

## بررسی ساختار پایانه‌های کانتینری دریایی، انواع تجهیزات هندلینگ و سیستم‌های پایانه‌ای متداول در آنها

عبدالرضا شیخ‌الاسلامی کندلوس<sup>۱</sup>، غلامرضا ایلاتی سراملوا<sup>۱</sup>، محمد کباری<sup>\*</sup>

۱ دانشکده عمران - دانشگاه علم و صنعت ایران

کد مقاله: ۱۰۱۲

---

### چکیده

در چهار دهه اخیر، کانتینر به عنوان جزء اساسی مفهوم بار واحد، اهمیت غیر قابل تردیدی در حمل و نقل کالاها در آب‌های بین‌المللی پیدا کرده است. با ادامه روند رو به رشد کانتینریزاسیون، شمار پایانه‌های کانتینری دریایی و رقابت میان آنها به طرز چشمگیری افزایش یافته و امروزه، عملیات پایانه بدون بهره‌گیری مؤثر و کارآمد از فن‌آوری اطلاعات و نیز روش‌های مناسب بهینه‌سازی (تحقیق در عملیات) متصور نیست. حسب ماهیت فعالیت‌های اقتصادی و تجاری بندر، تجهیزات و سیستم‌های بکار رفته در آن متفاوت خواهد بود. سطح توسعه یافتگی، توان عملیاتی، حجم تخلیه و بارگیری سالانه، ویژگی‌های اقتصادی و اجتماعی پس‌کرانه بندر، نوع سیستم حمل و نقل اینترمدال، نسبت واردات به صادرات، نوع کالاهای وارداتی و صادراتی، موقعیت جغرافیایی بندر، توانایی‌های بنادر رقیب منطقه‌ای، سطح هزینه‌های نیروی انسانی، ارزش زمین بندرگاه و چندین مؤلفه دیگر بر روی انتخاب بهینه تجهیزات هندلینگ مورد استفاده در پایانه‌های کانتینری مؤثر می‌باشد. در این مقاله، ما به بررسی ساختار پایانه‌های کانتینری و تشریح و طبقه‌بندی انواع تجهیزات بکار گرفته شده در آنها می‌پردازیم و مروری کلی بر آثار منتشر شده پیرامون این موضوع خواهیم داشت.

**کلمات کلیدی:** پایانه کانتینری، تجهیزات هندلینگ، لجستیک، برنامه‌ریزی، بهینه‌سازی

---

\* Corresponding author  
E-mail address: Ebarati@civileng.iust.ac.ir

## کلیات / دورنمای تاریخی

کانتینرها حدود پنج دهه پیش، برای حمل و نقل بین‌المللی کالاهای دریایی به بازار آمدند. کانتینرها به خوبی مورد پذیرش واقع شدند و با توجه به این حقیقت که آنها مبنایی برای مفهوم بار واحد هستند، همچنان در حال دستیابی به مقبولیت بیشتری می‌باشند. کانتینرها در واقع، جعبه‌های نسبتاً یک‌شکلی هستند که لازم نیست محتویات آنها در هر نقطه‌ی ترانسفر باز شود. آنها برای هندلینگ ساده و سریع کالاهای دریایی طراحی گشته‌اند. در کنار مزایایی که برای فرآیند تخلیه<sup>۱</sup> و بارگیری<sup>۲</sup> ایجاد می‌شود، استانداردهای جعبه‌های فلزی امتیازات متعددی را برای خریداران به ارمغان می‌آورد؛ محافظت در برابر دستبردهای کوچک و تغییرات جوی، و بهبود و ساده‌سازی فرآیند کنترل و زمان‌بندی، منجر به یک جریان فیزیکی سودده بار خواهد شد. در رابطه با عملیات‌های مذکور ما نیاز داریم که بین دو مفهوم تفاوت قائل شویم؛ گاهی به یک کانتینر (که در آن مفهوم یک جعبه به ذهن متبادر می‌شود) اشاره می‌شود و گاهی نوع کانتینر مطروحه مدنظر است. رایج‌ترین وجه تمایز، به یک کانتینر به اصطلاح استاندارد اشاره دارد که بیست فوت طول دارد، که نمونه‌ی یک کانتینر با طول کوتاه است. سایر کانتینرها بر حسب این کانتینرها اندازه‌گیری شده و در واحدهای معادل بیست فوتی (TEU) (برای مثال، کانتینرهای ۴۰ فوت و ۴۵ فوت بیانگر ۲ TEU هستند) بیان می‌شوند. خصوصیات اضافی دیگری از کانتینرها هر زمان اقتضا کند مشخص می‌گردد (برای مثال، وزن یا کلاس وزنی یک کانتینر، ضرورت هندلینگ ویژه برای کانتینرهای یخچالی یا کانتینرهای بزرگتر از ابعاد شناخته شده).

نخستین سرویس منظم کانتینری دریایی، حدود ۱۹۶۱ با یک سرویس کانتینری بین‌المللی میان سواحل شرقی ایالات متحده و نقاطی در دریایی کارائیب، آمریکای مرکزی و جنوبی آغاز گشت. پس از یک شروع آرام، با سرمایه‌گذاری گسترده در کشتی‌های با طراحی ویژه، انطباق پایانه‌های بنادر دریایی با تجهیزات مناسب، و در دسترس بودن (خرید یا اجاره) کانتینرها، گشایش بزرگی در این صنعت حاصل شد. سپس حجم گسترده تراباری<sup>۳</sup> کانتینر، کارآیی اقتصادی و سهم بازار به سرعت رو به رشد را در پی داشت. در این زمینه، تراباری به معنای انتقال یا تغییر از یک وسیله نقلیه به دیگری با یک انبارش محدود موقت بر روی محوطه انبار کانتینری<sup>۴</sup> می‌باشد.

امروزه بیش از ۶۰ درصد از کالاهای عمومی<sup>۵</sup> دریاهای عمیق جهان در کانتینرها حمل می‌شود، در حالی که برخی مسیرها، به ویژه میان کشورهای دارای اقتصاد قوی و پایدار، تا ۱۰۰ درصد کانتینریزه شده‌اند [۱، ۲].

1-Discharge

2-Loading

3-Transshipment

4-Container Yard

5-General Cargo

تحلیلی از بازار بین‌المللی کانتینریزاسیون نشان می‌دهد که در ۱۹۹۵، ۹٫۲ میلیون TEU در گردش بوده است. ناوگان کانتینری<sup>۱</sup>، ظرف مدت ده سال از ۴٫۹ میلیون TEU در ۱۹۸۵ دو برابر گشت [۳، ۴، ۵، ۶، ۷] با توجه به پیش‌بینی‌های مثبتی که از آتیه‌ی حمل و نقل کالاهای دریایی با کانتینر می‌شود، روند یکنواختی از توسعه در آینده مورد انتظار است [۸]. برای اطلاعات دقیق پیرامون گرایش‌های حمل و نقل دریایی جهانی، گزارش کنونی UNCTAD در بررسی حمل و نقل دریایی را ببینید (از طریق <http://www.unctad.org>)، برای مثال، [۹-۱۰]. فاکتورهای موفقیت برای رشد کشتیرانی کانتینری را می‌توان در [۸] یا [۱۱] یافت. یک دورنمای معارفه‌ای از حمل و نقل اینترمدال کالاهای دریایی و کانتینریزاسیون نیز در این مراجع موجود است [۱۲، ۱].

شمار فزاینده‌ی محموله‌های کانتینری، موجب تقاضای بیشتری بر روی پایانه‌های کانتینری دریایی، لجستیک کانتینر، مدیریت آن، و نیز بر روی تجهیزات فنی آن می‌گردد. رقابت رو به تزاید میان بنادر دریایی، به ویژه میان بنداری که از لحاظ جغرافیایی به یکدیگر نزدیک هستند، نتیجه این توسعه است. بنادر دریایی، اساساً بر سر سهم‌شان از مشتریان حمل و نقل اقیانوس‌ها، و عملگرهای دریاهای کوچک (تغذیه‌کننده‌ها) و نیز برای کشنده‌های زمینی و خدمات راه‌آهن رقابت دارند. رقابت‌پذیری یک بندر دریایی کانتینری با فاکتورهای موفقیت متفاوتی، به ویژه زمان در بندر برای کشتی‌ها (زمان تراباری) در ترکیب با نرخ‌های پایین بارگیری و تخلیه، مشخص می‌گردد [۱، ۲]. بنابراین، یک مزیت رقابتی قاطع، گردش سریع کانتینرها است که به کاهش زمان در بندر برای کشتی‌های کانتینری، و کاهش هزینه‌های خود فرآیند تراباری بستگی دارد. به عبارت دیگر می‌توان گفت که به عنوان یک قانون کلی، به حداقل‌رسانی زمانی که یک کشتی در پهلوگاه<sup>۲</sup> است، هدفی کلی در ارتباط با عملیات پایانه می‌باشد.

