مروری بر مطالعات زمانبندی کامیون ها در سیستم تخلیه-بارگیری همزمان

پرک قدس[1]، جمال ارکات[2*]

1- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی صنایع دانشگاه کردستان

2- دانشیار گروه مهندسی صنایع دانشگاه کردستان

خلاصه

در زنجیره تامین، تخلیه-بارگیری همزمان یکی از سیستم‌های نوین جهت بهبود عملکرد عملیات مراکز توزیع به شمار می‌آید. تخلیه-بارگیری همزمان یک استراتژی لجستیکی است که در آن کالاهایی که از کامیون‌های ورودی، بارانداز شده‌اند بدون انجام ذخیره‌سازی، تقریبا به صورت مستقیم بر روی کامیون‌های خروجی بارگیری می‌شوند و بنابراین هیچ موجودی در مراکز توزیع، نگهداری نمی‌گردد. در این مطالعه، مروری اجمالی بر کلیه تحقیقات صورت گرفته در حوزه مسائل زمان‌بندی کامیون‌ها در سیستم تخلیه-بارگیری همزمان انجام می‌گیرد.

کلمات کلیدی: تخلیه-بارگیری همزمان، زمان‌بندی کامیون‌ها

1. مقدمه

تخلیه- بارگیری همزمان یک استراتژی لجستیکی است که امروزه توسط شرکت‌های متعددی در حوزه صنایع مختلف به کار می‌رود. ایده این استراتژی ابتدا در سال 1930 میلادی در صنعت حمل و نقل کامیونی آمریکا مطرح شده و از سال 1950 به صورت گسترده توسط ارتش آمریکا مورد استفاده قرار گرفته است. تخلیه- بارگیری همزمان برای اولین بار در سال 1980 توسط شرکت وال مارت در عرصه صنعت و تجارت به کار گرفته شد اما بعدها و بیشتر طی سالیان اخیر، توجه محققین دانشگاه‌ها و مراکز علمی را به خود جلب کرده است. برای مثال، بیشتر از 85٪ مقالات این حوزه پس از سال 2004 منتشر شده است. ایده اصلی تخلیه-بارگیری همزمان، انتقال مستقیم کالاهای وارده به مرکز توزیع به وسایل نقلیه خروجی و بدون هر نوع ذخیره‌سازی موقت است. این تکنیک می‌تواند اهداف متفاوتی مانند ترکیب کالاها، کاهش زمان تحویل و کاهش هزینه‌ها را برآورده سازد. عدم‌وجود ذخیره موقت، حالت ایده‌آل به شمار می‌رود اما معمولا در عمل، ذخیره‌سازی موقت لازم است زیرا بسیاری از کالاهای ورودی، پیش از بارگیری بر روی وسایل نقلیه خروجی، باید دسته‌بندی، ترکیب و انبارش شوند. با این اوصاف، در تعریفی نزدیک‌تر به واقعیت، تخلیه-بارگیری همزمان را می‌توان به عنوان فرآیند ترکیب کالاهایی با مقصد یکسان (که از منابع مختلف آمده‌اند) با حداقل جابجایی و با اندک و یا هیچ‌گونه ذخیره‌سازی بین تخلیه و بارگیری کالاها توصیف کرد.

* Corresponding author: Jamal Arkat
Email: j.arkat@uok.ac.ir

در صورتی که ذخیره‌سازی کالاها، اجتناب‌ناپذیر باشد، این ذخیره‌سازی باید برای بازه زمانی کوتاهی باشد. تعیین کردن محدوده دقیقی برای مدت زمان مجاز ذخیره‌سازی، کار دشواری است اما بسیاری از نویسندگان، یک شبانه‌روز کامل یا 24 ساعت را به عنوان بیشترین زمان مجاز برای ذخیره‌سازی موقت در نظر گرفته‌اند. از لحاظ شکل ظاهری، بسیاری از باراندازهای تخلیه-بارگیری در عمل به صورت مستطیل‌هایی باریک و طویل یا I شکل هستند هرچند که اشکال دیگری مانند X، T و L نیز به کار می‌روند. تخلیه-بارگیری همزمان از میان کارکردهای اصلی انبارداری یعنی دریافت، ذخیره‌سازی، برداشت سفارشات و ارسال، دو کارکرد پرهزینه ذخیره‌سازی و برداشت سفارشات را حذف می‌نماید. ذخیره‌سازی به دلیل وجود هزینه‌های نگهداری موجودی و برداشت سفارشات به دلیل نیاز داشتن به نیروی کار، پرهزینه هستند. اگرچه امروزه تخلیه-بارگیری همزمان توسط بسیاری از شرکت‌ها استفاده می‌گردد اما در همه حال و با وجود شرایط متفاوت، بهترین راهبرد ممکن جهت انتخاب و استفاده نیست. اپته و ویزواناتن [1] برخی از عواملی که قابلیت استفاده و شایستگی تخلیه-بارگیری همزمان را در مقایسه با توزیع سنتی تحت تاثیر قرار می‌دهند، عنوان کرده‌اند که در این میان، دو عامل نرخ تقاضای محصول و هزینه واحد اتمام موجودی، مهم‌ترین عوامل هستند.

براساس سه نوع مشخصه شامل مشخصه‌های فیزیکی، عملیاتی و جریان کالا، سیستم‌های تخلیه- بارگیری همزمان را می‌توان دسته‌بندی نمود. مشخصه‌های فیزیکی، ویژگی‌هایی از تخلیه-بارگیری همزمان هستند که برای مدت طولانی، ثابت می‌باشند و شامل شکل بارانداز، تعداد درب‌های بارانداز و شیوه حمل‌ونقل داخلی است. مشخصه‌های عملیاتی در حوزه تصمیمات عملیاتی شامل شیوه خدمت‌دهی و نحوه اعمال وقفه، مطرح می‌شوند. مشخصه‌های جریان کالا، طیف وسیعی از مشخصه‌ها را دربرمی‌گیرند و شامل الگوی ورود، زمان حرکت، قابلیت تعویض‌پذیری محصول و ذخیره‌سازی موقتی می‌باشند. در طول فاز طراحی و اجرای تخلیه-بارگیری همزمان، لازم است تصمیمات بسیاری اتخاذ شوند؛ تصمیماتی که می‌توانند تاثیر به سزایی بر روی کارایی سیستم داشته باشند. اولین دسته از تصمیمات که باید در طول فرآیند طراحی اتخاذ شوند، تصمیمات استراتژیک هستند که شامل مکان‌یابی، جانمایی و طراحی تسهیل تخلیه- بارگیری همزمان است. تصمیمات تاکتیکی این حوزه درخصوص چگونگی جریان کالاها در سطح شبکه، اتخاذ می‌شوند. تصمیمات عملیاتی به عنوان آخرین دسته از تصمیمات شامل مسیریابی وسایل نقلیه، تخصیص درب‌های بارانداز، زمان‌بندی کامیون[1] و ذخیره‌سازی موقت است. با توجه به اهمیت زمان پاسخ و اجرای عملیات در صنعت بسیار رقابتی توزیع، مطالعات بسیاری در زمینه زمان‌بندی کامیون‌ها در سیستم تخلیه-بارگیری همزمان صورت گرفته است.

