بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه تربیت معلم (خوارزمی)

دانشکده فنی و مهندسی

گروه صنایع

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی صنایع – مهندسی صنایع

عنوان

توسعه مدل یکپارچه زمان بندی سیستم های حمل و نقل کانتینر در یک ترمینال دریایی

استاد راهنما

جناب آقای دکتر ابوالفضل میرزازاده

استاد مشاور

جناب آقای دکتر مهدی شریف یزدی

دانشجو

فرناز فریدونیان

شهریور ۱۳۸۹

تاریخ : ۸۹/۷/۱۷
شماره : ۴۷۶/۱۶۴
پیوست :
واحد :

بسمه تعالی

دانشگاه تربیت معلم

صورتجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

جلسه دفاع از پایان‌نامه کارشناسی ارشد خانم فرناز فریدونیان

دانشجوی رشته : مهندسی صنایع گرایش مهندسی صنایع

دانشکده : فنی و مهندسی

تحت عنوان: " توسعه مدل یک پارچهٔ زمانبندی سیستمهای حمل و نقل کانتینر در یک ترمینال دریایی" در ساعت ۱۷/۳۰ روز سه شنبه مورخ۸۹/۷/۶ در محل سالن کنفرانس دانشکده ادبیات با حضور کمیته‌ای مرکب از اساتید راهنما، مشاور، داور و مدیر گروه(نماینده تحصیلات تکمیلی) برگزار گردید. کمیته مذکور پس از شنیدن گزارش دانشجو و چگونگی پاسخگویی نامبرده به سئوالات مطرح شده در ارتباط با پایان نامه یاد شده پایان نامه فوق‌الذکر را با نمره ۱۹/- (نوزده) مورد تایید قرارداد./خ

۱) استاد راهنما : آقای دکتر ابوالفضل میرزازاده

۲) استاد مشاور : آقای دکتر مهدی شریف یزدی

۳) استاد داور مهمان : آقای دکتر مصطفی زندیه

۴) استاد داور داخلی : آقای دکتر محمد محمدی

۵) نماینده تحصیلات تکمیلی : آقای دکتر محمد علی سبحان‌اللهی

تهران : خیابان شهید دکتر مفتح شماره ۴۹ ، کد پستی ۱۵۶۱۴ تلفن : ۸۸۳۲۹۲۲۰
کرج :خیابان شهید بهشتی – میدان دانشگاه ، دانشگاه تربیت معلم ، کد پستی ۳۷۵۵۱ – ۳۱۹۷۹ تلفن ۴۵۷۹۶۰۰ – ۰۲۶۱

چکیده پایان نامه

در این رساله یک مدل یکپارچه جهت زمان بندی و توالی عملیات کلیه تجهیزات جابه جایی و حمل ونقل در یک ترمینال کانتنیری ارائه خواهد شد. هدف این مدل مینیمم کردن زمان تکمیل و یا مدت زمان ارائه سرویس به مجموعه مشخصی از کشتی ها می باشد. این مسأله به صورت یک مدل زمان بندی جریان کارگاه ترکیبی (HFS) در نظر گرفته می شود، که علاوه بر محدودیت های فرم استاندارد این مدل، محدودیت هایی شامل: ماشین های موازی غیر مرتبط، روابط پیش نیازی، مدّت زمان آماده سازی وابسته به توالی، بلوکه شدن و محدودیت انتخاب ماشین را دارا می باشد. باتوجه به NP-hard بودن مدل بر جواب های نزدیک به بهینه متمرکز می شویم و یک الگوریتم فرا ابتکاری ژنتیک جهت حل این مدل پیشنهاد می گردد. با توجه به اینکه الگوریتم ژنتیک یک الگوریتم تصادفی می‌باشد و کارایی آن به انتخاب پارامترهای عملکردی بستگی دارد، جهت کالیبره کردن الگوریتم یک طرح آزمایشی عاملی کامل، با به کار گیری تکنیک آنالیز واریانس اجرا می گردد. نتایج نشان می دهد که برخی سطوح پارامترها و عملگرها جواب های بهتری را به دست می دهند. در نهایت با انجام یک مطالعه موردی در بندر شهیدرجایی به بررسی عملکرد الگوریتم طراحی شده در این نمونه واقعی پرداخته شده است.

واژگان کلیدی: ترمینال کانتینری، زمان بندی، کارگاه جریان ترکیبی، الگوریتم ژنتیک، طراحی آزمایش‌ها

« هُوَ عالِمُ الغیبِ و الشَّهادَة »

سپاس و تقدیر

از خداوند منان سپاسگزارم که توفیق بهره مندی از نعمت پیمودن مسیر کسب علم را به اینجانب عطا نمود تا در پرتو کراماتش گام کوچکی در مسیرلایتناهی درک حقایق نهادم.

با تقدیر و تشکر از پدر و مادر مهربانم، که دلسوزانه در طی سال های تحصیل همواره با حمایت هایشان انگیزه بخش و مشوقم بودند و صبورانه کاستی هایم را تحمل نمودند که بدون شک موفقیتم را مدیون زحماتشان می باشم.