در اصطلاح عمومی، پایانه‌های کانتینری را می‌توان به صورت سیستم‌های باز جریان مواد، با دو وجه مشترک خارجی تشریح نمود. این وجوه مشترک عبارت‌اند از جانب اسکله<sup>۳</sup> با تخلیه و بارگیری کشتی‌ها، و جانب خشکی<sup>۴</sup> یعنی جایی که کانتینرها از/به کشنده‌ها و قطارها تخلیه و بارگیری می‌شوند. کانتینرها در موقعیت‌های چینش<sup>۵</sup>، انبار می‌شوند تا بتوان از این طریق تفکیک عملیات جانب اسکله و جانب خشکی را تسهیل نمود. یک شناور کانتینری پس از رسیدن به بندر، به یک پهلوگاه تخصیص داده می‌شود که این پهلوگاه خود به جرثقیل‌هایی برای تخلیه و بارگیری کانتینرها مجهز است. کانتینرهای وارداتی تخلیه شده، به موقعیت‌هایی در محوطه انبار منتقل می‌شوند که به جایی که در آینده از آنجا ترابار خواهند شد،

1-Container Fleet

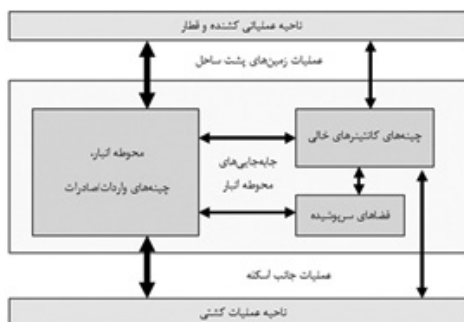
2-Berth

3-Quayside

4-Landside

5-Stacks

نزدیک باشد. کانتینرهایی که از طریق جاده یا راه‌آهن به پایانه می‌رسند، در نواحی عملیاتی کشنده‌ها یا قطارها هندل می‌گردند. آنها توسط تجهیزات داخلی بلند شده و در میان موقعیت‌های چینش مربوطه در محوطه انبار<sup>۱</sup> توزیع می‌گردند. اگر فضاهای سرپوشیده<sup>۲</sup> و یا باراندازهای کانتینرهای خالی<sup>۳</sup> در پایانه موجود باشد، جابجایی‌های اضافی نیز انجام می‌شوند؛ این جابجایی‌ها، حمل و نقل‌های انجام شونده بین موقعیت‌های چینش خالی، مرکز بسته‌بندی<sup>۴</sup>، و موقعیت‌های چینش کانتینرهای وارداتی و صادراتی را احاطه می‌کنند (شکل ۱).



شکل ۱. نواحی عملیاتی پایانه کانتینری بنادر دریایی و جریان انتقال.

باید اشاره کرد که از عملیات جانب اسکله یا تراباری کانتینر و نیز جابجایی‌های کانتینر به / از لنگرگاه<sup>۵</sup>، گاهی تحت عنوان فرآیند تراباری مجاور دریا<sup>۶</sup> یاد می‌گردد. متقابلاً می‌توان اصطلاحاتی چون فرآیندهای تراباری زمین‌های پشت ساحل<sup>۷</sup> و فرآیندهای تراباری جانب خشکی<sup>۸</sup> را نیز در ادبیات یافت. انواع مختلفی از کشتی‌ها می‌بایست در جانب اسکله خدمت‌رسانی گردند. مهم‌ترین آنها شناورهای آب‌های عمیق با ظرفیت بارگیری تا ۸۰۰۰ واحد کانتینر (TEU) هستند که بنادر عمده‌ی کشورها و قاره‌های مختلف را خدمت‌رسانی می‌کنند. چنین شناورهایی حدود ۳۲۰ متر طول، ۴۳ متر پهنا و ۱۳ متر آب‌خور دارند؛ کانتینرهای روی عرشه را می‌توان در ۸ لایه ارتفاعی و ۱۷ ردیف عرضی انباشت<sup>۹</sup>، و در انبار داخلی کشتی نیز در ۹ لایه ارتفاعی و ۱۵ ردیف عرضی انباشت صورت می‌گیرد. داده‌های کشتی مستلزم ابعاد متناسبی از ارتفاع جرف‌قیل و طول بازوی متحرک می‌باشند. بارگیری حدود ۲۰۰۰ عدد

1-Yard

2-Sheds

3-Empty Depots

4-Packing Center

5-Wharf

6-Waterside Transshipment Process

7-Hinterland Transshipment Processes

8-Landside Transshipment Processes

9-Stow

در بنادر بزرگ معمول است؛ در مورد تخلیه نیز همین رقم معتبر می‌باشد. شناورهای تغذیه کننده با ظرفیت ۱۰۰ تا ۱۲۰۰ TEU بنادر منطقه‌ای کوچک‌تر را به بنادر آن سوی آب‌ها که کانتینرها را به شناورهای آب‌های عمیق تحویل می‌دهند، متصل می‌سازند. دوبه‌های درون‌مرزی جهت انتقال کانتینرها به زمین‌های پشت ساحل، از طریق رودخانه‌ها و کانال‌ها به کار گرفته می‌شوند. از لحاظ وظیفه، دوبه‌ها وسایل حمل و نقل زمین‌های پشت ساحل هستند (مانند کشنده‌ها و قطارها)، اما از لحاظ عملکردی، آنها کشتی‌هایی هستند که توسط جرثقیل‌های اسکله خدمت‌رسانی می‌شوند.

کشنده‌ها ظرفیت حداکثر ۳ TEU را دارند. در پایانه‌های کانتینری آنها را به سوی نقاط ترانسفر که در آنجا تخلیه و بارگیری می‌شوند، هدایت می‌کنند. جهت خدمت‌رسانی به قطارها، ایستگاه‌های راه‌آهن با قطعات متعدد نیز می‌توانند بخشی از پایانه‌های کانتینری باشند. ظرفیت یک قطار حدود ۱۲۰ TEU است. قطارهای شاتل، که پایانه را به یک مقصد ویژه در زمین‌های پشت ساحل متصل می‌سازند، در اینجا اهمیت بیشتری می‌یابند. تفکیک مُد<sup>۱</sup> حمل و نقل زمینی برای بنادر مختلف جایگاه ویژه‌ای دارد، چرا که این مسأله بر روی طرح‌بندی پایانه<sup>۲</sup> و نوع تجهیزات آن تأثیر مستقیم می‌گذارد. آمارهای مربوط به هامبورگ، روتردام، هنگ‌کنگ و سنگاپور این نکته را به طور واضحی تبیین می‌کنند. برای مثال، هامبورگ: حدود ۴۷ درصد کشنده، ۳۵ درصد تغذیه‌کننده، ۱۸ درصد راه‌آهن؛ روتردام: حدود ۵۰ درصد کشنده، ۴۰ درصد تغذیه‌کننده، ۱۰ درصد راه‌آهن؛ هنگ‌کنگ: بیش از ۹۰ درصد کشنده، کمتر از ۱۰ درصد تغذیه‌کننده، بدون راه‌آهن؛ سنگاپور: ۲۰ درصد کشنده، ۸۰ درصد تغذیه‌کننده، بدون راه‌آهن.

ناحیه انبارش کانتینر معمولاً به نواحی چینش متفاوتی (بلوک‌ها) تقسیم می‌شود، که آنها خود از ردیف‌ها<sup>۳</sup> دهانه‌ها<sup>۴</sup> و لایه‌ها<sup>۵</sup> تشکیل می‌یابند. برخی نواحی چینش، برای کانتینرهای ویژه‌ای مانند کانتینرهای یخچالی<sup>۶</sup> که نیاز به اتصال الکتریکی دارند، کالاهای خطرناک<sup>۷</sup>، یا کانتینرهای دارای ارتفاع یا عرض بیش از حد<sup>۸</sup> که امکان چینش عادی را ندارند، رزرو می‌گردد. در اغلب موارد، نواحی چینش به نواحی برای کانتینرهای صادراتی، وارداتی، ویژه، و خالی تفکیک می‌گردد.

علاوه بر این وظایف عمومی، برخی پایانه‌ها در واحدهای عملکردی‌شان نیز متفاوت هستند. برای مثال، اگر درون پایانه، ایستگاه راه‌آهن وجود نداشته باشد، می‌بایست کانتینرها را با کشنده‌ها یا سایر وسایل حمل

---

1- Modal Split  
 2-Terminal's Layout  
 3-Row  
 4-Bay  
 5-Tier  
 6-Reefer  
 7-Dangerous Goods  
 8-Overheight/Overwidth

و نقل زمینی بین ایستگاه بیرونی و پایانه حمل نمود. این امر به تقاضای لجستیک اضافی منجر می‌گردد. اگر در ناحیه پایانه، فضاهای سرپوشیده موجود باشند، تفاوت‌های دیگری نیز رخ می‌دهد. در این فضاهای سرپوشیده کانتینرها پر<sup>۱</sup> و خالی<sup>۲</sup> شده، و کالاها انبار می‌گردند. جابجایی‌های اضافی نیز باید جهت اتصال موقعیت‌های چینش در محوطه انبار با این فضاهای سرپوشیده انجام شوند. مشابه همین مسأله در مورد باراندازهای خالی، یعنی جایی که کانتینرهای خالی حسب نیاز خطوط کشتیرانی انبار می‌شوند، وجود دارد.