در ادامه در بخش آتی، ادبیات موجود در حوزه مساله زمان‌بندی کامیون‌ها در یک تسهیل تخلیه-بارگیری همزمان به صورت کامل مورد بررسی قرار می‌گیرد. بخش آخر مقاله نیز به جمع‌بندی و ارائه پیشنهادها برای مطالعات آتی اختصاص یافته است.

2. مرور ادبیات

در این بخش، مرور کاملی بر ادبیات موجود در زمینه زمان‌بندی کامیون‌ها در یک سیستم تخلیه-بارگیری همزمان انجام می‌گیرد. هنگامی‌که یک کامیون ورودی یا خروجی[2] به تسهیل تخلیه- بارگیری همزمان وارد می‌شود، باید تصمیمی در

[11] Truck scheduling
[2] Inbound/ outbound Truck

خصوص این‌که کامیون به کدام در بارانداز[1] تخصیص یابد صورت پذیرد. انجام تخصیصی مناسب می‌تواند سبب افزایش بهره‌وری سیستم تخلیه-بارگیری همزمان وکاهش هزینه‌های جابجایی شود، که مسأله تخصیص درب‌های بارانداز به دنبال یافتن بهترین تخصیص ممکن برای کامیون‌های ورودی و خروجی به درب‌های بارانداز است. در مسائلی که صرفا تخصیص درب‌های بارانداز را مورد مطالعه قرار داده‌اند فرض بر این است که حداقل به تعداد کامیون‌ها درب جهت تخلیه و بارگیری وجود دارد، بنابراین هر کامیون به درب متفاوتی تخصیص خواهد یافت و نیازی به لحاظ کردن جنبه زمانی نیست. در صورت عدم برقراری این شرایط، درب‌های بارانداز را می‌توان به عنوان منابع (کمیاب) درنظر گرفت که در طول زمان می‌باید زمان‌بندی شوند و به آن مسأله زمان‌بندی کامیون می‌گویند. هر دو مسأله می‌توانند باتوجه به اعمال تغییرات لازم در مشخصه‌های فیزیکی، عملیاتی و جریان کالا و ماهیت پویا بودن مسأله تقریبا پیچیده باشند. مسأله زمان‌بندی کامیون‌ها علاوه بر تخصیص کامیون‌ها به درب‌های بارانداز، در مورد توالی ورود کامیون‌های ورودی و خروجی به درب‌های تخلیه و بارگیری نیز، تصمیم‌گیری می‌نماید. معمولا مسأله زمان‌بندی کامیون، کامیون‌ها را در افق کوتاه‌مدت به درب‌های بارانداز تخصیص می‌دهد. در این حالت، کامیون‌هایی با مبدا یا مقصد یکسان می‌توانند به درب‌های مختلفی از بارانداز اختصاص یابند. اما برای تخصیص میان‌مدت، مبادی و مقاصد کامیون‌ها، به جای کامیون‌ها به درب‌های بارانداز اختصاص می‌یابد و مسأله زمان‌بندی کامیون تبدیل به تعیین توالی کامیون‌هایی با مبدا یا مقصد یکسان می‌شود.

مطالعات انجام شده در این حوزه به سه دسته تقسیم می‌شوند: دسته اول مسائلی هستند که زمان‌بندی سیستم تخلیه-بارگیری همزمان را تنها با یک درب تخلیه و یک درب بارگیری مورد مطالعه قرار داده‌اند. دسته دوم صرفا زمان‌بندی کامیون‌های ورودی و یا خروجی را در سیستم تخلیه-بارگیری همزمان با وجود چند درب تخلیه و یا بارگیری، بررسی کرده‌اند و دسته سوم، زمان‌بندی همزمان کامیون‌های ورودی و خروجی را در تسهیل تخلیه-بارگیری که دارای چندین درب تخلیه و بارگیری است، مورد مطالعه قرار داده‌اند. در ادامه مطالعات صورت گرفته در این سه دسته به صورت مجزا مورد بررسی قرار می‌گیرند.

3. بارانداز با یک در تخلیه و یک در بارگیری

چندین نویسنده به منظور مطالعه مسأله زمان‌بندی کامیون، بارانداز‌های تخلیه-بارگیری همزمان ساده شده‌ای را تنها با یک درب جهت تخلیه و یک درب برای بارگیری مورد مطالعه قرار داده‌اند که در این حالت مسأله زمان‌بندی کامیون به تعیین توالی کامیون‌های ورودی و خروجی تبدیل می‌گردد. چن و لی [2] مسأله جریان کارگاهی تخلیه-بارگیری همزمان دو ماشینی[2] را مورد مطالعه قرار داده‌اند که هدف آن تعیین توالی کامیون‌های ورودی و خروجی جهت کمینه کردن دامنه عملیات[3] است. مسأله، تحت عنوان مسأله جریان کارگاهی دو ماشینی مدل‌سازی شده است که در آن، تضمین می‌شود که یک فعالیت بر روی ماشین دوم قرار نگیرد مگر آنکه تمامی فعالیت‌های قبلی بر روی ماشین اول خاتمه یافته باشد. در این مسأله وقفه مجاز نیست و فرض می‌شود که تمامی کامیون‌ها در ابتدای افق برنامه‌ریزی دردسترس هستند. نویسندگان ثابت کرده‌اند که این مسأله جزو دسته مسائل به شدت سخت است و یک رویکرد ابتکاری را براساس قوانین جانسون[4] ارائه نموده‌اند. همچنین یک الگوریتم شاخه و کرانه برای حل بهینه مسأله ارائه شده است. مسأله تحت بررسی توسط چن و سانگ [3] به مسأله زمان‌بندی تخلیه-

[1] Dock door
[2] Two-machine cross-docking flow shop problem
[3] Makespan
[4] Johnsons's rule

بارگیری همزمان ترکیبی دو مرحله‌ای[1] تبدیل شده است. در این مسأله چندین کامیون می‌توانند در یک زمان یکسان با در نظر گرفتن ماشین‌های موازی در قسمت ورودی و خروجی بارانداز، تخلیه یا بارگیری شوند. در مفروضات مسأله، زمان سفر بین بارانداز ورودی و خروجی درنظر گرفته نمی‌شود. نویسندگان یک مدل برنامه‌ریزی مختلط عدد صحیح را برای این مسأله ارائه کرده‌اند و چند الگوریتم ابتکاری را براساس قوانین جانسون برای حل آن پیشنهاد داده‌اند. مک‌نون و باپتیست [4] یک الگوریتم برنامه‌ریزی پویا، یک الگوریتم تکاملی و یک رویکرد ابتکاری را برای افزایش کارایی عملیات تخلیه-بارگیری همزمان ارائه نموده‌اند که نسبت بین تعداد کل محصولاتی که به صورت مستقیم انتقال می‌یابند و تعداد کل محصولات انتقالی را توسط بهینه نمودن توالی کامیون‌های ورودی و خروجی حداکثر می‌نماید. به دلیل آنکه در این مطالعه تنها یک درب ورودی و خروجی وجود دارد، فرض بر این است که زمان انتقال داخل بارانداز تخلیه-بارگیری همزمان مقدار ثابتی است.