سپاس فراوان ازکلیه اساتید محترم دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه تربیت معلم در مقطع کارشناسی ارشد، خصوصاً جناب آقای دکتر میرزازاده، استاد راهنمایم که رهنمودها و آموزش‌های ایشان در دستیابی به نتایج مورد انتظار قابل تقدیر می باشد ضمن آن که همواره با شکیبایی مشوق اینجانب در طی مسیر بوده اند. از آقای دکتر شریف یزدی استاد مشاورم جهت ارائه مطالب مفید و لازم و خصوصاً ایجاد زمینه آشنایی با الگوریتم های فراابتکاری قدردانی می نمایم. در ادامه زحمات بی-دریغ مدیر محترم گروه صنایع جناب آقای دکتر سبحان اللهی را ارج می نهم.

همچنین ازکلیه همکاران بزرگوارم در بندرشهیدرجایی و کارشناسان محترم شرکت تایدواتر، اپراتور فعال در ترمینال کانتینری بندر شهیدرجایی، که در ارائه اطلاعات مورد نیاز با اینجانب همکاری نمودند کمال تشکر را می‌نمایم.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه ۱
۱-۲- تشریح فرآیندهای موجود در ترمینال کانتینری ۳
۱-۳- تجهیزات موجود در ترمینال کانتینری ٦
۱-۴- رده بندی مسائل تصمیم گیری، برنامه ریزی و کنترل لجستیکی در ترمینال کانتینری ۸
۱-۴-۱- مسائل موجود در سطح برنامه ریزی استراتژیک و طراحی ترمینال ۹
۱-۴-۲- مسائل موجود در سطح برنامه ریزی تاکتیکی ۱۰
۱-۴-۳- مسائل موجود در سطح برنامه ریزی عملیاتی ۱۰
۱-۵- معیارهای عملکرد در یک ترمینال کانتینری ۱٤
۱-۶- اهداف و نتایج مورد انتظار ۱٦
فصل دوم: تعریف و مدل سازی مسأله زمان بندی و توالی عملیات تجهیزات ترمینال کانتینری ۱۹
۲-۱- مقدمه ۲۰
۲-۲- پیشینه تحقیق ۲۰
۲-۳- مدل یکپارچه زمان بندی در ترمینال کانتینری ۲۳
۲-۳-۱- مسأله زمان بندی کارگاه جریان ترکیبی (HFSS) ۲۳
۲-۳-۱-۱- رویکردهای حل مسائل HFS ۲۸
۲-۳-۲- تعریف مسأله ۳۰
۲-۳-۳- مدل برنامه ریزی ریاضی ۳۳
۲-۴- الگوریتم ژنتیک ۳۸
۲-۴-۱- پیشینه الگوریتم ژنتیک ۳۸
۲-۴-۲- فرآیند الگوریتم ژنتیک ٤۰
۲-۴-۳- پارامترهای عملکردی الگوریتم ژنتیک ٤۲
۲-۴-۴- تفاوت میان الگوریتم های ژنتیک و سایر تکنیک های بهینه سازی ٤۳
۲- ۵- الگوریتم ژنتیک پیشنهادی ٤۳
۲-۵-۱- نحوه نمایش جواب، ارزیابی و تولید جمعیت اولیه ٤۳
۲-۵-۲- الگوریتم NEH ٤۸
۲-۵-۳- مکانیزم انتخاب ٤۹
۲-۵-۴- عملگرهای ادغام و جهش ۵۰
۲-۵-۵- مکانیزم شروع مجدد و معیار توقف ۵٤
۲-۵-۶- شبه کد الگوریتم ۵۵
۲-۵-۷- چگونگی موفقیت الگوریتم ژنتیک ۵٦
۲-۶- محاسبه حد پایین ۵۹
۲-۷- خلاصه ٦۲
فصل سوم: به کار گیری مدل پیشنهادی درترمینال کانتینری بندرشهید رجایی ٦۳

۳-۱- مقدمه ٦٤
۳-۲- داده های مسأله ٦٥
۳-۳- کالیبراسیون پارامترهای الگوریتم ٦٩
۳-۳-۱- طرح آزمایشی ٦٩
۳-۳-۲- نتایج آنالیز واریانس ٧٦
۳-۴- نتایج محاسباتی ٨٣
فصل چهارم: نتیجه گیری و پیشنهادات ٨٨
۴-۱- نتیجه گیری ٨٩
۴-۲- پیشنهاد برای تحقیقات آینده ٩٠
پیوست ها ٩٢
فهرست منابع ١٤٣