### تجهیزات هندلینگ

معمولاً پایانه‌های کانتینری با تجهیزات و تسهیلات چینش موجود در آنها معرفی و توصیف می‌شوند. از نقطه نظر لجستیکی، به هر حال، پایانه‌ها تنها از دو جزء تشکیل شده‌اند: ذخیره‌گاه‌ها<sup>۳</sup> و وسایل نقلیه ترابری. موقعیت‌های چینش در محوطه انبار، کشتی‌ها، قطارها، و کشنده‌ها در زمره‌ی ذخیره‌گاه قرار می‌گیرند. ذخیره‌گاه‌ها از نقطه نظر استاتیکی، با قابلیت‌شان در انبارش کانتینرها تعریف می‌شوند، در حالی که از نقطه نظر دینامیکی، یک دستورالعمل انباشت<sup>۴</sup> (یا بارگیری) قواعدی را تعیین می‌کند که کانتینرها چگونه و کجا باید انبار شوند. تفاوت اصولی و عمده‌ای بین این انواع مختلف ذخیره‌گاه‌ها وجود ندارد، تفاوت تنها در ظرفیت و پیچیدگی است. مسیریابی یا برنامه‌ریزی زمانی کشتی‌ها، قطارها و کشنده‌ها بخشی از عملیات پایانه کانتینری نیست. بنابراین آنها را می‌توان از نقطه نظر استاتیکی، مؤلفه‌های مستقل انبارش به حساب آورد. در حالی که دستورالعمل انباشت در تمامی موارد حتی در مورد کشنده‌ها نیز وجود دارد، دست کم در آنجا که موقعیت کانتینرهایی که باید بر روی کشنده بارگیری شوند، مشخص می‌گردد. اما در مورد انباشت‌های ویژه، کشتی‌ها و قطارها نیاز به دستورالعملی دارند که موقعیت هر کانتینر را معین کند. ادوات حمل و نقلی، کانتینرها را در دو یا سه بعد انتقال می‌دهند. جرثقیل‌ها و وسایل نقلیه جهت حمل و نقل افقی در این زمره قرار می‌گیرند. خصوصیات لجستیکی آنها چنان است که کار حمل و نقل، می‌بایست ابتدا به ادوات حمل و نقل تخصیص یابد و سپس مراحل کارها باید اجرا گردد. محاسبات مراحل برای ادوات حمل و نقلی، از نوعی به نوع دیگر متفاوت است و با ذخیره‌گاه‌هایی که پیشتر طبقه‌بندی شدند، اختلاف اساسی دارد. ما در جستجوی این مسائل نیستیم، اما در عوض تمرکز بر روی خصوصیات هر جزء و تجهیزات به کار رفته در پایانه‌های کانتینری به مجموعه‌ای از رویکردهای تحقیق در عملیات و راه‌حل‌ها منجر می‌شود.

1- Stuff

2- Strip

3- Stock

4- Stowage Instruction

## انواع جرثقیل

انواع مختلفی از جرثقیل‌ها در پایانه‌های کانتینری استفاده می‌شوند. جرثقیل‌های اسکله‌ای (یا دروازه‌ای)<sup>۱</sup> (شکل ۲) جهت تخلیه و بارگیری کشتی‌ها نقش ایفا می‌کنند. میان دو نوع از جرثقیل‌های اسکله‌ای می‌توان تمایز قائل شد: جرثقیل‌های تک‌واگن<sup>۲</sup> و جرثقیل‌های دو واگن<sup>۳</sup>. واگن‌ها در طول بازوی جرثقیل حرکت کرده و مجهز به گسترش‌گرهایی<sup>۴</sup> هستند که وسایل ویژه‌ای برای برداشتن<sup>۵</sup> کانتینرها می‌باشند. گسترش‌گرهای مدرن، امکان جابجایی هم‌زمان دو کانتینر ۲۰ فوتی را میسر می‌سازند (مد بالابری دوگانه<sup>۶</sup>). در اکثر موارد، جرثقیل‌های تک‌واگن برای پایانه‌های کانتینری توصیه می‌شوند. آنها کانتینرها را از کشتی به ساحل جابجا نموده و سپس بر روی اسکله و یا بر روی یک وسیله نقلیه قرار می‌دهند (و نیز برعکس همین فرآیند جهت چرخه بارگیری). جرثقیل‌های تک‌واگن توسط انسان هدایت می‌شوند. جرثقیل‌های دو واگن نشانگر توسعه جدیدی هستند که تنها در تعداد معدودی از پایانه‌ها استفاده می‌شوند. واگن اصلی کانتینر را از کشتی به جایگاهی جابجا می‌کند و سپس واگن دوم کانتینر را از آن جایگاه برداشته و به ساحل منتقل می‌نماید. واگن اصلی توسط انسان هدایت می‌گردد، ولی واگن دوم اتوماتیک است. در جرثقیل‌های مدرن، شخص هدایت‌گر جرثقیل توسط یک سیستم هدایتی نیمه‌اتوماتیک پشتیبانی می‌شود؛ این مورد هم در جرثقیل‌های تک‌واگن و هم در جرثقیل‌های دو واگن وجود دارد.

بالاترین سطح عملکرد جرثقیل‌های اسکله‌ای، به نوع جرثقیل بستگی دارد. عملکرد فنی جرثقیل‌ها در دامنه‌ی ۵۰ تا ۶۰ کانتینر بر ساعت است، در حالی که حین عملیات، عملکرد آنها در دامنه‌ی ۲۲ تا ۳۰ کانتینر بر ساعت می‌باشد.

طبقه‌بندی دوم جرثقیل‌ها، مرتبط با موقعیت‌های چینش است. در این زمینه سه نوع جرثقیل وجود دارد،

---

1-The Quay (or Gantry) Cranes  
2-Single-Trolley  
3-Dual-Trolley  
4-Spreaders  
5-Pick Up  
6-Twin-Lift Mode



شکل ۲. جرثقیل اسکله‌ای (در اینجا: جرثقیل‌های دو واگن).

جرثقیل‌های دروازه‌ای سوار بر ریل<sup>۱</sup> (RMG)، جرثقیل‌های دروازه‌ای چرخ لاستیکی<sup>۲</sup> (RTG) و جرثقیل‌های پل بالاسری<sup>۳</sup> (OBC). جرثقیل‌های دروازه‌ای چرخ لاستیکی در حین عملیات انعطاف‌پذیرتر هستند، در حالی که جرثقیل‌های دروازه‌ای سوار بر ریل پایدارتر و صلب‌تر بوده و جرثقیل‌های پل بالاسری بر روی پایه‌های بتنی یا فولادی نصب می‌گردند. اغلب جرثقیل‌های دروازه‌ای دارای دهانه به عرض ۸ تا ۱۲ ردیف هستند و امکان چینش ۴ تا ۱۰ لایه ارتفاعی کانتینرها را فراهم می‌کنند. جهت اجتناب از انقطاع عملکردی ناشی از اشکالات فنی و جهت افزایش بهره‌وری و اطمینان‌پذیری، اغلب از دو RMG بر روی یک ناحیه چینش (بلوک) استفاده می‌شود. کانتینرها باید از یک سمت بلوک به سمت دیگر منتقل شوند و سپس در ناحیه‌ی انتقالی بلوک، نگهداری تعلیقی گردند. سیستم‌های RMG دوگانه، پیشرفت جدیدی را نشان می‌دهند. آنها شامل دو RMG با عرض و ارتفاع متفاوت هستند که قابلیت عبور از خلال یکدیگر را دارند و ازین‌رو از ایجاد ناحیه‌ی مواجهه<sup>۴</sup> جلوگیری می‌کنند (شکل ۳). این امر تا حدی موجب افزایش بهره‌وری سیستم می‌شود. اگرچه اغلب جرثقیل‌های دروازه‌ای توسط انسان هدایت می‌شوند، گرایش کنونی به سمت جرثقیل‌های دروازه‌ای اتوماتیک بدون راننده است که هم‌اکنون در برخی پایانه‌ها استفاده می‌گردند (برای مثال، تمزپورت، روتردام، هامبورگ). عملکرد فنی جرثقیل‌های دروازه‌ای حدود ۲۰ جابجایی بر ساعت است.

جرثقیل‌های مشابهی جهت تخلیه و بارگیری قطارها به کار می‌روند. دهانه آنها چندین خط آهن را در بر

1-Rail Mounted Gantry Crane  
2-Rubber Tired Gantry Crane  
3-Over-Head Bridge Crane  
4-Handshake Area





شکل ۳. جرثقیل موقعیت‌های چینش (در اینجا: RMG دوگانه).

می‌گیرد (حدود ۶ مسیر). کانتینرهایی که باید از / به قطارها منتقل شوند در یک ناحیه نگهداری تعلیقی در کنار طول مسیرها پیش‌انباشت<sup>۱</sup> می‌گردند. فورک‌لیفت‌ها<sup>۲</sup> (بالابرها چنگالی) و ریچ‌استاکرها<sup>۳</sup> جهت جابجایی و چینش کانتینرهای سبک - به ویژه کانتینرهای خالی - استفاده می‌شوند.