یو و اگبلو [5] نیز یک بارانداز تخلیه-بارگیری همزمان با یک در تخلیه و یک در بارگیری را مورد مطالعه قرار داده‌اند. مشابه رویکرد و شیوه دوماشینی، هدف کمینه نمودن دامنه عملیات است اما فرض بر این است که محصولات قابل تعویض هستند. بنابراین باید علاوه بر تعیین توالی، تخصیص محصولات از کامیون‌های ورودی به کامیون‌های خروجی نیز انجام گیرد. همچنین تفاوت دیگر این مسأله در لحاظ کردن زمان انتقال یک کامیون در بارانداز است هرچندکه این زمان سفر بین درهای تخلیه و بارگیری متفاوت، ثابت درنظر گرفته می‌شود. فرض بر این است که کامیون‌های ورودی می‌توانند در هر ترتیبی تخلیه شوند. مسأله به صورت یک مدل برنامه‌ریزی مختلط عدد صحیح مدل‌سازی شده و برای حل نمودهای بزرگ مسأله، یک الگوریتم ابتکاری پیشنهاد شده است. وحدانی و زندیه [6] مسأله را با جزئیات بیشتری بیان نموده‌اند و پنج الگوریتم فراابتکاری را برای حل آن به کار برده‌اند: الگوریتم ژنتیک، جستجوی ممنوعه[2]، شبیه‌سازی تبرید ، الگوریتم شبه الکترومغناطیسی[3] و جستجوی همسایگی متغیر[4]. برای این پنج الگوریتم فراابتکاری، جواب به دست آمده از الگوریتم توسعه یافته توسط یو و اگبلو [5] به عنوان جواب ابتدایی یا به عنوان عضوی از جمعیت اولیه، استفاده شده است. عربانی و همکاران [7] نیز پنج الگوریتم فراابتکاری شامل الگوریتم ژنتیک، جستجوی ممنوعه، بهینه‌سازی گروهی ذرات[5]، بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها[6] و تکامل تفاضلی[7] را برای حل کردن این مسأله ارائه نموده‌اند.

بویزن [8] مسأله‌ای مشابه اما با سطح تراکم و انباشتگی بیشتری را بررسی نموده است. افق زمانی در این مسأله به بازه‌های زمانی گسسته و مجزایی تقسیم‌بندی و فرض شده است که کامیون‌ها به طور کامل در یک بازه زمانی می‌توانند به تخلیه یا بارگیری بپردازند. محقق، مسأله را به صورت یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مدل‌سازی کرده و و برای حل آن یک رویکرد تجزیه‌ای پیشنهاد کرده است که در آن دو زیرمسأله شامل تعیین توالی ورودی و تعیین توالی خروجی به صورت متوالی حل می‌گردند. در تحقیق فروهرفرد و زندیه [9] ترتیب کامیون‌های ورودی و خروجی به صورتی تعیین می‌شود که حجم محصولاتی که از ناحیه ذخیره‌سازی موقتی عبور می‌کنند، کمینه گردند. محققان یک الگوریتم رقابتی استعماری[8] را برای حل مسأله پیشنهاد داده‌اند. عربانی و همکاران [10] مسأله زمان‌بندی تخلیه-بارگیری همزمان چندمعیاره را برای مشتریان دارای

[1] Two-stage hybrid cross-docking scheduling problem
[2] Tabu search
[3] Electromagnetism-like
[4] Variable neighborhood search
[5] Particle swarm optimization
[6] Ant colony optimization
[7] Differential evolution
[8] Imperialist competitive algorithm

سیستم تولید به موقع[1] بررسی و فرض کرده‌اند که کامیون‌های خروجی دارای موعد مقرر هستند. هدف این مسأله کمینه کردن کل زودکردها و دیرکردهای (وزن‌دار شده) کامیون‌ها است. سه الگوریتم فراابتکاری ژنتیک، بهینه‌سازی گروهی ذرات و تکامل تفاضلی برای حل این مسأله پیشنهاد شده است. وحدانی [11] نیز مسأله مشابهی را مورد بررسی قرار داده است با این تفاوت که در مسأله تحت بررسی، ذخیره‌سازی موقت مجاز نیست. به منظور ممکن ساختن این امر که کالاها به صورت مستقیم از کامیون ورودی به کامیون خروجی حمل شوند، می‌توان بارگیری و تخلیه کامیون‌ها را متوقف نمود و ادامه عملیات را به تاخیر انداخت (وقفه‌اندازی). نویسندگان، مسأله را به صورت یک مدل برنامه‌ریزی خطی مدل کرده و دو الگوریتم فراابتکاری ژنتیک و شبه الکترومغناطیس را برای حل آن پیشنهاد نموده‌اند.

سلطانی و سجادی [12] زمان‌بندی کامیون‌ها را در سیستم تخلیه-بارگیری همزمان با استفاده از رویکرد فراابتکاری مقاوم بررسی نموده‌اند. در این مطالعه دو الگوریتم فراابتکاری ترکیبی، شبیه‌سازی تبرید ترکیبی و جستجوی همسایگی متغیر ترکیبی، با یافتن بهترین توالی جفت کامیون‌ها جهت حل مسأله مورد نظر پیشنهاد شده‌اند. عربانی و همکاران ([13] و[14]) سه الگوریتم معروف چندهدفه شامل الگوریتم ژنتیک مرتب‌سازی مغلوب نشدنی II[2]، الگوریتم تکاملی پارتویی سخت II[3] و الگوریتم ژنتیک زیرجمعیتی[4] را برای حل مسأله زمان‌بندی تخلیه-بارگیری همزمان به کار برده‌اند. توابع هدف مسأله تحت بررسی، به صورت کمینه نمودن دامنه عملیات و کل تاخیر کامیون‌های خروجی در نظر گرفته شده‌اند. در مدل ارائه شده توسط عربانی و همکاران [15] دو تابع هدف کمینه نمودن دامنه عملیات و کمینه نمودن کل تاخیر کامیون‌های خروجی به صورت همزمان درنظر گرفته شده است. همچنین سه الگوریتم چندهدفه براساس مفهوم زیرجمعیتی الگوریتم‌های تکاملی توسعه داده در این تحقیق، یک الگوریتم برنامه‌ریزی پویا برای بهینه نمودن زمان‌بندی کامیون‌های ورودی و خروجی پیشنهاد شده است.