فهرست تصاویر

شکل ۱ - ۱ محوطه های عملیاتی ترمینال کانتینری و جریان انتقال (Steenken et al. ۲۰۰۴)..... ۴
شکل ۱ - ۲ محوطه یارد و نحوه چیدمان کانتینرها (Kim et al. ۲۰۰۰)..... ۵
شکل ۱ - ۳ زنجیره عملیات ترمینال کانتینری..... ۶
شکل ۱ - ۴ عملکرد هر یک از تجهیزات بر اساس ظرفیت انبارش..... ۷
شکل ۱ - ۵ طبقه بندی مسائل موجود در ترمینال کانتینری..... ۹
شکل ۲ – ۱ نمایش عملگر PPX..... ۵۰
شکل ۲ - ۲ نمایش عملگر OX..... ۵۱
شکل ۲ – ۳ نمایش عملگر PMX..... ۵۱
شکل ۲ - ۴ نمایش عملگر SJOX..... ۵۳
شکل ۲ - ۵ نمایش عملگر Shift Mutation..... ۵۴
شکل ۳ - ۱ نحوه شماره گذاری کانتینرها در حل مسأله..... ۷۱
شکل ۳ - ۲ روند تکامل میانگین و بهترین جواب الگوریتم (نمونه مسأله ۱)..... ۷۲
شکل ۳ - ۳ روند تکامل میانگین و بهترین جواب الگوریتم (نمونه مسأله ۲)..... ۷۳
شکل ۳ - ۴ روند تکامل میانگین و بهترین جواب الگوریتم (نمونه مسأله ۳)..... ۷۴
شکل ۳ - ۵ روند تکامل میانگین و بهترین جواب (نمونه مسأله۳)..... ۷۵
شکل ۳ - ۶ نمودار نرمال بودن باقیمانده ها..... ۷۷
شکل ۳ - ۷ نمودار ثابت بودن واریانس..... ۷۷
شکل ۳ - ۸ نمودار مستقل بودن باقیمانده ها..... ۷۸
شکل ۳ - ۹ نمودار اثرات اصلی..... ۸۱
شکل۳ - ۱۰ نمودار اثرات اصلی (افزایش سطوح cross-rate)..... ۸۲
شکل ۳- ۱۱ نمودار اثرات متقابل..... ۸۳

فهرست جداول

جدول ۲- ۱ رایجترین معیارهای زمان بندی ۲۸
جدول ۲- ۲ نمایش بزرگ مقیاس بودن مسأله..... ۳۷
جدول ۳ - ۱ زمان سفرخالی ترانستینر بین ردیف ها (ثانیه) ۶۶
جدول ۳ - ۲ زمان سفر خالی ترانستینر بینbay ها(ثانیه) ۶۶
جدول ۳ - ۳ فواصل و مدت زمان حمل (سفر با بار= loaded trip) توسط تراک ها ۶۷
جدول ۳ - ۴ فواصل بین مکانی جهت سفر خالی (Empty Trip) یا زمان آماده سازی تراک ها ۶۷
جدول ۳ - ۵ مقایسه زمان های Blocking (دقیقه) در نمونه مسأله های شرکت کننده در طرح عاملی ۷۵
جدول ۳ - ۶ نمونه مسائل طرح آزمایشی ۷۶
جدول ۳ - ۷ نتایج حاصل از نمونه مسأله ها..... ۸۳
جدول ۳ - ۸ مقایسه زمان های Blocking مرحله ۲ (۴۰۰ کانتینر)..... ۸۴
جدول ۳ - ۹ مقایسه زمان های Blocking مرحله ۱ (۴۰۰ کانتینر)..... ۸۵
جدول ۳ - ۱۰ نرخ تراکم مسیرها ۸۶
جدول ۳ - ۱۱ مقایسه زمان های Blocking مرحله۲ (۵۰۰ کانتینر)..... ۸۶
جدول ۳ - ۱۲ مقایسه زمان های Blocking مرحله ۱ (۵۰۰ کانتینر)..... ۸۷

ضمائم

ضمیمه ۱ - مشخصات نمونه مسأله ۱ با ۲۵۰ کانتینر ۹۳
ضمیمه ۲ - مشخصات نمونه مسأله ۴ با ۴۰۰ کانتینر ۹۴
ضمیمه ۳ - مشخصات نمونه مسأله ۷ با ۵۰۰ کانتینر ۹۵
ضمیمه ۴ - زمان تکمیل (دقیقه) هر یک از کارها در توالی بر روی ماشین آلات مرحله اول (نمونه مسأله ۱) ۹۷
ضمیمه ۵ - زمان تکمیل (دقیقه) هر یک از کارها در توالی بر روی ماشین آلات مرحله دوم (نمونه مسأله ۱) ۱۰۱
ضمیمه ۶ - زمان تکمیل (دقیقه) هر یک از کارها در توالی بر روی ماشین آلات مرحله سوم (نمونه مسأله ۱)... ۱۰۷
ضمیمه ۷ - مدت زمان مسدود شدن کارها در انتقال بین مرحله دوم و سوم (دقیقه)..... ۱۱۰
ضمیمه ۸ - مدت زمان مسدود شدن کارها در انتقال بین مرحله دوم و سوم (نمونه مسأله ۲) ۱۱۷
ضمیمه ۹ - مدت زمان مسدود شدن کارها در انتقال بین مرحله دوم و سوم (نمونه مسأله ۳) ۱۲۳
ضمیمه ۱۰- نتایج Full Factorial Experimental Design..... ۱۲۹
ضمیمه ۱۱- ترمینال ۱ کانتینری بندر شهیدرجایی ۱۴۲