### وسایل حمل و نقل افقی

مجموعه‌ای از وسایل نقلیه جهت حمل و نقل افقی، از کشتی به ساحل و یا در عملیات زمینی به خدمت گرفته می‌شوند. وسایل نقلیه ترابری را می‌توان به دو نوع مختلف طبقه‌بندی نمود. وسایل کلاس نخست، تا حدی منفعل هستند که قابلیت بلند کردن کانتینرها را به تنهایی ندارند. تخلیه و بارگیری این وسایل نقلیه توسط جرثقیل‌های اسکله یا جرثقیل‌های دروازه‌ای انجام می‌شود. کشنده‌های دارای تریلر<sup>۴</sup>، مالتی‌تریلر<sup>۵</sup> و وسایل نقلیه با هدایت اتوماتیک (AGV<sup>۶</sup>، شکل ۴) در این کلاس قرار می‌گیرند. AGV ها دستگاه‌های خودکاری هستند که قابلیت حرکت بر روی شبکه‌ای از مسیرها را دارند. این شبکه شامل سیم‌های الکتریکی یا ترانسپوندرهایی<sup>۷</sup> (دستگاه‌های خودکار فرستنده و گیرنده) در زمین است که موقعیت AGV ها را کنترل می‌کنند. AGV ها توانایی بارگیری یک کانتینر ۴۰ تا ۴۵ فوتی یا دو کانتینر ۲۰ فوتی را دارند که در مورد اخیر، عملیات بارگیری چندگانه امکان‌پذیر است. از آنجا که سیستم‌های AGV نیازمند سرمایه‌گذاری کلان هستند، تنها در مواردی که هزینه نیروی انسانی بالا باشد به کار گرفته می‌شوند؛ آنها هم‌اکنون در ECT / روتردام و HHLA / هامبورگ در ترکیب با

- 1-Pre-Stow
- 2-Fork Lifts
- 3-Reach Stackers
- 4-Trailer
- 5-Multi-Trailer
- 6-Automatic Guided Vehicles
- 7-Transponder

جرثقیل‌های دروازه‌ای اتوماتیک در حال بهره‌برداری هستند.



شکل ۴. AGV (در مقابل جرثقیل اسکله).

وسایل نقلیه کلاس دوم، به تنهایی قابلیت بالا بردن کانتینرها را نیز دارا می‌باشند. استرادال کریرها<sup>۱</sup> (شکل ۵) (حمل‌کننده‌های میانگاهی)، فورک‌لیفت‌ها، و ریچ‌استاکرها در این کلاس طبقه‌بندی می‌شوند. استرادال کریرها (SC) مهمترین مورد از این وسایل نقلیه هستند. آنها نه تنها کانتینرها را جابجا می‌کنند، بلکه توانایی چینش آنها در محوطه انبار را نیز دارند. بنابراین، آنها را می‌توان به عنوان جرثقیل‌های بدون قید و بند محدوده‌ای دانست، که مستقل از موقعیت کانتینرها در محوطه انبار، توانایی دستیابی آزادانه به آنها را دارند. گسترش‌گرهای استرادال کریر امکان حمل و نقل کانتینرهای ۲۰ و ۴۰ فوتی را میسر می‌سازد؛ مُد دوگانه جهت انتقال / چینش هم‌زمان دو کانتینر ۲۰ فوتی نیز مقدور است. سیستم‌های استرادال کریر، به دلیل خصوصیات آن بسیار انعطاف‌پذیر و پویا می‌باشد. استرادال کریرها گوناگونی فراوانی دارند. معمولاً توسط انسان هدایت می‌شوند و قابلیت چینش کانتینرها تا ارتفاع ۳ یا ۴ را دارا می‌باشند، یعنی می‌توانند یک کانتینر را، به ترتیب، بر روی ۲ یا ۳ کانتینر دیگر قرار دهند.

در خلال سال‌های اخیر، پیشرفت‌هایی در توسعه استرادال کریرهای اتوماتیک برداشته شد. اخیراً، یک سیستم اتوماتیک استرادال کریر، در پایانه‌ی پاتریک در بریسمین استرالیا تولید شده است. در استرادال کریرهای دارای ارتفاع ۴، از یک سیستم یکپارچه‌ی GPS دیفرانسیلی<sup>۲</sup> و دِد رکنینگ<sup>۳</sup> (فرآیند محاسبه موقعیت، به ویژه در دریا، با برآورد جهت و مسافت پیموده شده) برای تعیین مسیر و موقعیت دقیق استفاده می‌گردد. در کنار این انواع دارای ارتفاع نرمال، استرادال کریرهای دارای ارتفاع کمتر (ارتفاع ۱

1-Straddle Carriers  
2-Differential GPS  
3-Dead-Reckoning



شکل ۵. استرادال کریر.

یا ۲) نیز در حال توسعه هستند. به دلیل محدودیت ارتفاع، از آنها جهت چینش نمی‌توان بهره گرفت و تنها برای اهداف حمل و نقلی مناسب می‌باشند. قابلیت بالا بردن کانتینرها، امکان تجزیه کردن جریان کار حمل و نقل و فعالیت‌های جرثقیل، با استفاده از نگهداری تعلیقی در وجوه اشتراک مربوطه میسر می‌گردد. به دلیل همین قابلیت بالا بردن کانتینرها، استرادال کریرهای اتوماتیک اغلب وسایل نقلیه بالابر اتوماتیک<sup>۱</sup> (ALV) نامیده می‌شوند.

### سیستم‌های دستیاری

در کنار جرثقیل‌ها و وسایل نقلیه ترابری، سیستم‌های دستیاری<sup>۲</sup> نقش برجسته‌ای در سازماندهی و بهینه‌سازی جریان کار در پایانه‌های کانتینری دارند. این مسأله بیشتر در مورد ارتباطات و سیستم‌های مکان‌یابی<sup>۳</sup> اعتبار دارد.

متصدیان پایانه‌های کانتینری، از ارتباطات بسیار گسترده‌ای با بخش‌های بیرونی مانند خطوط کشتیرانی، کارگزارها، فرستنده‌ها، شرکت‌های کاشنده و قطار، مراجع حاکمیتی مانند دفتر گمرک، پلیس راه‌آب‌ها و دیگران، پشتیبانی به عمل می‌آورند. ارتباطات الکترونیکی بر مبنای استانداردهای بین‌المللی است (ادی فکت<sup>۴</sup>)؛ تبادل داده‌های الکترونیکی برای مدیریت، تجارت و حمل و نقل). هر تغییری در وضعیت کانتینر بین بخش‌های مرتبط مخابره می‌شود. از نقطه نظر اپراتور پایانه مهترین پیام‌ها عبارت‌اند از: لیست‌های بارگیری و تخلیه کانتینر که مشخص می‌کند کدام کانتینرها به / از یک کشتی با داده‌های ویژه بارگیری یا تخلیه

1-Automated Lifting Vehicles

2-Assisting Systems

3-Positioning Systems

4-Electronic Data Interchange For Administration, Commerce and Transport (EDIFACT)

شود؛ طرح دهانه<sup>۱</sup> که شامل تمامی کانتینرهای یک کشتی با اطلاعات و موقعیت دقیق آن درون کشتی است (که پیش از رسیدن به بندر مخابره می‌شود)؛ دستورالعمل انباشت<sup>۲</sup> که موقعیت‌های قرار دادن کانتینرهای صادراتی درون یک کشتی را تشریح می‌کند و مبنایی برای طرح انباشت پایانه است؛ پیش‌ابلاغیه‌های تحویل کانتینر توسط قطار یا کشنده، و برنامه‌ریزی زمانی و دستورالعمل بارگیری قطارها، و بسیاری موارد دیگر. اگرچه تنها برخی از این پیام‌ها - به ویژه دستورالعمل انباشت برای کشتی‌ها و قطارها - مستقیماً با فعالیت‌های عملیاتی پایانه تداخل دارند، اما باز هم به دلیل کمک آنها به تکمیل و تصحیح داده‌های کانتینر که جهت بهینه‌سازی جریان کار ضروری هستند، داشتن این اطلاعات اهمیت فراوانی دارد.

در کنار ارتباطات با شرکای خارجی، سیستم‌های ارتباطات داخلی نیز نقش عمده‌ای در بهینه‌سازی عملیات پایانه دارند. ارتباطات داده‌های رادیویی، که از اواسط دهه ۱۹۸۰ در پایانه‌های کانتینری نصب گردید، واسطه اصلی در مخابره اطلاعات کاری از کامپیوتر به جرثقیل‌ها و وسایل نقلیه ترابری است و در این رابطه نقشی کلیدی ایفا می‌کند. ارتباطات داده‌های رادیویی مبنای فنی پیاده‌سازی روش‌های تحقیق در عملیات برای بهینه کردن ترتیب کارها بود.