لاربی و همکاران [17] زمان‌بندی کامیون‌های خروجی را در یک بارانداز تخلیه-بارگیری همزمان با یک در تخلیه و یک در بارگیری در نظر گرفته‌اند. کامیون‌های ورودی رسیده، تخلیه می‌گردند و محصولاتی با مقصد مشابه کامیون خروجی کنونی مستقیما بارگیری می‌شوند. محصولات دیگر را می‌توان موقتا در انباری با ظرفیت نامحدود قرار داد و یا کامیون‌های خروجی می‌توانند به یک توقف‌گاه انتقال داده شوند و درب بارگیری را برای کامیون دیگری آزاد گردد. هدف، یافتن بهترین زمان‌بندی برای کامیون‌های خروجی است به نحوی که منجر به کمینه شدن هزینه کل (هزینه‌های انبارداری و وقفه) گردد. دو روش ابتکاری برای این مسأله ارائه شده است؛ الگوریتم ابتکاری اول، رویکردی که برای مسأله با اطلاعات کامل پیشنهاد شده بود را برای یک افق زمانی غلتان[5] منطبق ساخته است. الگوریتم دوم، الگوریتم‌های مسأله اول با اطلاعات کامل و حالتی که هیچ اطلاعاتی دردست نیست را ترکیب می‌کند.

یو و اگبلو [18] سیستم تخلیه-بارگیری همزمانی را که دارای یک درب جهت تخلیه و بارگیری است مورد مطالعه قرار داده‌اند. هدف این مطالعه یافتن بهترین توالی عملیاتی کامیون‌های ورودی و خروجی بگونه‌ای است که زمان عملیات کل سیستم در شرایطی که وقفه در عملیات کامیون‌های ورودی و خروجی مجاز است کمینه شود. مساله مورد بررسی در این تحقیق مشابه مساله مطالعه شده توسط یو و اگبلو [5] در سال 2008 است، با این تفاوت که وقفه در این مساله مجاز است. مساله تخصیص محصولات هم به همراه یافتن بهترین توالی عملیات کامیون‌ها تعیین می‌شود. به‌علاوه، در جواب یافته شده می‌باید مشخص گردد که آیا محصولات تخصیص یافته از یک کامیون ورودی به یک کامیون خروجی به صورت مستقیم انتقال

[1] Just-In-Time
[2] Non-dominated sorting genetic-II
[3] Strong pareto evolutionary-II
[4] Sub-population genetic
[5] Rolling horizon

یافته‌اند یا ابتدا در ناحیه ذخیره‌سازی موقتی قرار گرفته‌اند. جهت حل مساله تحت مطالعه، یک الگوریتم ابتکاری دو مرحله‌ای پیشنهاد شده است.

4. زمان‌بندی کامیون‌های ورودی و یا خروجی

در دسته دوم مطالعات، تحقیقاتی قرار دارند که در آنها چندین درب تخلیه و بارگیری در نظر گرفته شده، اما صرفا زمان‌بندی کامیون‌های ورودی و یا خروجی مدنظر قرار گرفته‌اند. فرض می‌شود که متناظرا کامیون‌های خروجی و یا ورودی هم‌اکنون زمان‌بندی شده‌اند و یا به یک افق زمانی میان‌مدت تخصیص یافته‌اند.

آلپن و همکاران [19] مسأله مشابه مطالعه صورت گرفته توسط لاربی و همکاران [17] را برای بارانداز تخلیه-بارگیری همزمان با چندین درب تخلیه و بارگیری (برای حالتی که اطلاعات کامل دراختیار است) در نظر گرفته‌اند. هنگامی‌که یک توالی از کامیون‌های ورودی در اختیار قرار می‌گیرد، برنامه‌ریزی پویای محدودیت‌دار مبتنی بر گراف، جهت تعیین نمودن بهترین توالی کامیون‌های خروجی که منجر به کمینه نمودن هزینه کل می‌گردد پیشنهاد می‌شود. روسلز و همکاران [20] زمان‌بندی کامیون‌های ورودی را در یک تسهیل تخلیه-بارگیری همزمان در جورج‌تاون مورد مطالعه قرار داده‌اند. محققان زمان‌بندی را برای یک دوره شیفت کاری اجرا نموده‌اند. هدف، کمینه کردن هزینه عملیاتی و ایجاد حجم کاری متعادل بین کارکنان است. در این تحقیق، زمان‌های سفر به در تخصیص یافته به کامیون‌های ورودی، وابسته است، درحالی‌که زمان‌های تخلیه براساس ترکیب و مقدار کالاها تخمین زده می‌شود. فرض می‌شود که در ابتدای شیفت کاری تمامی کامیون‌ها در دسترس هستند و وقفه مجاز نیست. وانگ و رگان [21] نیز زمان‌بندی کامیون‌های ورودی را در نظر گرفته و چندین قانون اعزام[1] را که در محیط پویا قابل اجرا هستند ارائه نموده‌اند. هنگامی‌که یک در تخلیه در دسترس قرار می‌گیرد و چندین کامیون ورودی منتظر هستند تا تخلیه شوند، تنها یکی از این کامیون‌ها می‌تواند ابتدا جابه جا شود و کامیون بعدی براساس سیاست نوبت‌دهی انتخاب می‌گردد. نویسندگان یک مطالعه شبیه‌سازی را جهت مقایسه دو الگوریتم با قانون نوبت‌دهی و سیاست زمانی روبه جلو، انجام داده و به این نتیجه رسیده‌اند که صرفه‌جویی معناداری در زمان می‌تواند با استفاده از قوانین پیشنهادی مبتنی بر زمان حداقل به دست آید.

رویکرد دیگری تنها برای زمان‌بندی کامیون‌های ورودی توسط آکار [22] انجام گرفته است. در مطالعه صورت گرفته، هدف کمینه نمودن مسافت پیموده شده در داخل بارانداز تخلیه-بارگیری همزمان نیست، اما دارای تخصیصی است که در برابر تغییرات پارامترهای سیستم مانند زمان ورود کامیون‌ها، زمان‌های خدمت‌دهی (جهت تخلیه و بارگیری و انتقال دادن کالاها) و بار کامیون‌ها، مقاوم است. نویسنده، مسأله را به عنوان یک مسأله برنامه‌ریزی مضاعف مختلط عدد صحیح جهت کمینه نمودن واریانس توزیع زمان‌های بیکاری درب‌های بارانداز فرموله کرده است. فرض بر این است که همیشه یک کامیون خروجی جلوی هر در بارگیری حاضر است و بنابراین هیچ فضایی برای ذخیره‌سازی موقتی نیاز نیست. زمان‌های ورود کامیون‌ها از قبل مشخص است و وقفه مجاز نیست. نویسنده یک الگوریتم ابتکاری پویا را جهت تخصیص دادن کامیون‌ها به درهای بارانداز در زمان واقعی پیشنهاد داده است.