فصل اول: مقدمه

۱-۱- مقدمه

استفاده از کانتینر برای اولین بار در حمل ونقل دریایی به اواسط دهه پنجاه میلادی بر می گردد. از آن زمان به بعد به دلیل ایجاد واحد استاندارد بار در حمل و نقل برحسب TEU[۱] و همچنین قابلیت اطمینان بالا در حفظ کالا استفاده از آن به سرعت گسترش یافت، به طوریکه در حال حاضر سهم حمل و نقل کانتینری تا بیش از ۶۰٪ حمل و نقل کالا در دریا را تشکیل داده است و برخی از مسیر های ناوگان دریایی به طور ۱۰۰٪ کانتینری شده اند (گانتر و کیم[۲] (۲۰۰۰)). به دنبال این رشد چشمگیر در حمل ونقل کانتینری، ظرفیت کشتی های کانتینری تا ۱۴۰۰۰ TEU[۳] نیز افزایش یافته است، تا پاسخگوی تقاضای موجود در عرصه حمل و نقل کانتینری باشد.

در این میان مدیران بنادر و ترمینال های کانتینری که در نقطه اتصال میان حمل و نقل دریایی و زمینی قرار دارند، تحت تأثیر این حجم انبوه نیازمند به کار گیری سیستم های برنامه ریزی و کنترلی توانمند، با هدف ارائه سرویس مطلوب و افزایش بهره وری بوده اند. کشور ما ایران نیز به دلیل وجود شاخص های مختلفی مانند طول سواحل، موقعیت استراتژیک جغرافیایی، قابلیت های اجتماعی، اقتصادی، جمعیتی، شبکه گسترده راه های داخلی، تاسیسات و تجهیزات بندری، موقعیت مسیرها و بنادر، وجود تأسیسات پسکرانه ای دارای موقعیت ویژه ای در صنعت حمل و نقل دریایی است. در حال حاضر حدود ۹۵٪ واردات و ۸۵٪ صادرات کشورمان از طریق دریا انجام می شود. این در حالی است که با توجه به موقعیت ویژه ایران در منطقه و قرار گرفتن آن در مسیرهای بین المللی جریان کالا از پتانسیل بالقوه قابل توجه ای برای ترانزیت و ترانشیپ کالا برخوردار است. در اهداف سند چشم انداز و برنامه های توسعه ای کشور پیش بینی شده است که در سال ۱۳۹۴ حجم عملیات بنادر بازرگانی کشور به حدود ۱۶۰ میلیون تن افزایش یابد. با توجه به اینکه کانتینری شدن پدیده ای جهانی است و بنادر ایران ناگزیر تحت تأثیر آن قرار خواهند گرفت، بنابراین از این مقدار حدود ۴۷٪ به صورت کانتینری خواهد بود. بندر شهید رجایی نیز که در میان سایر بنادر منطقه در موقعیت ارتباطی مناسبی قرار گرفته است، از پتانسیل های فراوانی جهت تطبیق با این روند توسعه جهانی برخوردارمی باشد. خصوصاً که با جهانی شدن تولیدات شرکت های آسیایی و افزایش ظرفیت تولید آنها ترافیک کانتینری بین خطوط آسیایی و سایر نقاط جهان در مقایسه با سایر قاره ها از تراکم بیشتری برخوردار گشته است.

---

[۱] Twenty-feet Equivalent Unit

[۲] Gunter and Kim

[۳] ظرفیت کشتی مگا کانتینری MSC Beatrice

نظر به هزینه بالای توقف یک کشتی در بندر و اهمیت این مسأله برای شرکت های کشتیرانی، این شرکت ها همواره در تعیین مسیر کشتی ها، معیارهای عملکرد و شاخص های بهره وری خصوصاً ظرفیت تخلیه و بارگیری بنادر را به عنوان معیاری جهت برنامه ریزی و انتخاب مسیر قرار می دهند. این مساله منجر به رقابت بین بنادر جهت ارائه سرویس به موقع به مشتریان شده، چرا که عدم توجه به این موضوع سبب رو آوردن خطوط کشتیرانی به بنادر کشورهای همجوار خواهد شد.