از اواسط دهه ۱۹۹۰ سیستم‌های مکان‌یابی جهانی<sup>۳</sup> (GPS) در پایانه‌های کانتینری نصب گردید. در ابتدا از این سیستم جهت شناسایی اتوماتیک موقعیت کانتینرها در محوطه انبار استفاده می‌شد تا تضمین گردد که موقعیت محوطه انبار در سیستم کامپیوتری پایانه دقیق است. به دلیل ابعاد کانتینرها و طرح‌بندی محوطه انبار، GPS دیفرانسیلی (DGPS<sup>۴</sup>) ضرورت یافت. اجزاء DGPS نه بر روی کانتینرها، که بر روی تجهیزات حمل و نقل و چینش نصب می‌گردد. هر زمان که کانتینری برداشته یا گذاشته می‌شود، موقعیت اندازه‌گیری شده، به مختصات محوطه انبار تبدیل گشته و به کامپیوتر مخابره می‌گردد. میان جایگزین‌های عمده DGPS، می‌توان از سیستم‌های اپتیکال<sup>۵</sup>، به ویژه رادار لیزری<sup>۶</sup> نام برد. جهت تضمین اطمینان‌پذیری بالاتر، گاهی هر دوی این سیستم‌ها یکپارچه‌سازی می‌شوند. سیستم‌های مکان‌یابی کانتینر مانند DGPS، در رکنینگ یا رادار لیزری، بنیان زیرساخت‌های فنی برای بهبود لجستیک چینش و محوطه انبار می‌باشند. ترانسپوندر و مدارهای الکتریکی جهت مسيردهی جرثقیل‌های دروازه‌ای و وسایل نقلیه اتوماتیک مثل AGV ها به کار می‌روند، در حالی که DGPS برای هدایت استرادال‌کریرهای اتوماتیک و سایر تجهیزات استفاده می‌شود.

1- BayPlan

2- Stowage Instruction

3- Global Positioning System

4- Differential GPS

5- Optical Based Systems

6- Laser Radar

## بررسی نوشتجات پیرامون انواع تجهیزات هندلینگ

اطلاعات کلی درباره تجهیزات فنی پایانه‌های کانتینری را می‌توان در ژورنال‌های مهندسی و نیز در منابع تخصصی پیدا کرد (برای مثال، ببینید، <http://www.porttechnology.org>). برای انواع مختلف جرثقیل‌ها و کاربرد آنها می‌توانید برای مثال [۱۳، ۱۴] را ببینید. مباحث مربوط به وسایل نقلیه یا نصب جرثقیل نیز در [۱۲، ۱، ۱۴] تشریح شده‌اند. نگاهی فراگیرتر به وسایل نقلیه ترابری یا جرثقیل‌های دروازه‌ای، برای مثال توسط [۱۲، ۱، ۱۵] ارائه شده است. برای داشتن یک بررسی دقیق از وضعیت کنونی جدیدترین فن‌آوری‌های هندلینگ عملیات پایانه - مانند سیستم‌های اتوماتیک انبارش و بازیابی<sup>۱</sup> (AS/RS) یا AGVها - برای مثال می‌توانید [۱۶، ۱۷، ۱۸] را نگاه کنید. استفاده از DGPS در یک پایانه کانتینری در [۱۹] گزارش شده است. تجهیزات هندلینگ تعبیه شده در پایانه کانتینری در [۲۰] مورد ملاحظه قرار گرفته است.

مقایسه‌ای جالب میان انواع مختلف پایانه‌های کانتینری بر حسب انواع تجهیزات ویژه‌شان در [۲۱] ارائه شده است. نویسندگان، بهره‌وری جانب آب<sup>۲</sup> را در سناریوهای مختلف برای SCهای با عملیات دستی، AGVها و ALVها در یک سیستم مستقر با جرثقیل‌های چینش محوطه انبار مقایسه کردند. به علاوه آنها برآوردی از هزینه‌ها بر مبنای مطالعات شبیه‌سازی تهیه نمودند.

بررسی جامعی از تحقیقات انجام شده بر روی پتانسیل یک رویکرد یکپارچه با استفاده از AS/RS و یک سیستم AGV در [۲۲، ۲۳، ۲۴] داده شده است. تغییرات به ازاء تجهیزات فنی متفاوت - که در حوزه پایانه‌های کانتینری تازگی دارد - مختصراً مورد بحث قرار گرفته‌اند. از طریق آزمایشات شبیه‌سازی، کارآیی چنین سیستم‌هایی با عملکرد سیستم‌های مرسوم کنونی مقایسه گردید. برای مثال، یک راهکار «شبکه روی ریل»<sup>۳</sup> پیشنهاد گردید: بلوک‌های کانتینری مرسوم، توسط یک شبکه چهارخانه بالاسری<sup>۴</sup> از ریل‌ها و ناوگانی از جرثقیل‌های دارای مسیر مشخص که بر روی آن حرکت می‌کنند، خدمت‌دهی می‌شود. نتایج این ایده، بهره‌برداری بهتر از فضاها با داشتن محوطه انبار متراکم‌تر بدون نیاز به مسیرهای بین بلوک‌ها و عملیات سریع‌تر انبارش / بازیابی نسبت به رویکردهای مرسوم با جرثقیل‌های دروازه‌ای یا استرادال‌گیرها می‌باشد. یک طرح آزمایشی در هنگ‌کنگ مستقر شده است.

جزئیاتی پیرامون سیستم‌های دستیاری (بدون هیچ عاملیتی در برنامه‌ریزی) را می‌توان، برای مثال، بر روی صفحات وب‌سایت شرکت‌های خدماتی یافت. همچنین همین مراجع، حاوی هندبوک‌های دقیقی از

1-Automated Storage and Retrieval Systems

2-Waterside Productivity

3-Grid on Rail" Concept

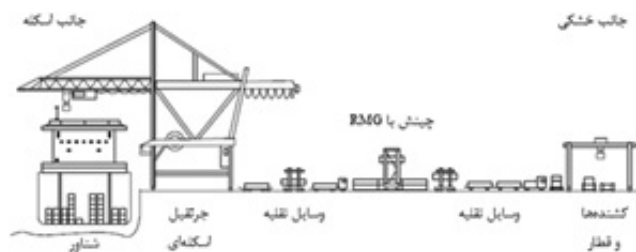
4-Overhead Grid Network

تبادل داده‌های الکترونیکی (EDI و EDIFACT) یا نکاتی پیرامون قراردادهای مقاطعه‌ای می‌باشند (برای مثال، <http://www.dakosy.de> و [۲۵] را ببینید).

### سیستم‌های پایانه کانتینری

حسب نوع تجهیزات هندلینگ که جهت تشکیل سیستم پایانه ترکیب گشته‌اند، تنوع گسترده‌ای از پایانه‌های کانتینری وجود دارد. تمامی پایانه‌ها از جرثقیل‌های دروازه‌ای، خواه تک‌واگن یا دو واگن، خواه دستی یا نیمه‌اتوماتیک استفاده می‌کنند. حمل و نقل بین اسکله و موقعیت‌های چینش، می‌تواند توسط کشنده‌های دارای تریلر، مالتی‌تریلر، AGVها یا استرادل‌کریرها انجام شود. این وسایل نقلیه همچنین می‌توانند در عملیات جانب خشکی به کار روند - به استثناء AGVها که امروزه منحصراً در اختیار عملیات جانب اسکله قرار دارند. چینش کانتینرها نیز می‌تواند توسط جرثقیل‌های دروازه‌ای یا استرادل‌کریرها انجام شود.

علی‌رغم تنوع ترکیب‌های تجهیزات، دو طبقه اصلی از پایانه‌ها را می‌توان متمایز دانست: سیستم‌های استرادل‌کریر خالص و سیستم‌هایی که از جرثقیل‌های دروازه‌ای جهت انبارش بهره می‌برند. پایانه‌های دارای جرثقیل دروازه‌ای برای انبارش کانتینرها ممکن است هر کدام از انواع وسایل نقلیه ذکر شده را به کار بگیرند. حتی سیستم‌های مختلط وسایل نقلیه ترابری نیز متصور است؛ برای مثال، استفاده از مالتی‌تریلرها برای عملیات جانب اسکله و استرادل‌کریرها برای عملیات جانب خشکی. پایانه‌های AGV تاکنون تنها در ترکیب با جرثقیل‌های دروازه‌ای اتوماتیک وجود دارند. قطارها به طور معمول، حتی در پایانه‌های دارای استرادل‌کریر نیز، توسط جرثقیل‌های دروازه‌ای تخلیه و بارگیری می‌شوند، اگرچه در برخی موارد از استرادل‌کریرها هم برای این منظور استفاده می‌گردد (شکل ۶ را ببینید).



شکل ۶. سیستم پایانه کانتینری (نمای شماتیک جانبی، با ابعاد غیر متناسب).

تصمیم اینکه از کدام نوع تجهیزات در یک پایانه کانتینری استفاده شود، به فاکتورهای متعددی وابسته است. محدودیت فضا، دلایل اقتصادی و تاریخی نقش مهمی ایفا می‌کنند. یک فاکتور اساسی، ابعاد

فضایی است که می‌تواند برای پایانه استفاده شود. اگر از نظر فضای موجود در تنگنا باشیم، جرثقیل‌های دروازه‌ای برای انبارش کانتینرها ارجحیت دارند. در مواردی چون هزینه بالای نیروی انسانی و یا ساخت پایانه‌های جدید، تصمیم به استفاده از AGV ها و جرثقیل‌های دروازه‌ای اتوماتیک متصور است. جهت ارتقاء یا مدرنیزاسیون پایانه‌های کانتینری، می‌بایست دلایل تاریخی و فرهنگی لحاظ گردند. با تبدیل فضا به یک منبع کمیاب، گرایشی به سوی انبارش در ارتفاع پیش‌بینی می‌گردد. در کنار دو طبقه اصلی مذکور، که در اروپا و آسیا رواج دارند، یک نوع سوم، که در آمریکای شمالی کاملاً رایج است، یک سیستم بر روی شاسی<sup>۱</sup> است، که در آن کانتینرها به جای آنکه بر روی یکدیگر انبار شوند، بر روی شاسی انبار می‌گردند. این سیستم بی‌نیاز از جرثقیل‌های چینش ویژه است، لجستیک چینش ساده‌تری دارد و نیازمند فضای بیشتری است. البته نمود لجستیک آن، توسط دو سیستم دیگر پوشیده شده است.