مک ویلیامز و همکاران [23 و 24] زمان‌بندی کامیون‌های ورودی در یک بارانداز تخلیه-بارگیری همزمان که در صنعت تحویل بسته‌های پستی استفاده می‌شود را مورد مطالعه قرار داده‌اند. زمان سفر بسته پستی، به مسیر طی شده و نیز به

[1] Dispatching rules

ازدحام شبکه نوار نقاله وابسته است. هدف این مسأله زمان‌بندی هاب بسته پستی[1] و کمینه نمودن دامنه عملیات (مدت زمان لازم بین تخلیه اولین بسته پستی تا بارگیری آخرین بسته پستی) است. فرض می‌شود که در ابتدای افق زمانی، تمامی کامیون‌ها در دسترس هستند و وقفه مجاز نیست. از آن‌جایی‌که کامیون‌های خروجی تکمیل شده سریعا جایگزین می‌شوند، نیازی به ذخیره‌سازی موقت کالاها نیست. در مقاله مک ویلیامز [23] فرض شده است که اندازه دسته‌ها و زمان‌های تخلیه کامیون‌های ورودی برابر است، درحالی‌که این فرضیات در [24] آزاد شده‌اند. به دلیل آن‌که شبکه نوار نقاله یک شبکه صف است، توسعه و ایجاد یک مدل تحلیلی از رفتار شبکه کار مشکلی است. بنابراین نویسندگان یک الگوریتم زمان‌بندی مبتنی بر شبیه‌سازی[2] را برای حل مسأله زمان‌بندی هاب بسته پستی پیشنهاد داده‌اند. الگوریتم پیشنهادی یک الگوریتم ژنتیک است که از یک مدل شبیه‌سازی قطعی با جزئیات جهت ارزیابی دامنه عملیات به دست آمده برای هر راه‌حل کاندیدا استفاده می‌کند. شبیه‌سازی- بهینه‌سازی از نظر محاسباتی پرهزینه است و نیاز به زمان محاسباتی قابل توجهی جهت به دست آوردن جواب برای مسائل با مقیاس بزرگ دارد. بنابراین مک ویلیامز [25 و 26] یک رویکرد تجزیه‌ای را جهت حل مسأله زمان‌بندی هاب بسته پستی پیشنهاد داده است. هدف کمینه نمودن حداکثر حجم کاری در منابع گلوگاهی برای تمامی زیر دوره‌ها است. فرض می‌شود که زمان بین تخلیه و رسیدن به گلوگاه، از در تخلیه مورد استفاده مستقل است. در مقاله مک ویلیامز [25]، فرض بر این است که اندازه دسته‌ها و زمان‌های تخلیه کامیون‌های ورودی برابر هستند و یک الگوریم ژنتیک جهت حل مسأله به کار رفته است. این مفروضات در مقاله [26] آزاد شده‌اند و مسأله توسط یک الگوریتم جستجوی محلی و یک الگوریتم شبیه‌سازی تبرید حل شده است.

شمیل وسکی و همکاران [27] زمان‌بندی کامیون‌های ورودی را مطالعه و به صورت همزمان نیز تخصیص کامیون‌های خروجی در یک افق میان‌مدت (که مقاصد به درهای بارگیری اختصاص می‌یابند) را لحاظ نموده‌اند. در مسأله پیشنهادی، وقفه مجاز نیست و زودترین زمان ورود و دیرترین زمان حرکت برای هر کامیون تعریف شده است. یکی از اهداف این مسأله، یافتن زمان‌بندی بهینه‌ای است که منجر به کمینه کل مسافت پیموده شده و کمینه تعداد منابع مورد نیاز می‌شود و هدف دوم، کمینه‌سازی زمان انتظار است. بویزن و همکاران [28] مسأله زمان‌بندی عملیاتی کامیون‌ها را با وجود چندین در ورودی و خروجی مورد توجه قرار داده و فرض نموده‌اند که تمامی کامیون‌های خروجی از قبل زمان‌بندی شده و زمان حرکت متناظرشان نیز ثابت است و بنابراین تمرکز خود را بر روی بهینه نمودن توالی کامیون‌های ورودی قرار داده‌اند. اگر یک کالا قبل از حرکت کامیون خروجی تخصیص یافته به آن بارگیری نشود، سود از دست رفته تلقی خواهد شد. هدف کمینه نمودن کل سود از دست رفته است. الگوریتم‌های ابتکاری رویه تجزیه[3] و الگوریتم شبیه‌سازی تبرید جهت بیشینه کردن سود کل توسعه داده شده‌اند. لیائو، اگبلو و چنگ [29] مسأله تخلیه-بارگیری همزمانی را با چندین درب ورودی و خروجی مورد بررسی قرار داده‌اند که در آن تخصیص درهای بارانداز و توالی کامیون‌های ورودی با وجود زمان‌بندی ثابت برای حرکت کامیون‌های خروجی در نظر گرفته شده است. شش نوع الگوریتم فراابتکاری شامل شبیه‌سازی تبرید، جستجوی ممنوعه، کلونی مورچه‌گان و تکامل تفاضلی و دو الگوریتم ترکیبی تکامل تفاضلی، برای کمینه نمودن مجموع وزنی تاخیر ارائه شده‌اند.

کونور و گولیاس [30] فرض نموده‌اند که زمان ورود کامیون‌های ورودی برای اپراتور بارانداز مشخص نیست اما از پنجره زمانی ورود کامیون‌های ورودی که کرانه بالا و پایینی برای زمان‌های ورود کامیون است اطلاع دارد. با توجه به عدم‌قطعیت در زمان ورود کامیون‌ها، یک استراتژی زمان‌بندی باتوجه به تغییرات در هزینه‌های مربوط به خدمت‌رسانی به

[1] Parcel hub scheduling problem
[2] Simulation-based scheduling algorithm
[3] Decomposition procedure

کامیون‌ها اعمال شده است. در این تحقیق مسأله تعیین کردن یک استراتژی زمان‌بندی هزینه‌ای پایا هنگام کمینه نمودن میانگین کل هزینه‌های خدمت‌دهی برای اپراتور تسهیل تخلیه-بارگیری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در تحقیقات آلپن و همکاران [19]، بویزن و همکاران [28]، لیائو و همکاران [29] و کونور و گولیاس [30] فقط بهینه نمودن توالی کامیون‌های ورودی یا خروجی درنظر گرفته شده است. کونور و گولیاس [31] تجزیه و تحلیل رویکردهای متفاوت جهت زمان‌بندی کامیون در سیستم تخلیه-بارگیری همزمان با وجود عدم‌قطعیت در زمان ورود کامیون‌ها را بررسی نموده‌اند. در مسأله تحت بررسی، فرض شده است که زمان ورود کامیون ورودی نامعلوم است. اپراتور سیستم تخلیه-بارگیری همزمان تنها از پنجره زمانی ورود هر کامیون یعنی کرانه بالا و پایین زمان ورود کامیون ورودی اطلاع دارد. جهت انجام تخصیص کامیون‌هایی که زمان ورودشان مشخص است الگوریتم ژنتیک پیشنهاد شده که رویکرد قطعی را حل می‌کند. سپس تغییراتی بر روی الگوریتم ژنتیک جهت حل نمودن مدل دو سطحی برای رویکردهای خوش‌بینانه و بدبینانه انجام شده است. لیائو و همکاران [32] پنج الگوریتم متاهیورستیک ترکیبی که شامل سه الگوریتم کلونی مورچگان ترکیبی متغیر و دو الگوریتم شبیه‌سازی تبرید است را ارائه کرده‌اند و جهت مقایسه عملکرد این الگوریتم‌های پیشنهادی، آن‌ها را در دو حوزه متفاوت زمان‌بندی ماشین‌های موازی غیروابسته و زمان‌بندی کامیون‌های ورودی در یک سیستم تخلیه-بارگیری همزمان به کار گرفته‌اند. کمینه نمودن دامنه عملیات سیستم‌ها، هدف الگوریتم‌های پیشنهادی است و زمان‌های آماده‌سازی وابسته به توالی و در دسترس بودن یا نبودن همه ماشین‌ها در ابتدای افق کاری، از جمله ویژگی‌های مهم این دو مساله هستند.