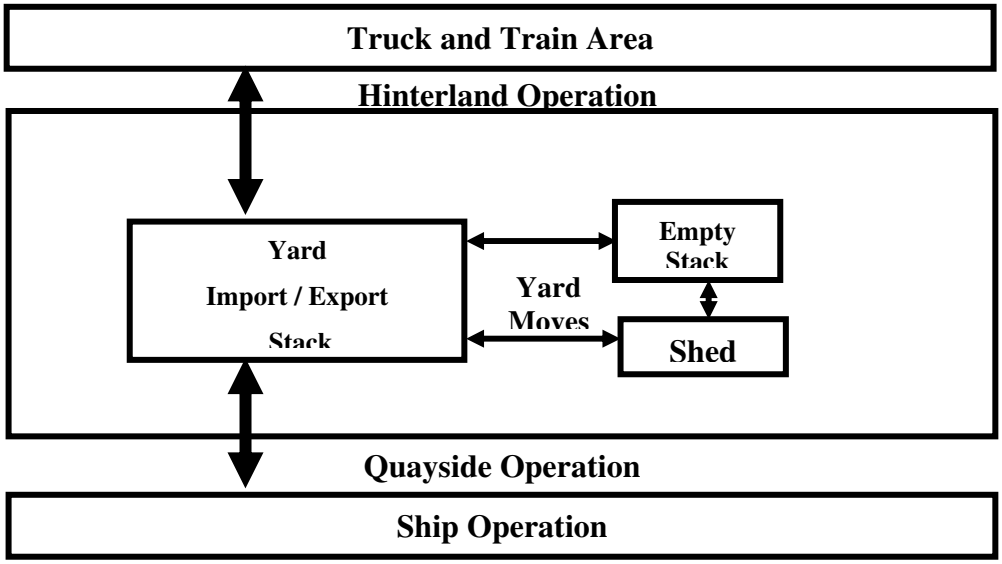
در این خصوص بنادر علاوه بر توسعه زیر ساخت ها جهت افزایش ظرفیت پذیرش و جابه جایی کانتینر باید بهره‌وری ترمینال را که دستاورد به کارگیری نرم افزارهای کنترل لجستیکی پیشرفته و سیستم های پشتیان تصمیم گیری و برنامه ریزی توانمند می باشد، جهت بهره برداری بهینه از منابع اعم از تجهیزات جابه جایی و حمل ونقل، نیروی انسانی و فضا، مدنظر قرار دهند. چرا که همواره دو هدف اصلی ترمینال های کانتینری ۱-کاهش زمان سرویس دهی به کشتی‌ها یا به عبارت دیگر کاهش مدت زمان بین ورود و خروج یک کشتی[۱] و ۲- افزایش بهره وری و بازده تجهیزات و منابع بوده است. . از آنجا که عملیات تخلیه و بارگیری بیشترین بخش از مدت زمان توقف یک کشتی در بندر را به خود اختصاص می دهند، لذا رسیدن به هدف اول یکی از دستاوردهای برآوردن هدف دوم می باشد. بنابراین ارائه سرویس بهینه به کشتی ها مستلزم این است که عملیات مرتبط با کانتینرهای تخلیه و بارگیری و ترانشیپی با سرعت هرچه بیشتر و با حداقل استفاده از تجهیزات گران قیمت انجام گیرد.

مقالات متعددی به تشریح و دسته بندی عملیات موجود در ترمینال کانتینری و مسائل تصمیم گیری مرتبط با آنها پرداخته اند که از آن جمله می توان به ویس و کاستر[۲] (۲۰۰۳)، استینکن و همکاران[۳] (۲۰۰۴)، مورتی و همکاران[۴] (۲۰۰۵)، گانتر و کیم[۵] (۲۰۰۶) و استالباک و ویو[۶] (۲۰۰۸) اشاره کرد. در این فصل پس از معرفی فرآیندهای موجود به تشریح مختصر انواع مسائل تصمیم گیری مطرح در ترمینال کانتینری می‌پردازیم تا جایگاه این تحقیق در میان سایر مسائل مطرح در این حوزه نمایان گردد.

۱-۲- تشریح فرآیندهای موجود در ترمینال کانتینری

[۱] Turnaround time
[۲] Vis and De Koster
[۳] Steenken et al.
[۴] Murty et al.
[۵] Gunter and Kim
[۶] Stahlbock and Voß

اگرچه ترمینال های کانتینری به لحاظ اندازه، عملکرد و طراحی متفاوت می باشند، امّا همه آنها از زیر سیستم های مشابهی تشکیل شده اند. شکل۱– ۱ شمایی از مکانهای عملیاتی موجود در ترمینال را نشان می دهد.



شکل ۱ – ۱ محوطه های عملیاتی ترمینال کانتینری و جریان انتقال (Steenken et al. ۲۰۰۴)

منطقه عملیات کشتی یا اسکله مجهز به جرثقیل های اسکله (QC)[۱] که کار تخلیه و بارگیری کشتی را انجام می دهند می باشد. کانتینر ها بر اساس چرخه ورود و خروجشان در این مناطق عملیاتی به سه دسته تقسیم می شوند، که عبارتند از:

۱. کانتینرهای وارده

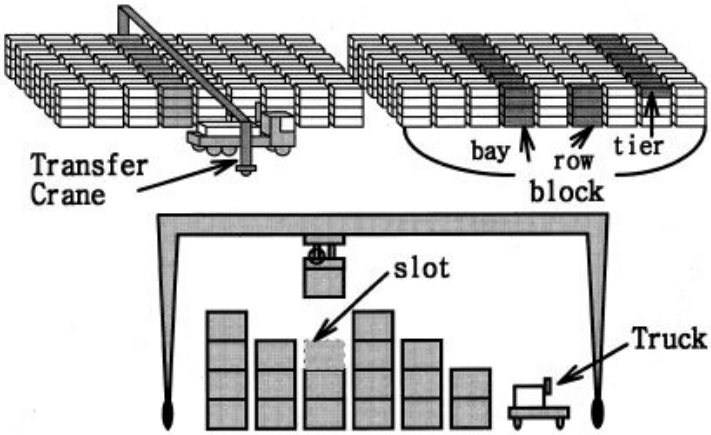
۲. کانتینرهای صادره

۳. کانتینرهای ترانشیپی (کانتینرهایی که از یک کشتی تخلیه در محوطه یارد انبارش و سپس توسط کشتی دیگری بارگیری می شوند)