### بررسی نوشتجات پیرامون سیستم‌های پایانه کانتینری

عملیات پایانه کانتینری روز به روز اهمیت بیشتری می‌یابد. از این رو، تعداد زیادی نشریه فعال در زمینه پایانه کانتینری، در عرصه مطبوعات ظاهر گردیده‌اند که برخی از آنها با توجه به نگاه تیزبینانه‌شان، سزاوار اشاره ویژه می‌باشند.

مسائل تصمیم‌گیری در پایانه‌های کانتینری به طرز جامعی توسط ویس و دی‌کستر [۲۶] تشریح گردیده‌اند. بررسی کلی نوشتجات مرتبط با انواع مسائلی نظیر رسیدن کشتی، تخلیه و بارگیری کشتی، انتقال کانتینرها از / به کشتی به / از موقعیت‌های چینش، چینش کانتینرها، حمل و نقل بین پایانه‌ای و پایانه‌های کامل ارائه گشته است.

کوزان [۲۷] فاکتورهای عمده برای کارآیی ترانسفر پایانه‌های کانتینری مالتی‌مدال<sup>۲</sup> را به بحث گذاشت. یک مدل شبکه‌ای که نمایانگر ساختار لجستیکی یک پایانه و جریان گردش کانتینرها است، معرفی شد. هدف این مدل، به حداقل رساندن زمان کلی عبوردهی<sup>۳</sup> به عنوان مجموع زمان‌های هندلینگ و حرکت کانتینرها است. کار جدیدتر همان نویسنده [۲۸] است.

میرزمنز و دکر [۲۹] بررسی جامعی از کاربرد روش‌ها و مدل‌های تحقیق در عملیات، در زمینه طراحی و بهره‌برداری پایانه‌های کانتینری، با مسائل تصمیم‌گیری آن در سطوح استراتژیک، تاکتیکی و عملیاتی را ارائه داد.

فانگ [۳۰] یک "پمدل تصحیح خطای انحصاری سه جانبه"<sup>۴</sup> جهت پیش‌بینی تقاضای خدمات هندلینگ

1-On-Chassis System

2-Multimodal

3-Total Throughput Time

4-Three-Player Oligopoly Error-Correction Model

کانتینر در هنگ کنگ ارائه داد. با توجه به تقاضای رو به رشد و ضرورت توان عملیاتی<sup>۱</sup> بالاتر، ساختار نوینی برای پایانه‌های جدید پیشنهاد گردید.

مورتی و دیگران [۳۱] مسائل و تصمیم‌گیری‌های پیچیده وابسته به یکدیگر را، که روزانه در خلال عملیات پایانه کانتینری رخ می‌دهند، تشریح نمودند. آنها بر روی ابزارهای پشتیبانی تصمیم<sup>۲</sup> کار کرده و الگوریتم‌ها و مدل‌های ریاضیاتی را به بحث گذاشتند.

استینکن [۱۳] شرح جامعی از سیستم‌های بهینه‌سازی و لجستیک در پایانه‌های کانتینری - که در مثال بورچاردکای (هامبورگ) نشان داده شده است - ارائه نمود.

برای کارهای اخیر انجام شده بر روی موضوع تصمیم‌گیری‌های تخصیص پهلوگاه<sup>۳</sup> و سرمایه‌گذاری پهلوگاه [۳۲] را ببینید. بحثی کلی پیرامون اهداف مختلف مرتبط با بهره‌وری در پایانه‌های تراباری را می‌توان، برای مثال، در [۳۳، ۳۴] یافت. کارهای دیگری که توصیف کلی‌تر یا جزئی‌تری از پایانه‌های کانتینری ارائه می‌کنند، برای مثال، [۳۵، ۳۶] هستند. در [۳۵] نویسندگان، پایانه کانتینری را به عنوان یک سیستم تولیدی که به صورت شبکه‌ای از جایگاه‌ها و زیرساخت‌های پیچیده نشان داده شده است، در نظر گرفتند. ایده ظرفیت جایگاه جهت بیان نمود عملکردی پایانه کانتینری در یک مدل ریاضی برای برنامه‌ریزی تاکتیکی به کار رفت. مسأله، تخصیص منابع به هر جایگاه با هدف به حداقل رسانی تأخیر کل بر روی کلیت شبکه و افق زمانی است.

کنینگز [۳۷] برآوردی از امکانات موجود جهت راهکار حمل و نقل اینترمدال با کیفیت بالا ارائه نمود. شرایطی برای نیل به بهترین سطوح توسعه در مراکزی که فرآیندهای تراباری، انبارش، جمع‌آوری و توزیع کالاها را یکپارچه می‌سازند، طرح‌ریزی شد. سیستم حمل و نقل داخلی به عنوان عنصر کلیدی شناسایی گشت. موضوع با جزئیات کامل برای بندر روتردام مطرح گردید.

نم و ها [۳۸] نمود اتخاذ فن‌آوری‌های پیشرفته‌ای مانند سیستم‌های برنامه‌ریزی هوشمند، سیستم‌های عملیاتی و سیستم‌های اتوماتیک هندلینگ برای پایانه کانتینری را مورد تحقیق و بررسی قرار دادند. آنها مجموعه‌ای از معیارها را برای ارزیابی سیستم‌های متفاوت هندلینگ تنظیم نموده و بر روی مواردی در کره پیاده‌سازی نمودند. نتایج نشان داد که اتوماسیون همیشه عملکردی بهتر را تضمین نمی‌کند (برای مثال، بهره‌وری بالاتر) - بلکه این امر به خصوصیات پایانه مانند هزینه‌های نیروی انسانی وابسته است. چهار نوع متفاوت پایانه‌های اتوماتیک کانتینری، در یک مدل شبیه‌سازی با ملاحظات هزینه‌ای بسیار دقیق، توسط لیو و دیگران [۳۹] طراحی، تحلیل و ارزیابی گردید. معیارهای عملکردی‌ای که در این

1-Throughput

2-Decision Support Tools

3-Berth Assignment



مطالعه جهت ارزیابی و مقایسه سیستم‌های مختلف پایانه به کار رفتند، در ادامه به اختصار معرفی می‌شوند: توان عملیاتی: تعداد جابجایی‌ها در یک ساعت در یک جرثقیل اسکله‌ای؛ توان عملیاتی بر آکر؛ زمان برگشت<sup>۱</sup> کشتی: زمانی که طول می‌کشد تا یک کشتی تخلیه و بارگیری گردد؛ زمان برگشت کشنده: متوسط زمانی که طول می‌کشد تا یک کشنده وارد دروازه شود، خدمت‌رسانی گردد، و از دروازه خارج شود، منهای زمان پردازش عملی در دروازه؛ بهره‌برداری دروازه<sup>۲</sup>: درصد زمانی که دروازه به ترافیک ورودی و خروجی کانتینرها خدمت‌رسانی می‌کند؛ زمان خواب کانتینر<sup>۳</sup>: زمان متوسطی که یک کانتینر در پایانه کانتینری می‌گذراند تا از پایانه خارج گردد؛ نرخ بیکاری تجهیزات<sup>۴</sup>: درصد زمانی که تجهیزات بیکار می‌مانند. نویسندگان نتیجه گرفتند که عملکرد و هزینه‌های پایانه‌های مرسوم می‌تواند از طریق اتوماسیون بهبود اساسی یابد.

ویژگی‌های مهم یک پایانه، به موقعیت تجهیزات و منابع در پایانه بستگی دارد. این امر، برای مثال، به مسائل تخصیص منابع<sup>۵</sup> و نیز همچنین مسائل اعزام<sup>۶</sup> مربوط می‌شود. هدف در اینجا ممکن است تخصیص هوشمند تجهیزات فنی به نواحی مختلف پایانه (برای مثال، جرثقیل‌های دروازه‌ای و استرادال‌کریرها) و نیز تخصیص کارآمد کارها به منابع مورد استفاده باشد (برای مثال، [۴۰، ۴۱، ۴۲، ۴۳، ۴۴] یا [۴۵] را نگاه کنید که روشی برای پیش‌بینی تقاضای روزانه بر حسب شمار جابجایی‌های کانتینر در یک پایانه، بر مبنای داده‌های آن‌لاین، جهت بهبود تصمیمات جانب عرضه<sup>۷</sup> (سیاست‌گذاری اقتصادی مبتنی بر افزایش بازدهی از طریق کاهش موانع) مانند تخصیص تجهیزات هندلینگ، برنامه‌ریزی زمانی کار و غیره، ارائه می‌دهند). علاوه بر این، در سیستم‌های AGV، طرح‌بندی شبکه برای وسایل نقلیه (چیزی که در سیستم‌های تولید، شبکه مسیر هادی<sup>۸</sup> نامیده می‌شود) دارای اثر جدی بر روی سودمندی سیستم است. در حالی که روش‌های بهینه‌سازی برای طراحی شبکه مسیر هادی، برای محیط‌های تولیدی مختلف مورد ملاحظه قرار گرفت (برای مثال، [۴۶، ۴۷] را ببینید)، مشخص گردید که این شبکه حتی می‌تواند تبدیل به یک شیار در طرح‌بندی پایانه‌های کانتینری گردد.