5. زمان‌بندی کامیون‌های ورودی و خروجی

تحقیقاتی که در ادامه بررسی می‌شوند، زمان‌بندی هر دوی کامیون‌های ورودی و خروجی را در نظر گرفته‌اند.

لیم، ما و میائو [33] یک مسأله زمان‌بندی کامیون را مدنظر قرار داده‌اند که در آن فرض می‌شود عملیات تخلیه و بارگیری کامیون‌ها در طی یک پنجره زمانی ثابت صورت می‌پذیرد. بنابراین این مطالعه مسأله تخصیص کامیون به درهای بارانداز را با وجود محدودیت زمان عملیات برای سیستمی که در آن تعداد کامیون‌ها از تعداد درهای بارانداز بیشتر است مورد بررسی قرار داده است. هدف این مسأله، کمینه نمودن کل مسافت پیموده شده (طول سفر) است. کامیون‌ها می‌توانند به هر دری تخصیص یابند (شیوه خدمت‌دهی مرکب) و ظرفیت بارانداز تخلیه-بارگیری همزمان نیز محدود است. وقفه مجاز نیست و کامیون‌هایی که نمی‌توانند خدمت‌دهی شوند با اضافه نمودن یک مسافت اضافه، جریمه می‌گردند. نویسندگان در تحقیقات مشابه [34 و 35] این رویکرد را با لحاظ نمودن زمان سفر بین درهای بارانداز توسعه داده‌اند. در این تحقیقات، هدف کمینه نمودن هزینه‌های عملیاتی (بر اساس زمان سفر) و هزینه محموله‌های تکمیل نشده است. یک الگوریتم ابتکاری جستجوی ممنوعه و یک الگوریتم ژنتیک تطبیق یافته برای حل نمودن این مسأله زمان‌بندی ارائه شده‌اند.

بویزن [36] زمان‌بندی کامیون‌ها برای یک بارانداز تخلیه-بارگیری همزمان را بررسی نموده است که در آن ذخیره‌سازی میانی برای محصولات مجاز نیست و قابلیت تعویض‌پذیری نیز وجود ندارند. نویسنده یک مدل چندهدفه را برای مسأله زمان‌بندی کامیون‌ها ارائه نموده است که می‌تواند اهداف عملیاتی متفاوتی را مدنظر قرار دهد (کمینه‌سازی زمان جریان، زمان فرآیند، و تاخیر کامیون‌های خروجی). جهت حل این مسأله، یک رویکرد برنامه‌ریزی پویا و یک الگوریتم شبیه‌سازی تبرید پیشنهاد شده است ژانگ و همکاران [37] مساله زمان‌بندی کامیون‌های ورودی و خروجی را در تسهیل تخلیه-بارگیری همزمان با چندین درب تخلیه و بارگیری مورد مطالعه قرار داده‌اند که در آن ذخیره‌سازی موقت محصولات مجاز نمی‌باشد. برای

این مساله مدل برنامه‌ریزی مختلط عدد صحیح چندهدفه‌ای ارائه شده است که جهت حل هر کدام از اهداف، یک رویکرد تقریبی محدودیت‌دار توسعه یافته است.

لی و همکاران [38] جهت تخصیص و توالی کامیون‌ها در مراکز توزیع تخلیه-بارگیری همزمان، الگوریتم‌های ژنتیک متفاوتی را به منظور بهبود عملکرد عملیاتی ارائه نموده‌اند. در این مطالعه، مسأله زمان‌بندی کامیون‌های ورودی و خروجی در مراکز توزیع تخلیه-بارگیری همزمان درنظر گرفته شده است. هدف، بیشینه نمودن تعداد محصولاتی است که می‌توانند در یک افق کاری داده شده انتقال یابند. جو و کیم [39] یک مسأله زمان‌بندی کامیون را برای سه نوع کامیون: کامیون‌های ورودی، کامیون‌های خروجی و کامیون‌های ترکیبی در نظر گرفته‌اند. دو الگوریتم فراابتکاری ژنتیک و الگوریتم خود تکاملی[1] برای کمینه نمودن دامنه عملیات پیشنهاد گردیده است. در تحقیق بویزن [36]، لی و همکاران [38] و جو و کیم [39]، زمان انتقال محصولات بین درهای مختلف ورودی و خروجی یکسان فرض شده است، در صورتی‌که در حالت کلی زمان مورد نیاز جهت انتقال کالاها داخل بارانداز تخلیه-بارگیری همزمان به فاصله نسبی بین درهای بارانداز که کامیون‌های ورودی و خروجی مربوطه به آن‌ها تخصیص یافته‌اند بستگی دارد. هنگامی‌که چندین در ورودی و چندین در خروجی لحاظ می‌شود، تخصیص کامیون‌ها به درهای ورودی و خروجی نیز باید مورد ملاحظه قرار گیرد. شاکری و همکاران [40] مسأله زمان‌بندی کامیون‌ها در یک بارانداز تخلیه-بارگیری همزمان که در آن کالاها بین کامیون‌ها مبادله و تعویض می‌شوند را مورد مطالعه قرار داده‌اند. مسأله به صورت یک مسأله زمان‌بندی دومرحله‌ای ماشین‌های موازی[2] مدل‌سازی شده است و هدف، کمینه نمودن دامنه عملیات است. فرض می‌شود که کالاهای متفاوت یک کامیون می‌توانند به صورت موازی بارانداز شوند. انتقال تنها پس از تخلیه و پس از آن که کامیون خروجی در جلوی درب بارانداز توقف نماید شروع می‌گردد. زمان سفر براساس مسافت بین درهای بارانداز است. فرض می‌شود که در ابتدای افق برنامه‌ریزی، تمامی کامیون‌ها دردسترس هستند و وقفه مجاز نیست. بین هر دو کامیون متوالی، یک زمان آماده‌سازی نیز لحاظ شده است. جهت حل نمودن نمودهای بزرگ مسأله یاد شده، یک روش ابتکاری توسط لی و همکاران [41] ارائه شده است. این الگوریتم جستجوی وابسته به رتبه‌بندی[3] شامل دو بخش است؛ بخش اول، توالی موجهی از کارها را باتوجه به تعداد درهای بارانداز می‌سازد و در بخش دوم، این کارها براساس فاصله و مسافت بین درها به درهای بارانداز تخصیص می‌یابند.

