مقادیر مورد تقاضا است. در این صورت در نبود کالا، جریمه عدم رفع تقاضا ایجاد می شود مشابه با نتایج جدول 7، CPLEX قادر به تولید کران بالا نیست. در آزمایشات تولید شده در جدول 10، رویکرد سلسله مراتبی برای همه آزمایشات ارایه شد ولی GAP برای نمونه های بدون انبار اولیه بالا بود و این زمانی بود که جریمه ها در گران بالا در نظر گرفته نشدند. همان طور که قبلا گفته شد در نبود کالا یا انبار، جریمه عدم رفع تقاضا تولید شد. برای نمونه های با انبار اولیه، تقاضا برآورده شده است. این امکان پذیر است زیرا ذخیره اولیه با کمبود عرضه همراه است. به علاوه برای موارد فوق، 5 نمونه 43، 44، 45، 50، 51 در نظر گرفته شده است که همه گپ ها کم تر از 3 درصد هستند. مشابه با نتیجه فوق، استفاده از دسته های حاکم موثر تر از اکتشاف RCH است.

جدول 7: 110 مسیر، ظرفیت متغیر از 8000 تا 120000 تن بر ساعت، عرضه بیش از تقاضا

Number	Type	Instance	CPLEX					GAP (%)
			Z _{LB}	t _{LB}	Z _{UB}	t _{UB}	Z _{GB}	
19		4P5Prod	148.3	4	-	-	-	-
20		4P10Prod	150.4	34	-	-	-	-
21	Empty stock products equal	8P5Prod	297.495	9	-	-	-	-
22		8P10Prod	305.46	879	-	-	-	-
23		10P5Prod	372.825	12	-	-	-	-
24		10P10Prod	380.9	1683	-	-	-	-
25		4P5Prod	651.66	5	-	-	-	-
26		4P10Prod	1876.34	854	-	-	-	-
27	Empty stock different products	8P5Prod	710.145	10	-	-	-	-
28		8P10Prod	2541.04	9422	-	-	-	-
29		10P5Prod	860.483	12	-	-	-	-
30		10P10Prod	-	-	-	-	-	-
31		4P5Prod	186.56	13	-	-	-	-
32		4P10Prod	-	-	-	-	-	-
33	Stock in 30% different products	8P5Prod	419.51	10	-	-	-	-
34		8P10Prod	381.74	1195	-	-	-	-
35		10P5Prod	499.76	15	-	-	-	-
36		10P10Prod	-	-	-	-	-	-

جدول 8: 110 مسیر، ظرفیت متغیر از 8000 تا 120000 تن بر ساعت، عرضه بزرگ تر از تقاضا(سلسله

مراتبی)

Number	Type	Instance	Hierarchical (RCH)			Hierarchical (CliqueCuts)		
			Z_{UB_1}	T_{UB_1}	GAP ₁ (%)	Z_{UB_2}	t_{UB_2}	GAP ₂ (%)
19		4P5Prod	153.27	7	3.24	153.27	21	3.24
20		4P10Prod	175.38	11	14.24	175.38	23	14.24
21	Empty stock products equal	8P5Prod	325.45	58	8.59	323.10	28	7.92
22		8P10Prod	343.49	77	11.07	343.49	47	11.07
23		10P5Prod	417.38	147	10.68	414.01	80	9.95
24		10P10Prod	417.89	234	8.85	403.39	112	5.58
25		4P5Prod	671.05	20	2.89	657.25	65	0.85
26		4P10Prod	2074.91	21	9.57	2056.60	41	8.76
27	Empty stock different products	8P5Prod	795.25	78	10.70	766.91	116	7.40
28		8P10Prod	2961.18	379	14.19	2666.33	123	4.70
29		10P5Prod	950.01	83	9.42	887.65	178	3.06
30		10P10Prod	3515.61	437	-	3139.15	233	-
31		4P5Prod	347.56	229	46.32	215.06	92	13.25
32		4P10Prod	672.98	249	-	241.04	31	-
33	Stock in 30% different products	8P5Prod	499.20	131	15.96	486.70	111	13.81
34		8P10Prod	1687.93	1568	77.38	568.64	401	32.87
35		10P5Prod	596.36	201	16.20	529.80	270	5.67
36		10P10Prod	2262.84	2679	-	746.17	395	-

6-2 مروری بر آزمایشات

سه رویکرد یا راه حل برای حل استفاده شد: استفاده از مدل فشرده با بسته بهینه سازی، راهبرد سلسله مراتبی با اکتشاف RCH، و استفاده از دسته های حداکثر. بسته بهینه سازی منجر به نتایج بهتر و GAP برای نمونه های کوچک تر می شود

با در نظر گرفتن ویژگی های نزدیک به شرایط واقعی، سالور قادر به تولید راه حل های عملی نیست. با این حال رویکرد های سلسله مراتبی بایستی نتایج رضایت بخش تولید کند. برای موارد ساده تر، اکتشاف RCH سلسله مراتبی کارآمد تر است. با این حال با بزرگ تر شدن موارد و سلسله مراتب نیز عملکرد بالا می رود و مقدار زمان سی پی یو افزایش می یابد. از این روی هدف موثر عملگر پایانه ارایه راه حل های کم هزینه را برای بهینه سازی منابع ارایه می کند.