در حالی که بیشتر کارها مربوط به یک پایانه‌ی واحد است، برخی از بندرگاه‌ها<sup>۹</sup> دارای بیش از یک پایانه هستند. چئو و دیگران [۴۸] صرفه‌جویی‌های متصور در ارتباط با مسافت‌های پیموده شده برای بندرگاه

---

1-Turnaround Time  
 2-Gate Utilization  
 3-Container Dwell Time  
 4-Idle Rate of Equipment  
 5-Resource Allocation Problems  
 6-Dispatching Problems  
 7-Supply-Side  
 8-Guidepath Network  
 9-Harbour

سنگاپور را، تحت این فرض که پایانه‌های مختلف در یک به اصطلاح مگاترمینال<sup>۱</sup> با یکدیگر ترکیب کردند، به بحث گذاشتند.

باید اشاره گردد که انواع مختلف «پایانه‌ها» در مقایسه با پایانه‌های کانتینری، دارای ساختاری مشابه بوده و یا ساختارشان تنها مختصری اصلاح شده می‌باشد. این امر را می‌توان به آسانی از روی پایانه‌های ترافیکی اینترمدال که به خوبی بررسی گشته‌اند یا پایانه‌های به اصطلاح مگهاب<sup>۲</sup> برای ترافیک راه‌آهن یا حتی فرودگاه‌ها، مشاهده نمود. به عنوان مثال می‌توان به مورد پایانه‌های ترافیکی اینترمدال ارجاع داد (برای مثال، [۴۹، ۵۰، ۵۱] را ببینید).

بسیاری از مسائل در لجستیک پایانه‌های کانتینری، در ارتباط نزدیک با برخی از کلاس‌های کلی مسائل مسیریابی شبکه و حمل و نقل (و بنابراین، مسائل بهینه‌سازی ترکیبی کمابیش استاندارد) بوده که به طرز فراگیری در نوشتجات مطرح گردیده‌اند. مثال‌های این مسائل و برخی از مراجع پایه در ادامه می‌آیند: یک برآورد قدیمی اما بسیار جامع از انواع مختلف مسائل مسیریابی [۵۲] است. برای یک برآورد متأخر از مسأله مسیریابی وسایل نقلیه<sup>۳</sup> (VRP) [۵۳] را ببینید، مسائل مسیریابی کمان<sup>۴</sup> نیز در [۵۴] مورد ملاحظه قرار گرفته‌اند. مسأله فروشنده دوره‌گرد<sup>۵</sup> (TSP) به دنبال کوتاه‌ترین مسیر بسته از میان مجموعه‌ای از شهرها است که از هر شهر دقیقاً یک بار عبور می‌کند. این چیزی است که در [۵۵] به خوبی تبیین گشته است؛ موارد متأخرتر را می‌توان در [۵۶] یافت. مسأله پستچی روستایی<sup>۶</sup> (RPP)، که مسأله‌ی یافتن کم‌هزینه‌ترین مسیر بسته در یک گراف، که شامل حداقل یک بار عبور از هر گوشه‌ای در یک مجموعه مشخص از کمان‌ها باشد، برای مثال در [۵۷] دیده شده است. برای یک برنامه کاربردی در لجستیک پایانه کانتینری [۴۲] را ببینید. در مسأله برداشتن و تحویل کانتینرها، مجموعه‌ای از مسیرها باید ساخته شوند تا تعداد مشخصی از درخواست‌های حمل و نقل از سوی ناوگان وسایل نقلیه را ارضاء نمایند. هر وسیله نقلیه دارای یک ظرفیت مشخص، یک مبدأ و یک مقصد (بارانداز) است. هر درخواست حمل و نقل، می‌بایست ابعاد بار حمل شوند، مکان برداشتن آن و مکان تحویل آن را معین کند. مسأله برداشتن و تحویل، برای مثال، در [۵۸، ۵۹] دیده شده است. در پایان، باید به مسأله تخصیص اشاره نمود، که در هر کتاب درسی پایه پیرامون تحقیق در عملیات مطرح گردیده است.

---

1-Mega-Terminal

2-Megahub

3-Vehicle Routing Problem

4-Arc Routing Problems

5-Traveling Salesman Problem

6-Rural Postman Problem

## نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

شمار روزافزون آثار منتشر شده در دهه گذشته، بیانگر اهمیت روش‌های تحقیق در عملیات در زمینه بهینه‌سازی عملیات لجستیکی در پایانه کانتینری است. تاکنون، تمرکز بر روی بهینه‌سازی کلیت زنجیره حمل و نقل نبوده، بلکه بر روی بهینه‌سازی بخش‌های مجزای این زنجیره تمرکز گشته است. در میان آثار منتشر شده، گرایشی از آثار نسبتاً تئوریک‌تر به سوی آثار کاربردی‌تر مشاهده می‌شود. علاوه بر اینها، روش‌های تحقیق در عملیات روز به روز بیشتر در پایانه‌های واقعی پیاده‌سازی می‌گردند. یکی از محرک‌ها در این رابطه، افزایش دسترسی به تکنولوژی ارتباطات و اطلاعات مدرن است که امکان کاربرد این روش‌ها را میسر می‌سازد.

در پایان تأکید می‌گردد که هزینه‌های عملیاتی بالا برای کشتی و پایانه‌های کانتینری، و نیز سرمایه‌گذاری بالا در کشتی‌ها، کانتینرها و تجهیزات بندری، ضرورت کاهش زمان‌های بی‌حاصل و غیر بهره‌ور در بنادر را به اثبات می‌رساند. ازین رو، پتانسیل صرفه‌جویی در هزینه‌ها بالا می‌باشد. یکی از مسائل کلیدی مرتبط با کارآیی، اتوماسیون حمل و نقل، انبارش و چینش در محوطه انبار است که باعث افزایش توان عملیاتی پایانه و کاهش زمان برگشت کشتی از پایانه می‌گردد. به دلیل شدت رقابت طاقت‌فرسا، فشار رو به تزایدی بر پایانه‌های کانتینری وارد می‌گردد که هزینه‌های عملیات را تخفیف داده و بهره‌وری را ارتقاء دهند، که این امر کاربرد روش‌های بهینه‌سازی را ناگزیر می‌سازد.

## مراجع

- {1}Muller G. 1995. *Intermodal freight transportation*, 3rd edn. Eno Foundation for Transportation, Westport, CN.
- {2}Hulten LAR. 1997. *Container logistics and its management*. PhD thesis, Chalmers University of Technology: Department of Transportation and Logistics.
- {3}Boyes J R C (ed). 1994. *Containerisation international yearbook, ranking of containerports of the world*. National Magazin, London.
- {4}Boyes J R C (ed). 1997. *Containerisation international yearbook, ranking of containerports of the world*. National Magazin, London.
- {5}Anonymous. *Container Traffic of the top 100 Ports, 1970–2000*. <http://www.cionline.co.uk> – last check of address: Oct 13, 2003.
- {6} Anonymous. 2003. *The Journal of Commerce*, Jul 14–20.
- {7} Orient Overseas Container Line – *World's Top 50 Container Ports 2002 vs 2001*. [http://www.oocl.com/trade news/20030715.htm](http://www.oocl.com/trade%20news/20030715.htm) – last check of address: Oct 13, 2003.
- {8}Volk B. 2002. *Growth factors in container shipping*. [http://maritimebusiness.amc.edu.au/papers/AMC3 GRO.pdf](http://maritimebusiness.amc.edu.au/papers/AMC3%20GRO.pdf) – last check of address: July 15, 2003.