لیائو و همکاران [42] دو الگوریتم تکامل تفاضلی ترکیبی را جهت بهینه نمودن توالی کامیون‌های ورودی و خروجی در سیستم تخلیه-بارگیری همزمان ارائه کرده‌اند. این تحقیق، توالی کامیون‌های ورودی و خروجی را در یک تسهیل تخلیه-بارگیری همزمان با هدف کمینه نمودن دامنه عملیات و یا به صورت معادل، بیشینه نمودن خروجی سیستم تخلیه-بارگیری همزمان مورد مطالعه قرار داده است. کئو [43] در تحقیق خود به دنبال بهینه نمودن توالی کامیون‌های ورودی و خروجی و نیز تخصیص بهینه برای کامیون‌ها بوده است به گونه‌ای که بتوان کارایی سیستم تخلیه-بارگیری همزمان را بهبود بخشید. تابع هدف مسأله کمینه نمودن دامنه عملیات است. نویسنده از الگوریتم جستجوی همسایگی متغیر برای بهینه نمودن توالی کامیون‌های ورودی و خروجی که مستقیما بر روی زمان عملیات سیستم تاثیر می‌گذارند استفاده نموده است. وقفه در این مسأله مجاز نیست. بعد از تعیین توالی بهینه کامیون‌های ورودی و خروجی، این کامیون‌ها براساس سیاست نوبت‌دهی به درهای بارانداز تخصیص می‌یابند. زمان انتقال کالاها از در ورودی به در خروجی بارانداز براساس فاصله مستقیم محاسبه می‌گردد و ظرفیت تجهیزات جابجایی جهت انتقال کالاها در داخل تسهیل نیز بی‌نهایت فرض می‌شود.

---

[1] Self-evolution algorithm
[2] Two-stage parallel-machine scheduling problem
[3] Dependency Ranking Search heuristic

یو [44] مساله زمان‌بندی کامیون‌ها در یک سیستم تخلیه-بارگیری همزمان که دارای چندین درب جهت تخلیه و بارگیری است را مورد مطالعه قرار داده است. هدف این مطالعه یافتن بهترین توالی کامیون‌های ورودی و خروجی است به نحوی‌که دامنه عملیات کل سیستم کمینه گردد. علاوه بر تعیین توالی کامیون‌ها، مساله تخصیص محصولات نیز به صورت همزمان انجام می‌گیرد. در این سیستم فرض بر این است که کالاهای تخصیصی از یک کامیون ورودی به یک کامیون خروجی که زودتر بارانداری شده‌اند، زودتر نیز بارگیری می‌شوند. همچنین امکان انتقال مستقل کالاهای تخلیه شده تخصیصی به یک کامیون خروجی وجود دارد. به‌علاوه، زمان سفر بین درب‌های مختلف تخلیه و بارگیری سیستم ثابت فرض شده است. برای حل مساله، مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح آمیخته‌ایی که توسعه یافته مدل یو و اگبلو [5] است پیشنهاد شده است. محتشمی [46] دو سناریو را بر اساس 32 سناریو پیشنهادی توسط یو [45] در سال 2002، برای الگوی توقف کامیون‌های خروجی در یک سیستم تخلیه-بارگیری همزمان درنظر گرفته است. مطابق اولین سناریو درنظر گرفته شده اگر یک کامیون خروجی بر درب بارگیری توقف نماید، تا زمانی که کلیه کالاهای مورد نیازش را بارگیری نکرده، نمی‌تواند سکو را ترک نماید و وقفه در عملیات بارگیری کامیون‌های خروجی مجاز نیست. اما در سناریو دوم، وقفه در عملیات بارگیری کامیون‌ها می‌تواند به دفعات مختلف صورت پذیرد. در این مطالعه برای سناریو دوم روشی بر اساس الگوریتم ژنتیک جهت زمان‌بندی کامیون‌های ورودی و خروجی پیشنهاد شده است و هدف آن، یافتن بهترین توالی برای کامیون‌های ورودی و خروجی است بگونه‌ای که کل زمان عملیات سیستم کمینه گردد.

6. جمع‌بندی و ارائه پیشنهادها

در این مطالعه کلیه تحقیقات صورت گرفته در زمینه مساله زمان‌بندی کامیون‌ها در سیستم تخلیه-بارگیری همزمان که باتوجه به نوع مسأله مورد نظر و ویژگی بارانداز مربوطه در سه دسته متفاوت جای می‌گیرند (زمان‌بندی کامیون تنها با یک درب تخلیه و بارگیری، زمان‌بندی کامیون‌های ورودی و زمان‌بندی هر دوی کامیون‌های ورودی و خروجی) به اجمال مورد بررسی قرار گرفتند و برای هر یک از تحقیقات انجام شده ویژگی‌های مسأله تحت بررسی، مدل پیشنهادی و روش‌های حل ارائه شده عنوان گردید. مطالعه کامل تحقیقات موجود در دیگر زمینه‌های سیستم تخلیه-بارگیری همزمان مانند مسیریابی وسیله نقلیه، تخصیص درب‌های بارانداز، مکان‌یابی تسهیل تخلیه-بارگیری همزمان و یا تلفیقی از این مسائل، می‌تواند برای محققان این حوزه این امکان را فرآهم آورد تا بتوانند فرصت‌های مطالعاتی آینده را به درستی شناسایی نموده و انتخاب کنند.

7. فهرست مراجع

[1] Apte, U.M and Viswanathan, S. (2000), “Effective cross docking for improving distribution efficiencies,” International Journal of Logistics: Research and Applications, 3(3):291–302.
[2] Chen, F. and Lee, C.Y. (2009), “Minimizing the makespan in a two-machine cross-docking flow shop problem,” European Journal of Operational Research, 193(1):59–72.
[3] Chen, F. and Song, K. (2009), “Minimizing makespan in two-stage hybrid cross docking scheduling problem,” Computers & Operations Research, 36(6):2066–73.

[4] Maknoon, M. Y. and Baptiste, P. (2009), “Cross-docking: increasing platform efficiency by sequencing incoming and outgoing semi-trailers,” International Journal of Logistics: research and Applications, 12, 249–261.
[5] Yu, W. and Egbelu, P.J. (2008), “Scheduling of inbound and outbound trucks in cross docking systems with temporary storage,” European Journal of Operational Research, 184(1):377–96.
[6] Vahdani, B. and Zandieh, M. (2010), “Scheduling trucks in cross-docking systems: robust meta-heuristics,” Computers & Industrial Engineering, 58(1):12–24.
[7] Arabani, A.R.B., Ghomi, S.M.T.F. and Zandieh, M. (2011), “Meta-heuristics implementation for scheduling of trucks in a cross-docking system with temporary storage,” Expert Systems with Applications, 38(3):1964–79.
[8] Boysen, N., Fliedner, M. and Scholl, A. (2010), “Scheduling inbound and outbound trucks at cross docking terminals,” OR Spectrum, 32(1):135–61.
[9] Forouharfard, S. and Zandieh, M. (2010), “An imperialist competitive algorithm to schedule of receiving and shipping trucks in cross-docking systems,” The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 51(9):1179–93.
[10] Arabani, A.R.B., Ghomi, S.M.T.F. and Zandieh, M. (2010), “A multi-criteria cross-docking Scheduling with just-in-time approach,” The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 49(5–8):741–56.
[11] Vahdani, B., Soltani, R. and Zandieh, M. (2010), “Scheduling the truck holdover recurrent dock cross-dock problem using robust meta-heuristics,” The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 46(5):769–83.
[12] Soltani, R. and Sadjadi, S.J. (2010), “Scheduling trucks in cross-docking systems: a robust meta-heuristics approach,” Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 46(5):650–66.
[13] Boloori Arabani, A.R., Fatemi Ghomi, S.M.T. and Zandieh, M. (2011), “Meta-heuristics implementation for scheduling of trucks in a cross-docking system with temporary storage,” Expert Systems with Applications, 38, 1964–1979.
[14] Boloori Arabani, A.R., Zandieh, M., and Fatemi Ghomi, S.M.T. (2011), “Mulit-objective genetic-based algorithms for a cross-docking scheduling problem,” Applied Soft Computing, 11, 1954–4970.
[15] Boloori Arabani, A.R., Zandieh, M., and Fatemi Ghomi, S.M.T. (2012), “A cross-docking scheduling problem with sub-population multi-objective algorithms,” International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 58, 741–761.
[16] Sadykov, R. (2012), “Scheduling incoming and outgoing trucks at cross docking terminals to minimize the storage cost,” Annals of Operations Research, 201, 423–440.
[17] Larbi, R., Alpan, G., Baptiste, P. and Penz, B. (2011), “Scheduling cross docking operations under full, partial and no information on inbound arrivals,” Computers & Operations Research, 38(6):889–900.
[18] Yu, W. and Egbelu, J.P. (2013), “Development of Dispatching Strategy for Inbound and Outbound Trucks in Cross Docking System,” J. Korea Saf. Managment Sciencem, 15.2.167.