تمام کانتینرها در محوطه یارد در مکانهایی مجزا بر حسب نوع آنها انبارش می شوند. همچنین مکانهایی جهت انبارش کانتینرهای یخچالی که نیاز به منبع الکتریکی دارند و نیز کانتینرهای حاوی کالای خطرناک در نظر گرفته می‌شود. بعلاوه

[۱] Quay Crane

همانطور که در شکل مشاهده می شود مکانی مجزا نیز برای کانتینر های خالی و مکانهـایی مسـقف جهـت بسـته بنـدی[۱] و تخلیه[۲] کانتینر وجود دارد.



شکل ۱ - ۲ محوطه یارد و نحوه چیدمان کانتینرها (Kim et al. ۲۰۰۰)

محوطه یارد به بلوک هایی تقسیم بندی می شود که هر بلوک معمولاً از ۲۰ تا ۳۰ bay تشکیل شده است و هر bay معمولاً شامل ۶ ردیف می باشد که در هر انباشته[۳] موجود در bay تا ارتفاع ۴ یـا ۵ کـانتینر، بسـته بـه ظرفیـت تجهیـزات (ترانستینرها یا یاردکرین ها[۴])، انباشته می گردد. (شکل ۱- ۲).

کانتینر ها دارای ابعاد استاندارد ۲۰ * ۸ * ۸,۵ و ۲۰ * ۸ *۹,۵ و ۴۰ * ۸ * ۸,۵ و ۴۰ * ۸ *۹,۵ فوت می‌باشـند، کـه در بلوک ها، کانتینرهای ۲۰ فوتی یک مکان انبارش و ۴۰ فوتی دو مکان انبارش (برحسب TEU که واحد اسـتاندارد بـرای کانتینر می باشد)، اشغال می کنند.

زنجیره عملیات برای کانتینرهای صادره به شرح زیر می باشد:

۱. کانتینرها توسط تراک های خارجی[۵] یا قطار به ترمینال وارد می شوند و مشخصات آنها نظیر محتـوا، مقصـد و ... ثبـت می گردد.

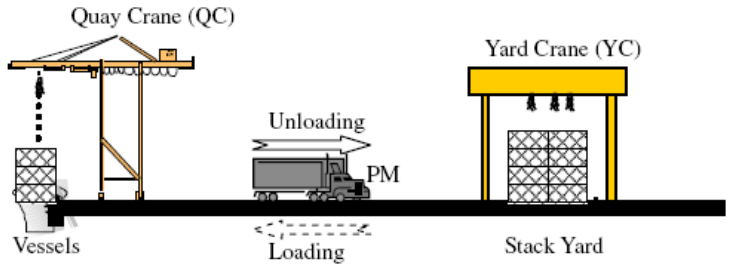
---

[۱] Stuffing
[۲] Stripping
[۳] Stack
[۴] Yard Crane
[۵] External Truck

۲. توسط یارد کرین که فقط از بالای کانتینر می تواند بـه آن دسترسـی داشـته باشـد، برداشـته مـی شـوند و در یکـی از مکانهای بلوکها انبارش می شوند. مکان انبارش مورد نظر با شماره bay ، شماره ردیف و ارتفاع انباشته مشخص می گردد.

۳. پس از ورود کشتی مورد نظر جهت حمل کانتینرهای صادره مورد نظر، کانتینرهای مربوطه از محوطـه انبـارش توسـط یارد کرین ها برداشته و بر روی تراک های درون محوطه[۱] گذاشته می شوند و به سمت اسـکله بـرده شـده تـا توسـط QC برداشته و در مکان تعیین شده (طبق ضوابط خاص) بر روی کشتی قرار داده می شوند.

در خصوص کانتینرهای وارده عکس عملیات فوق جهت تحویل به مشتری انجام می گیـرد. در شـکل ۱-۳ زنجیـره‌ای از عملیات مذکور به تصویر کشیده شده است.