- {9} United Nations Conference on Trade and Development – secretariat 1999. Review of maritime transport. UNCTAD/RMT(99)/1, United Nations Publication, [http://www.unctad.org/en/docs/rmt1999\\_en.pdf](http://www.unctad.org/en/docs/rmt1999_en.pdf) – last check of address: Jul 8, 2003.
- {10} United Nations Conference on Trade and Development – secretariat 2002. Review of maritime transport. UNCTAD/RMT/2002, United Nations Publication, [http://www.unctad.org/en/docs/rmt2002\\_en.pdf](http://www.unctad.org/en/docs/rmt2002_en.pdf) – last check of address: Jul 8, 2003.
- {11} Lemper B. 2003. Containerschiffahrt und Welthandel – eine 'Symbiose'. <http://www.gdv.de/download/VortragLemper.pdf> – last check of address: July 15, 2003.
- {12} Mahoney J H. 1985. Intermodal freight transportation. Eno Foundation for Transportation, Westport, CN.
- {13} Steenken D. 2003. Optimised vehicle routing at a seaport container terminal. *Orbit* 4: 8–14.
- {14} NKM Noell Special Cranes. 2003. Crane construction. <http://www.nkmnoell.com/> last check of address: July 30, 2003.
- {15} Koch J. 1997. Die Entwicklung des Kombinierten Verkehrs. Gabler, Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden.
- {16} Ioannou P A, Kosmatopoulos E B, Jula H, Collinge A, Liu C-I, Asef-Vaziri A, Dougherty Jr E. 2000. Cargo handling technologies. Final Report, University of Southern California, [http://www.usc.edu/dept/ee/catt/2002/jula/Marine/FinalReport CCDoTT 97.pdf](http://www.usc.edu/dept/ee/catt/2002/jula/Marine/FinalReport%20CCDoTT%2097.pdf) – last check of address: Oct 30, 2003.
- {17} Ioannou P A, Jula H, Liu C-I, Vukadinovic K, Pourmohammadi H, Dougherty Jr E. 2001. Advanced material handling: automated guided vehicles in agile ports. Final Report, University of Southern California, [http://www.usc.edu/dept/ee/catt/2002/jula/Marine/FinalReport CCDoTT 981.pdf](http://www.usc.edu/dept/ee/catt/2002/jula/Marine/FinalReport%20CCDoTT%20981.pdf) – last check of address: Oct 30, 2003.
- {18} Ioannou P, Chassiakos A, Zhang J, Kanaris A, Unglaub R. 2002. Automated container transport system between inland port and terminals. Project Report, University of Southern California, <http://www.usc.edu/dept/ee/catt/2003/jianlong/0220درصدMETRANS20درصدFinal20درصدReport.pdf> – last check of address: Oct 30, 2003.
- {19} Steenken D (1999) Latest operational experience with satellite based container positioning systems. In: Proceedings IIR-Conference on 'Container Handling, Automation and Technology', IIR, London, via <http://www.hhla.de/de/Presse/index.jsp> – last check of address: Oct 30, 2003.
- {20} Vos S, Bøse J W. 2000. Innovationsentscheidungen bei logistischen Dienstleistern – Praktische Erfahrungen in der Seeverkehrswirtschaft. In: Dangelmaier W, Felser W (eds) *Das reagible Unternehmen*, pp 253–282. HNI, Paderborn.
- {21} Saanen Y, van Meel J, Verbraeck A. 2003. The next generation automated container terminals. Technical Report, TBA Nederland/Delft University of Technology.
- {22} Khoshnevis B, Asef-Vaziri A. 2000. 3D Virtual and physical simulation of automated container terminal and analysis of impact on inland transportation. Research Report, University of Southern California, [http://www.metrans.org/Research/Final Report/99-14 Final.pdf](http://www.metrans.org/Research/Final%20Report/99-14%20Final.pdf) – last check of address: Oct 30, 2003.
- {23} Asef-Vaziri A, Cadavid M, Dougherty E. 2003. A combined container handling system in maritime

terminals. Paper presented at Annual Meeting INFORMS Atlanta 2003, Oct 19–22, California State University, Northridge.

{24} Asef-Vaziri A, Khoshnevis B, Parsaei H. 2003. Potentials for ASRS and AGVS in Maritime Container Terminals. Working paper, University of Houston.

{25} ICC (International Chamber of Commerce). 2000. Incoterms 2000: ICC official rules for the interpretation of trade terms. Paris.

{26} Vis I F A, de Koster R. 2003. Transshipment of containers at a container terminal: an overview. *European Journal of Operational Research* 147: 1–16.

{27} Kozan E. 2000. Optimising container transfers at multimodal terminals. *Mathematical and Computer Modelling* 31: 235–243.

{28} Kozan E. 1997. Increasing the operational efficiency of container terminals in Australia. *Journal of the Operational Research Society* 48: 151–161.

{29} Meersmans P J M, Dekker R. 2001. Operations research supports container handling. Technical Report EI 2001-22, Erasmus University Rotterdam, Econometric Institute, <http://www.eur.nl/WebDOC/doc/econometrie/feweco20011102151222.pdf> last check of address: Oct 30, 2003.

{30} Fung M K. 2002. Forecasting Hong Kong's container throughput: an error-correction model. *Journal of Forecasting* 21: 69–80.

{31} Murty K G, Liu J, Wan Y-w, Linn R J. 2003. A DSS (Decision Support System) for operations in a container terminal. Working paper, University of Michigan, USA, <http://www-personal.engin.umich.edu/murty/terminal10.pdf> – last check of address: Oct 13, 2003.

{32} Edmond E D, Maggs R P. 1978. How useful are queue models in port investment decisions for container berths? *Journal of the Operational Research Society* 29: 741–750.

{33} Fagerholt K. 2000. Evaluating the trade-off between the level of customer service and transportation costs in a ship scheduling problem. *Maritime Policy and Management* 27(2): 145–153.

{34} Gupta Y P, Somers T M. 1992. The measurement of manufacturing flexibility. *European Journal of Operational Research* 60: 166–182.

{35} Dell' Olmo P, Lulli G. 2003. Planning activities in a network of logistic platforms with shared resources. Technical Report, Department of Statistics, Probability and Applied Statistics, University of Rome.

{36} Mattfeld D. 2003. The management of transshipment terminals. Habilitation thesis, Universität Bremen.

{37} Konings J W. 1996. Integrated centres for the transshipment, storage, collection and distribution of goods : a survey of the possibilities for a high-quality intermodal transport concept. *Transport Policy* 3(1–2): 3–11.

{38} Nam K-C, Ha W-I. 2001. Evaluation of handling systems for container terminals. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering* 127(3): 171–175.

{39} Liu C-I, Jula H, Ioannou P A. 2002. Design, simulation, and evaluation of automated container terminals. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* 3(1): 12–26.

{40} Kozan E, Preston P. 1999. Genetic algorithms to schedule container transfers at multimodal terminals.

*International Transactions of Operational Research* 6: 311–329.

{41} Gambardella L M, Rizzoli A E, Zaffalon M. 1998. Simulation and planning of an intermodal container terminal. *Simulation* 71(2): 107–116.

{42} Steenken D, Henning A, Freigang S, Vos S. 1993. Routing of straddle carriers at a container terminal with the special aspect of internal moves. *OR Spectrum* 15: 167–172.

{43} Daganzo C F. 1989. The crane scheduling problem. *Transportation Research-B* 23B(3): 159–175.

{44} Peterkofsky R I, Daganzo C F. 1990. A branch and bound solution method for the crane scheduling problem. *Transportation Research-B* 24B: 159–172.

{45} Sideris A, Boil'e M P, Spasovic L N. 2002. Using on-line information to estimate container movements for day-to-day marine terminal operation. Working Paper (submitted for consideration for publication in the *Journal of Advanced Transportation*), New Jersey Institute of Technology, <http://www.transportation.njit.edu/nctip/publications/forecastTRB.pdf> – last check of address: Oct 30, 2003.

{46} Qiu L, Hsu W-J, Huang S Y, Wang H. 2002. Scheduling and routing algorithms for AGVs: a survey. *International Journal of Production Research* 40: 745–760.

{47} Ko K-C, Egbelu P J. 2003. Unidirectional AGV guideway network design: a heuristic algorithm. *International Journal of Production Research* 41: 2325–2343.

{48} Cheu R L, Chew E P, Wee C L. 2003. Estimating total distance for hauling import and export containers. *Journal of Transport Engineering* 129: 292–299.

{49} Aliche K. 1999. Modellierung und Optimierung von mehrstufigen Umschlagssystemen. PhD thesis, Universität at Karlsruhe.

{50} Aliche K. 2002. Modeling and optimization of the intermodal terminal Mega Hub. *OR Spectrum* 24: 1–17.

{51} Gutenschwager K, Böse J, Vos S. 2003. Effiziente Prozesse im kombinierten Verkehr Ein neuer Lösungsansatz zur Disposition von Portalkranen. *Logistik Management* 5(1): 62–73.

{52} Bodin L, Golden B, Assad A, Ball M. 1983. Routing and scheduling of vehicles and crews. *Computers & Operations Research* 10: 63–211.

{53} Toth P, Vigo D (eds). 2002. *The vehicle routing problem*. Society for Industrial & Applied Mathematics, SIAM, Philadelphia.

{54} Dror M (ed). 2000. *Arc routing*. Kluwer, Boston.

{55} Lawler E L, Lenstra J K, Rinnoy Kan AHG, Shmoys D B (eds). 1985. *The traveling salesman problem – a guided tour of combinatorial optimization*. Wiley, Chichester.

{56} Gutin G, Punnen A P (eds). 2002. *The traveling salesman problem and its variations*. Kluwer, Boston.

{57} Ball M, Magazine M. 1988. Sequencing of insertions in printed circuit board assembly. *Operations Research* 36: 192–201.

{58} Desrochers M, Lenstra J K, Savelsbergh M W P. 1990. A classification scheme for vehicle routing and scheduling problems. *European Journal of Operational Research* 46: 322–332.

{59} Gutenschwager K, Niklaus C, Vos S. 2004. Dispatching of an electric monorail system: applying metaheuristics to an online pickup and delivery problem. *Transportation Science* (to appear).