[19] Alpan, G., Larbi, R. and Penz, B. (2011), "A bounded dynamic programming approach to schedule operations in a crossdocking platform," Computers & Industrial Engineering, 60(3):385–96.
[20] Rosales, C.R., Fry, M.J. and Radhakrishnan, R. (2009), "Transfreight reduces costs and balances workload at George Town crossdock," Interfaces, 39(4):316–28.
[21] Wang, J.F. and Regan, A. (2008), "Real-time trailer scheduling for cross dock operations," Transportation Journal, 47(2):5–20.
[22] Acar, M.K. (2004), "*Robust dock assignments at less-than-truckload terminals,*" Master's thesis, University of South Florida; 2004.
[23] McWilliams, D.L., Stanfield, P.M. and Geiger, C.D. (2005), "The parcel hub scheduling problem: a simulation-based solution approach," Computers & Industrial Engineering, 49(3):393–412.
[24] McWilliams, D.L., Stanfield, P.M. and Geiger, C.D. (2008), "Minimizing the completion time of the transfer operations in a central parcel consolidation terminal with unequal-batch-size inbound trailers," Computers & Industrial Engineering, 54(4):709–20.
[25] McWilliams, D.L. (2009), "Genetic-based scheduling to solve the parcel hub scheduling problem," Computers & Industrial Engineering, 56(4):1607–16.
[26] McWilliams, D.L. (2010), "Iterative improvement to solve the parcel hub scheduling problem," Computers & Industrial Engineering, 59(1):136–44.
[27] Chmielewski, A., Naujoks, B., Janas, M. and Clausen, U. (2009), "Optimizing the door assignment in LTL-terminals," Transportation Science, 43(2):198–210.
[28] Boysen, N., Briskorn, D., and Tschöke, M. (2013), "Truck scheduling in cross-docking terminals with foxed outbound departure," OR Spectrum, 35, 479–504.
[29] Liao, T.W., Egbelu, P.J. and Chang, P.C. (2013), "Simultaneous dock assignment and sequencing of inbound trucks under a fixed outbound truck schedule in multidoor cross docking operations," International Journal of Production Economics, 141, 212–229.
[30] Konur, D. and Golias, M.M. (2013), "Cost-stable truck scheduling at a cross-dock facility with unknown truck arrivals: A meta-heuristic approach.," Transportation Research Part E, 49, 71 91.
[31] Konur, D. and Golias, M.M. (2013), "Analysis of different approaches to cross-dock truck scheduling with truck arrival time uncertainty," Computers & Industrial Engineering 65, 663–672.
[32] Liao, T.W., et al. (2014). "*A comparison of five hybrid metaheuristic algorithms for unrelated parallel-machine scheduling and inbound trucks sequencing in multi-door cross docking systems,*" Appl. Soft Comput. Journal., http://dx.doi.org/10.1016/j.asoc.2014.02.026.
[33] Lim, A., Ma, H. and Miao, Z. (2006). "Truck dock assignment problem with time windows and capacity constraint in transshipment network through cross docks," In: Computational science and its applications—ICCSA. Lecture Notes in Computer Science, 3982:688–97.
[34] Lim, A., Ma, H. and Miao, Z. (2006), "Truck dock assignment problem with operational time constraint within crossdocks," In: Advances in applied artificial intelligence. Lecture Notes in Artificial Intelligence, 4031:262–71.

[35] Miao, Z., Lim, A. and Ma, H. (2009), "Truck dock assignment problem with operational time constraint within crossdocks," European Journal of Operational Research, 192(1):105–15.
[36] Boysen, N. (2010), "Truck scheduling at zero-inventory cross docking terminals," Computers & Operations Research, 37(1):32–41.
[37] Zhang, T., Saharidis, G.K.D., Theofanis, S. and Boile, M. (2010), "Scheduling of inbound and outbound trucks at cross docks: modeling and analysis," Transportation Research Record 2162, 9–16.
[38] Lee, K., Kim, B.S., and Joo, C.M. (2012), "Genetic algorithms for door-assigning and sequencing of trucks at distribution centers for the improvement of operational performance," Expert Systems with Applications, 39, 12975–12983.
[39] Joo, C.M. and Kim, B.S. (2013), "Scheduling compound trucks in multi-door crossdocking terminals," International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 64, 977–988.
[40] Shakeri, M., Low, M.Y.H. and Li, Z. (2008), "A generic model for crossdock truck scheduling and truck-to-door assignment problems," In: Proceedings of the sixth IEEE international conference on industrial informatics (INDIN2008), p. 857–64.
[41] Li, Z.P., Low, M.Y.H., Shakeri, M. and Lim, Y.G. (2009), "*Crossdocking planning and scheduling: problems and algorithms,"* Technical report STR_V10_N3_06_POM, Singapore Institute of Manufacturing Technology.
[42] Liao, T.W., Egbelu, P.J. and Chang, P.C. (2012), "Two hybrid differential evolution algorithms for optimal inbound and outbound truck sequencing in cross docking operations," Applied Soft Computing 12, 3683–3697.
[43] Kuo, Y. (2013), "Optimizing truck sequencing and truck dock assignment in a cross docking system," Expert Systems with Applications 40, 5532–5541.
[44] Yu, w. (2015), "Truck scheduling for cross docking systems with multiple receiving and shipping docks". International Journal of Shipping and Transport Logistic, 7(2), pp.174–196.
[45] Yu, W. (2002), "*Operational Strategies for Cross Docking Systems*," Iowa State University, Ph.D. Dissertation.
[46] Mohtashami, A. (2015), "Scheduling Trucks in Cross Docking Systems with Temporary Storage and Repetitive Pattern for Shipping Trucks," Applied Soft Computing Journal, S1568-4946(15)00461-5.