شکل ۱ - ۳ زنجیره عملیات ترمینال کانتینری

۱-۳- تجهیزات موجود در ترمینال کانتینری

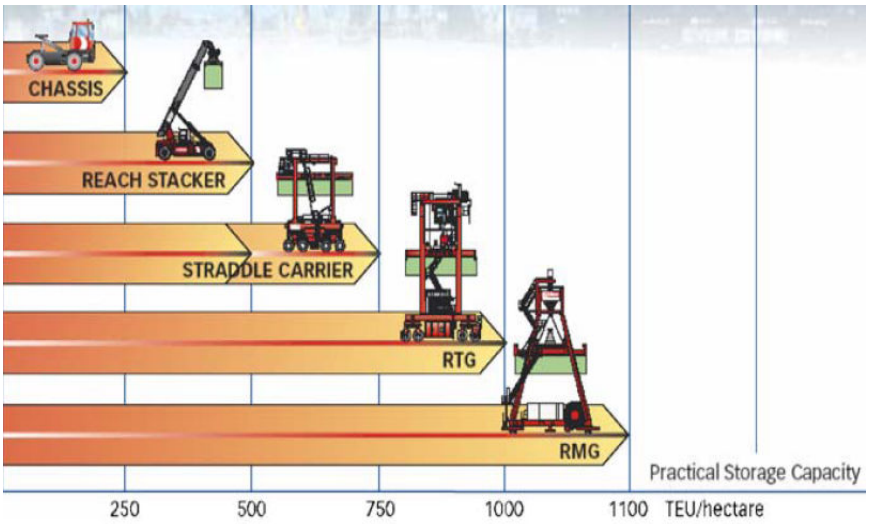
تفاوت موجود میان ترمینال های کانتینری مختلف نشأت گرفته از به کارگیری تجهیزات حمل ونقـل متفـاوت مـی‌باشـد. عمده تجهیزات مورد استفاده عبارتند از:

- جرثقیل های اسکله (QC) : شامل جرثقیل های Single و Dual-trolley می باشند.
- تجهیزات انبارش و بازیـابی[۲] : جرثقیـل هـای یـارد (YC) یـا ترانسـتینرها کـه رایجتـرین آنهـا RTGC[۳] هـا ، RMGC[۴] ها و استرادل کریر ها[۵] (که قابلیت حمل و نقل و انبارش را تواماً دارا می باشند) ، Reach Stacker

[۱] Internal Truck
[۲] Stacking and Retrieval
[۳] Rubber Tired Gantry Crane
[۴] Rail Mounted Gantry Crane
[۵] Straddle Carrier

و Chassis . از تجهیزات فوق جهت صفافی[۱] کانتینرها به عبارت دیگر انبارش آن ها بر روی یکدیگر استفاده می شود. RTGC ها با توجه به اینکه بین بلوک ها می توانند جابه جا شوند انعطاف پذیری زیادی را در عملیات به وجود می آورند و لذا از متداول ترین تجهیزات انبارش در بسیاری ترمینالها ازجمله ترمینال کانتینری بندر شهید رجایی می باشند. RMGC ها با توجه به نیازشان به زیر ساخت ریلی جهت حرکت از انعطاف پذیری کمتری نسبت به RTGC ها برخوردار می باشند. Reach Stacker ها نیز به دلیل تحمل وزن کم برای جابه جایی کانتینرهای سبک و همچنین خالی مورد استفاده قرار می گیرند. (شکل ۱-۳ عملکرد هریک از این تجهیزات را بر اساس ظرفیت انبارش برحسب TEU در هر هکتار نشان می دهد.)

- تجهیزات انتقال[۲] از کشتی به محوطه انبارش: این تجهیزات جهت انتقال کانتینرها بین اسکله ویارد و درنتیجه ارائه سرویس هم به گنتری ها و هم به ترانستینرها، مورد استفاده قرار می گیرند. رایجترین این تجهیزات تراک ، AGV[۳] ، ALV[۴] می باشند. (مزیتی که ALV ها نسبت به AGV ها دارند، این است که علاوه بر حرکت بر روی زمین قابلیت برداشتن کانتینر از روی زمین را نیز دارند، ضمناً به دلیل اینکه این دوتجهیز نیازمند هزینه سرمایه گذاری بالایی می باشند بهتر است در ترمینال هایی به کار گرفته شوند که هزینه نیروی انسانی در آن جا بالا باشد)



شکل ۱ - ۴ عملکرد هر یک از تجهیزات بر اساس ظرفیت انبارش

[۱] Stowage
[۲] Transportation equipment
[۳] Automated Guided Vehicle
[۴] Automated Lifting Vehicle

۱-۴- رده بندی مسائل تصمیم گیری، برنامه ریزی و کنترل لجستیکی در ترمینال کانتینری

به طور کلی بر اساس مقاله ویس و کاستر[۱] (۲۰۰۳) مسائل تصمیم گیری در ترمینال کانتینری را در سه سطح استراتژیکی، تاکتیکی و عملیاتی می توان در نظر گرفت.

در سطح استراتژیک در خصوص طرح اولیه ترمینال ، نوع تجهیزات حمل و نقل و جابه جایی و چگونگی فرآیند عملیات تصمیم گیری می شود. افق زمانی در این سطح برنامه ریزی از یک تا چند سال می باشد. این سطح تصمیم گیری از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد، چرا که هر گونه تصمیم خطایی در این مرحله به دشواری قابل جبران می‌باشد. تصمیمات در سطح استراتژیک مجموعه ای از محدودیت ها را تعریف می کند که تحت آنها تصمیمات سطح تاکتیکی و عملیاتی اتخاذ می‌شوند.

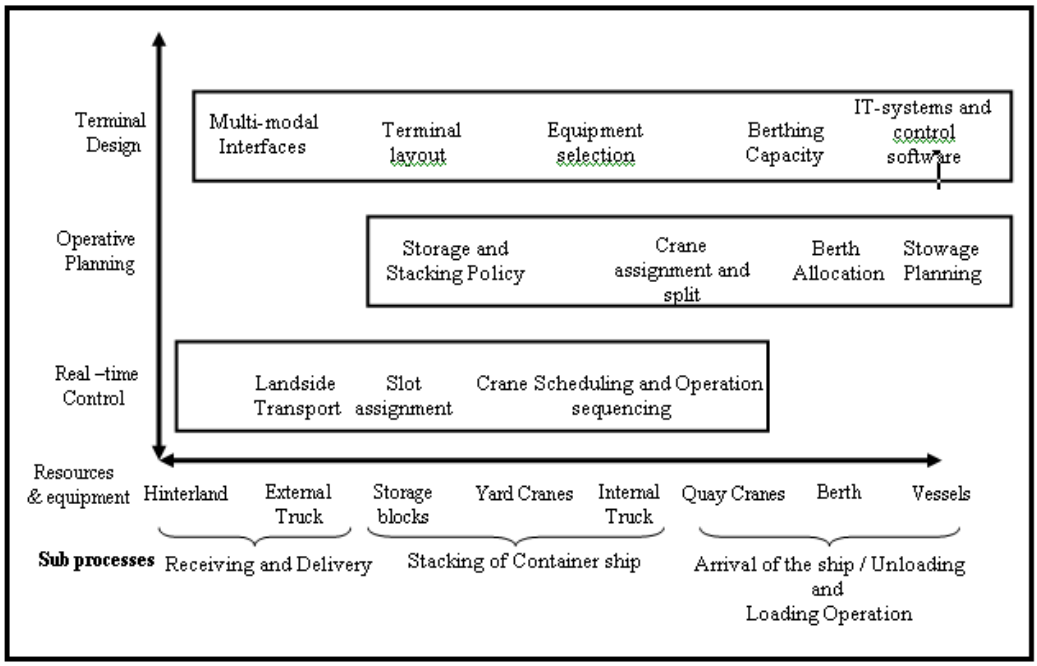
سطح تاکتیکی تصمیماتی در خصوص بهبود عملکرد و افزایش کارایی و سوددهی را تعریف می کند. گستره زمانی این سطح برنامه ریزی از یک روز تا چند ماه را پوشش می دهد.

در سطح عملیاتی جزییات همه مسائل روزمره برنامه ریزی می شوند. مانند اینکه یک کانتینر خاص کجا باید انبارش گردد و یا توالی عملیات برای یک تجهیز به چه صورت باشد.

در رده بندی دیگری توسط گانتر وکیم[۲] (۲۰۰۶) مسائل برنامه ریزی در سه سطح: ۱- طراحی ترمینال، ۲- برنامه ریزی عملیاتی و ۳- کنترل بلادرنگ معرفی شده است. که این دسته بندی و مسائل موجود در هر سطح در شکل ۴-۱ مشاهده می شود. در این شکل کلیه زیر فرآیندهای تشکیل دهنده عملیات تخلیه و بارگیری در ترمینال کانتینری مشاهده می گردد. در هر یک از این زیر فرآیندها تجهیزات جابه جایی و حمل و نقل مربوطه به کار گرفته می شودند، که در نتیجه در هر زیر فرآیند متناظر با تجهیزات و منابع به کار گرفته شده مسائلی در سه سطح تصمیم گیری مذکور، جهت افزایش کارایی و توان عملیاتی[۳] مطرح می باشد. در اینجا مختصری از مسائل مطرح در سه سطح تصمیم گیری را به تفکیک هر یک از فرآیندهای فوق بیان می کنیم.

---

[۱] همان ص ۳
[۲] همان ص ۳
[۳] Throughput



شکل ۱ - ۵ طبقه بندی مسائل موجود در ترمینال کانتینری

۱-۴-۱- مسائل موجود در سطح برنامه ریزی استراتژیک و طراحی ترمینال

این مسائل توسط برنامه ریزان تجهیزات و در مراحل اولیه ایجاد ترمینال مطرح می گردند. در این فرآیند تصمیم گیری آلترناتیوهای مختلف نسبت به معیارهایی نظیر توجیه پذیری اقتصادی، امکان سنجی تکنولوژیکی و عملکرد مورد تحلیل قرار می گیرند. از جمله این مسائل عبارتند از:

- ایجاد زیر ساخت های ارتباطی جهت حمل و نقل چند وجهی: یکی از مواردی است که در سطح استراتژیک، در مرحله طراحی ترمینال مورد بررسی قرار می گیرد. در این سطح است که توسعه های آتی این زیر ساخت ها در پس کرانه بندر جهت افزایش ظرفیت تخلیه و بارگیری در نظرگرفته خواهد شد.

- طراحی لی اوت ترمینال: شامل محوطه انبارش، ظرفیت، مکان های انبارش جهت کانتینرهای یخچالی، کانتینرهای حاوی کالای خطرناک، کانتینرهای خالی و کانتینرهای غیر استاندارد که از مهمترین موجودیت‌های ترمینال می باشند، در سطح استراتژیک بررسی می شود.

- انتخاب تجهیزات: تصمیم گیری در مورد نوع و تعداد تجهیزات حمل و نقل و جا به جایی.