7- نتیجه گیری و مطالعات آینده

در این مقاله رویکرد سلسله مراتبی برای حل مسئله تولید و زمان بندی ارایه شده است. مدل ریاضی را می توان برای مدل سازی مسائل مختلف مرتبط با انتقال تولید و شرایط ذخیره سازی استفاده کرد. در این مطالعه، ما یک مدل ریاضی را برای این یکپارچه سازی پیشنهاد می کنیم که این مدل با در نظر گرفتن عملیات لجستیک در

بنادر فله ای تعریف می شود با این حال برای سازگاری با شرایط مختلف مناسب است. یکپارچگی در یک طرح سلسله مراتبی رخ می دهد که در آن مسائل تبادل داده ها از طریق یک سالور یا معادله تجاری و روش های اکتشافی حل می شود. هنگامی که زمان بندی امکان پذیر نیست اطلاعات ظرفیت به برنامه ریزی تولید برای تعدیل و یا نشان دادن استفاده از کارها و وظایف جدید ارسال می شود. مدل و الگوریتم ها با در نظر گرفتن داده ها از شرایط واقعی ارزیابی می شوند. نتایج محاسبات نشان دهنده کارایی رویکرد است. در خصوص رویکرد سلسله مراتبی، این روش در تولید راه حل عملی کارآمد تر از سالور است. به علاوه امکان حل نمونه های بزرگ و متوسط وجود دارد که در آن بسته های بهینه سازی از نظر محاسباتی مقرون به صرفه نیستند. تبادل اطلاعات بین سطوح تصمیم تضمین کننده راه حل های خوب است. استفاده از محدودیت ها بر اساس دسته های حداکثر موجب تقویت فرمول PFPS و بهبود کران بالاتر می شود.

جدول 9:: 110 مسیر، ظرفیت متغیر از 8000 تا 120000 تن بر ساعت، عرضه کم تر از تقاضا(سالور)

Number	Type	Instance	Cplex					GAP (%)
			Z _{LB}	t _{LB}	Z _{UB}	t _{UB}	Z _{DB}	
37		4P5Prod	4.00E+06	5	-	-	-	-
38		4P10Prod	4.50E+06	36	-	-	-	-
39	Empty stock products equal	8P5Prod	9.00E+06	10	-	-	-	-
40		8P10Prod	1.05E+07	973	-	-	-	-
41		10P5Prod	1.20E+07	16	-	-	-	-
42		10P10Prod	1.50E+07	1585	-	-	-	-
43		4P5Prod	181.25	5	-	-	-	-
44		4P10Prod	158.63	35	-	-	-	-
45	Stock in 30% products equal	8P5Prod	346.66	13	-	-	-	-
46		8P10Prod	321.51	1139	-	-	-	-
47		10P5Prod	441.06	33	-	-	-	-
48		10P10Prod	416.03	2096	-	-	-	-
49		4P5Prod	213.29	5	-	-	-	-
50		4P10Prod	214.52	2875	-	-	-	-
51	Stock in 30% different products	8P5Prod	606.76	9	-	-	-	-
52		8P10Prod	479.76	1314	-	-	-	-
53		10P5Prod	928.87	16	-	-	-	-
54		10P10Prod	725.03	2300	-	-	-	-

جدول 10:: 110 مسیر، ظرفیت متغیر از 8000 تا 120000 تن بر ساعت، عرضه کم تر از تقاضا(سلسله

مراتبی)

Number	Type	Instance	Hierarchical (RCH)			Hierarchical (CliqueCuts)		
			Z_{UB_1}	T_{UB_1}	GAP ₁ (%)	Z_{UB_2}	t_{UB_2}	GAP ₂ (%)
37		4P5Prod	5.00E+06	14	20.00	5.00E+06	4	20.00
38		4P10Prod	5.00E+06	16	10.00	5.00E+06	6	10.00
39	Empty stock products equal	8P5Prod	1.80E+07	23	50.00	1.80E+07	13	50.00
40		8P10Prod	1.80E+07	67	41.66	1.80E+07	40	41.66
41		10P5Prod	2.75E+07	39	56.36	2.75E+07	19	56.36
42		10P10Prod	2.75E+07	64	45.45	2.75E+07	58	45.45
43		4P5Prod	184.99	17	2.02	183.42	41	1.18
44		4P10Prod	163.30	19	2.86	163.34	48	2.28
45	Stock in 30% products equal	8P5Prod	352.63	22	1.69	351.99	56	1.51
46		8P10Prod	369.36	46	12.95	357.76	67	10.13
47		10P5Prod	457.32	38	3.55	456.39	93	3.36
48		10P10Prod	499.07	99	16.64	448.33	110	7.20
49		4P5Prod	243.07	54	12.25	232.72	32	8.35
50		4P10Prod	256.45	73	16.35	215.45	33	0.43
51	Stock in 30% different products	8P5Prod	613	124	1.02	610.34	36	0.59
52		8P10Prod	597.67	456	19.73	585.66	36	18.08
53		10P5Prod	994.27	234	6.58	965.10	141	3.75
54		10P10Prod	980.70	823	26.07	967.53	313	25.06

لازم به ذکر است که الگوریتم های ارایه شده با ظرفیت دوره بیکاری یا خالی کاری ندارند. این مسئله زمانی مشهود است که راه حل SPIJ تولید مقادیر زمانی کم تر از دوره اصلی کند. مطالعات آتی باید بر این محدودیت ها غلبه کرده و بتوانند SPIJ را حل کرده و راه حل ها را تلفیق کنند.



این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی